



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

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

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERAS EN ADMINISTRACIÓN PARA
DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO**

TÍTULO

**CASO DE ESTUDIO: ARTICULACIÓN DE LA INFORMACIÓN
ARQUITECTÓNICA Y ESTRUCTURAL CON LA VULNERABILIDAD SISMO
RESISTENTE DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD
ESTATAL DE BOLÍVAR**

AUTORES

Cindy Nathaly Andachi Chacán

Morayma Azucena Zapata Zapata

TUTOR

ARQ. CÉSAR PAZMIÑO ZABALA, MSC.

GUARANDA – ECUADOR 2019

TITULO:

**ARTICULACIÓN DE LA INFORMACIÓN ARQUITECTÓNICA Y
ESTRUCTURAL CON LA VULNERABILIDAD SISMO RESISTENTE DEL
EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE
BOLÍVAR**

ÍNDICE

1 Contenido	
TITULO:.....	ii
ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO CASO DE ESTUDIO, EMITIDO POR EL TUTOR	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	xiii
AGRADECIMIENTO	xv
RESUMEN EJECUTIVO.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA	3
1.1. Planteamiento del Problema.	3
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general.	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación de la Investigación.....	4
1.5. Limitaciones.....	5
CAPÍTULO 2:.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de la Investigación	6
2.2. Contextualización del área de estudio	6
2.2.1 Localización del área de estudio	6

2.2.2.	Sismicidad en el Ecuador.	7
2.2.3.	Las fallas Geológicas del Ecuador	17
2.2.4.	Falla de Negroyacu	17
2.2.5.	Amenaza sísmica de la ciudad de Guaranda.	17
2.2.6.	Amenaza Sísmica del Sector Alpachaca.	17
2.3.	Bases Teóricas	19
2.3.1.	Definiciones de la Vulnerabilidad	19
2.3.2.	Tipos de vulnerabilidad	19
2.3.3.	Evaluación de la vulnerabilidad	20
2.3.4.	Modelos cualitativos	20
2.3.5.	Modelos Semicuantitativos.	20
2.3.6.	Modelos cuantitativos	21
2.3.7.	Metodologías para el estudio de vulnerabilidad sísmica.	21
2.3.8.	Evento sísmico	21
2.3.9.	Identificación de daños	21
2.3.10.	Daño sísmico	22
2.3.11.	Exploración estructural	23
2.3.12.	Estado de materiales	23
2.3.13.	Calidad de materiales.	23
2.3.14.	Elementos estructurales	23
2.3.15.	Elementos arquitectónicos	24
2.3.16.	Instalaciones.	24
2.3.17.	Determinación de daño	24
2.3.18.	Patología estructural	25
2.3.19.	Causas probables.	25
2.3.20.	Sistema constructivo	25
2.3.21.	Sistemas estructurales.	25

2.3.22.	Materiales de construcción	25
2.3.23.	Hormigón	26
2.3.24.	Hormigón armado.	27
2.3.25.	Tipos de Hormigón	27
2.3.26.	Propiedades del Hormigón fresco	28
2.3.27.	Propiedades del hormigón endurecido	29
2.3.28.	Comportamiento del hormigón	30
2.3.29.	Características del hormigón	31
2.3.30.	Preparación del Hormigón.	31
2.3.31.	Fraguado y Endurecimiento del Concreto	31
2.3.32.	Armadura de acero	32
2.3.33.	Elementos arquitectónicos	32
2.3.34.	Soportes arquitectónicos	33
2.3.35.	Sismos	38
2.3.36.	Porque se produce el sismo	38
2.3.37.	Placas tectónicas	38
2.3.38.	Placas oceánicas	38
2.3.39.	Placas mixtas	39
2.3.40.	Placas continentales	39
2.3.41.	Como se registra los sismos	39
2.3.42.	Riesgo	39
2.3.43.	Riesgo sísmico	40
2.3.44.	Peligro sísmico	40
2.3.45.	Medidas de reducción de la vulnerabilidad	40
2.3.46.	Ordenamiento territorial en la prevención de riesgo	40
2.3.47.	Norma Ecuatoriana de la Construcción	41
2.3.48.	FEMA 154	41

2.4.	Definición de Términos (Glosario)	42
2.5.	Marco legal	47
CAPÍTULO 3		50
MARCO METODOLÓGICO		50
3.1.	Nivel de Investigación	50
3.1.1.	Nivel exploratorio	50
3.1.2.	Nivel descriptivo	50
3.1.3.	Metodología	50
3.2.	Diseño	70
3.2.1.	Investigación de campo	70
3.2.2.	Investigación cualitativa	70
3.2.3.	Investigación cuantitativa	70
3.3.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	70
3.3.1.	Técnicas	70
3.3.2.	Instrumentos	71
3.3.3.	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.	71
CAPITULO 4		73
RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS		73
4.1.	Resultados según objetivo 1	73
4.1.1.	Fuerzas de diseño mínimas.	73
4.1.2.	Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica (R).	73
4.1.3.	Evaluación del Riesgo sísmico en Edificios.; Error! Marcador no definido.	
4.1.4.	Cortante basal de diseño (V).	74
TIPO DE ESTRUCTURA		; Error! Marcador no definido.
C_t		; Error! Marcador no definido.
α		; Error! Marcador no definido.

Sin arriostramientos	¡Error! Marcador no definido.
0.072	¡Error! Marcador no definido.
0.08	¡Error! Marcador no definido.
Con arriostramientos	¡Error! Marcador no definido.
0.073	¡Error! Marcador no definido.
0.75	¡Error! Marcador no definido.
PÓRTICOS ESPECIALES DE HORMIGÓN ARMADO....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Ct</i>	¡Error! Marcador no definido.
α	¡Error! Marcador no definido.
Sin muros estructurales ni diagonales rigifizadoras	¡Error! Marcador no definido.
0.055	¡Error! Marcador no definido.
0.9	¡Error! Marcador no definido.
Con muros estructurales o diagonales rigirizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural.....	¡Error! Marcador no definido.
0.055	¡Error! Marcador no definido.
0.75	¡Error! Marcador no definido.
4.1.5. Cargas y Combinaciones de Cargas.....	76
4.1.6. Sismo	¡Error! Marcador no definido.
4.2. Resultados según objetivo 2	80
4.2.1. Aplicación del Formato de Evaluación FEMA 154.	82
4.2.1.1. Tipología del sistema estructural	82
4.2.1.2. Altura.....	82
4.2.1.3. Irregularidad.	82
4.2.1.3.1. Irregularidad en elevación.	82
4.2.1.3.2. Irregularidad en planta.	83
4.2.1.4. Código de la construcción.....	84

4.2.1.5. Suelo.....	84
4.2.1.6. Resultado.....	86
4.3. Resultados según objetivo 3	87
4.3.1. Reparación, refuerzo y protección de las estructuras	¡Error!
Marcador no definido.	
CAPITULO 5.....	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
5.2 Conclusiones	92
5.3 Recomendaciones	93
BIBLIOGRAFÍA	94
ANEXOS	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Georreferenciación del Edificio Administrativo de la Universidad Estatal Bolívar.	7
Figura 2: Mapa Sísmico del Ecuador.....	8
Figura 3: Ubicación y magnitud de sismos en Ecuador.	16
Figura 4: Tipo de Aparejos.....	34
Figura 5: Aparejo de Sillería.	34
Figura 6: Aparejo Almohadillado.....	35
Figura 7: Aparejo Mixto.....	36
Figura 8: Las partes esenciales de una Columna.....	37
Figura 9: Cadena de Riesgo de un Terremoto.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 10: Direcciones de Acción Sísmica	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11: Espectro Elástico de Aceleraciones	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12: Edificio Administrativo de la U.E.B.....	81
Figura 13: Irregularidades en elevación del formato FEMA.....	83
Figura 14: Irregularidades en planta del formato FEMA 154.	84
Figura 15: Inyección en Fisuras	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16: Esquema de Inyección de Fisuras	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17: Grapado de Fisuras	91

Figura 18: Edificio Administrativo de la U.E.B. (RECTORADO)	103
Figura 19: Fisura Exterior, producida después de los sismos.	103
Figura 20: Asentamiento de la Edificación	103
Figura 21: Fisuras Externas	104
Figura 22: Grieta Exterior.....	104
Figura 23: Fisura Exterior	104
Figura 24: Fisura en la columna	105
Figura 25: Fisura en la losa	105
Figura 26: Fisura en pared.....	106
Figura 27: Fisura en Viga	106
Figura 28: Mapa de Amenazas del Edificio Administrativo de la U.E.B	107
Figura 29: Modelamiento en 3D de la edificación (Lateral)	108
Figura 30: Modelamiento en 3D de la edificación (Frontal).....	108
Figura 31: Matriz FEMA 154 del Edificio Administrativo U.E.B.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Efectos causados por los terremotos con Intensidad VIII o superior.	8
Tabla 2: Resumen de ocurrencia de terremotos destructivos.	15
Tabla 3: Clasificación de Daños en la construcción	22
Tabla 4: Tabla de Daños observados en la Construcción	24
Tabla 5: Tipos de Hormigón.....	27
Tabla 6: Tipos de Hormigón.....	28
Tabla 7: Propiedades del hormigón Endurecido.....	29
Tabla 8: Diámetro de las Varillas	32
Tabla 9: Normativa Legal.....	47
Tabla 10: Tipo de Estructuras.....	58
Tabla 11: Datos Generales.....	59
Tabla 12: Foto y Esquema	60
Tabla 13: Ocupación.....	61
Tabla 14: Tipos de Ocupación de la Edificación.....	61
Tabla 15: Tipo de Suelo.....	62
Tabla 16: Número de Personas	64
Tabla 17: Peligro de Fallas Exteriores.....	64
Tabla 18: Irregularidades.....	65
Tabla 19: Adosados	65
Tabla 20: Puntaje básico, modificadores y puntaje final, SL1	66
Tabla 21: Matriz FEMA 154.	67
Tabla 22: Coeficiente R para sistemas Estructurales Dúctiles; ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 23: Coeficiente R para sistemas estructurales de Ductilidad Limitada. ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 24: Valores de C_t y α ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 25: Sistema Estructural.....	76
Tabla 26: Parámetros para definir el Espectro elástico de Aceleraciones..... ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 27: Factor de Comportamiento del espectro de aceleraciones	78
Tabla 28: Cortante Dinámico X_1 ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 29: Cortante Dinámico Y_1 ¡Error! Marcador no definido.	

Tabla 30: Cortante Basal	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 31: Peso de la Edificación por plantas.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 32: Verificación del Cortante Basal.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 33: Sismo X1	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 34: Sismo Y1	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 35: Porcentaje de Cortante Sísmico X1	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 36: Porcentaje de Cortante Sísmico Y1	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 37: Porcentaje de cortante sísmico resistido...	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 38: Datos Generales de la Institución.	80
Tabla 39: Matriz FEMA 154.	85
Tabla 40: Diagnostico y Soluciones de Grietas y Fisuras.	90

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1: Hipótesis Sísmica X1	¡Error! Marcador no definido.
Grafico 2: Hipótesis Sísmica Y1	¡Error! Marcador no definido.
Grafico 3: Fuerza Sísmica Equivalente X1	¡Error! Marcador no definido.
Grafico 4: Fuerza Sísmica Equivalente Y1	¡Error! Marcador no definido.

Guaranda, 13 de noviembre del 2019

CERTIFICO

Que, el trabajo de titulación: **Caso de Estudio: ARTICULACIÓN DE LA INFORMACIÓN ARQUITECTÓNICA Y ESTRUCTURAL CON LA VULNERABILIDAD SISMO RESISTENTE DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**, elaborado por la Srtas. Cindy Nathaly Andachi Chacan, Morayma Azucena Zapata Zapata, previo a la obtención del título en Ingeniería en Administración para Desastres y Gestión del Riesgo.

Por lo cual cumple con los lineamientos de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, Escuela de Administración para Desastres y Gestión de Riesgos de la Universidad Estatal de Bolívar, ha sido debidamente revisado en el proceso de sustentación y no se han incorporado observaciones. En tal virtud autorizo el trámite legal respectivo para la entrega del documento final en el departamento de titulación.

Es todo cuanto certifico en honor a la verdad.



Arq. Cesar Augusto Pazmiño
Director de Proyecto.

DEDICATORIA

Esta tesis dedico a Dios, quien fue mi guía, mi luz y mi fortaleza cuando sentía que todo se podía acabar.

A mi Ángel celestial, a la única persona que confió en mí y en mi capacidad intelectual, a mi mentora y a la mujer que me ha forjado en el caminar de mi vida y que por circunstancias adversas tomo el viaje en el barco de la vida, para usted Mama Olguita.

A mi amado hijo Fredy José quien es mi motor y mis ganas de crecer en la vida, todo es para y por ti mi precioso, a mi compañero de vida Fredy quien ha estado apoyándome en las buenas y malas rachas, siempre dándome aliento para culminar mi carrera, les amo mucho.

A mis padres Vilma y José quienes me apoyaron y me brindaron su confianza y cariño para poder culminar esta etapa de mi vida estudiantil, gracias viejos queridos por todo.

A mis ñaños Carlos y Luis quienes me han aconsejado a ser una mujer de bien y llegar a ser una profesional buena, con valores y principios, a mis tías políticas Daniela y Martha quienes tuvieron esas palabras de aliento para apoyarme cuando más necesite, a mis primos Mikahela, Daniel, Mateo y Gabriel que con su carisma e ingenuidad han sabido aportar para que yo crezca como persona y poder ser su ejemplo a seguir.

A mi compañera, amiga y hermana Azucena quien fue pilar fundamental para terminar esta carrera, gracias por todo gordita, como lo prometimos, empezamos juntas y terminamos juntas.

Y a todas las personas quienes aportaron con un granito de arena para terminar con éxito mi carrera.

Cindy

Mi tesis la dedico a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerza para continuar con mis metas trazadas.

A mi tía, Elsia a mi abuelita, Lida a mis primos Verito Junior por ser los principales promotores de mi sueño, por confiar y creer en mis expectativas y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre con el apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

A Milton tu ayuda ha sido fundamental has estado conmigo en los momentos más difíciles en cual estuviste motivándome y ayudándome siempre con el apoyo incondicional, amor y confianza te le agradezco muchísimo, amor.

A Cindy Andachi que me ayudo de una manera desinteresada, mis gracias infinitas por toda tu ayuda y la buena voluntad. Por compartir momentos importantes, brindándome una amistad sincera, de apoyo en las buenas y en las malas.

Y a todos quienes contribuyeron con un granito de arena para culminar con éxito la meta propuesta

Azucena

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Administración de Desastre y Gestión de Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, a nuestro tutor Arq. Cesar Pazmiño quien con ayuda científica y solidaridad supo aportar para que nuestra tesis culminara con éxito.

Agradecemos al Ing. Luis Chacán Cárdenas por ayudarnos con su sapiencia y conocimiento para poder terminar esta tesis, sin su aporte no hubiese sido posible este gran logro.

Cindy y Azucena

RESUMEN EJECUTIVO

ARTICULACIÓN DE LA INFORMACIÓN ARQUITECTÓNICA Y ESTRUCTURAL CON LA VULNERABILIDAD SISMO RESISTENTE DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

El presente caso de estudio tiene como objetivo principal, articular la información arquitectónica y estructural con la vulnerabilidad sismo resistente del edificio administrativo de la U.E.B. aplicando el formato FEMA 154 y los parámetros dispuestos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente y a su vez proponer medidas preventivas para reducir la vulnerabilidad sísmica en la estructura.

Para la realización de este caso de estudio se recopila la mayor cantidad de información posible de la estructura, ya sea de manera visual y acudiendo a profesionales expertos en la materia de ingeniería Civil, en lo que se determinó que la misma presenta diversas falencias estructurales ante un movimiento telúrico.

Se propone una alternativa más viable que es el grapamiento de la mampostería del edificio, después de diafragmar las columnas, ya por medio de un análisis metodológico FEMA se determinó que la alternativa más factible es aquella que consta de la aplicación de grapas en la mampostería de la estructura.

DESCRIPTORES: DISEÑO SISMO RESISTENTE/ NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN/ VULNERABILIDAD SÍSMICA.

ABSTRACT

ARTICULATION OF THE ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL INFORMATION WITH THE RESISTANT SISM VULNERABILITY OF THE ADMINISTRATIVE BUILDING OF THE STATE UNIVERSITY OF BOLÍVAR

The main objective of this case study is to articulate the architectural and structural information with the resistant earthquake vulnerability of the administrative building of the U.E.B. applying the FEMA 154 format and the parameters set forth in the current Ecuadorian Construction Standard and, in turn, proposing preventive measures to reduce seismic vulnerability in the structure.

In order to carry out this case study, as much information as possible of the structure is collected, either visually and by expert professionals in the field of Civil Engineering, in which it was determined that it presents several structural flaws a telluric movement.

We propose a more viable alternative that is the stapling of the masonry of the building, after diaphragm the columns, and by means of a methodological analysis FEMA determined that the most feasible alternative is one that consists of the application of staples in the masonry of the structure.

DESCRIPTORS: RESISTANT SISM DESIGN / ECUADORIAN CONSTRUCTION NORMA / SEISMIC VULNERABILITY

INTRODUCCIÓN

Las estructuras que están construidas en ciudades con alta peligrosidad sísmica, según Luis Escorza Guaranda se encuentra asentada en la zona denominada “Depresión de Guaranda” la cual está limitada por tres falla geológicas; la primera es la falla del Rio Salinas que tiene un rumbo de Norte a Sur y a su vez puede ser considerada un ramal de la falla Regional Puna-Pallatanga-Riobamba, la segunda falla es el Rio Guaranda o falla de Illingama, que se ubica paralela a la Cordillera de Chimbo y paralela al oeste de la Cordillera Occidental, y la tercera falla es de Negroyacu. (Escorza Luis, 1993) dicha estructura han sido construida en base a los códigos de construcción sismo resistentes vigentes en ese momento, también ha sufrido modificaciones en su configuración estructural, deben ser considerada con alto grado de vulnerabilidad a eventos sísmicos, por lo que una adecuada estimación del riesgo es fundamental para reducir pérdidas humanas, daño a la propiedad, el trastorno social y económico.

Podemos referenciar a las edificaciones llamadas esenciales o de ocupación especial, las mismas que no pueden finalizar sus actividades luego de un sismo, sobre todo cuando la amenaza natural ha causado el colapso de otras edificaciones, con heridos, muertos y refugiados. Entre estas edificaciones se encuentran los hospitales, centros educativos, edificios de bomberos, de policía entre otros.

Los efectos producidos por los sismos, tienen relación directa con las deficiencias constructivas de las estructuras, aunque los sismos son inevitables, está en nuestras manos reducir sus consecuencias a límites aceptables mediante un control de procesos constructivos. En la antigüedad los Códigos de Diseño Sísmico se han limitado a elevar los niveles de fuerza de diseño, como estrategia para reducir el nivel de riesgo de las edificaciones que atenderán situaciones emergentes. (Guaman Manuel, 2017)

La amenaza sísmica para el territorio de la ciudad de Guaranda, está distribuido en los siguientes niveles: el 40.82% con un nivel de amenaza medio, el 32.01% con un nivel de amenaza alto debido a las condiciones del suelo, a fallas locales, entre otros; y el 27.17% con un nivel de amenaza bajo; donde las personas podrían realizar sus edificaciones con menor probabilidad de sufrir daños en su estructura cuando se presente el evento sísmico. 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)

La Universidad Estatal de Bolívar a partir del año 2006, y en atención a la demanda estudiantil, y cumpliendo políticas de mejoramiento en la calidad de la educación superior, invierte significativamente en la construcción de edificios para aulas, oficinas, bibliotecas accesos y áreas deportivas, en las diferentes propiedades que la Universidad posee en toda la provincia, cuyas construcciones se realizaron bajo la modalidad de Administración Directa, con la dirección técnica y de fiscalización del Departamento de Planificación Física y Construcciones de la Universidad. (Noboa Gino, 2018)

Un claro ejemplo de que Ecuador no está cumpliendo las Normas de Construcción se pudo observar el día que se presentó el sismo de magnitud 7,8 en la escala de Richter, donde se pudo evidenciar el colapso parcial de las infraestructuras de la provincia de Manabí, por ello es importante destacar la manera en que se apliquen las normas de diseño en cargas sísmicas, donde puede reducir y mitigar el riesgo sísmico.

En el Ecuador empiezan 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. (NEC 2015, NEC-SE-DS, 2015)

El grado de vulnerabilidad de edificación ante sismo, está definido por características constructivas, geométricas y estructurales, demostrando que tan susceptible es la edificación al sufrir daños leves, graves o colapsar; por tal motivo es importante la construcción de edificios sismo resistente sujeta a la normativa legal vigente.

La presente investigación desarrolla la relación de la información arquitectónica y estructural del edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar detallada en planos estructurales frente a la vulnerabilidad sísmica que el mismo posee, como atenuante tiene el tipo de terreno donde está implantada la edificación.

CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema.

La articulación de la información arquitectónica y estructural desempeña un papel muy importante para el sistema constructivo, la estructura es la encargada de que el esqueleto que lo sostiene pueda levantarse y formar un edificio, la arquitectura permite determinar la organización de todos los espacios. Este edificio fue construido netamente para laboratorios e Instituto de Informática, pero después se adaptó el uso para oficinas esenciales de la institución como rectorado, vicerrectorado y administración central.

En nuestro país la mayoría de las edificaciones han sido diseñadas y construidas por técnicas convencionales, es decir, que ante la eventualidad de un sismo este disipa la energía por medio de sus elementos estructurales. En el proceso de disipación de energía estos sufren daños considerables que pueden apreciarse a simple vista o daños ciegos que repercuten en su estabilidad. Sus reparaciones son dificultosas y en el peor de los casos se debe derrocar la estructura. (Guaman Manuel, 2017)

Los aparentes daños o desperfectos encontrados en la edificación dan una idea del riesgo al que están expuestos el personal, estudiantes, y visitantes; ya que después de la serie de sismos quedó debilitada su estructura. Esto se suma a la ausencia de un estudio que determine la vulnerabilidad sísmica basándose en los parámetros de organización del sistema resistente, calidad, resistencia convencional, influencia de la cimentación tipos de muros, tipo de cubierta y carga sísmica.

El caso de estudio permitirá articular la información arquitectónica y estructural frente a vulnerabilidades sismo resistente del edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar, y así las autoridades puedan realizar el mantenimiento respectivo para su restauración.

1.2. Formulación del Problema

¿La articulación de la información arquitectónica y estructural con la Vulnerabilidad sismo resistente en el edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar, aportaría para demostrar la condición actual en la que se encuentra la edificación?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Articular la información arquitectónica y estructural con la vulnerabilidad sismo resistente en el edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar, según los parámetros de carga sísmica conforme a NEC-20

1.3.2. Objetivos específicos

- Comparar la información arquitectónica y estructural del edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar si cumple o no con la normativa NEC-2015 frente a eventos sísmicos
- Evaluar la vulnerabilidad sismo resistente del edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar, aplicando la Matriz de Observación Directa FEMA 154
- Proponer acciones preventivas y correctivas para minimizar la vulnerabilidad sísmica al que está expuesto el edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.

1.4. Justificación de la Investigación

El presente caso de estudio se lo realizo con la necesidad de obtener el estudio de la vulnerabilidad sísmica de la edificación, por lo que en el Ecuador los últimos 10 años ha sufrido varios movimientos telúricos de gran magnitud, uno de ellos es el del 16 de Abril del 2016 en Manabí con una magnitud de 7.8 en la escala de Richter, siendo uno de los movimientos más intensos que el país y la ciudad de Guaranda sufrió, los daños ocasionados después de dicho movimiento debilitaron la infraestructura no solo del edificio Administrativo, sino las edificaciones de toda la ciudad de Guaranda, un claro ejemplo fue la Catedral San Pedro de Guaranda, con afectaciones en su mampostería y su sistema estructural, además algunas de las edificaciones fueron derrocadas y otras reconstruidas.

Es de interés de la Escuela de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo que los futuros profesionales realicen trabajos de vulnerabilidad y afectaciones en la estructura después de haber sido afectada por movimientos telúricos en edificaciones institucionales y de cualquier otro uso.

Con este caso de estudio se da a conocer las condiciones del suelo en el cual se levantó la edificación, puesto que no existe estudios previos del tipo de suelo, Dr. Paucar Abelardo describe que la edificación está implantada en un suelo blando, húmedo y relleno, por lo mismo la edificación tras haber sufrido los movimientos telúricos su estructura se debilitó, mostrando fisuras y grietas en su mampostería. (Paucar Abelardo, 2016)

Como futuros profesionales en el área de Gestión de Riesgos se realiza por primera vez un diagnóstico comparativo entre el peso de la edificación, el comportamiento del suelo y la Metodología de Observación Directa para Vulnerabilidades Sísmicas en Edificaciones (FEMA 154), permitirá conocer científicamente como se encuentra actualmente el sistema estructural de la edificación.

El aporte de este caso de estudio es observar y cuantificar los daños ocasionados en la edificación, después de haber sufrido varios movimientos telúricos, con la metodología FEMA, después obtener todos estos datos permitirá articular la información arquitectónica y estructural con la vulnerabilidad sísmica resistente en el edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.

1.1 1.5. Limitaciones.

En este caso se realizó en edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar, cantón Guaranda, provincia Bolívar y las limitaciones que se presentaron son:

- Escasez de información estructural, estudios de vulnerabilidad sísmica y medidas preventivas ante un evento adverso.
- Escasez de estudios específicos en cuanto a los riesgos y vulnerabilidades a los que están expuestos los estudiantes, personal administrativo, y visitantes ante la ocurrencia de un sismo.
- Carencia de laboratorios para realizar el estudio de suelos y escases de equipo de scanner para identificar la calidad del hormigón y cantidad de hierro.
- Insuficiente información bibliográfica sobre el tema de Articulación de información arquitectónica y estructura de las edificaciones, Vulnerabilidades sísmicas en la ciudad de Guaranda.

CAPÍTULO 2:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

La Universidad Estatal de Bolívar a partir del año 2006, y en atención a la demanda estudiantil, y cumpliendo políticas de mejoramiento en la calidad de la educación superior, invierte significativamente en la construcción de edificios para aulas, oficinas, bibliotecas accesos y áreas deportivas, en las diferentes propiedades que la Universidad posee en toda la provincia, cuyas construcciones se realizaron bajo la modalidad de Administración Directa, con la dirección técnica y de fiscalización del Departamento de Planificación Física y Construcciones de la Universidad. (Noboa Gino, 2018)

La edificación forma parte de un conjunto de elementos estructurales ensamblados para resistir cargas verticales, sísmicas y de cualquier otro tipo como también de elementos no estructurales que aplican inestabilidad al edificio, además ponen en peligro la vida y la integridad de las personas que se encuentran dentro del edificio Administrativo.

2.2. Contextualización del área de estudio

2.2.1 *Localización del área de estudio*

El análisis de la ubicación geográfica del edificio permite estimar las amenazas en función de los antecedentes de emergencias y desastres que han ocurrido en la zona, sitio y tipo de terreno donde se ha construido el edificio Administrativo. Se deben tener en cuenta tanto las amenazas de origen natural y antropogénico. Este aspecto se divide en dos grupos: amenazas y propiedades geotécnicas del suelo. (Portuguez Cristian, 2011). La siguiente figura muestra la georreferenciación del Edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar:

COORDENADAS UTM (WGS 1984):

X: 72172 m

Y: 982621 m



Figura 1: Georreferenciación del Edificio Administrativo de la Universidad Estatal Bolívar.

Fuente: Google Earth

El edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar se construyó en el año 2002 tiene una antigüedad de 17 años; su área de construcción es de $1092,76 m^2$ con un perímetro de 162,14 m. En dicha edificación trabajan 49 empleados y un promedio de 160 personas flotantes diarias.

2.2.2. Sismicidad en el Ecuador.

Antes de la aparición de los instrumentos de medida, los sismómetros, se conocía de la ocurrencia de los eventos sísmicos por los efectos que dejaban sobre las personas, las propiedades o el medio-ambiente. En épocas recientes, este tipo de datos se encuentran en archivos históricos, pero para el caso de eventos de mayor antigüedad, solo se tiene información si estos dejaron su huella en el medio-ambiente, este es el caso de eventos sísmicos de gran magnitud ocurridos hace miles de años. La historia sísmica del Ecuador está llena de dolorosas experiencias, producto de grandes catástrofes que dejaron a su paso muerte y destrucción a lo largo y ancho de todo el territorio nacional. (Castro Chang, 2012, pág. 143)

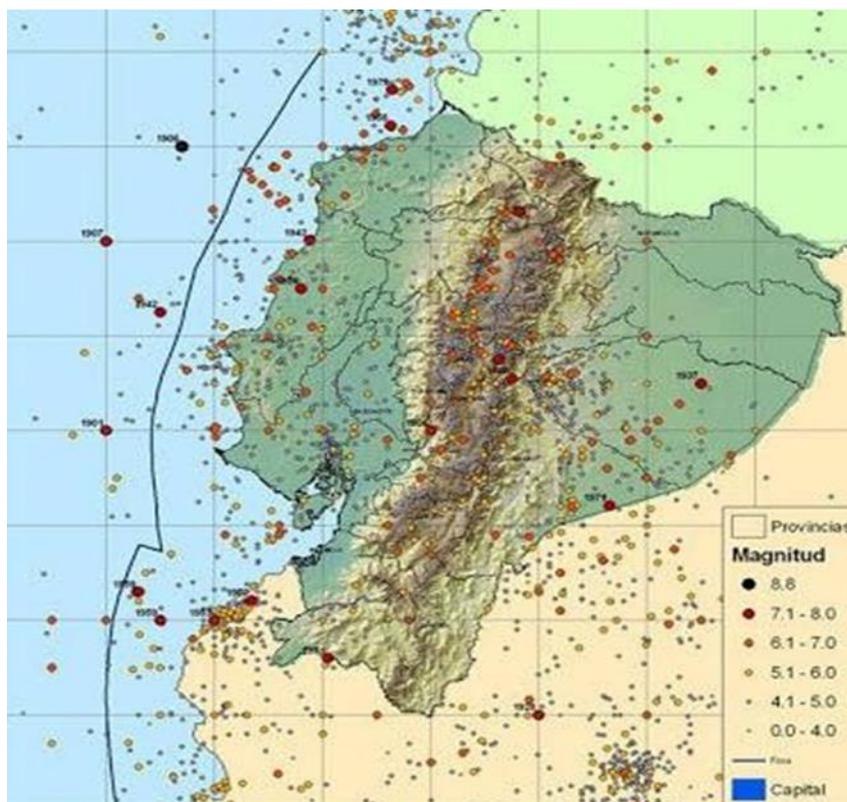


Figura 2: Mapa Sismico del Ecuador.

Fuente: Sismicidad en el Ecuador.

Se ha extraído del Catálogo de Terremotos del Ecuador aquellos sismos que caen en estas categorías (Cuadro 4) ocurridos entre 1541 y 1999; por haberse constituido en verdaderas catástrofes en nuestra historia. Se debe recordar que el último terremoto de esta categoría ocurrió en la provincia de Manabí en 1998, el cual afectó la ciudad de Bahía de Caráquez (la intensidad máxima de este evento fue de VIII). (Sagñay Novay, 2014, pág. 180).

Tabla 1: Efectos causados por los terremotos con Intensidad VIII o superior.

FECHA	LUGAR DE OCURRENCIA
1541-04-10	Destruído un pueblo de unas 60 casas en la falda oriental de la Cordillera Real. Sentido en Quito. En San Antonio de Pichincha y pueblos vecinos: gran destrucción.
1587-08-31	Grandes y profundas grietas por las que brotó agua negra y de mal olor. En Guayllabamba: enormes grietas. En Cayambe se desplomaron muchas casas. Desbordamiento e inundaciones en el lago San Pablo.

1645-03-15	Muchos sismos al comienzo de este año, sentidos en Quito y Riobamba, hasta febrero en que ocurre un terremoto que causó graves estragos en toda la comarca. El terremoto originó desprendimientos internos en el volcán Tungurahua. Innumerables réplicas.
1674-08-29	Destrucción de Chimbo y 8 pueblos circundantes. La mayor destrucción ocurrió en Chimbo. Pocos sobrevivientes". A pesar de la magnitud, la zona macro sísmica fue bastante restringida. Grandes deslizamientos en montes y laderas. Agrietamiento del terreno por todas partes. Represado el río.
1687-11-22	Gran terremoto en las provincias centrales. Destrucción de Ambato, Latacunga y muchas poblaciones de la comarca. Deslizamientos de montes y taludes. Muchas réplicas sin interrupción durante varias semanas. Aproximadamente 7200 muertos.
1698-06-20	Los daños materiales se extendieron desde el Nudo de Tiopullo hasta el Nudo del Azuay. Muertos: Ambato más de 3000; Latacunga aproximadamente 2000; en los pueblos de sus jurisdicciones se estimó unos 1500; en Patate alrededor de 200 y en Riobamba 100.
1736-12-06	Daños graves en casas e iglesias de Pujili, Saquisilí y el resto de pueblos de la comarca. Muchas haciendas afectadas. Estragos menores en Latacunga. En Quito: daños moderados en la iglesia de Sto. Domingo.
1757-02-22	Gran terremoto de Latacunga y su jurisdicción. Destrucción de iglesias y casas en la ciudad y en los pueblos vecinos. Murieron más de 4000 personas. Efectos considerables en Tungurahua. Réplicas continuas de variada intensidad durante los siguientes días.
1786-05-10	Terremoto en Riobamba. Graves daños en la ciudad y pueblos vecinos. Destrucción total de muchas casas de adobe, Se efectuó un inventario detallado de los daños en Riobamba, casa por casa, incluyendo el costo aproximado de las reparaciones.
1797-02-04	Destrucción total de la Villa de Riobamba. El terremoto más destructivo en el territorio ecuatoriano y uno de los de mayor magnitud en toda su historia. Destrucción total de la antigua ciudad de Riobamba, razón por la cual no fue reconstruida en el mismo sitio y se mudó al lugar que actualmente

1834-01-20	<p>ocupa. Daños muy severos en ciudades, pueblos y caseríos de lo que actualmente son las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi y parte de Bolívar y Pichincha. Las trepidaciones y ondulaciones del suelo duraron aproximadamente 4 minutos. Inmensos deslizamientos de laderas y montes, uno de los cuales, sepultó por completo tres barrios de Riobamba.</p> <p>Terremoto en la frontera Ecuador-Colombia. En Ecuador solo se conoce que los efectos fueron severos en Tulcán y se lo sintió fuertemente hasta Ibarra. Con seguridad se puede deducir que deben haberse producido daños en otras poblaciones fronterizas ecuatorianas. En las ciudades y poblaciones fronterizas colombianas, las consecuencias fueron catastróficas ya que la intensidad máxima alcanzó el grado XI de la escala Mercalli Modificada, lo cual significa que las poblaciones fueron prácticamente arrasadas.</p>
1859-03-22	<p>Graves daños en edificios, iglesias y casas de Quito. Serios estragos en poblaciones y haciendas del valle de Los Chillos. Larga duración (se estimó entre 1 y 2 minutos). Sentido prácticamente en todo el país. Los efectos se extendieron hasta las provincias de Cotopaxi por el Sur e Imbabura por el Norte. Seriamente afectada la iglesia de La Merced de Quito. Grietas grandes en el valle de Los Chillos. Muchos muertos en Machachi, Chillogallo y otras poblaciones del valle. Treinta muertos en Imbabura y 1 en Cotopaxi.</p>
1868-08-15	<p>Terremoto en la provincia del Carchi. Grandes averías en casas e iglesias. Los mayores estragos se localizaron en la zona de El Ángel, Huaca, Tusa y El Chota. En Tulcán los efectos fueron de menor proporción. Decenas de muertos (solo en las calles de El Ángel se contabilizaron 32 víctimas). Los estragos se incrementaron con el terremoto de Imbabura, que tuvo lugar unas horas más tarde.</p>
1868-08-16	<p>Gran terremoto de la Provincia de Imbabura. Ruina casi total de varias ciudades y pueblos, especialmente en Cotacachi, Ibarra, Otavalo y pueblos intermedios. Muchos deslizamientos de tierra voluminosos. Innumerables derrumbes de mediana y pequeña magnitud. Grietas profundas y extensas en toda la región. Destrucción de muchas vías de comunicación, en especial los caminos vecinales.</p>

1896-05-03	<p>Destrucción parcial o casi total de construcciones en Bahía de Caráquez, Portoviejo y Canoa. En Portoviejo, Cerro de Hojas y Canoa, se abren grietas muy extensas y profundas: algunas alcanzaron hasta 2 m. de ancho. Se forman pequeños cráteres de 2m. de profundidad, que emanaron agua y arena (licuefacciones). Se produjeron levantamientos del terreno de entre 10 y 100 pies, formando mesetas de regular extensión.</p>
1906-01-31	<p>Gran terremoto con epicentro en el Océano Pacífico, frente a las costas de la frontera Ecuador-Colombia. Se generó un tsunami de grandes proporciones. Este sismo, por su magnitud, es el quinto más fuerte que se ha registrado en el mundo, desde que existen los sismógrafos. Sus efectos fueron muy graves en la provincia de Esmeraldas y en el Sur de Colombia y no fueron mayores por cuanto el epicentro fue en el mar, alejado de la costa y por cuanto en esa época la zona se encontraba muy poco poblada. En Limones desaparecieron bajo las aguas cuatro islas. Daños en las provincias norteñas de la Sierra.</p>
1911-09-23	<p>Violento sismo que causo estragos de consideración en varios cantones de la provincia de Chimborazo, donde el 90% de edificios y casas fueron afectados en mayor o menor cuantía. Deslizamientos de laderas y taludes de caminos. Según versión de vecinos de la región, en el volcán Sangay, un mes antes del temblor "desapareció el eterno y candente penacho". En Quito se reportó una ligera lluvia de ceniza el día 24, sin que se haya podido determinar su procedencia. Según conjeturas de la época, el terremoto se lo atribuyó al volcán Sangay o al Tungurahua. Varias réplicas; 3 fueron muy fuertes.</p>
1913-02-23	<p>Terremoto de consideración en el sur del país. Los mayores estragos entre Molleturo y Jesús María. Destrucción total de algunas viviendas en poblaciones de las provincias de Loja, El Oro y Azuay. Daños graves en muchas casas de la misma zona y en poblaciones del Guayas. Grietas en Molleturo y en Jesús María (hacienda Rosario) emanación de cieno negruzco y mal oliente por las grietas. Muchas réplicas, algunas muy fuertes, hasta pasado el día 25 del mismo mes.</p>

1914-05-31	<p>Violento movimiento sísmico en la provincia de Pichincha, acompañado de ruidos subterráneos. Por el Sur sentido hasta Cuenca y por el Norte hasta Ibarra. En el Monte Pullurima y en los alrededores del volcán Antisana hubo eyecciones de lodo, arena y agua (licuefacciones) provenientes de cratercitos o grietas formadas a causa del sismo. Deslizamientos en laderas del Pullurima y otros cerros aledaños Considerables corrientes de cieno bajaron por cuatro riachuelos del Pullurima.</p>
1923-12-16	<p>Uno de los terremotos con mayores secuencias en la provincia del Carchi, hasta esa fecha. Cayeron muchas casas, en especial en los pueblos y sectores rurales y campesinos. Murieron unas 300 personas, (con exageración se habló de 3000 víctimas). Deslizamientos en montes, laderas y taludes, dejan caminos inhabilitados. Desperfectos en muchos edificios públicos, escuelas y sobre todo daños serios en viviendas. Tulcán, Ipiales, Cumbal, Carlosama, Aldana, Chiles, Túquerres y otros caseríos aledaños fueron los lugares más quebrantados. Grandes y numerosas grietas en el área macrosísmica. 20.000 personas quedaron sin vivienda.</p>
1926-12-18	<p>Terremoto en la frontera Ecuador-Colombia, que nuevamente asoló las poblaciones que resultaron afectadas con el terremoto de 1923. En esta ocasión se incrementa la actividad del volcán Galeras (cerca de Pasto) y entra en actividad el volcán Cumbal. Se sintieron 30 réplicas hasta el día 21. 2 muertos y varios heridos. Criterios alarmistas sugirieron reubicar a la ciudad de Tulcán.</p>
1929-07-25	<p>Casas de sectores rurales de la provincia de Pichincha, destruidas total o parcialmente. Graves daños en casas de cal y ladrillo. Afectadas seriamente las torres de las iglesias. Los mayores quebrantos se presentaron en la población de Murco, donde cayeron por completo 46 casas y las restantes quedaron en muy mal estado. Desde Tambillo la carretera sufrió serios efectos, a causa de los derrumbes y deterioro de los puentes. Se sintieron varias réplicas. 8 muertos.</p>
	<p>Terremoto en el Valle de los Chillos. El área macrosísmica estuvo circunscrita a un sector relativamente reducido del valle. Muchas casas de ladrillo resultaron con Daños severos y muchas casas de adobe se</p>

1938-08-10 destruyeron por completo. Al ser una zona prolífera en aguas termales, en algunos lugares brotaron nuevas fuentes, otras aumentaron o disminuyeron su caudal o desaparecieron.

Terremoto cuyos efectos se extendieron a la mayor parte de las provincias de la Costa y dos de la Sierra. Daños en Manabí, Guayas, Los Ríos, Esmeraldas, Bolívar e Imbabura. En otras provincias los efectos fueron de poca magnitud El sismo que tuvo su epicentro en la Costa fue sentido hasta

1942-05-14 la Región Oriental por el Este y en poblaciones fronterizas de Colombia, por el Norte. Destrucción de edificios y viviendas en la Costa. Cuarteamientos serios en paredes y cubiertas. Grietas en el terreno, especialmente en Socote, donde brotó una especie de lava amarilla". En Naranjal, de otra grieta, vertió "un líquido espumoso".

Gran terremoto de Pelileo, ciudad que fue totalmente destruida. Ambato en escombros. Destrucción casi total de muchas poblaciones de las provincias de Tungurahua y Cotopaxi. Graves daños en localidades de las provincias de Chimborazo y Bolívar. Grandes grietas en el terreno y derrumbes y deslizamientos voluminosos en montes y caminos de toda la

1949-08-05 región. Cambio del paisaje en muchos lugares. Licuefacciones especialmente en el sector de La Moya de Pelileo, donde tradicionalmente ha ocurrido el mismo fenómeno con otros terremotos, como el de Riobamba de 1797.

Terremoto en la frontera Ecuador-Perú. Los mayores efectos ocurrieron en la provincia ecuatoriana de Loja, especialmente en la ciudad de Gonzanamá. Los demás cantones de la provincia sufrieron efectos en menor proporción, al igual que Guayaquil y otras localidades de la provincia del

1953-12-12 Guayas y El Oro. En la región NW. De Perú, varias ciudades y pueblos afrontaron efectos considerables. A las 16h. 33m. se sintió un sismo premonitor en la zona epicentral. Hubo un sismo premonitor en la zona epicentral. Se registraron gran cantidad de réplicas.

1956-07-20	<p>Terremoto en la provincia de Imbabura y Norte de Pichincha. Daños de menor cuantía en poblaciones de la provincia del Carchi. Muchas viviendas (especialmente rurales) resultaron destruidas por completo y gran cantidad de las que quedaron en pie, eran inhabitables. Serios cuarteamientos en muchas otras de diversa calidad de construcción. Gran cantidad de deslizamientos de cerros y taludes, especialmente en las carreteras Atuntaqui-Cotacachi, Cotacachi-Intag y Otavalo- Cotacachi. Iguales efectos en todo el recorrido del río Ambuquí y sus quebradas afluentes y en el río Blanco, que quedó represado y cuyo desfogue causó daños en la planta eléctrica de Otavalo.</p>
1958-01-19	<p>Terremoto destructor en Esmeraldas. Colapso total de casas antiguas y parciales de construcciones nuevas y edificios. Cuarteamientos en edificios. Grietas de alguna consideración en calles de tierra. Derrumbes y deslizamientos en cerros y taludes, interrumpen varios caminos. Los efectos se extendieron a la provincia de Imbabura y al departamento de Nariño, Colombia. Tsunami arrasa 4 cuadras de la ciudad de Esmeraldas y destruye varios barcos. Se reportaron muertos en varias localidades, a causa del terremoto y el tsunami.</p>
1964-05-19	<p>Sismo fuerte con epicentro en la provincia de Manabí, donde varias poblaciones resultaron muy afectadas. Sentido con fuerza en toda la Región Costa. También fue fuerte en la parte Norte y centro del valle Interandino.</p>
1970-12-10	<p>Terremoto con epicentro en la costa Norte del Perú, con serios efectos en el Sur del Ecuador, en especial en las provincias de Loja y El Oro, además de los departamentos fronterizos peruanos. Varias cabeceras cantonales y parroquias de Loja quedaron destruidas casi completamente. Cayeron casas y templos hasta los cimientos. Edificios de buena calidad semidestruidos o seriamente afectados. Grandes grietas y deslizamientos de taludes y laderas, interrumpen muchas carreteras en Loja. Pequeñas licuefacciones. Poblaciones costaneras de la provincia de El Oro y el Golfo de Guayaquil, reportaron la generación de un tsunami de poca magnitud. Aproximadamente 40 muertos y casi un millar de heridos, sumados entre</p>

Ecuador y Perú. Las pérdidas materiales fueron cuantiosas y el impacto socioeconómico incalculable.

1987-03-06 Gran terremoto de la provincia de Napo, donde se presentaron los efectos más severos. También hubo serios daños en ciudades y poblaciones de las provincias de Sucumbíos, Imbabura, Pichincha y el este del Carchi. Destrucción de varios tramos del oleoducto Trans-Ecuatoriano, que obligó a la suspensión del bombeo de petróleo por varios meses, con serios efectos en la economía nacional. Destrucción de carreteras y puentes. Muchos pueblos quedaron aislados. Colapso total de muchas casas, especialmente en el sector rural. Gran cantidad de casas sufrió destrucción parcial.

1995-10-02 Terremoto con epicentro en una zona despoblada de la cordillera de Cutucú. Grietas y deslizamientos de tierra. Daños de consideración en Macas, Sucúa, Méndez y aldeas de la región. Colapso del puente del río Upano en Macas.

1998-08-04 Terremoto de severas consecuencias en la provincia de Manabí. Gran destrucción de edificios en Bahía de Caráquez. Daños graves en Canoa, San Vicente y localidades cercanas. En otras ciudades de Manabí los daños fueron de menor proporción.

Fuente: IG – EPN, 2010 – 2013.

Elaborado por: Andachi C. Zapata A.

De acuerdo a la información anterior se puede deducir los siguientes valores ocurrencia de terremotos destructivos:

Tabla 2: Resumen de ocurrencia de terremotos destructivos.

Número total de terremotos destructivos	37
Periodo de años (1541 – 1999)	458
Promedio de sismos destructivos por año	0,08
Recurrencia de sismos destructivos (años)	12,37

Fuente: IG – EPN, 2010 – 2013.

Elaborado por: Andachi C. Zapata A.

La sismicidad es el estudio de los sismos o actividad sísmica que ocurre en un lugar específico. Según Teofilos Toulkeridis dice que el proceso de subducción de la placa de Nazca, genera una alta sismicidad en su recorrido (buzamiento hacia el este). Por este proceso, los eventos sísmicos en la costa ecuatoriana tienen poca profundidad y en la región oriental tienen profundidades mayores a 200 km. La mayoría de los sismos en Ecuador ocurren como consecuencia del proceso de subducción y podemos destacar los sismos con magnitudes de 7 grados o más que han ocurrido en la región costera desde 1900. (Toulkeridis Teofilos, 2016)

En 1906 un sismo de magnitud 8.8 ocurrió en la zona de interface de subducción a 90 km al noreste de la población de Pedernales siendo, el epicentro en la provincia de Esmeraldas que afectó también a Colombia, que causó un tsunami perjudicial que tuvo víctimas mortales alrededor de 1500 personas. Los otros eventos tuvieron lugar en el año de 1942 con una magnitud de 7.8 grados, en 1958 con una magnitud de 7.7 grados, en 1979 con una magnitud de 8.2 grados y en 1998 con una magnitud de 7.1 grados, los cuales tuvieron sus epicentros dentro de la zona de ruptura del evento ocurrido en 1906. (YachayTech, 2016)

En la siguiente figura se puede apreciar lo antes indicado, se evidencia sismos de magnitudes altas que afectaron principalmente a la costa ecuatoriana.

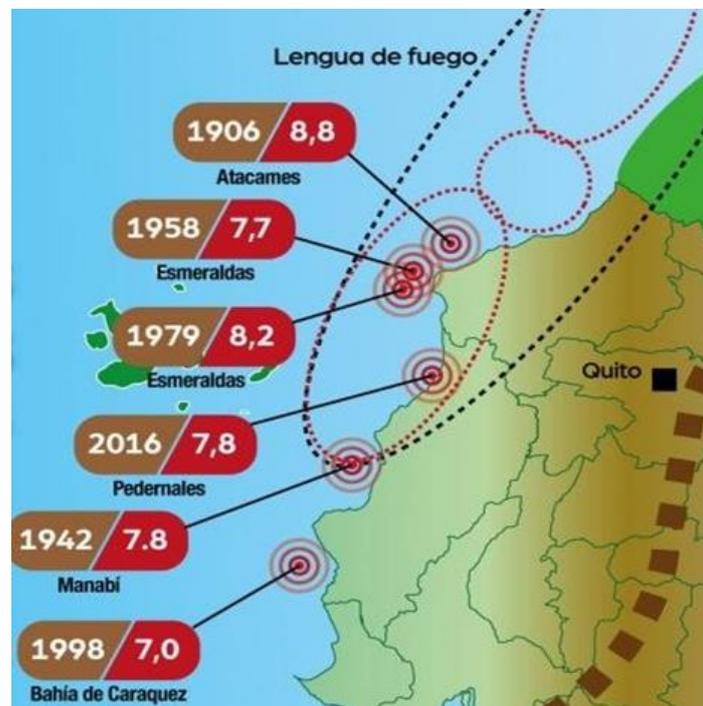


Figura 3: Ubicación y magnitud de sismos en Ecuador.

Fuente: YachayTech. (2016).

2.2.3. 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, 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 grados en la escala de Richter, se produjo en uno de los ramales de este sistema. (Soulas, 1991)

2.2.4. 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)

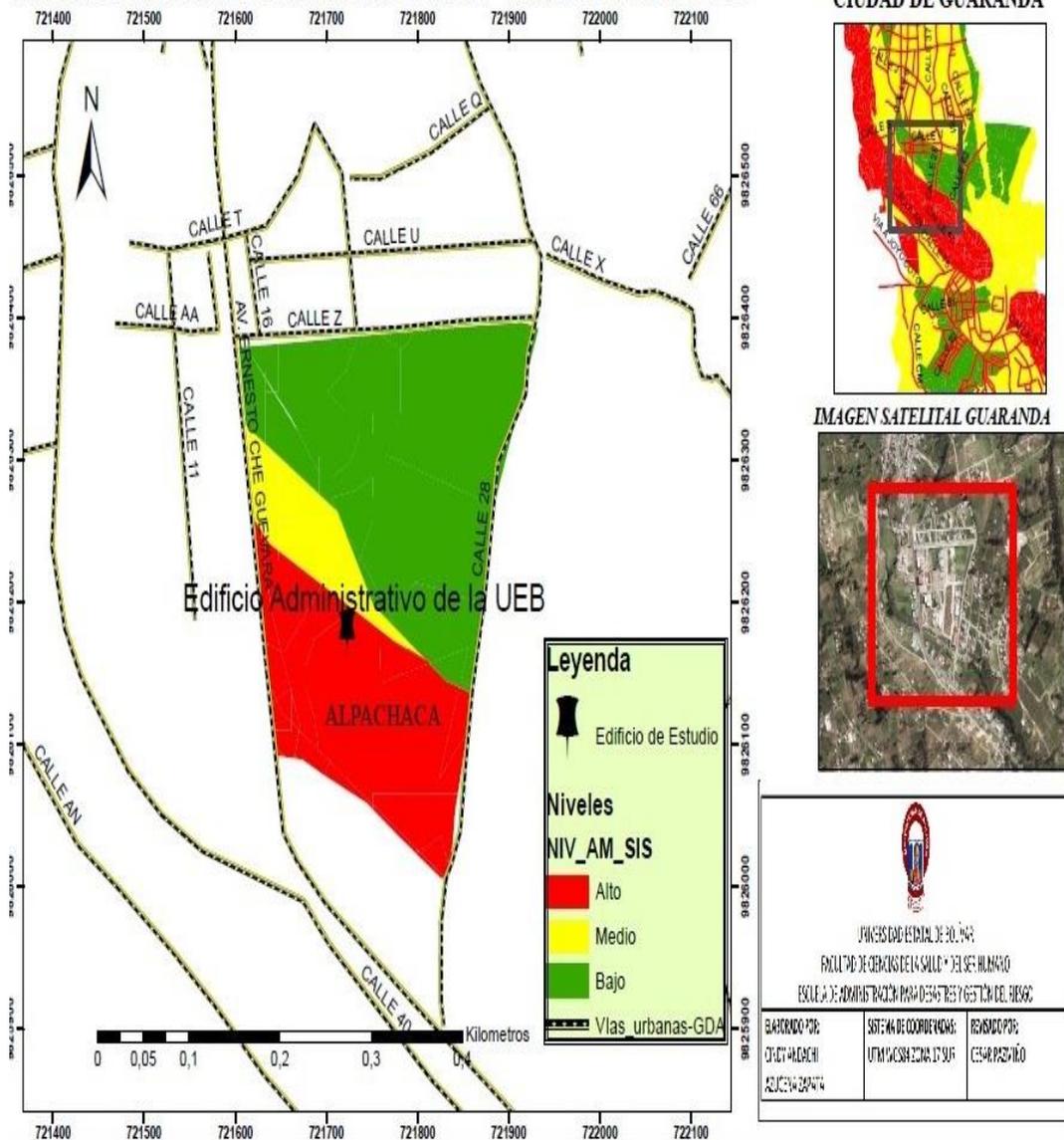
2.2.5. Amenaza sísmica de la ciudad de Guaranda.

La amenaza sísmica de la ciudad de Guaranda, está distribuido en los siguientes niveles: nivel medio con un 40.82%; nivel alto de 32.01% debido a las condiciones del suelo, a fallas locales, entre otros; también existen zonas con menor peligro sísmico que corresponde a un 27.17% con un nivel bajo, donde las personas podrían asentarse con una menor probabilidad de riesgo sísmico. (Paucar Abelardo, 2016)

2.2.6. 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 Abelardo, 2016)

MAPA DE AMENAZA SÍSMICA SECTOR - ÁREA DE ESTUDIO



Mapa 1: Amenaza Sísmica Sector Alpachaca

Fuente: Análisis de Vulnerabilidad del Cantón Guaranda

Elaborado por: Andachi C & Zapata A

2.3. Bases Teóricas

La naturaleza del planeta y su dinámica permite que exista la vida, así mismo estamos sujetos en algún momento de sufrir algún evento físico potencialmente peligroso como terremotos, huracanes, inundaciones o explosiones, La gestión del riesgo, frente a las amenazas naturales, es actuar desde la población, forma de vida y sobre los niveles de seguridad de las edificaciones y la infraestructura instalada, con el propósito de mitigar las diferentes vulnerabilidades que se presenten frente a este tipo de eventos, incluyendo el diseño de planes de emergencia para enfrentar estos momentos con la suficiente capacidad de repuesta evitando desastres mayores (Narvàez,Lizardo, 2009).

2.3.1. Definiciones de la Vulnerabilidad

Es el grado de pérdida de elementos u objetos en riesgo ante una amenaza de una magnitud dada, donde constantemente el grado de pérdida se expresa en pérdidas monetarias y materiales; a los cuales se les asigna valores de vulnerabilidad entre 0 y 1 a los elementos que se encuentran en riesgo. Dentro de los elementos expuestos se encuentra; la población, estructuras, propiedades, infraestructuras, ambiente, actividad económica y bienestar. (Caicedo Barbat; Canas, 1994).

2.3.2. Tipos de vulnerabilidad

1. Vulnerabilidad sísmica

Es una propiedad o característica fundamental de una estructura, es decir su comportamiento frente a la acción de un sismo definido a través de la ley causa efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño, la cual a base de la información obtenida y analizada se concluye si la edificación es vulnerable o no ante un evento sísmico. Dentro de la vulnerabilidad sísmica existen varias clases las cuales son: (Carrión Jonathan, 2016).

2. Vulnerabilidad estructural

Se refiere a la delicadeza de los elementos estructurales que pueden ser afectados o devastados; siendo estas vigas, columnas, entramados, muros de piedra, etc. de una edificación frente a un evento sísmico. (Carrión Jonathan, 2016)

3. Vulnerabilidad no estructural

Se refiere a los daños que pueden tener los procedimientos arquitectónicos de una edificación así como ventanas, cubiertas, puertas, pasamanos, entre otras. (Carrión Jonathan, 2016)

4. Vulnerabilidad funcional

Está relacionada con la capacidad que tiene un bien o inmueble de no perder el abastecimiento de agua, luz, redes de comunicación o vías de acceso; las cuales son las partes más vulnerables dentro de una edificación. (Carrión Jonathan, 2016)

5. Vulnerabilidad urbana

Se le entiende como propensión de personas, bienes y actividades a ser dañados. Se clasifican en dos tipos:

6. Vulnerabilidad física.

La capacidad o propensión de ser dañada que tiene una estructura y funciones del elemento estudio en particular cuando se trata de una persona, edificación o una comunidad. (Martinez Katiuska, 2011)

7. Vulnerabilidad social.

Capacidad de afectación de la calidad de vida de un individuo, familia o comunidad ante las amenazas de origen social o natural que le ofrece u ambiente. (Martinez Katiuska, 2011)

2.3.3. Evaluación de la vulnerabilidad

Es el proceso en donde se determina el nivel de exposición de un elemento frente una amenaza, esta implica el entendimiento de la interacción entre los procesos y los elementos expuestos. La evaluación de la vulnerabilidad se basa en tres tipos de modelo, los cuales son: (Rivero Naty, Mayorga Andrea, 2013)

2.3.4. Modelos cualitativos

Es la debilidad de las estructuras, los cuales se expresan de manera relativa, en el cual la magnitud de los daños puede expresarse cualitativamente, utilizando cualidades descritas por palabras que representan diferentes niveles tales como: severo, moderado, leve, e insignificante. (Rivero Naty, Mayorga Andrea, 2013)

2.3.5. Modelos Semicuantitativos

Es cuando la vulnerabilidad es detallada de manera cuantitativa, pero su determinación se basa en relaciones empíricas y no en la modelación de la respuesta estructural. En estos modelos es común la definición de la vulnerabilidad en términos del índice de vulnerabilidad, respecto al costo total de la estructura, en donde el valor de 0 no representa

ningún tipo de daño y el 25 valor de 1 representa la pérdida total o colapso. (Rivero Naty, Mayorga Andrea, 2013)

2.3.6. Modelos cuantitativos

Es cuando la magnitud de las causas es valorada cuantitativamente en términos de costos de las construcciones e infraestructuras. En estos modelos cuantitativos se genera la evaluación de respuesta estructural, así como las curvas de vulnerabilidad relacionadas con esa respuesta. (Rivero Naty, Mayorga Andrea, 2013)

2.3.7. Metodologías para el estudio de vulnerabilidad sísmica.

Para realizar este tipo de estudios existen algunas metodologías de las cuales a continuación se detallan dos:

8. Método cuantitativo

Permite hacer una evaluación de forma rápida y sencilla, esto se utiliza para obtener la estimación de vulnerabilidad de las edificaciones, lo cual permitirá conocer el comportamiento de un territorio ante la ocurrencia de eventos naturales, este método aportará una herramienta muy importante para los planes de prevención y reducción de desastres. (Carrión Jonathan, 2016)

9. Método analítico

Es utilizado para realizar una evaluación a detalle de la vulnerabilidad de una estructura frente a sismos de diferente magnitud. (Carrión Jonathan, 2016)

2.3.8. Evento sísmico

La magnitud de un evento sísmico no determina el potencial de daño, sino la amenaza potencial, la misma que está en función de la magnitud, el tiempo y la localización, además determina la interacción con la población, objetos, actividades y ambiente, los cuales son espacialmente variables y presentan diferentes vulnerabilidades ante sismos. Dentro de la vulnerabilidad existen eventos los cuales generan efectos negativos y estos son los siguientes: (Rivero Naty, Mayorga Andrea, 2013)

2.3.9. Identificación de daños

Se trata de un diagnóstico general de las edificaciones con los datos obtenidos en todo el transcurso del estudio, a través de la información recolectada. Se hace la localización exacta de los daños de las edificaciones, tomando en cuenta sus causas para saber cuál es el estado actual de la estructura. (Salamanca Nonzoque, 2016) Es muy importante

reconocer la estructura como un elemento que actúa conjuntamente con las edificaciones y con el ambiente, ya que dichos factores son principios potenciales de daño a la construcción evaluada. Dentro de la identificación de daños encontramos los siguientes: (Rivero Naty, Mayorga Andrea, 2013).

Tabla 3: Clasificación de Daños en la construcción

Tipo de Daños	Descripción
Daños Directos	Son los que incluyen impactos físicos que llevan a la destrucción de una edificación y la pérdida de la misma, incluyen también pérdidas humanas, materiales y económicas. (Rivero Naty, 2013)
Daños Indirectos	Son los que pueden afectar a un territorio diversas veces más grandes que la zona desastre y se incluye la disminución de la productividad económica y las acciones encaminadas a restablecer las condiciones previas al evento. (Rivero Naty, Mayorga Andrea, 2013)
Daños Intangibles	En este daño se incluye los efectos psicológicos y las consecuencias emocionales de las pérdidas humanas y de vivienda permanente a la evacuación temporal. (Rivero Naty, Mayorga Andrea, 2013)

Fuente: Naty Rivera y AndreA Mayorga, 2013

Elaborado por: Andachi C & Zapata A.

2.3.10. Daño sísmico

Es el grado de destrucción causado por un fenómeno peligroso sobre personas, bienes y sistemas en general. La evaluación y la interpretación de daños originados por los sismos nacen de la necesidad de cuantificar y explicar los efectos de este fenómeno sobre los diferentes tipos de estructuras existentes. En las últimas décadas se han empezado a incluir la no linealidad de los materiales en el análisis y diseño sísmico, para lo cual se dispone de información detallada sobre los fenómenos que se producen cuando se sobrepasa el límite elástico de los materiales. Así mediante procedimientos de análisis es posible evaluar paso a paso el comportamiento de un material. Previo al daño es

importante identificar los sistemas expuestos dentro de una estructura, estos se agrupan de la siguiente manera: (Acosta Domingo; Vivas Christian; Castilla Enrique, 2005)

2.3.11. Exploración estructural

Es la observación que se realiza sobre el estado actual de las edificaciones en cuanto a su estructura, en donde se identifican los elementos y su configuración geométrica, lo cual ayudará a la evaluación y a la verificación de disposición de los mismos, en casos muy especiales en los cuales no se cuentan con planos de construcción, caso contrario sirve para establecer la calidad y confrontación de lo construido contra lo diseñado. (Salamanca Nonzoque, 2016)

2.3.12. Estado de materiales

Aquí se determina la calidad de los materiales que componen y que forman parte de un sistema estructural, en la mayoría de estudios previo a la construcción se realizan ensayos no destructivos, aunque cabe recalcar que dependiendo del nivel de estudio pueden emplearse algunos materiales destructivos. Además, se debe realizar una evaluación de manera objetiva de los elementos estructurales y no estructurales, los mismos que permitirán acercarse con más precisión a la realidad. (Salamanca Nonzoque, 2016)

2.3.13. Calidad de materiales

En la calidad de los materiales se investiga el proceso por el cual fue elaborado dicho material para en un futuro iniciar construcciones seguras dependiendo del mismo. Además, se ven las características de los elementos que confieren la capacidad para satisfacer las necesidades del cliente. La calidad de los materiales, herramientas y equipos se especifican en los planos de construcción o en el documento de las especificaciones técnicas. En si la calidad depende de la materia prima con que fue elaborado y procesado dicho material. (Gerson Barrios Garrido, 2013)

2.3.14. Elementos estructurales

Son elementos que conforman los sistemas resistentes tanto de cargas verticales como laterales; estos son hormigón armado, estructura metálica, estructura de madera, estructura de caña, estructura de pared portante, entre otras. (Acosta Domingo; Vivas Christian; Castilla Enrique, 2005)

2.3.15. Elementos arquitectónicos

Son otros elementos tales como: muros que dividen una sección de otra, ventanales, revestimiento, puertas etc. Estos en general son manejados para la división, el aprovechamiento de espacios en las construcciones y aspectos relacionados con la estética de las estructuras. (Acosta Domingo; Vivas Christian; Castilla Enrique, 2005)

2.3.16. Instalaciones

Se trata de elementos que mantienen servicios tales como; tuberías de agua, redes de electricidad y alcantarillado; necesarios para una edificación cualquiera. (Acosta Domingo; Vivas Christian; Castilla Enrique, 2005)

2.3.17. Determinación de daño

Para la determinación de daños en las edificaciones se puede utilizar algunas herramientas como: salida de campo, entrevistas, encuesta o fichas de observación 30 para identificar los tipos de fallos que se encuentran de manera general en las edificaciones, estos fallos pueden ser: (Salamanca Nonzoque, 2016)

Tabla 4: Tabla de Daños observados en la Construcción

TIPOS	DESCRIPCIÓN
Sin daño	Es cuando en el peor de los casos ya ocurrido el desastre se producen pequeñas fisuras en el hormigón de la edificación. (Silva Natalia, 2011)
Ligeros	Es cuando se producen grietas en varios elementos estructurales, como en paredes o techos de la edificación. (Silva Natalia, 2011)
Moderado	Es cuando en una edificación existe agrietamiento severo y desprendimientos de hormigón. (Silva Natalia, 2011)
Severo	Apabullamiento del hormigón y pérdida del recubrimiento de las barras de acero de refuerzo. (Silva Natalia, 2011)

Fuente: Naty Rivera y Andrea Mayorga, 2013.

Elaborado por: Andachi C & Zapata A.

2.3.18. Patología estructural

El término patología se refiere al daño o problema que tienen las edificaciones luego de algún evento ocurrido, ya sea de origen natural o antrópico, esto incluye todas las imperfecciones visibles y no visibles de las mismas. Esta establece un procedimiento mediante el cual se realiza un diagnóstico de reconocimiento y verificación de una estructura. Dicho proceso se realiza cuando se presenta deterioro, amenazas y vulnerabilidad sísmica en las construcciones, los cuales de acuerdo con los resultados del diagnóstico se puede implantar obras de preservación, reforzamiento, preparación o restauración. (Salamanca Nonzoque, 2016)

2.3.19. Causas probables

Las causas de las patologías generadas en la edificación son las mismas que han provocado lesiones en la estructura, combinación de varios sistemas estructurales.

- Agentes atmosféricos como vientos, lluvias, humedad.
- Deficientes diseños de los elementos constructivos.
- Deficiencia en la calidad de los materiales.
- Falta de supervisión en el proceso constructivo
- Falta de mantenimiento en las edificaciones
- No aplicación de las normas de construcción. (Salamanca Nonzoque, 2016)

2.3.20. Sistema constructivo

Es un conjunto de elementos y componentes de una edificación, la cual está conformada por una formación fundamental con una tarea importante, es decir las estructuras de definición y defensa de todo el espacio. El sistema está constituido por materiales y equipos que se utilizan para iniciar la construcción. (Torres Adolfo, 2015)

2.3.21. Sistemas estructurales

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismo resistente en cada dirección de análisis. Cuando en la dirección de análisis, la edificación presenta más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente. (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, 2016)

2.3.22. Materiales de construcción

Existen muchos tipos de materiales que se utilizan en las construcciones, siendo los siguientes los más utilizados:

10. Ladrillo

Es un tipo de material que se utiliza en las construcciones actuales, hecho en masa de barro cocida, que tiene forma rectangular el cual permite levantar muros y otra estructura. Los ladrillos se consiguen mediante las arcillas naturales permanentemente moldeado, los cuales pasan por un proceso de horneado, el mismo que hace que su color sea anaranjado. La utilización de los ladrillos en la construcción comenzó hace unos 11.000 años. (Torres Adolfo, 2015)

11. Flexión

Es una fuerza en la que actúan simultáneamente fuerza de tensión y compresión; por ejemplo, cuando se flexiona una varilla, uno de sus lados se estira y el otro se comprime (A S..., 1995).

12. Columna

Una columna es un soporte vertical, de forma alargada, que permite sostener el peso de una estructura. (Pérez Julián Porto y Ana Gardey, 2014)

13. Losa

Las losas son los elementos que proporcionan las superficies horizontales y planas donde se aplican las cargas en las estructuras, además se colocan las instalaciones necesarias para el funcionamiento de un edificio. (González, 2013)

14. Vigas

Las vigas son elementos estructurales que pueden ser de concreto armado, diseñado para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes, en una sola dirección. Una viga puede actuar como elemento primario en marcos rígidos de vigas y columnas, aunque también pueden utilizarse para sostener losas macizas o nervadas. (Requejo Joel , 2014)

2.3.23. Hormigón

El hormigón es un material que se utiliza en la construcción. Suele elaborarse mezclando cal o cemento con grava, arena y agua: cuando se seca y fragua, el hormigón se endurece y gana resistencia. La fórmula del hormigón, también llamado concreto, implica la combinación de un aglomerante (el cemento), agregados (áridos como la grava y la arena) y agua. En ocasiones se recurre también a diversos aditivos para modificar sus características. (Perez Julian, 2018)

2.3.24. Hormigón armado.

Unión de hormigón y una armadura metálica de hierro redondo, cuya combinación es capaz de resistir los esfuerzos de compresión, tracción y torsión. (Cueva Cristian, 2017)

2.3.25. Tipos de Hormigón

Tabla 5: Tipos de Hormigón.

Tipo	Descripción
Hormigón en Masa	Este se vierte directamente en moldes previamente preparados y dan macizos sometidos a esfuerzos de compresión.
Hormigón Ciclópeo	Es un tipo de material de construcción usado en cimentaciones, en lechos marinos o de río. Este sistema ha quedado prácticamente en desuso.
Hormigón Ligero.	Material de poca densidad, formado por áridos de pequeña densidad. Se utiliza principalmente para la obtención de elementos que no precisen grandes resistencias, como tabiques, forjados de pisos, fachadas de revestimiento, y, sobre todo, como aislante del calor y del sonido.
Hormigón Armado	Contiene en su interior una armadura metálica y trabaja también a la flexión. Las barras de Acero se introducen en la pieza de Hormigón, en el borde que resiste las tracciones, y debido a la adherencia entre ambos materiales, las primeras resisten las atracciones y el segundo las compresiones.
Hormigón Pretensado	Contiene acero sometido a fuerte tracción previa y permanente. La idea básica del pretensado es someter a

compresión al Hormigón antes de cargarlo, en todas aquellas áreas en que las cargas produzcan tracciones.

Fuente: NEC 2015.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

2.3.26. Propiedades del Hormigón fresco

El hormigón fresco es el producto inmediato del amasado de sus componentes. Desde el primer momento se están produciendo en su masa reacciones químicas que condicionan sus características finales como material endurecido. Reacciones que se prolongan sustancialmente hasta un años después de su amasado. El hormigón fresco es una masa heterogénea de fases sólidas, líquidas y gaseosas que se distribuyen en igual proporción si está bien amasado. (Llor Francisco, 2014)

Tabla 6: Tipos de Hormigón

Propiedades	Descripción
Consistencia	Es la capacidad del hormigón fresco de deformarse. Principalmente se mide mediante el descenso en centímetros en el ensayo del cono de Abrams.
Docilidad	Es sinónimo de trabajabilidad del hormigón fresco. Es su capacidad de ser puesto en su lugar de destino con los medios de compactación de que se dispone. Principalmente se mide mediante el descenso en centímetros en el ensayo del cono de Abrams.
Homogeneidad	Es la cualidad de distribución por toda la masa de todos los componentes del hormigón en las mismas proporciones. A la cualidad de homogeneidad se opone el defecto de la segregación o decantación. Se mide por la masa específica de porciones de hormigón fresco separadas entre sí.
Masa específica	Es la relación entre la masa del hormigón fresco y el volumen ocupado. Puede medirse con el hormigón compactado o sin compactar. La densidad del hormigón fresco compactado es una

medida del grado de eficacia del método de compactación empleado. Se mide en kg/m³

Tiempo abierto Es el período de tiempo que transcurre entre el amasado del hormigón y el principio del fraguado. Es una propiedad muy importante pues es en el que se puede manipular el hormigón sin merma de sus características.

Fuente: El Hormigón, tipos y propiedades

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

2.3.27. Propiedades del hormigón endurecido

El carácter de hormigón endurecido lo adquiere el hormigón a partir del final de fraguado. El hormigón endurecido se compone del árido, la pasta de cemento endurecido (que incluye el agua que ha reaccionado con los compuestos del cemento) y las red de poros abiertos o cerrados resultado de la evaporación del agua sobrante, el aire ocluido (natural o provocado por un aditivo). (Loo Francisco, 2017). Las propiedades del hormigón endurecido son.

Tabla 7: Propiedades del hormigón Endurecido.

Propiedades	Descripción
Densidad	Es la relación de la masa del hormigón y el volumen ocupado. Para un hormigón bien compactado de áridos normales oscila entre 2300-2500 kg/m ³ . En caso de utilizarse áridos ligeros la densidad oscila entre 1000-1300 kg/m ³ . Y en caso de utilizarse áridos pesado la densidad oscila entre 3000-3500 kg/m ³
Compacidad	Es la cualidad de tener la máxima densidad que los materiales empleados permiten. Un hormigón de alta compacidad es la mejor protección contra el acceso de sustancias perjudiciales.
Permeabilidad:	Es el grado en que un hormigón es accesible a los líquidos o a los gases. El factor que más influye en esta propiedad es la relación entre la cantidad de agua añadida y de cemento en el hormigón (a/c). Cuanto mayor es esta relación mayor es la permeabilidad y por tanto más expuesto el hormigón a potenciales agresiones.

Resistencia	El hormigón endurecido presenta resistencia a las acciones de compresión, tracción y desgaste. La principal es la resistencia a compresión que lo convierte en el importante material que es. Se mide en Mpa (Megapascuales) y llegan hasta 50 Mpa en hormigones normales y 100 Mpa. En hormigones de alta resistencia. La resistencia a tracción es mucho más pequeña, pero tiene gran importancia en determinadas aplicaciones. La resistencia a desgaste, de gran interés en los pavimentos se consigue utilizando áridos muy resistentes y relaciones agua cemento muy bajas.
Dureza	Es una propiedad superficial que en el hormigón se modifica con el paso del tiempo debido al fenómeno de carbonatación. Un método de medirla es con el índice de rebote que proporciona el esclerómetro Smichtd.
Retracción	Es el fenómeno de acortamiento del hormigón debido a la evaporación progresiva del agua absorbida que forma meniscos en la periferia de la pasta de cemento, y el agua capilar. Es el agua menos fijada en los procesos de hidratación. Además en el hormigón endurecido está presente el agua en distintos estados

Fuente: El Hormigón, tipos y propiedades.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

2.3.28. Comportamiento del hormigón

Las características del hormigón es el resultante de unir áridos con la pasta que se obtiene al añadir agua a un conglomerante. El conglomerante puede ser cualquiera, pero cuando nos referimos a hormigón, generalmente es un cemento artificial, y entre estos últimos, el más importante y habitual es el cemento portland. Los áridos proceden de la desintegración o trituración, natural o artificial de rocas y, según la naturaleza de las mismas, reciben el nombre de áridos silíceos, calizos, graníticos, etc. El árido cuyo tamaño sea superior a 5 mm se llama árido grueso o grava, mientras que el inferior a 5 mm se llama árido fino o arena. El tamaño de la grava influye en las propiedades mecánicas del hormigón. La pasta formada por cemento y agua es la que confiere al hormigón su fraguado y endurecimiento, mientras que el árido es un material inerte sin participación directa en el fraguado y endurecimiento del hormigón. (Sanchez Luis, 2016)

2.3.29. Características del hormigón

La principal característica estructural del hormigón es resistir muy bien los esfuerzos de compresión. Sin embargo, tanto su resistencia a tracción como al esfuerzo cortante son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las solicitaciones por tracción o cortante sean muy bajas. Para determinar la resistencia se preparan ensayos mecánicos (ensayos de rotura) sobre probetas de hormigón. Para superar este inconveniente, se “arma” el hormigón introduciendo barras de acero, conocido como hormigón armado, o concreto reforzado, permitiendo soportar los esfuerzos cortantes y de tracción con las barras de acero. Es usual, además, disponer barras de acero reforzando zonas o elementos fundamentalmente comprimidos, como es el caso de los pilares. Los intentos de compensar las deficiencias del hormigón a tracción y cortante originaron el desarrollo de una nueva técnica constructiva a principios del siglo XX, la del hormigón armado. Así, introduciendo antes del fraguado alambres de alta resistencia tensados en el hormigón, este queda comprimido al fraguar, con lo cual las tracciones que surgirían para resistir las acciones externas, se convierten en descompresiones de las partes previamente comprimidas, resultando muy ventajoso en muchos casos. (Sanchez Luis, 2016)

2.3.30. Preparación del Hormigón.

El concreto u hormigón se prepara en la mezcladora o trompo mezclador (también conocido como batidora); este debe mezclarse durante tres minutos como mínimo. Debemos considerar de agregar la cantidad justa de agua ya que un exceso de este componente crea burbujas de aire que dan por resultado un concreto poroso y de poca resistencia (si fuera el caso se puede solucionar empleando un vibrador de concreto). La mezcla apropiada es emplear por cada saco de cemento (saco de 42.5 Kgs.) unos 18 litros (cinco galones) de agua, dependiendo si la arena está o no seca. (RM Josè, 2018)

2.3.31. Fraguado y Endurecimiento del Concreto

El proceso de endurecimiento (fraguado) del concreto se debe a la combinación del agua con las partículas de cemento las cuales reaccionan hidratando sus componentes. Para obtener un concreto seco de alta calidad es necesario controlar las condiciones de hidratación y humedad, por ello es necesario para completar el endurecimiento o fraguado mantener húmedo el concreto durante los primeros 7 días del proceso de secado el cual en total tiene una duración de aproximadamente 28 días, tiempo necesario para obtener un endurecimiento natural y lograr la calidad requerida. (RM Josè, 2018)

2.3.32. Armadura de acero

Las armaduras de acero se hacen de acuerdo con los planos estructurales de construcción. Se emplean tanto en posición vertical como horizontal, verticalmente se emplean para columnas y en posición horizontal para las vigas y voladizos. Las varillas se cortan y doblan antes de comenzar la construcción, van enterradas en la zanja inicial para el caso de columnas. Para el proceso de doblado se emplea un banco de trabajo para doblar varillas que no es más que un tablón de 5 cm x 30 cm x 3,30 mts. (2" x 12" x 3.30 mts.) De madera semidura con pines de acero según las medidas para crear estribos y colocado sobre caballetes; actualmente se está difundiendo el empleo en obra de columnas electro soldadas pre-fabricadas por lo que esta herramienta va quedando en desuso. Un detalle adicional es que la mezcla de concreto debe por lo menos cubrir las varillas en una pulgada para evitar rajaduras. Las medidas comerciales de varillas y su empleo son: (RM Josè, 2018)

Tabla 8: Diámetro de las Varillas

Diámetro de la Varilla	Uso
6 mm de diámetro = 1/4 pulg	Varilla de Estribos y Refuerzos.
9 mm de diámetro = 3/8 pulg.	Varilla de refuerzos de lozas, vigas ligeras.
12 mm de diámetro = 1 /2 pulg.	Varilla de columnas y vigas matrices.
15 mm de diámetro = 5/8 pulg	Varilla de Armaduras de edificios, columnas de soporte y vigas maestras.
19 mm de diámetro = 3/4 pulg	Varilla de armaduras de edificios, columnas de soporte y vigas maestras.

Fuente: El Hormigón, tipos y propiedades.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

2.3.33. Elementos arquitectónicos

Son las piezas encargadas del armazón, de la forma y de la calidad estética de un edificio. Hay elementos arquitectónicos encargados de separar el volumen de la edificación del ambiente que lo rodea, externos (fachadas o cubiertas), internos (de separación de plantas, distribución), otros de relación interna y externa (puertas, ventanas) y por último los estéticos, condicionados por los anteriores. (EC OG , 2011)

2.3.34. Soportes arquitectónicos

Los soportes arquitectónicos son el conjunto de elementos verticales que realizan funciones sustentantes (EC OG, 2011):

15. Los muros

Son elementos constructivos en los que su espesor es menor que su longitud y su altura, contruidos de mampostería, de fábrica o de hormigón. Son de dos tipos: Los muros resistentes: también conocidos como muros portantes o de carga, contruidos con un espesor proporcional a los esfuerzos que tienen que resistir. Los huecos que se abren en ellos (puertas y ventanas), se coronan con dinteles, cargaderos o arcos que desvían las fuerzas hacia los laterales. Su colocación es decisiva para el tipo de estructura horizontal que se ha de utilizar en suelos y techos. Los muros de cerramiento: los que se limitan a acotar y definir un espacio, donde las cargas son recogidas por cualquier elemento portante. En la actualidad, la generalización de las estructuras de acero y hormigón permite que todos los parámetros se conviertan en simples muros de cerramiento o en los denominados muros cortina. (EC OG, 2011)

16. Contrafuertes

Los muros de carga, para contrarrestar los empujes horizontales producidos por arcos y bóvedas, tienen que reforzarse con contrafuertes, también denominados estribos. Este sistema se encuentra ya en la antigua Mesopotamia y con los romanos alcanza un alto desarrollo técnico. Los contrafuertes cuya masa es una superposición de sillares o cualquier otra solución ciclópea, se asienta tanto en el exterior como en el interior. En la construcción románica, los contrafuertes se utilizan como continuación de los pilares interiores, aunque sin aligerar por ello los muros de fachada. El nuevo sistema constructivo que supone la arquitectura gótica en Europa lleva implícita una reinterpretación de las estructuras, la necesidad de abrir grandes ventanales y aumentar la altura de los edificios precisa distribuir todo el peso de la cubierta en ciertos puntos donde se concentran los esfuerzos, en estos puntos se sitúan los pilares que van a absorber las cargas verticales y las cargas horizontales serán recibidas por los arbotantes, que las transmitirán a los botareles (contrafuertes exteriores) cuya masa puede ser estilizada mediante pináculos (elementos verticales de coronación) (EC OG, 2011).

17. Aparejo

La estructura o la disposición constructiva de un muro es el aparejo. Existen diferentes tipos establecidos por el tipo de material o la colocación de sus piezas. Según la colocación de sus piezas pueden ser (EC OG, 2011):

- A soga, las piezas presentan vista la cara más larga.
- A tizón, muestran su cara menor.
- A soga y tizón, alternan lado largo y corto.

Aparejo según la presentación de los sillares

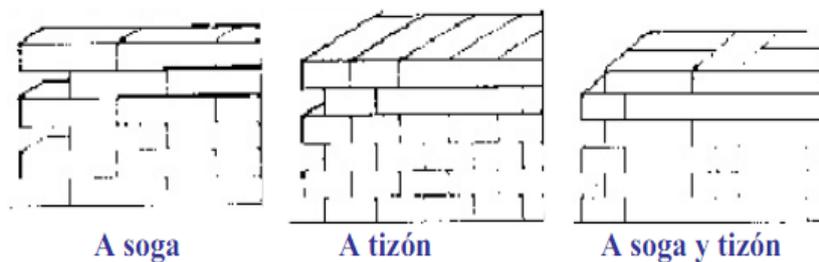


Figura 4: Tipo de Aparejos.

Fuente: Elementos Arquitectónicos y Tipología de Edificios

Según el tipo de material pueden ser:

Aparejo de sillería (opus quadratum), formado por bloques regulares de piedra labrados en forma de paralelepípedo, los sillares, dispuestos regularmente en bandas horizontales o hiladas. Será isógono (o aparejo regular, los sillares son de iguales dimensiones), pseudoisómono (las hiladas son regulares aunque de distintas alturas) e irregulares (las piezas no siguen una disposición concreta). Los sillares pueden disponerse a soga, a tizón o a soga y tizón (EC OG, 2011).

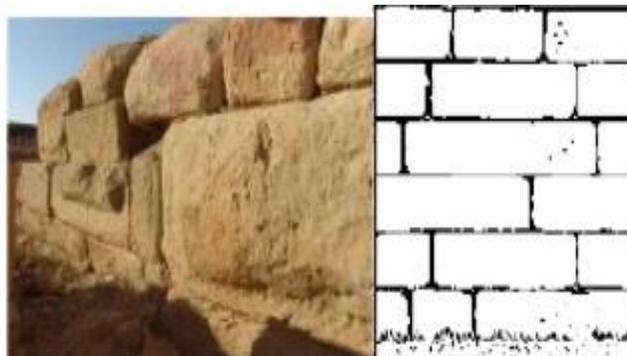


Figura 5: Aparejo de Sillería.

Fuente: Elementos Arquitectónicos y Tipología de Edificios

Aparejo almohadillado, presenta los sillares labrados en sus bordes para permitir el ajuste de las juntas y la parte central en forma de almohadilla, de él se deriva el aparejo rústico (la parte central no se labra) o el de puntas dediamante (la parte central se labra con esta forma) (EC OG, 2011).



Figura 6: Aparejo Almohadillado.

Fuente: Elementos Arquitectónicos y Tipología de Edificios

Aparejo ciclópeo.- el muro se forma con enormes sillares unidos sin argamasa, a hueso o en seco (EC OG, 2011).

- El sillarejo, es aquel aparejo de sillares pequeños labrados toscamente, cuya dimensión interior no alcanza el grueso del muro.
- La mampostería, (opus incertum), aparejo de piedras sin elaboración previa, de forma irregular y tamaño que permite su colocación a mano, también se conoce con el nombre de mampuesto.

Aparejo de ladrillo. - (opus latericium), siempre regular, sus piezas son realizadas en moldes. Se denomina a sardinell (el ladrillo se coloca de canto), en espina o espiga (se coloca inclinado), flamenco (en cada hilada se alternan ladrillos a soga y tizón), holandés (una hilada a soga y tizón y la siguiente atizó), inglés (se alternan hiladas a soga y a tizón) (EC OG, 2011).

Aparejo mixto.- (opus mixtum), es aquel que combina hiladas de ladrillo con sillería o mampostería, como el aparejo toledano, que alterna verdugadas (bandas) de ladrillo con mampostería, muy habitual en España a partir del siglo XVII (EC OG, 2011).

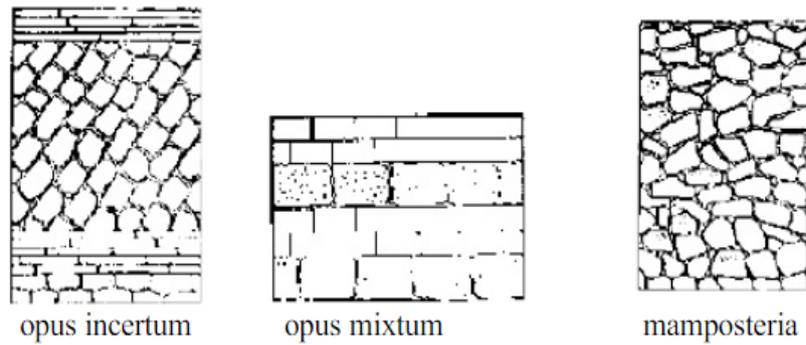


Figura 7: Aparejo Mixto

Fuente: Elementos Arquitectónicos y Tipología de Edificios

18. Elementos verticales de apoyo

Los elementos arquitectónicos verticales con funciones sustentantes se denominan de forma genérica pies derechos. (EC OG, 2011)

El pilar

La forma más simple en la construcción de carga y de soporte es el sistema de pilar y dintel, en el cual los elementos verticales como postes, columnas, pilares, etc., soportan otro horizontal como un dintel, una viga, etc., sistema que permite la apertura de huecos en los muros. (EC OG, 2011)

La columna

La columna es el soporte vertical característico de la arquitectura occidental, asociado a la arquitectura adintelada o aquí trabada; aunque su aplicación ha sido amplia y versátil, cumple dos funciones, una estructural y otra no menos importante, estética y decorativa. Según la relación con el muro las columnas pueden ser exentas o adosadas. (EC OG, 2011)

Las partes esenciales de una columna son: basa, fuste y capitel

Basa: pieza que separa el fuste del suelo. Suele estar compuesta por molduras denominadas toros (convexas) y escocias (cóncavas). Existen multitud de tipos, las más habituales las que representan los órdenes clásicos jónico y corintio, y la basa ática. (EC OG, 2011)

Fuste: cuerpo cilíndrico alargado, de una sola pieza o de varias secciones, denominadas tambores. Atendiendo a su morfología y decoración se pueden clasificar en;

lisos, acanalados, estriados, etc. Además existen fustes especiales antropomorfos como cariátide, atlante, etc. (EC OG, 2011)

Capitel: pieza que se interpone entre el fuste y el elemento sustentado. Adquiere una inmensa variedad de formas y decoración, convirtiéndose en una de las unidades más características de cualquier estilo arquitectónico. Se compone de tres piezas: collarín o astrágalo (anillo que remata el fuste), equino (tambor que forma el capitel y donde se sitúa la decoración) y ábaco (tablero prismático que separa el capitel del entablamento o el arco). (EC OG, 2011)



Figura 8: Las partes esenciales de una Columna.

Fuente: Elementos Arquitectónicos y Tipología de Edificios

19. La pilastra

La pilastra es otro elemento arquitectónico vertical que se caracteriza por aparecer adosada a un muro. Puede desempeñar una función estructural sustentante, aunque lo normal es que sea decorativa. Puede ser cuadrangular o poligonal y como la columna se divide en tres partes y está sometida a los órdenes clásicos. (EC OG, 2011)

20. Cubiertas arquitectónicas

La cubierta arquitectónica es el elemento o conjunto de elementos que cierra y limita una construcción por su parte superior y la protege de los fenómenos atmosféricos. La función primordial es la impermeabilidad, mediante elementos laminares que, al estar colocados con cierta pendiente, evacuen el agua en el menor tiempo posible. El término se aplica tanto a la parte exterior como a la interior, en el acabado exterior, para cubiertas

inclinadas se utilizan materiales como las tejas, pizarra, chapa de zinc y la chapa de plomo; mientras que las cubiertas planas pueden llevar multitud de acabados. Las cubiertas presentan distintos tipos: armaduras, bóvedas y cúpulas; también pueden ser planas. (EC OG, 2011)

2.3.35. Sismos

Es un fenómeno que se produce por un rompimiento repentino en la cubierta rígida del planeta llamada corteza terrestre. Como consecuencia se producen vibraciones que se propagan en todas direcciones y que percibimos como una sacudida o un balanceo con duración e intensidad variables. (CENAPRED Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2007) Los sismos son movimientos temblorosos en la corteza terrestre estos se clasifican en; microsismos y macro sismos, los microsismos son sentidos levemente y producen daños a edificaciones; mientras que los mega sismos son más fuertes y estos pueden provocar la destrucción de todo un territorio y pérdida de vidas humanas. A estas dos clases de sismos se le conoce como terremotos o temblores de tierra. ((CENAPRED Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2007)

2.3.36. Porque se produce el sismo

Los sismos se producen por la liberación súbita de energía dentro del interior de la Tierra, ocasionado por un reajuste, el manto que es donde se desencadenan las fuerzas que dan origen al desplazamiento de los continentes y por ende a los terremotos. Esta liberación de energía se propaga en forma de ondas, la cual provoca el movimiento del terreno. (El Universal, 2016)

2.3.37. Placas tectónicas

Las placas tectónicas son pedazos de fragmento de litosfera que se desliza como un bloque rígido sin demostrar imperfección interna en la parte externa de la tierra, el conjunto de elementos de placas constituyen las placas tectónicas. Estas placas producen movimientos por corrientes de convección en la parte interna de la tierra que desempeñan un calor único en el planeta. (Núria Tortajada Camps, 2007)

2.3.38. Placas oceánicas

Son placas cubiertas íntegramente por corteza oceánica, delgada y de composición básica. Aparecerán sumergidas en toda su extensión, salvo por la presencia de edificios

volcánicos intraplaca, de los más altos aparecen emergidos, o por arcos de islas en alguno de sus bordes. (Núria Tortajada Camps, 2007)

2.3.39. Placas mixtas

Son placas cubiertas en parte de corteza continental y en parte por corteza oceánicas. La mayoría de las placas tienen este carácter para que una placa fuera íntegramente continental y esta tuviera que carecer de bordes de tipo divergentes en su entorno. Esto es posible en fases de convergencia y colisión de fragmentos continental, y de hecho pueden interpretarse así algunas subplacas de las que forman los continentes. (Núria Tortajada Camps, 2007)

2.3.40. Placas continentales

Estas placas engloban los continentes y están formadas únicamente por litosfera continental, además incluyen lugares marinos de media profundidad debido a que el planeta tiene más agua que el continente. (Núria Tortajada Camps, 2007)

2.3.41. Como se registra los sismos

Al propagarse las ondas sísmicas provocan un movimiento del suelo por donde pasan, para registrar estos movimientos se utilizan equipos denominados sismógrafos o acelerógrafos, cuyo principio de operación, basado en la inercia de los cuerpos, consiste en una masa suspendida por un resorte que le permite permanecer en reposo por algunos instantes con respecto al movimiento del suelo. Si se sujeta a la masa suspendida un lápiz que puede pintar en un papel pegado sobre un cilindro que gira a velocidad constante, se obtiene así un registro del movimiento del suelo o sismógrafo. (El Universal, 2016)

2.3.42. Riesgo

Es la probabilidad de que una amenaza se convierta en desastre, la vulnerabilidad y amenaza separadas no representan ningún tipo de peligro, pero si estas se unen se convertirían en un riesgo o sea por esto podría producirse un desastre. (Gómez Wàlter, Loayza Antonio, 2014) Los riesgos pueden reducirse o manejarse, si somos cuidadosos con relación al ambiente, y estamos conscientes que somos débiles y vulnerables frente algún tipo de amenaza, podemos tomar medidas así asegurar que la amenaza no se convierta en desastres. (Gòmez Wàlter, Loayza Antonio, 2014)

2.3.43. Riesgo sísmico

Estos riesgos evalúan la vulnerabilidad y pérdidas que se podrían producir en un edificio o grupo de edificios por el peligro sísmico existente en el sitio de emplazamiento de las estructuras. La evaluación incluye el cálculo de pérdidas para un escenario específico, pérdidas probables, pérdidas anualizadas promedio a todas las anteriores. (Riesgo Sísmico, Evaluación y Rehabilitación de Estructuras, 2013)

2.3.44. Peligro sísmico

Es la probabilidad de ocurrencia de movimiento sísmico de cierta intensidad en una zona determinada durante un tiempo determinado. El sismo incluye también otros efectos que se genera en el mismo, como derrumbes y licuefacciones de suelos. Además resulta de la combinación del peligro sísmico, exposición y la vulnerabilidad de las viviendas, ya que el Ecuador está situado en una zona de varios peligros sísmicos. Sumando la vulnerabilidad o susceptibilidad al daño hay muchas viviendas que cuenta con un alto grado de exposición. (Gómez Wàlter, Loayza Antonio, , 2014)

2.3.45. Medidas de reducción de la vulnerabilidad

El crecimiento de la población es una medida bastante extrema, por lo cual los efectos de prevención tienen que concentrarse sobre la vulnerabilidad. Se entiende por vulnerabilidad la fragilidad de un sistema, su propensión ser dañado por un evento extremo, y en este sentido es el término opuesto a resistencia. La vulnerabilidad permite distinguir a los países desarrollados de los países pobres por su capacidad de enfrentarse con los desastres y de limitar la magnitud de los mismos. En el caso sísmico la vulnerabilidad que más ha afectado es la vulnerabilidad física de las estructuras, las mismas que han sido las más estudiadas sobre todo en el campo de ingeniería sísmica y la social sobre todo en Latinoamérica, pero las demás son igualmente importante para saber el daño total que se podría producir en una sociedad y en un territorio como consecuencia de un evento desastroso.

2.3.46. Ordenamiento territorial en la prevención de riesgo

El correcto ordenamiento territorial es una de las medidas no estructurales más importantes y eficaces frente a riesgos naturales. Se define ordenamiento territorial como la disciplina que tiene como finalidad localizar en un espacio funciones, asentamientos y servicios, el territorio se caracteriza por sus componentes físicas y no físicas, como las relaciones sociales, económicas y políticas. Para entender el desarrollo de un territorio es

necesario estudiar la forma física de los asentamientos y el uso que la población hace de ellos y sus edificios, se trata de prever como evolucionara el territorio en el futuro. El Ordenamiento Territorial puede intervenir sobre la vulnerabilidad ya que al incluir normas municipales y al cumplirlas la vulnerabilidad física se puede reducir. (Pastor Andrés y Rodríguez Ramona, 2008)

2.3.47. Norma Ecuatoriana de la Construcción

La Norma Ecuatoriana de la Construcción “NEC” tiene como objetivo la actualización del Código Ecuatoriano de la Construcción (2001), con la finalidad de regular los procesos que permitan cumplir con las exigencias básicas de seguridad y calidad en todo tipo de edificaciones como consecuencia de las 38 características del proyecto, la construcción, el uso y el mantenimiento. (MIDUVI, 2015) La Norma Ecuatoriana de la construcción pretende dar respuesta a la demanda de la sociedad en cuanto a la mejora de la calidad y la seguridad de las edificaciones, persiguiendo a su vez proteger al ciudadano y fomentar un desarrollo urbano sostenible. (MIDUVI, 2015) En si la Norma Ecuatoriana de construcción es de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional, en todo lo que se relaciona con la construcción de edificaciones en las que se utilice la madera escuadrada como material estructural. Las disposiciones constantes en esta norma se las aplicarán a todas las personas naturales, así como los proveedores de madera estructural emitida por el Ministerio del Ambiente. (MIDUVI, 2015)

2.3.48. FEMA 154

Es un método cualitativo que sirve para la inspección y evaluación de las edificaciones, este método nos permite identificar si hay o no daños estructurales que puedan generar inseguridad y riesgos a las personas, si cumple todos los parámetros significa que no hay que reforzar y si no cumple significa que si hay que reforzar. La metodología tiene un índice, el cual si es ≥ 2 , la edificación no necesita ser reforzada; pero si el índice es < 2 significa que la edificación tiene una probabilidad de 1 a 100 de que la estructura colapse. El método tiene un formulario en donde se describe a la edificación en función del tipo de estructura como son: (Javier Ch, José R, Genock P, 2015)

- Tipología de la estructura (hormigón armado, madera, etc.)
- Altura de la edificación.
- Irregularidad en la planta como elevación de la estructura.
- Código de construcción (en función de la fecha de construcción)
- Tipo de suelo en el que encuentra establecida la edificación

Limitaciones:

- Es un método que se aplica solo en edificios.
- Este método es intensamente conservador.
- Algunos tipos de construcción no se encuentran identificadas en el FEMA 15

2.4. Definición de Términos (Glosario)

Afectación: Es el daño originado en las personas o cosas provocado por una amenaza. (Diccionario de la lengua española)

Amenaza: Es el peligro que surge de un evento que aún no ha sucedido. (Diccionario de la lengua española)

Análisis: Es un proceso que se realiza detalladamente para conocer cualidades o características de una cosa o elementos. (Diccionario de la lengua española)

Destrucción: Es la pérdida total de elementos o materiales. (Diccionario de la lengua española)

Desastre: Es el resultado del riesgo con impactos negativos en un lugar y tiempo determinado. Conjunto de daños y pérdidas en infraestructura y actividad económica que ocurre como consecuencia del impacto de una amenaza específica. (CENEPRED Centro Nacional de Estimación).

Deterioro: Es el desgaste de las cosas o estructuras. (Diccionario de la lengua española) **Diagnóstico:** Es el resultado que se obtiene después de un estudio o análisis sobre algún tema cualquiera. (Diccionario de la lengua española)

Estimación del riesgo: Son procedimientos que se realizan para levantar información sobre los peligros identificados en un lugar de estudio cualquiera. (CENEPRED Centro Nacional de Estimación)

Edificaciones: Las edificaciones son obras que diseña, planifica y ejecuta el ser humano en diferentes espacios, tamaños y formas, en la mayoría de los casos para habitarlas o usarlas como espacios de resguardo. (Cecilia Bembibre, 2009)

Estructuras: Es la distribución de las partes de una edificación, cuyo objetivo es precisar la condición del objeto de estudio. (CENEPRED Centro Nacional de Estimación)

Estructuras regular: Se presenta en su configuración resistente a cargas laterales. No presenta las irregularidades. (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, 2016)

Estructuras irregularidades: Son las que presentan varias irregularidades en las edificaciones. (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, 2016)

Estructura de acero: Los sistemas que se indican a continuación forman parte del sistema estructural resistente a sismo (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, 2016)**Estructuras de albañilería:** Edificaciones cuyos elementos sismo resistentes son muros a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto. Se incluye sistema entramado y estructuras arriostradas tipo poste y viga. (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, 2016)

Evento: Es una actividad de gran importancia que puede ocurrir en cualquier parte. (Diccionario de la lengua española)

Evaluación: Es el proceso que tiene como propósito determinar el valor de algo o de alguien. (Diccionario de la lengua española)

Fisuras: Son pequeñas aberturas que hay en las edificaciones a causa de factores daños ocurridos. (Diccionario de la lengua española)

Grietas: Es una abertura larga y estrecha originada por la separación de materiales de una construcción. (Diccionario de la lengua española)

Impactos: Efectos en los sistemas naturales y humanos originados por amenazas naturales o antrópicos. (Diccionario de la lengua española)

Impactos físicos: Son patologías ocasionadas por algún tipo de evento las cuales tienen consecuencias físicas negativas. (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, 2016)

Infraestructura: Son los servicios o medios que se consideran necesarios para que una actividad se desarrolle o para que un lugar pueda ser utilizado. (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, 2016)

Lesiones estructurales: Son cambios físicos en las estructuras debido algún tipo de daño ocurrido. (Diccionario de la lengua española, 2014)

Mantenimiento: Son acciones que se realizan para la protección o conservación de edificaciones. Deberán ser provistos por los dueños de las edificaciones bajo control del municipio. (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, 2016)

Magnitud de un sismo: Es una medición que busca identificar el tamaño de un sismo y la energía que este ha liberado. (Diccionario de la lengua española)

Material de construcción: Es la materia prima que se emplea en la construcción de edificaciones. (Diccionario de la lengua española)

Método cuantitativo: Es un método de investigación que se fundamenta en los números para investigar, analizar y comprobar una investigación. (Diccionario de la lengua española) **Método cualitativo:** Es un método de investigación la cual permite recoger información o describir cualidades de dicha investigación. (Diccionario de la lengua española) **Microzonificación sísmica:** Es el estudio de efectos sísmicos y fenómenos asociados con la licuación de suelo, deslizamiento, tsunamis. (Diccionario de la lengua española)

Mitigación: Es la intervención de las personas para reducir riesgos. (Diccionario de la lengua española)

Modos de vibración: Los modos de vibración podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas. (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, 2016)

Patología estructural: Son daños en las estructuras debido a algún evento producido. (Diccionario de la lengua española) Peligro sísmico Los pasos de esta etapa dependen solamente del lugar y las características del terreno de fundación del proyecto. No dependen de las características del edificio. (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, 2016)

Período de retorno: Es el intervalo de tiempo transcurrido entre distintos eventos ocurridos. (Diccionario de la lengua española)

Población: Es el conjunto de personas u elementos que viven en un territorio determinado. (Diccionario de la lengua española)

Pórticos: Es la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, estos deberán diseñarse para resistir una 44 fracción

de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez. (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento,, 2016) Reparación y reforzamiento: La reparación o reforzamiento deberá dotar a la estructura de una combinación adecuada de rigidez, resistencia y ductilidad que garantice su buen comportamiento en eventos futuros. (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, 2016)

Resiliencia: Es la capacidad de las personas de afrontar un suceso peligroso o riesgoso. (Diccionario de la lengua española)

Resistencia física: Es la acción de mantenerse firme una estructura ante la ocurrencia de una amenaza. (Diccionario de la lengua española)

Riesgo: Peligro de que ocurra un suceso inesperado, en donde personas o cosas puede sufrir daños. (Diccionario de la lengua española)

Riesgo sísmico: Es una medida en la cual se combina el peligro con la vulnerabilidad y la posibilidad de que se origine en ella cause daños por movimientos sísmicos en un tiempo determinado. (CENEPRED Centro Nacional de Estimación)

Separación entre edificios: Todo estructura debe estar separada de las estructuras vecinas, desde el nivel del terreno natural, una distancia mínima para evitar el contacto durante un movimiento sísmico. (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, 2016)

Sismo: Sacudida de la Tierra por la liberación de energía o por el reajuste de las placas. (Diccionario de la lengua española)

Sistema de transferencia: Los sistemas de transferencia son estructuras de losa y viga que transmiten las fuerzas y momentos desde elementos verticales discontinuos hacia otros del piso inferior. (Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento, 2016)

Subducción: Es el proceso de que una placas de litosfera se sumergen bajo la otra ya sea continental y oceánica. (Diccionario de la lengua española)

Susceptible: Posibilidad de dar una respuesta significativa frente a una amenaza. (Diccionario de la lengua española)

Terremotos: Es un movimiento sísmico que se origina en interior de la Tierra por el reajuste de las placas. (CENEPRED Centro Nacional de Estimación)

Variables: Es un conjunto compuesto por elementos el cual se puede observar y medir.
(Diccionario de la lengua española)

Vulnerabilidad física: Es la capacidad que tiene una estructura para soportar daños ante una amenaza. (Diccionario de la lengua española)

2.5. Marco legal

El presente caso de estudio se fundamenta en la Constitución Política del Ecuador, en los Art 389,390, son los principales para la protección de las personas ante evento, con fin de minimizar las condiciones de vulnerabilidad, señalando que las instituciones deben brindar el apoyo necesario de acuerdo a su competencia. Se basa en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015, Art 2, que tiene como objetivo cumplir con las exigencias básicas de seguridad y calidad en todo tipo de edificaciones, la cual procura dar respuesta a las personas, proteger al ciudadano y fomentar un desarrollo urbano sostenible.

Tabla 9: Normativa Legal.

BASE LEGAL	ARTÍCULOS ACUERDOS	MANDATOS
Constitución Política del Ecuador	Art. 389	“El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente 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 mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad”. (ASENCIO MERA, 2012)
	Art. 390	“Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respecto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad”. (ASENCIO MERA, 2012)
Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015)	Art. 2	1. NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas): Contempla los factores de cargas no sísmicas que deben aplicarse para el cálculo estructural de las edificaciones, así como propiedades físicas y mecánicas de los materiales a tener en consideración en el comportamiento estructural. (AULESTIA VALENCIA, 2014)
	Art. 2	2. NEC-SE-DS: Cargas Sísmicas y Diseño Sismo Resistente: Contiene los requerimientos técnicas y las

metodologías que deben ser aplicadas para el diseño sismo resistente de las edificaciones, estableciéndose como un conjunto de especificaciones básicas y mínimas adecuadas para el cálculo y el dimensionamiento de las edificaciones que se encuentran sujetas a los efectos de sismo o terremotos en algún momento de su vida útil. (AULESTIA VALENCIA, 2014)

Art. 2 3. **NEC-SE-RE:** Rehabilitación Sísmicas de Estructuras: Se vincula con las normas NEC-SE.DS para la rehabilitación sísmica de edificios existentes (evaluación y diseño de sistema para mejorar estructuras), así como establece los lineamientos para la evaluación del riesgo sísmico en edificios, incluyendo parámetros para inspección y evaluación rápida de estructuras con la valoración probabilísticas de las pérdidas materiales para una gestión efectiva del riesgo sísmico. (AULESTIA VALENCIA, 2014)

Art. 2 4. **NEC-SE-GM:** Geotecnia y Diseño de Cimentaciones: Contempla criterios básicas a utilizarse en los estudios geotécnicos para edificaciones, basándose en la investigación del subsuelo, geomorfología del sitio y características estructurales de la edificaciones, provee recomendaciones geotécnicas de diseño para cimentaciones futuras, rehabilitación o reforzamiento de edificaciones existentes. (AULESTIA VALENCIA, ACUERDO MINISTERIAL, 2014)

Art. 2 5. **NEC-SE-HM:** Estructuras de Hormigón Armado: Contempla el análisis de los elementos estructurales de hormigón armado (pórticos especiales y/o muros estructurales) para edificaciones, en cumplimiento con las especificaciones técnicas de normativas nacional e internacional. Establece una clasificación para las estructuras de hormigón armado en función del mecanismo dúctil esperado en tabla y cuadro de aplicación al momento del diseño. (AULESTIA VALENCIA, ACUERDO MINISTERIAL, 2014)

-
- Art. 2 6. **NEC-SE-AC:** Estructuras de Acero: Las disposiciones sísmicas para edificaciones de acero estructural, llamadas de aquí en adelante como disposiciones, gobernarán el diseño, la fabricación y el montaje de los elementos de acero estructural y conexiones de los sistemas resistentes a Cargas Sísmicas (SRCS), empalmes y bases de columnas que no son parte del SRCS, en edificios y en otras estructuras diseñadas, fabricadas y montadas de una manera similar a los edificios con elementos resistentes a carga lateral y vertical. (AULESTIA VALENCIA, ACUERDO MINISTERIAL, 2014)
- Art. 2 7. **NEC-SE-MP:** Estructuras de Mampostería Estructural: Contempla criterios y requisitos mínimos para el diseño y la construcción de estructuras de mampostería estructural, para lograr un comportamiento apropiado bajo condiciones de carga vertical permanente o transitoria, bajo condiciones de fuerza laterales de viento o sismo y bajo estados ocasionales de fuerzas atípicas. (AULESTIA VALENCIA, ACUERDO MINISTERIAL, 2014)
- Art. 2 8. **NEC-SE-MD:** Estructuras de Madera: El objetivo fue determinar nuevas normas de construcción de acuerdo a los avances tecnológicos a fin de mejorar los mecanismos de control en los procesos constructivos, definir principios básicos de habilidad, y fijar responsabilidad, obligaciones y derechos de los actores involucrados en los procesos de edificación. (AULESTIA VALENCIA, ACUERDO MINISTERIAL, 2014)
-

Fuente: Constitución Política del Ecuador, NEC 2015.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

CAPÍTULO 3

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Nivel de Investigación

3.1.1. Nivel exploratorio

En el edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar, al carecer de información arquitectónica y estructural frente a la vulnerabilidad sísmica resistente, realizamos una exploración a través de la visita de campo y ficha de observación, las mismas sirvieron para identificar la problemática y los daños causados en la estructura debido a los sismos suscitados a lo largo de este tiempo.

3.1.2. Nivel descriptivo

Esta investigación nos permitió determinar la vulnerabilidad sísmica presente en la edificación, con los parámetros establecida de la matriz de la observación directa FEMA 154.

3.1.3. Metodología

En este caso de estudio se utilizó la metodología de observación directa FEMA 154, NEC-2015 adaptada al análisis de Vulnerabilidad Sísmica en Edificaciones de la ciudad de Guaranda. Después de la recopilación en campo del Edificio Administrativo de la U.E.B. ante riesgo sísmico, se procede a seleccionar la información relevante que será representada siguiendo como ejemplo el formulario de la FEMA - 154 de 15 de abril de 2019.

NORMA ECUATORIA DE LA CONSTRUCCION. (NEC 2015)

Fuerzas de diseño mínimas.

Para que una estructura se comporte de una forma adecuada ante un sismo deben diseñarse para resistir fuerzas sísmicas provenientes de las combinaciones de las fuerzas horizontales actuantes, para determinar los efectos relacionados. Se asumirá que las fuerzas sísmicas de diseño actúan de manera no concurrente en la dirección de cada eje principal de la estructura para luego ser combinadas. (NEC, 2015, pág. 52)

Carga sísmica reactiva (W).

La carga sísmica W se determina como aquella carga reactiva por sismo.

$$W = D$$

Dónde:

$D = \text{Carga muerta total de la estructura.}$

*En casos especiales como son las bodegas y almacenajes se utiliza:

$$W = D + 0.25 L_i$$

Dónde:

$D = \text{Carga muerta total de la estructura.}$

$L_i = \text{Carga viva del piso } i$

$$W = D$$

Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica (R).

El factor R permite una reducción de las fuerzas sísmicas de diseño, lo cual es permitido siempre que las estructuras y sus conexiones se diseñen para desarrollar un mecanismo de falla previsible y con adecuada ductilidad, donde el daño se concentre en secciones especialmente detalladas para funcionar como rótulas plásticas. (NEC, 2015, pág. 52)

Además, la NEC (2015), indica las siguientes recomendaciones y pertinencias, que se deban aplicar para determinar en una estructura su ductilidad y factor de reducción sísmica R.

La agrupación de las estructuras, diferencias constructivas y también la diferencia entre cada uno de los materiales utilizados y la construcción.

Se debe tomar en cuenta también las penalizaciones que se han otorgado a los tipos de estructuras puesto que no permiten una adecuada ductilidad global de la estructura, de forma que puedan soportar las deformaciones inelásticas requeridas por el sismo de diseño.

Para determinar el factor de reducción de resistencia sísmica R, se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

Tipo de estructura

Tipo de suelo.

Periodo de vibración considerado.

Factores de ductilidad, sobre resistencia, redundancia y amortiguamiento de una estructura en condiciones límite.

Con lo mencionado se han realizado grupos estructurales en función del factor de reducción R, teniendo en la Tabla 22 al sistema de estructuras dúctiles, mientras que en la Tabla 23 se indican sistemas de estructuras de limitada ductilidad

"Debe tomarse el menor de los valores de R para los casos en los cuales el sistema resistente estructural resulte en una combinación de varios sistemas como los descritos en las tabla 2.15 y tabla 2.16." (NEC, 2015)

Tabla 10: Coeficiente R para sistemas Estructurales Dúctiles

SISTEMAS DÚCTILES.	R
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigifizadoras (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
SISTEMAS ESTRUCTURALES DÚCTILES.	R
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	R
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Fuente: NEC-SE-DC, 2015.
Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Tabla 11: Coeficiente R para sistemas estructurales de Ductilidad Limitada.

SISTEMAS ESTRUCTURALES DE DUCTILIDAD LIMITADA.	R
PÓRTICOS RESISTENTES A MOMENTO	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM, limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC- SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia.	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
MUROS ESTRUCTURALES PORTANTES.	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Fuente: NEC-SE-DC, 2015.
Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Evaluación del Riesgo sísmico en Edificios.

La evaluación anticipada de pérdidas y daños que pueden esperarse de sismos en el futuro ha tomado gran interés dentro de la ingeniería sísmica mundial, dada la importancia que un análisis de esta naturaleza tiene para una ciudad, una región o un país. Estimar las

pérdidas potenciales que puede producir un sismo es una tarea difícil pero fundamental para estimular la toma de medidas de prevención y mitigación. Un amplio número de métodos ha sido propuesto para estimar pérdidas de futuros sismos. Sin embargo, aunque no es posible predecir actualmente con precisión cuándo y dónde va a ocurrir un sismo, cuántas víctimas y qué daños causará, es posible realizar aproximaciones y estimativos que indiquen la naturaleza y la magnitud del problema que tendrá que afrontar una ciudad o una región, razón por la cual este tipo de estudios se han convertido en ineludibles y necesarios para la planificación en zonas propensas. (FEMA , 1989)

Con lo expuesto podemos deducir que en el país y en la ciudad de Guaranda no está preparada para la evaluación sísmica de las edificaciones por lo que es parte fundamental para poder reducir y mitigar los daños infraestructurales cuando se presente un movimiento telúrico, esta evaluación se realiza en función de cuantificar la vulnerabilidad sísmica en el edificio Administrativo de la U.E.B

Es así que se ha determinado que la vulnerabilidad sísmica es un problema de búsqueda especial que tienen en cuenta tres puntos de estudio. El primero, que aunque el proceso de daño lo inicia un sismo específico, su posterior curso depende de condiciones en y alrededor de la zona de impacto que conforman la cadena de potenciales fallas en la sociedad (ver Figura 9). El segundo punto tiene en cuenta que la vulnerabilidad se modifica continuamente con las acciones humanas en el tiempo y espacio. El último punto se refiere a que tener en cuenta la vulnerabilidad desde diferentes puntos de vista no desecha el hecho de que el conocimiento de las propiedades geofísicas de los sismos es esencial. (Rashed y Weeks, 2003)

Cortante basal de diseño (V).

Es la 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. (NEC, 2015, p. 9)

Para el cálculo del cortante basal de diseño a nivel de cargas últimas se utiliza la siguiente expresión:

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

Dónde:

S_a = *Spectro de diseno de aceleracion*

Φ_P = Coeficiente de configuracion en planta

Φ_E = Coeficiente de configuracion elevacion

I = Coeficiente de importancia

R = Factor de reduccion de Resistencia Sismica

V = Cortante Basal Total de Diseno

W = Carga sismica reactiva

Para determinar el periodo de vibración T , se utiliza la siguiente expresión:

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Dónde:

C_t = Coeficiente que dependo del tipo de edificio

h_n = Altura maxima de la edificacion en n pisos, medida desde la base de la estructura en metros

T = Periodo de Vibracion

α = Impedancia del semi espacio $\alpha = \frac{p_s V S}{p_0 V_0}$

Cargas y Combinaciones de Cargas.

Para realizar una evaluación estructural se toman en cuenta las cargas reales que existen en la edificación, es por ello que la combinación de cargas que se emplea en el diseño estructural no se emplea en la evaluación, la combinación de cargas para una evaluación es la siguiente:

$$1, 1(D + 0, 25L) + E$$

$$0, 9(D + 0, 25L) + E$$

Donde:

D = Carga muerta total de la estructura

E = Efectos de las fuerza sismicas

L = Sobrecarga (carga viva)

Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente $(R * \phi_P * \phi_E)$ correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = \frac{S_\alpha}{(R * \phi_P * \phi_E)}$$

Tabla 12: Factor de Comportamiento del espectro de aceleraciones

FACTOR DE COMPORTAMIENTO	COEFICIENTE DE DUCTILIDAD
R_x : Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2015)	$R_x = 8.00$
R_y : Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2015)	$R_y = 8.00$
ϕ_P : Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2015, 5.2.3a)	$\phi_P = 0.90$
ϕ_E : Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2015, 5.2.3b)	$\phi_E = 0.90$

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Corrección por cortante basal

Cortante dinámico CQC

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

Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

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

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

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.

Verificación de la condición de cortante basal

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 80 % del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.80 \cdot V_s/V_d$. Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular

Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales. Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

FEMA 154

El formulario tipo que se empleó en el procesamiento de la información se mostrara en el anexo de la página 114, en el cuál se puede inventariar de la estructura: datos generales, el tipo de ocupación, número de personas que habitan, el tipo de suelo, el tipo de estructura según el material empleado, tipo de irregularidad, tipo de riesgo de colapso, para con estos datos pasar a los puntajes que determinaran el riesgo de la estructura ante posibles eventos sísmicos.

Con los datos obtenidos se puede realizar una puntuación final de la estructura, esta puntuación indicará la probabilidad de que colapse la estructura, ante un sismo de gran magnitud. La puntuación va en un rango de 0 a 7 en donde el máximo valor corresponde a un posible buen desempeño de la estructura ante sismo mientras que un valor bajo indicará un alto riesgo de colapso de la estructura. Las estructuras que tengan una puntuación inferior a 2 se les tendrá que realizar un análisis más estricto realizado por un profesional que tenga experiencia en diseño sismo resistente basando su inspección en la Norma Evaluación Sísmica y readaptación de los edificios existentes. (ASCE, 2014)

Al ser realizada la inspección técnica visual desde la parte exterior de la estructura muchas veces no permite tener en cuenta muchos detalles que pueden representar un peligro sísmico alto de la estructura.

Tipos de Estructuras Según la FEMA

A continuación, se encuentran descritos los 17 tipos de estructuras consideradas en el FEMA P-154 procedimiento para una Evaluación rápida visual.

Tabla 13: Tipo de Estructuras.

TIPO DE ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
W1	Pórticos de madera ligero para viviendas unifamiliares o multifamiliares.
W2	Pórticos de Madera para estructuras de uso comercial e industrial con áreas de piso mayores a 465 m ²
S1	Pórticos de Acero resistentes a Momento

S2	Pórticos de Acero Arriostrados
S3	Estructuras de Metal Ligeró
S4	Pórticos de acero con muros de corte de concreto
S5	Pórticos de acero con mampostería reforzada
C1	Pórticos de concreto resistente a momento
C2	Estructura de concreto con muros de corte
C3	Pórticos de concreto resistente a momento con mampostería reforzada
PC1	Estructuras Pre-fabricadas, listas para armar
PC2	Pórticos de Concreto Pre fabricado
RM1	Estructuras de mampostería reforzada de piso flexible y diafragmas de piso
RM2	Estructuras de mampostería reforzada de piso rígido y diafragmas de piso
URM	Estructuras de muros de mampostería no reforzada

Fuente: FEMA 154.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Datos Generales

En la parte superior derecha del formulario encontramos espacios en blanco para llenar información con datos generales de la estructura en análisis. Entre estos datos encontramos: Dirección, referencias, nombre de la edificación, número de pisos, número de pisos sobre nivel de la vía, número de pisos bajo nivel de la vía, año de construcción, uso, área total de pisos, nombre de los encuestadores, fecha de encuesta y se encuentran estructurados como se muestra en el cuadro a continuación. (FEMA, 2015).

Tabla 14: Datos Generales.

DATOS GENERALES	
Dirección:	
Referencias:	

Nombre de la Edificación:	
Número de Pisos:	
N° Pisos sobre nivel de la Vía:	
N° Pisos bajo nivel de la Vía	
Año de Construcción:	
Uso:	
Área Total de Pisos:	
Encuestadores:	
Fecha de Encuesta:	

Fuente: FEMA 154.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Es importante que la estructura existente tenga su identificación correspondiente ya que esta será la base para conocer todas las características de la estructura y tener información en el caso de un posible evento sísmico para poder hacer el reconocimiento después del cualquier evento y saber las causas. Es importante conocer el año de construcción el número de pisos que tiene, el área de la planta para poder hacer un seguimiento y control de futuras ampliaciones en la estructura. El año de construcción de una estructura es importante porque nos da una idea de qué código fue utilizado para su diseño y construcción. (FEMA, 2015)

Fotografía de la edificación.

El formulario cuenta con un espacio en el cual se puede insertar una fotografía que nos ayude a identificar la forma de la estructura. Es recomendable tomar una foto legible de la elevación del edificio, además tiene un pequeño espacio para realizar un pequeño esquema el cual nos indique la forma y las dimensiones de la estructura tanto en planta como en elevación. El esquema de la elevación también lo ayudara a identificar el número de pisos de la estructura y las posibles irregularidades. (FEMA, 2015)

Tabla 15: Foto y Esquema

Foto

Esquema

Fuente: FEMA 154.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Ocupación de la estructura

La ocupación de la estructura se refiere a su uso esta información es importante para posteriormente tomarlo en cuenta en el plan de mitigación, Según el FEMA – 154 existen varias clases de ocupación entre ellos los descritos en la imagen a continuación.

Tabla 16: Ocupación

OCUPACIÓN			
Asamblea		Industrial	
Comercial		Oficina	
Serv. Emergencia		Residencial	
Gobernación		Escuela	
Histórico			

Fuente: FEMA 154.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Para poder seleccionar los tipos de ocupación es bueno conocer cuál es la función de cada uno de estos.

Tabla 17: Tipos de Ocupación de la Edificación

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN

Asamblea	Es un lugar donde se reúnen más de 300 personas. Pueden ser teatros, auditorios, centros comunitarios e iglesias
Comercial	se refiere a cuya ocupación se presta para negocios de venta de mercadería, instituciones financieras, restaurantes y edificios de parqueaderos
Servicios de Emergencias	Se define como el lugar que sería necesario en caso de una catástrofe. Como pueden ser estaciones de policías, estaciones de bomberos y centros de comunicación.
Industrial	Dentro de estos encontramos a las fábricas, plantas de ensamblaje.
Oficinas:	Son los típicos edificios administrativos o que ofrecen servicios profesionales.
Residencial	Aquí encontramos casas, moteles, hoteles, condominios, departamentos y ancianatos o lugares para discapacitados.
Escuela:	Son planteles educativos de ocupación pública o privada como institutos, escuelas, colegios y universidades.
Histórico:	Se plantea para distinguir una prioridad para mitigación de peligros. Se los toma en cuenta porque pueden estar sujetos a códigos u ordenanzas específicas.
Gobierno	Estos incluyen a edificaciones de uso gubernamental.

Fuente: FEMA 154.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Tipo de Suelo

En esta sección podemos escoger el tipo de suelo del sector en análisis (información obtenida de un estudio de suelo previo). Y se lo clasificara según lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 18: Tipo de Suelo.

TIPO DE SUELO					
A	B	C	D	E	F

ROCA DURA	ROCA PROMEDIO	SUELO DENSO	SUELO RÍGIDO	SUELO SUAVE	SUELO SUAVE

Fuente: FEMA 154.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Número de personas

En el caso de conocer el número de personas que puede alojar una estructura es para clasificar la magnitud del daño y cuantas personas pueden verse afectadas y además qué importancia tiene la estructura y su uso. En la tabla a continuación se clasificará en un rango de valores lo más aproximado el número de personas que ocupan las estructuras estudiadas.

Tabla 19: Número de Personas

NUMERO DE PERSONAS			
0-10		11-100	
101-1000		100 +	

Fuente: FEMA 154.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Peligro de Fallas exteriores

En el análisis de fallas exteriores que pueden ser un peligro considerando a los elementos que caen en el exterior como elementos que no son estructurales como cornisas, chimeneas, recubrimiento, antepechos, chapas y salientes que puedan causar un riesgo para la vida humana debido a su elevado peso debido a su mal instalación o construcción. En el cuadro a continuación se hace el reconocimiento de cuál es el tipo de objeto peligroso que se observó en las estructuras inventariadas.

Tabla 20: Peligro de Fallas Exteriores

PELIGRO DE FALLAS EXTERIORES			
CHIMENEA		PARAPETO	
REVESTIMIENTO		OTRO	

Fuente: FEMA 154.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Irregularidades

Por lo general los edificios pueden tener irregularidades por los diseños que poseen y unos edificios poseen irregularidades en planta y en elevación. Ésta característica puede generar casos de colapso en el caso de ocurrir eventos sísmicos si su diseño no está bien realizado. En este punto se clasifican a las irregularidades según la configuración de la estructura. Con la tabla que se muestra a continuación se analiza la estructura y se la posiciona con la irregularidad que tenga. Así también se identifica que tipo de irregularidad y se la define en la misma tabla.

Tabla 21: Irregularidades

IRREGULARIDADES			
VERTICAL		TIPO	
PLANTA		TIPO	

Fuente: FEMA 154.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Adosados

En el caso de los edificios que se encuentran adosados a otros, se pueden generar varios problemas debido a que no existe una separación suficiente que en caso de terremotos da lugar a grandes problemas porque se producen grandes daños en las estructuras. Lo que puede producirse en el caso de que ocurra un terremoto es que los edificios se golpeen entre sí, debido a que toda estructura se diseña para que se desplace en un terremoto sin que colapse, pero en el caso de no tener ese espacio de desplazamiento sufren golpes que dañan las estructuras.

Adicional también se consideran los objetos que pueden caer de un edificio adosado al otro edificio como por ejemplo pueden ser muros, chimeneas, parapetos, adaptaciones, tanques, señales o elementos de cualquier tipo de la construcción que se han almacenado para desalojo, que por no cumplir con una distancia mínima de separación pueden caer sobre el otro edificio creando bloqueos en las salidas principales del edificio afectado.

Es así como se muestra en el cuadro a continuación que es una sección del formulario que se analiza en el inventario de las estructuras, donde sí se encuentra alguna de estas situaciones, esto suma a un mayor riesgo en la estructura analizada.

Tabla 22: Adosados

Adosados	
Golpeteo	
Objetos que se pueden caer	

Fuente: FEMA 154.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Puntaje básico, modificadores y puntaje final, SL1

Finalmente, para hallar el puntaje de las estructuras en análisis debemos de seleccionar los valores correspondientes al edificio de acuerdo al tipo de estructura y sus características físicas como de construcción.

Para hallar la puntuación final se debe sumar los valores seleccionados de la tabla, obteniendo un valor denominado SL1; Si el SL1 es menor que el SMIN entonces se registrará el valor del SMIN.

Tabla 23: Puntaje básico, modificadores y puntaje final, SL1

PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, SL1															
TIPO DE CONSTRUCCIÓN		W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	URM INF	(MRF)	(SW)	URM INF	(TU)		(FD)	(RD)	
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2	2,6	2	1,7	1,5	2	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1	-1	-1,1	-1	-0,8	-0,9	-1	-0,7	-1	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7
Irregularidad Vertical Moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4
Irregularidad en Planta	-1,1	-1	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0
Último Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2	2,4	2,1	2,1	N/A
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3
Suelo Tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2
Suelo Tipo E (>3 pisos)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2
Minimum Score, SMIN	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
PUNTAJE FINAL, SL1 ≥ SMIN															

Fuente: FEMA 154.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Tabla 24: Matriz FEMA 154.

Evaluación Rápida Visual de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos																									
FEMA P - 154 Data Collection Form												ALTO RIESGO SISMICO													
FOTOGRAFIA												DATOS GENERALES													
												Dirección:													
												Referencias:													
												Nombre de la Edificación:													
												Número de Pisos:													
												N° Pisos sobre nivel de la Via:													
												N° Pisos bajo nivel de la Via:													
												Año de Construcción:													
												Uso:													
												Area Total de Pisos:													
												Encuestadores:													
												Fecha de Encuesta:													
												OCUPACION													
												Asamblea				Industrial									
												Comercial				Oficina									
												Serv. Emergencia				Residencial									
Gobernación				Escuela																					
Histórico																									
NUMERO DE PERSONAS																									
0 - 10				11 - 100																					
101 - 1000				1000 +																					
TIPO DE SUELO																									
A		B		C		D		E		F															
ROCA DURA		ROCA PROMEDI		SUELO DENS O		SUELO RIGIDO		SUELO SUAVE		SUELO POBRE															
PELIGRO DE FALLAS EXTERIORES																									
CHIMENEA				PARAPETO																					
REVESTIMIENTO				OTRO																					
IRREGULARIDADES																									
VERTICAL		TIPO		PISO BLANDO																					
PLANTA		TIPO		SISTEMAS NO PARALELOS																					
COMENTARIOS																									
Las fisuras y grietas encontradas en la edificación son de máxima consideración y de reparación inmediata.																									
ADOSADOS																									
GOLPETEO																									
OBJETOS QUE SE PUEDEN CAER																									
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, SL1																									
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM										
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	URM INF	(MRF)	(SW)	URMINF	(TU)	(FD)	(RD)												
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0										
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7										
Irregularidad Vertical Moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4										
Irregularidad en Planta	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4										
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0										
Ultimo Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,0	2,4	2,1	2,1	N/A										
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3										
Suelo Tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2										
Suelo Tipo E (>3 pisos)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2										
Minimum Score, SMIN	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2										
PUNTAJACION FINAL, SL1 ≥ SMIN																									
EVALUACIÓN DETALLADA REQUERIDA																									
SI																									
NO																									

Fuente: FEMA 154

Elaborador por: Andachi C. & Zapata A.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN

Reparación, refuerzo y protección de las estructuras

Consiste en la restitución del estado original de la estructura para devolverle su capacidad portante. La reparación puede ser parcial o integral.

Materiales para reparación, refuerzo y protección

Los materiales y sistemas que pueden ser usados para las reparaciones, refuerzo y protección de estructuras de concreto. Dentro de este grupo, algunos han sido concebidos para el uso conjugado con otros, formando un sistema de reparación o protección, como por ejemplo ciertos primer que actúan como puente de adherencia o protección del acero de refuerzo y algunos morteros para juntas. (Do Lago Helene Paulo , 2015)

Concreto

El concreto de cemento Portland es el material tradicionalmente usado en reparaciones y refuerzos. En la gran mayoría de los casos, requiere una dosificación que mejore algunas de sus características naturales. Puede que sea necesario obtener altas resistencias iniciales, eliminar la contracción por secado, lograr ligeras y controladas expansiones, elevada adherencia al sustrato, baja permeabilidad y otras propiedades, normalmente obtenidas a costa del empleo de aditivos y adiciones tales como plastificantes, reductores de agua, impermeabilizantes, escoria de alto horno, cenizas volantes, microsílica y, la clásica reducción en la relación agua/cemento. (Do Lago Helene Paulo , 2015)

Aditivos

Son productos especialmente formulados para mejorar algunas propiedades de los concretos y morteros, tanto en el estado fresco como endurecido. Se considera como aditivo todo producto adicionado hasta un máximo de 5 % en relación a la masa de cemento. Por encima de ese porcentaje deben ser considerados como adición y tener tratamiento distinto. (Do Lago Helene Paulo , 2015)

Morteros poliméricos

Son morteros a base de cemento Portland modificados con polímeros, que usan agregados con granulometría adecuada - generalmente continua atendiendo a las curvas de Bolomey; o discontinua, en el caso de alta resistencia a la abrasión - formulados especialmente con aditivos y adiciones que les confieren propiedades especiales. Son

también llamados morteros de base mineral y el proceso de endurecimiento está basado en la reacción de los granos de cemento con el agua de mezclado. (Do Lago Helene Paulo , 2015)

Inyección de lechada de base cemento

La lechada es un material fluido y auto nivelable en estado recién mezclado, destinado a rellenar cavidades y consecuentemente tornarse adherente, resistente y sin contracción en el estado endurecido. La lechada de base cemento está constituida por cemento Portland común u ordinario, cemento compuesto (con adiciones) o cemento de alta resistencia inicial, agregados de granulometría adecuada, aditivos expansores y aditivos superplastificantes. (Do Lago Helene Paulo , 2015)

Morteros y lechadas orgánicos

Son morteros y lechadas formulados con resinas orgánicas donde la unión y la resistencia del conjunto son dadas por las reacciones de polimerización y endurecimiento de los componentes de las resinas, en ausencia de agua. El cemento Portland puede entrar en la composición del producto como un agregado fino también llamado relleno, completando la distribución granulométrica y rellenando los vacíos de la arena, actuando como inerte. (Do Lago Helene Paulo , 2015)

Morteros de base epóxica.

Los tipos más comunes de morteros y lechadas para esa finalidad son los de base epóxica, generalmente ofrecidos en dos o tres componentes; la resina (epóxica), el endurecedor (amina y/o poliamidas) y agregados seleccionados. (Do Lago Helene Paulo , 2015)

Morteros de base fenólica.

Los morteros de base fenólica están constituidos de aglomerantes de resina de fenolformaldeído con relleno (sílica, carbono, coque pulverizado o barita) conteniendo un catalizador ácido. (Do Lago Helene Paulo , 2015)

Morteros de base poliéster y de base estervinílica

Los morteros de base poliéster y base estervinílicas son productos tricomponentes constituidos por resina en solución, catalizador y relleno inertes con modificadores de formulación. (Do Lago Helene Paulo , 2015)

Morteros de base furánica.

Los morteros de base furánica son constituidos por resina líquida, catalizador y relleno (sílica, carbono, barita o coque pulverizado). (Do Lago Helene Paulo , 2015)

3.2. Diseño

3.2.1. Investigación de campo

En el edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar se realizó visitas de campo y fichas de observación para verificar la condición actual de la edificación en forma directa, la cual permitió obtener datos de información real, con el fin de analizar la vulnerabilidad existente en la misma.

3.2.2. Investigación cualitativa

Se obtuvo el análisis de los indicadores de la metodología planteada, en donde se describieron las cualidades de la edificación, tales datos permitieron una definición clara y precisa de la vulnerabilidad presente en la construcción.

3.2.3. Investigación cuantitativa

Con los datos obtenidos en el caso de estudio, se procedió a ponderar las características de la edificación, para mostrar el índice de vulnerabilidad de la misma.

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.3.1. Técnicas

En este caso de estudio se utilizaron técnicas primarias y secundarias las cuales se detallan a continuación por objetivos:

Objetivo 1: *Comparar la información arquitectónica y estructural del Edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar, si cumple o no con la Normativa NEC 2015, frente a eventos sísmicos.*

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC

NEC-SE-DS

Cargas Sísmicas

Diseño sismo resistente

Objetivo 2: *Evaluar la vulnerabilidad sismo resistente del Edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar, aplicando la Matriz de Observación Directa FEMA 154.*

Recolección de información mediante observación directa recorriendo toda la edificación en estudio.

Aplicar la ficha de observación, donde se encontraron las características físicas de la estructura.

Objetivo 3: *Proponer acciones preventivas y correctivas para minimizar la vulnerabilidad sísmica al que está expuesto el edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.*

Inyección de lechada de base cemento

Morteros y lechadas orgánicos

Morteros de base epóxica.

Morteros de base fenólica.

Morteros de base poliéster y de base estervinílica

Morteros de base furánica.

3.3.2. Instrumentos

- Ficha de observación rápida para Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones FEMA 154
- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015.

3.3.3. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.

La técnica principal utilizada fue la ficha de observación, a través de ella podemos recolectar la información arquitectónica y estructural primaria del edificio, por tal motivo se conoció el valor de cada indicador con los datos obtenidos se procedió a realizar la tabulación y construir una tabla de frecuencia la misma que nos permitió saber cuál es la vulnerabilidad sísmica del edificio.

PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, <i>SLI</i>															
TIPO DE CONSTRUCCIÓN		W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	URM INF	(MRF)	(SW)	URM INF	(TU)		(FD)	(RD)	
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2	2,6	2	1,7	1,5	2	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1	-1	-1,1	-1	-0,8	-0,9	-1	-0,7	-1	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7
Irregularidad Vertical Moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4
Irregularidad en Planta	-1,1	-1	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0
Último Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2	2,4	2,1	2,1	N/A
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3
Suelo Tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2
Suelo Tipo E (>3 pisos)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2
Minimum Score, <i>SMIN</i>	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
PUNTAJACIÓN FINAL, <i>SLI</i> ≥ <i>SMIN</i>								0,3							
EVALUACIÓN DETALLADA REQUERIDA															
SI	X														
NO															

CAPITULO 4

RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

4.1. Resultados según objetivo 1

Comparar la información arquitectónica y estructural del edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar si cumple o no con la normativa NEC-2015 frente a eventos sísmicos

Para comparar la información arquitectónica y estructural del edificio Administrativo de la U.E.B, se procedió a realizar el análisis de cargas sísmicas de la edificación por lo cual utilizamos la Normativa vigente en la Construcción NEC-SE-DS.

4.1.1. Fuerzas de diseño mínimas.

Carga sísmica reactiva (W).

$$W = D$$

$$W = 2231.39 \text{ Ton}/\text{m}^2$$

Valor de W según NEC 2015= 2000 Ton/m^2

Valor de W según Código de la Construcción 2002=2000 Ton/m^2

El W máximo de una edificación debe exceder hasta un 10%, por lo tanto:

$$\begin{array}{cc} 100\% & 2000 \\ 10\% & X \end{array}$$

$$X = \frac{10\% * 2000 \text{ Ton}/\text{m}^2}{100\%}$$

$$X = 200 \text{ Ton}/\text{m}^2$$

Después de esto la edificación debería tener un peso de 2200 Ton/m^2 como peso máximo, pero de acuerdo a los cálculos realizados nos dio como resultado un valor de 2231.39 Ton/m^2 , lo cual está fuera del rango de aceptación.

Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica (R).

La edificación en estudio pertenece a "Pórticos especiales sismo resistente, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigifizadoras (sistemas duales), con una valoración $R=8$ "

4.1.2. Cortante basal de diseño (V).

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

Dónde:

S_a = Espectro de diseño de aceleración

ϕ_P = Coeficiente de configuración en planta

ϕ_E = Coeficiente de configuración elevación

I = Coeficiente de importancia

R = Factor de reducción de Resistencia Sísmica

V = Cortante Basal Total de Diseño

W = Carga sísmica reactiva

CALCULO DE CORTANTE BASAL:

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

$$V = \frac{1,30 * 1,241 * 0.214}{8,00 * 0,90 * 0.90}$$

$$V = \frac{0.3452}{6.48}$$

$$V = 0.05327$$

Valor de V según NEC 2015 = **0.04**

Valor de V según Código de la Construcción 2002 = **0.04**

El V máximo de una edificación debe exceder hasta un 5%, por lo tanto:

100%	0.04
5%	X

$$X = \frac{5\% * 0.04}{100\%}$$

$$X = 0.002$$

Después de esto la edificación debería tener un peso de 0.04002 como Cortante Basal máximo, pero de acuerdo a los cálculos realizados nos dio como resultado un valor de 0.05327, lo cual está fuera del rango de aceptación.

Para determinar el periodo de vibración T, se utiliza la siguiente expresión:

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Dónde:

C_t = Coeficiente que dependo del tipo de edificio

h_n = Altura maxima de la edificacion en n pisos, medida desde la base de la estructura en metros

T = Periodo de Vibracion

α = Impedancia del semi espacio $\alpha = \frac{psVS}{p0V0}$

Los coeficientes C_t y α , dispuestos en el cálculo del cortante basal de diseño.

Con muros estructurales o diagonales rigirizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural $C_t = 0.055$ y $\alpha = 0.75$

CALCULO DE PERIODO DE VIBRACIÓN

$$T = C_t h_n^\alpha$$

$$T = 0,055 * 10.22^{0,75}$$

$$T = 0.31437$$

Valor de T según NEC 2015 = **0.15**

Valor de T según Código de la Construcción 2002 = **0.15**

El T máximo de una edificación debe exceder hasta un 8%, por lo tanto:

$$\begin{array}{cc} 100\% & 0.15 \\ 8\% & X \end{array}$$

$$X = \frac{8\% * 0.15}{100\%}$$

$$X = 0.012$$

Después de esto la edificación debería tener un peso de 0.162 como Periodo de Vibración máximo, pero de acuerdo a los cálculos realizados nos dio como resultado un valor de 0.31437, lo cual está fuera del rango de aceptación.

4.1.3. Cargas y Combinaciones de Cargas.

$$1, 1(D + 0, 25L) + E$$

$$0, 9(D + 0, 25L) + E$$

Donde:

D = Carga muerta total de la estructura

E = Efectos de las fuerza sismicas

L = Sobrecarga (carga viva)

CALCULO DE CARGAS COMBINADAS

$$1, 1(D + 0, 25L) + E$$

$$0, 9(D + 0, 25L) + E$$

$$1,1(0.22 + 0,25 * 1,2) + E$$

$$0,9(0.22 + 0,25 * 1,2) + E$$

4.1.4. Sistema estructural

Tabla 25: Sistema Estructural

DESCRIPCION	VALOR
R_X :Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2015)	$R_X = 8.00$
R_Y : Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)	$R_Y = 8.00$
ϕ_P : Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a)	$\phi_P = 0.90$
ϕ_E :Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b)	$\phi_E = 0.90$

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3)	Regular
---	---------

Fuente: NEC 2015

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Valor de Sistema Estructural según NEC 2015:

$$R_x = 7.00$$

$$R_y = 7.00$$

$$\phi_P = 0.90$$

$$\phi_E = 0.90$$

Valor de Sistema Estructural según Código de la Construcción 2002:

$$R_x = 7.00$$

$$R_y = 7.00$$

$$\phi_P = 0.90$$

$$\phi_E = 0.90$$

El Valor máximo del Sistema Estructural no debe exceder del 15% dichos valores son:

$$R_x = 8.05$$

$$R_y = 8.05$$

$$\phi_P = 1.95$$

$$\phi_E = 1.95$$

Por lo tanto, los valores obtenidos después de haberles calculado son aceptables.

Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente $(R * \phi_P * \phi_E)$ correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = \frac{S_\alpha}{(R * \phi_P * \phi_E)}$$

Tabla 26: Factor de Comportamiento del espectro de aceleraciones

FACTOR DE COMPORTAMIENTO	COEFICIENTE DE DUCTILIDAD
R_x : Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2015)	$R_x = 8.00$
R_y : Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2015)	$R_y = 8.00$
\emptyset_P : Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2015, 5.2.3a)	$\emptyset_P = 0.90$
\emptyset_E : Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2015, 5.2.3b)	$\emptyset_E = 0.90$

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

Valor de Espectro de Diseño de aceleraciones según NEC 2015:

$$R_x = 7.00$$

$$R_y = 7.00$$

$$\emptyset_P = 0.80$$

$$\emptyset_E = 0.80$$

Valor de Espectro de Diseño de aceleraciones según Código de la Construcción 2002:

$$R_x = 7.00$$

$$R_y = 7.00$$

$$\emptyset_P = 0.80$$

$$\emptyset_E = 0.80$$

El Valor máximo del Espectro de Diseño de aceleraciones no debe exceder del 15% dichos valores son:

$$R_x = 8.05$$

$$R_y = 8.05$$

$$\emptyset_P = 1.85$$

$$\emptyset_E = 1.85$$

Por lo tanto, los valores obtenidos después de haberles calculado son aceptables.

Con los valores obtenidos se realizó una evaluación sísmica y estática en la que se utilizó la capacidad, ya que no se puede saber el refuerzo de acero que ha sido colocado en cada elemento estructural así, como la cimentación es hipotética ya que no saben la capacidad portante del suelo real y la aplicada para el diseño original y el tipo de cimentación utiliza, únicamente se ha realizado una evolución de lo que se puede ver in situ como es elementos horizontales (losas y vigas) y verticales como las columnas y un supuesto muro que confina en el subsuelo. Por lo que dichos valores exceden los parámetros establecidos en la NEC-2015 y El Código de la Construcción 2002.

4.2. Resultados según objetivo 2

Evaluar la vulnerabilidad sismo resistente del edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar, aplicando la Matriz de Observación Directa FEMA 154

Para alcanzar el objetivo 2 se realizó una evaluación de observación directa de vulnerabilidad sísmica, con la finalidad de determinar cuál es el grado de vulnerabilidad que posee el edificio Administrativo de la U.E.B y con ello poder plantear medidas preventivas para la edificación.

La evaluación se realizó por medio del formato FEMA 154 (Federal Emergency Management Agency), que se emplea para una evaluación visual rápida de la estructura, los formatos de la edificación se encuentran en el ANEXO FEMA 154, con este formato se pudo identificar que la institución que posee un grado de vulnerabilidad Alto.

El edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar se encuentra al norte de la ciudad de Guaranda, en el sector de Alpachaca, la principal característica de este sector es que el suelo donde está asentado las edificaciones se presume que es blando, húmedo y relleno, por lo que después de los movimientos telúricos que ha sufrido el país las estructuras se ha ido debilitando, lo que es desfavorable en el área estructural, ya que las edificaciones poseen los parámetros mínimos que se indican en la norma de la construcción vigente (NEC 2015), lo que incrementa la vulnerabilidad de la zona ante un evento sísmico de gran magnitud.

En la tabla 38, se ha recopilado de forma más específica información del centro educativo en estudio.

Tabla 27: Datos Generales de la Institución.

DATOS GENERALES	
Nombre:	Universidad Estatal de Bolívar.
Edificio:	Administrativo (Rectorado)
Rector:	Dr. Ulises Barragán
Dirección:	Av. Ernesto Che Guevara y Av. Gabriel Secaira
Parroquia:	Guanujo

Cantón:	Guaranda
Provincia:	Bolívar
Nivel Educativo:	Superior
Referencias:	Guanujo, vía Guaranda-Ambato
N de Ocupantes:	Administrativos: 49 Flotantes: 152
N° Pisos sobre nivel de la Vía:	4
N° Pisos bajo nivel de la Vía	1
Año de Construcción:	2004
Área Total de Pisos:	1092,76 m ²
Encuestadoras:	Cindy Andachi Chacan Azucena Zapata Zapata
Fecha de Encuesta:	15 de Abril de 2019

Fuente: FEMA 154.

Elaborado por: Andachi C. & Zapata A.

El edificio Administrativo, está conformado por una estructura parcialmente nueva, construida en el año 2004 a cargo del Arq. Cesar Pazmiño, que se indica en la Figura



Figura 9: Edificio Administrativo de la U.E.B.

Fuente: Andachi C & Zapata A.

4.2.1. Aplicación del Formato de Evaluación FEMA 154.

Para la aplicación del formato FEMA 154, se realizó la visita el día lunes 15 de abril del 2019 a partir de las 9:00 am. Como se indicó al inicio, fue inspección observación directa, que nos permitió determinar el grado de vulnerabilidad que posee la Estructura del Edificio Administrativo de la U.E.B.

Selección de parámetros.

4.2.1.1. Tipología del sistema estructural

Con lo antes mencionado se pudo determinar que la Estructura del Edificio Administrativo de la U.E.B, posee la siguiente Tipología del Sistema Estructural: Un pórtico de Hormigón Armado, puesto que se observó la presencia de elementos estructurales como son vigas y columnas de hormigón armado en toda la estructura. En el formato se lo determina como la tipología 205 *Un pórtico de Hormigón Armado C1* **En base a esta determinación se le ha otorgado la puntuación básica de 2.5.**

4.2.1.2. Altura

En la visita preliminar como en las fotografías se puede observar que la edificación cuenta con 3 niveles en parte de la estructural que se encuentra a continuación. Entendiéndose como altura máxima de la edificación 3 plantas. En el formato indica que es estructura de una baja altura (*menor a 4 pisos*), **lo que le asigna una puntuación de 0.**

4.2.1.3. Irregularidad.

4.2.1.3.1. Irregularidad en elevación.

La edificación en función de la tabla del presente caso de estudio, indica que tiene irregularidad geométrica en elevación de tipo 3, de forma que la dimensión de la estructura en la planta del sistema resistente es 1.3 veces mayor en el tercer piso puesto que la planta tiene una dimensión de 31.60 m, mientras que en el tercer piso es de 18.20 m entonces:

$$a = 31.60 \text{ m}$$

$$b = 18.20 \text{ m}$$

$$a = 31.60 \text{ m} > 1.3 b = 23.66 \text{ m}$$

Además, en la figura 11, que fue tomada del instructivo del formato FEMA 154, se indica que la edificación posee irregularidad en elevación, puesto que existen una dimensión de ejes de columnas en el piso superior.

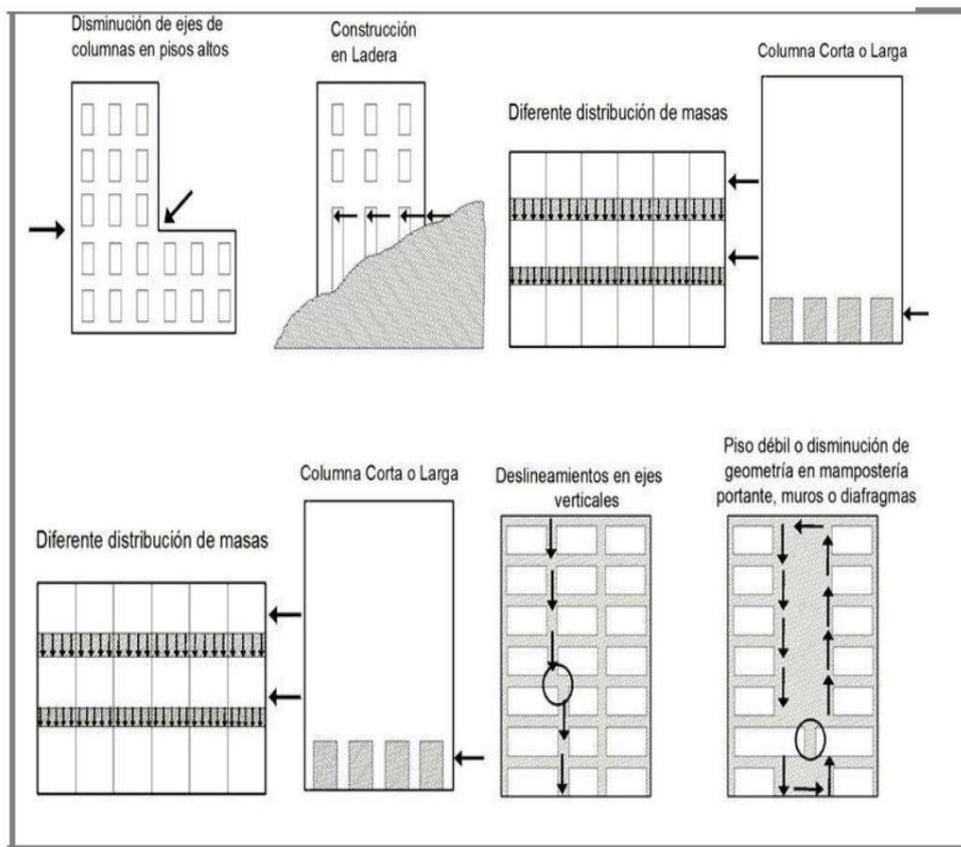


Figura 10: Irregularidades en elevación del formato FEMA.

Fuente: Instructivo del Formato FEMA 154

Por lo que se determina que la estructura presenta irregularidad en elevación con una puntuación *de -1.5*.

4.2.1.3.2. Irregularidad en planta.

La estructura en estudio, no presenta ningún tipo de irregularidad en planta, como se indican en las normas de la construcción o en el mismo instructivo del formato FEMA 14, como se puede observar en la figura 12. Por lo que se indica que la estructura tiene una *puntuación de 0*.

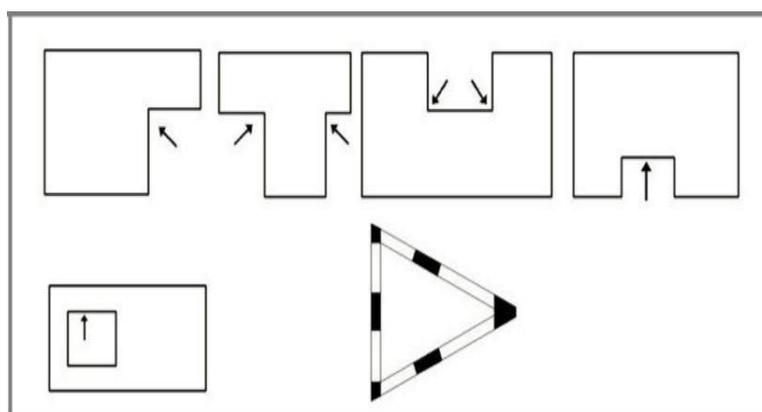


Figura 11: Irregularidades en planta del formato FEMA 154.

Fuente: Instructivo del Formato FEMA 154

4.2.1.4. Código de la construcción

Para realizar la calificación de este parámetro se buscó información en el departamento de Obras Publicas y el Arq. Pazmiño puesto que el diseño la edificación y nos supo manifestar que solo existen planos arquitectónicos de la estructura. De lo mencionado anteriormente se determinó que para el formulario FEMA 154 la estructura correspondería al código ecuatoriano de la construcción (construido en 2004), ya que al no contar con planos estructurales se considera como autoconstrucción, lo cual corresponde a una **puntuación de -1.2**.

4.2.1.5. Suelo

En esta visita a la edificación no se encontró ninguna información sobre estudios realizados previo a la construcción de la misma, pero visualmente se pudo observar que el suelo presenta asentamientos. Con los antecedentes expuestos manteniendo un análisis conservador y con la ayuda de la microzonificación de la ciudad de Guaranda se determina que el Tipo de suelo es el D, otorgándole una **puntuación de -0.6**.

A continuación, se indica el formato FEMA 154 ya calificado de la estructura del edificio Administrativo de la U.E.B.

Evaluación Rápida Visual de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos																					
FEMA P - 154 Data Collection Form											ALTO RIESGO SISMICO										
FOTOGRAFIA											DATOS GENERALES										
											Dirección:		Av Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira			Referencias:		Ed. Rectorado			
											Nombre de la Edificación:		Edificio Administrativo			Número de Pisos:		4			
											N° Pisos sobre nivel de la Via:		3			N° Pisos bajo nivel de la Via:		1			
											Año de Construcción:		2002			Uso:		EDUCATIVO			
											Area Total de Pisos:		3743			Encuestadores:		Cindy Andachi Azucena Zapata			
											Fecha de Encuesta:		25 de Abril de 2019			OCUPACION					
											Asamblea		Industrial			Comercial		Oficina			
											Serv. Emergencia		Residencial			Gobernación		Escuela x			
											Histórico					NUMERO DE PERSONAS					
											0 - 10		11 - 100			101 - 1000		x 1000 +			
TIPO DE SUELO																					
A		B		C		D		E		F		ROCA DURA		ROCA PROMEDI O DENS O		SUEL RIGIDO		SUELO SUAVE		SUELO POBRE	
								X													
PELIGRO DE FALLAS EXTERIORES																					
CHIMENEA		PARAPETO			REVESTIMIENTO		OTRO			x											
IRREGULARIDADES																					
VERTICAL		TIPO		PISO BLANDO		PLANTA		TIPO			SISTEMAS NO PARALELOS										
COMENTARIOS																					
Las fisuras y grietas encontradas en la edificación son de máxima consideración y de reparación inmediata.																					
ADOSADOS																					
GOLPETEO		No existe			OBJETOS QUE SE PUEDEN CAER		No evidente														
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, SL1																					
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URMINF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM						
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0						
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7						
Irregularidad Vertical Moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4						
Irregularidad en Planta	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4						
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0						
Ultimo Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,0	2,4	2,1	2,1	N/A						
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3						
Suelo Tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2						
Suelo Tipo E (>3 pisos)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2						
Minimum Score, SMIN	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2						
PUNTAJACION FINAL, SL1 ≥ SMIN	0,3																				
EVALUACION DETALLADA REQUERIDA																					
SI	x																				
NO																					

Tabla 28: Matriz FEMA 154.A

Fuente FEMA 154.

Elaborado por: Andachi C & Zapata A

4.2.1.6. Resultado

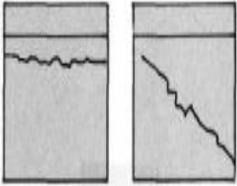
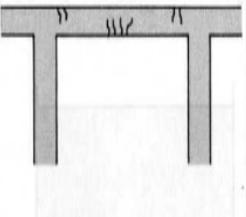
Al llenar el formato FEMA 154, con cada una de las puntuaciones antes dispuestas se observa que la calificación total es de 0.3 indicando que su valor se encuentra por debajo del 2, con esto se plantea la necesidad de realizar una evaluación estructural de una forma más detallada y especial, por lo que la edificación se encuentra en con un grado de vulnerabilidad alto.

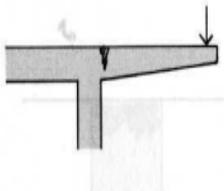
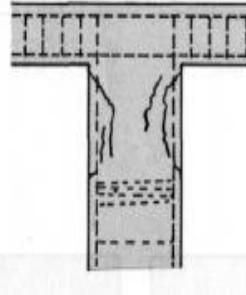
4.3. Resultados según objetivo 3

Proponer acciones preventivas y correctivas para minimizar la vulnerabilidad sísmica al que está expuesto el edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.

Después de analizar y comparar de la información arquitectónica y estructural y aplicar la matriz FEMA 154 se pudo llevar a proponer las siguientes acciones, las cuales ayudaran a mantener la estabilidad de la estructura y el bienestar de las personas que ocupan la edificación.

4.3.1. Diagnóstico y Solución

CONOCIMIENTO	DESCRIPCION	CAUSAS PRINCIPALES	ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN	FIGURA
	<p>Defecto (grieta) en junta de hormigonado.</p> <p>Falla por esfuerzo de corte.</p>	<p>Esfuerzos superiores a los previstos al diseñar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inadecuado tratamiento de la junta; suciedades. • Insuficiencia de armaduras. • Asentamientos diferenciales. 	<p>a) Grieta limpia: inyectar con epoxi.</p> <p>b) Grieta con suciedades (aserrín): picado por tramos en todo el ancho del muro y 4 a 5 cm de espesor-relleno con mortero epóxico.</p>	
	<p>Grietas por flexion.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecargas no previstas. • Armadura insuficiente o mal colocada. • Reducido espesor. • Descimbre prematuro. 	<p>Reconstituir monolitismo: Inyección con epoxi.</p> <p>b) Aumentar armadura de tracción: Platabandas adheridas con epoxi.</p> <p>c) Reforzar y aumentar altura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sobrelosa armada adherida con epoxi. • Platabandas en zona inferior 	

	<p>Grietas por flexion.</p>	<p>Armaduras insuficientes. Desplazamiento o mala colocación de armaduras. Sobrecargas superiores a las de diseño.</p>	<p>Inyección con epoxi.</p> <p>b) Refuerzo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con armadura externa: platabandas. • Ranurado, inserción de armadura y relleno con mortero epóxico. • Sobrelosa armada adherida con epoxi. (Verificar longitudes de anclaje) 	
	<p>Grietas por esfuerzos de corte. - Fracturas localizadas, eventual colapso del hormigón y pandeo de las armaduras. - Fracturas generalizadas.</p>	<p>Mala distribución o insuficiencia de estribos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo superior a lo previsto. • Impactos. 	<p>a) Inyección de grietas y refuerzo con armadura exterior adherida con epoxi. b) Alzaprimado, demolición local, colocación de estribos, hormigonado, retiro de alzaprimas después de 7 días.</p>	

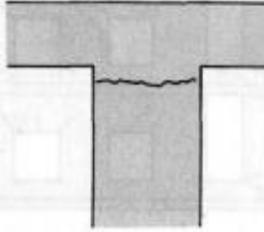
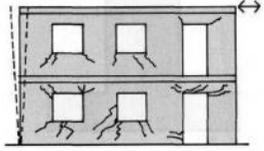
	<p>Grieta en junta de hormigonado.</p>	<p>Mala adherencia por suciedades (aserrín, virutas, tierra), nidos de piedras, formación de lechada.</p>	<p>a) Grieta limpia: inyección epóxica.</p> <p>b) Grieta con aserrín, lechada o suciedades: alzaprimado, picado en 1/2 sección en espesor de 4 a 5 cm, relleno mortero epóxico: después de 24 h repetir en resto de la sección.</p> <p>Después de 48 horas, retirar alzaprimas.</p>	
	<p>Agrietamiento generalizado en muros de hormigón.</p>	<p>Defectos de diseño o construcción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Armadura insuficiente o mal colocada. • Calidad del hormigón inadecuada. 	<p>a) Recuperar monolitismo: inyección con epoxi.</p> <p>b) Análisis estructural; estudiar posibles refuerzos.</p>	

Tabla 29: Diagnostico y Soluciones de Grietas y Fisuras.

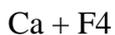
Fuente: Manual de Reparaciones Típicas. **Elaborado por:** Andachi C. & Zapata A

CICATRIZACIÓN

Es un proceso que se produce espontáneamente en grietas muertas, saturadas de agua que no circula. Se produce por carbonatación del O Ca y de $(\text{OH})_2 \text{Ca}$ del cemento por la acción del CO_2 del aire y del agua. Se forman cristales de $\text{C O}_3 \text{Ca}$ que cierran la fisura. Dura unos 90 días y el hormigón tiene que estar totalmente saturado de agua. (Perez Juan, 2011)

OCRATIZADO

Se emplea para fisuras estrechas $a < 0,2 \text{ mm}$. Se introduce $\text{F}_4 \text{Si}$ gaseoso por las fisuras y a presión.



También puede conseguirse con vidrio líquido (fluosilicato de sodio y potasio). Se aplica con pincel y penetra por capilaridad. Reacciona con la cal y da fluosilicato cálcico que cierra la fisura de dentro hacia afuera. (Perez Juan, 2011)

GRAPADO

No hace estanca la fisura

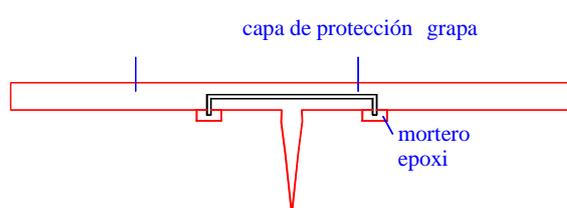
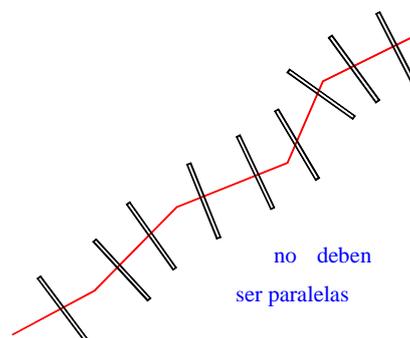


Figura 12: Grapado de Fisuras



CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.2 Conclusiones

- Se concluye que en el diseño sismo resistente del edificio Administrativo de la U.E.B busca que la estructura presente mayor rigidez, cumpliendo con los parámetros de ductilidad que permiten que primero falle el acero y después el hormigón, al igual que se debe cumplir con la condición de columna fuerte viga débil; por lo se puede considerar que la estructura ante la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su versión vigente presenta problemas en su configuración, sin embargo es necesario aclarar que en el año que fue construida el Ecuador se manejaba con otra normativa para la cual dicha estructura si cumple con ciertos parámetros.

- Por medio de la aplicación del formato FEMA 154, se ha determinado que la estructura posee una calificación del -1.1, indicando que la misma posee un alto grado de vulnerabilidad sísmica, esta vulnerabilidad se debe por la rigidez de la edificación y a lo compacto de la cimentación de la infraestructura, lo que produce que el cortante basal sea alto y afecte a los nervios del edificio en cuestión; por ende después de un movimiento telúrico se puede observar grietas y fisuras en la mampostería.

- Por el déficit de información arquitectónica y estructural y un grado de Vulnerabilidad sísmica alto la infraestructura se debilito y sufrió daño en su mampostería, se concluye que lo más factible sea el grapado e inyectamiento de epoxica en las fisuras y grietas observadas en la mampostería para luego ser enlucidas y pintadas; la cual brindara bienestar y seguridad a la estructura y a su personal.

- Se puede concluir que la edificación antes estudiada posee un grado de vulnerabilidad ante sismos muy alto, por lo que requiere una evolución más detallada y realizada por profesionales en la rama de ingeniería Civil, puesto que su estructura está debilitada por los eventos sísmicos que han suscitado en el país.

5.3 Recomendaciones

- En la Universidad Estatal de Bolívar se determinó que existe una gran cantidad de edificaciones que no han sido construidas con personal capacitado, y que no cumplen con los parámetros que se indican en la NEC-2015, es por ello que se recomienda que las autoridades pertinentes realicen un programa de mitigación para que las edificaciones tenga un análisis estructural de la misma y sus propuestas de reforzamiento si fueran necesario.

- Se recomienda realizar una evaluación estructural más profunda y a detalle del Edificio Administrativo de la U.E.B, puesto que se observa en los resultados que la edificación posee un alto grado de vulnerabilidad, además realizar un ensayo que determine las características mecánicas de los materiales utilizados en la construcción, las características del suelo sobre el cual se encuentra implantada la edificación, es recomendable realizarlos por medio de un laboratorio de ensayos de materiales certificados.

- Se recomienda tener información adecuada para poder reforzar la estructura después de haber sufrido un movimiento telúrico, provocándole grietas y fisuras en las que se colocara mezclas y aditivos según corresponda el tipo de fisura que se pueda presentar ya sea en la viga, losa o mampostería.

- Se hace énfasis que dicha edificación debe ser evaluada en un periodo de 6 a 12 meses por profesionales capaces solucionar la debilidad que presenta la estructura del mismo, ya que en este edificio se desempeñan áreas administrativas más relevantes como es el Rectorado de la U.E.B, si dicha evaluación debe realizarse por las autoridades competentes.

BIBLIOGRAFÍA

EC OG . (2011). *Elementos Arquitectonicos y Tipologia de los edificios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>

Narv ez,Lizardo. (2009).

A S... (1995).

Acosta Domingo; Vivas Christian; Castilla Enrique. (2005).

ASCE. (2014). Matriz FEMA 154.

ASENCIO MERA. (2012).

ASENCIO MERA. (2012).

AULESTIA VALENCIA. (2014).

AULESTIA VALENCIA. (2014).

AULESTIA VALENCIA. (2014).

AULESTIA VALENCIA, ACUERDO MINISTERIAL. (2014).

Caicedo Barbat; Canas. (1994).

Carrillo Chimbo. (2013). Fallas de Negroyacu.

Carrión Jonathan. (2016).

Castro Chang. (2012). Historia Sismica del Ecuador.

Cecilia Bembibre. (2009).

CENAPRED Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2007).

CENAPRED Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2007).

CENEPRED Centro Nacional de Estimación. (s.f.).

CHISTIAN PORTUGUEZ, D. M. (2011). *MICROZONIFICACION SISMICA DE LA ZONA URBANA DEL CANTON GUARANDA . GUARANDA .*

Código Ecuatoriano de la Construcción. (2015). *Código Ecuatoriano de la Construcción.*

Cueva Cristian. (2017). *VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA EDIFICACION .*

Diccionario de la lengua española. (s.f.).

- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y tipologia de edifcios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y tipologia de edifcios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y tipologia de edifcios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y tipologia de edifcios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos Arquitectonicos y Tipologia de edifcios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y tipologia de edifcios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y tipologia de edifcios* . Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y tipologia de edifcios* . Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y tipologia de edifcios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y tipologia de edifcios* . Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y tipologia de edifcios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y Tipologia de los edifcios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y Tipologia de los edifcios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y tipologia de los edificios*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- EC OG. (2011). *Elementos arquitectonicos y tipologia de edifcios* . Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/71332278/Elementos-arquitectonicos>
- El Universal. (2016).

- El Universal. (2016).
- Escorza Luis. (1993). Levantamiento geológico de la Depresión de Guaranda.
- Falconi Roberto. (2008). *Analisis Sismico de Edificios*. Quito.
- FEMA. (2015).
- FEMA. (2015).
- FEMA. (2015).
- Gerson Barrios Garrido. (2013).
- Gòmez Wàlter, Loayza Antonio. (2014).
- Gòmez Wàlter, Loayza Antonio. (2014).
- Gòmez Wàlter, Loayza Antonio, . (2014).
- González, E. H. (2013).
- Guaman Manuel. (2017). COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE AULAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, EMPLEANDO EL MÉTODO TRADICIONAL (NEC-14) Y EL MÉTODO DE AISLACIÓN SÍSMICA.
- Guaman Manuel. (2017). COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE AULAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, EMPLEANDO EL MÉTODO TRADICIONAL (NEC-14) Y EL MÉTODO DE AISLACIÓN SÍSMICA.
- Javier Ch, José R, Genock P. (2015).
- Lizardo, N. (2009).
- Loor Francisco. (2014). *El hormigon y sus Tipo, propiedades*.
- Loor Francisco. (2017). *Propiedades del hormigon*.
- Martinez Katiuska. (2011). *katiuskablog*. Obtenido de <http://katiuska-gestionderiesgo.blogspot.com/2011/01/tipos-de-vulnerabilidad.html>

Martinez Katuska. (2011). *Katiuskablog*. Obtenido de <http://katiuskagestionderiesgo.blogspot.com/2011/01/tipos-de-vulnerabilidad.html>

MIDUVI. (2015).

MIDUVI. (2015).

MIDUVI. (2015).

Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento. (2016).

Ministerio de Viviendas, Construcción y Saneamiento,. (2016).

NEC. (2014). *PELIGRO SISMICO* .

NEC 2015, NEC-SE-DS. (2015). Carga Sismica.

Noboa Gino. (2018). DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO EN LA MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR.

Noboa Gino. (2018). *DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO EN LA MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR*. Guaranda.

Núria Tortajada Camps. (2007).

Núria Tortajada Camps. (2007).

Núria Tortajada Camps. (2007).

Núria Tortajada Camps. (2007).

Pastor Andrés y Rodríguez Ramona. (2008).

Paucar Abelardo. (2016). Analisis de Vulnerabilidad de Canton Guaranda, Perfil Territorial.

Paucar Abelardo. (2016). Analisis de Vulnerabilidad del Canton Guaranda, Perfil Territorial.

Paucar Camacho. (2016). Modelo para la articulación de la gestion del riesgo en el proceso de ordenamiento territorial de la ciudad de Guaranda-Ecuador.

Paucar Camacho, A. J. (2014). Analisis de vulnerabilidad sísmica. 67.

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.

Pérez Julián Porto y Ana Gardey. (2014).

Perez Julian. (2018). *Definicion de Hormigon*.

Plan Nacional de Desarrollo. (2017).

Plan Nacional de Desarrollo. (2017).

Portuguez Cristian. (2011).

Requejo Joel . (2014).

Riesgo Sísmico, Evaluación y Rehabilitación de Estructuras. (2013).

Rivero Naty, M. A. (2013).

Rivero Naty, Mayorga Andrea. (2013).

- Rivero Naty, Mayorga Andrea. (2013).
- Rivero Naty, Mayorga Andrea. (2013).
- Rivero Naty, Mayorga Andrea. (2013).
- Rivero Naty, Mayorga Andrea. (2013).
- RM Josè. (2018). Obtenido de Estructuras de Hormigon Armado:
<http://vivirhogar.republica.com/general/estructuras-de-hormigon-armado-componentes.html>
- RM Josè. (2018). Obtenido de Estructuras de Hormigon Armado:
<http://vivirhogar.republica.com/general/estructuras-de-hormigon-armado-componentes.html>
- RM Josè. (2018). Obtenido de Estructura de Hormigon Armado:
<http://vivirhogar.republica.com/general/estructuras-de-hormigon-armado-componentes.html>
- Sagñay Novay. (2014). Catalogo de Terremotos del Ecuador.
- Salamanca Nonzoque. (2016).
- Sanchez Luis. (2016). *CivilGeeks*. Obtenido de Comportamiento y Características del Hormigon: <https://civilgeeks.com/2013/11/27/comportamiento-y-caracteristicas-del-hormigon-concreto/>
- Sanchez Luis. (2016). *CivilGeeks*. Obtenido de Comportamiento y Características del hormigon: <https://civilgeeks.com/2013/11/27/comportamiento-y-caracteristicas-del-hormigon-concreto/>
- Silva Natalia. (2011).
- Silva Natalia. (2011).

Soulas. (1991). Fallas Geologicas del Ecuador.

Torres Adolfo. (2015).

Torres Adolfo. (2015).

Toulkeridis Teofilos. (2016). Lo que debes saber de la placa de Nazca. *La Hora*.

YachayTeach. (2016). *Ubicación y magnitud de sismos en Ecuador*. Obtenido de www.yachaytech.edu.ec

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.

Guaman Manuel (2017) COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE AULAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, EMPLEANDO EL MÉTODO TRADICIONAL (NEC-14) Y EL MÉTODO DE AISLACIÓN SÍSMICA.. (Tesis de Grado). UNIVERSIDAD CENTRAL DE ECUADOR, Quito

ANEXOS



Figura 13: Edificio Administrativo de la U.E.B. (RECTORADO)



Figura 14: Fisura Exterior, producida después de los sismos.



Figura 15: Asentamiento de la Edificación



Figura 16: Fisuras Externas



Figura 17: Grieta Exterior



Figura 18: Fisura Exterior

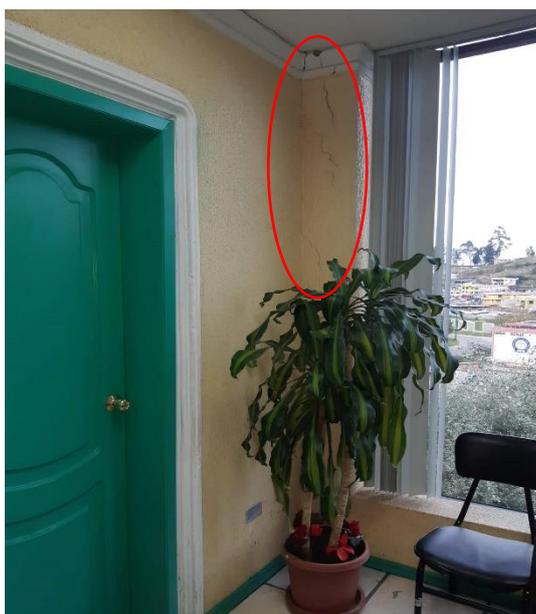


Figura 19: Fisura en la columna



Figura 20: Fisura en la losa



Figura 21: Fisura en pared



Figura 22: Fisura en Viga

MAPA DE AMENAZA DELIMITACION UNIVERSIDAD Y EDIFICIO ADMINISTRATIVO

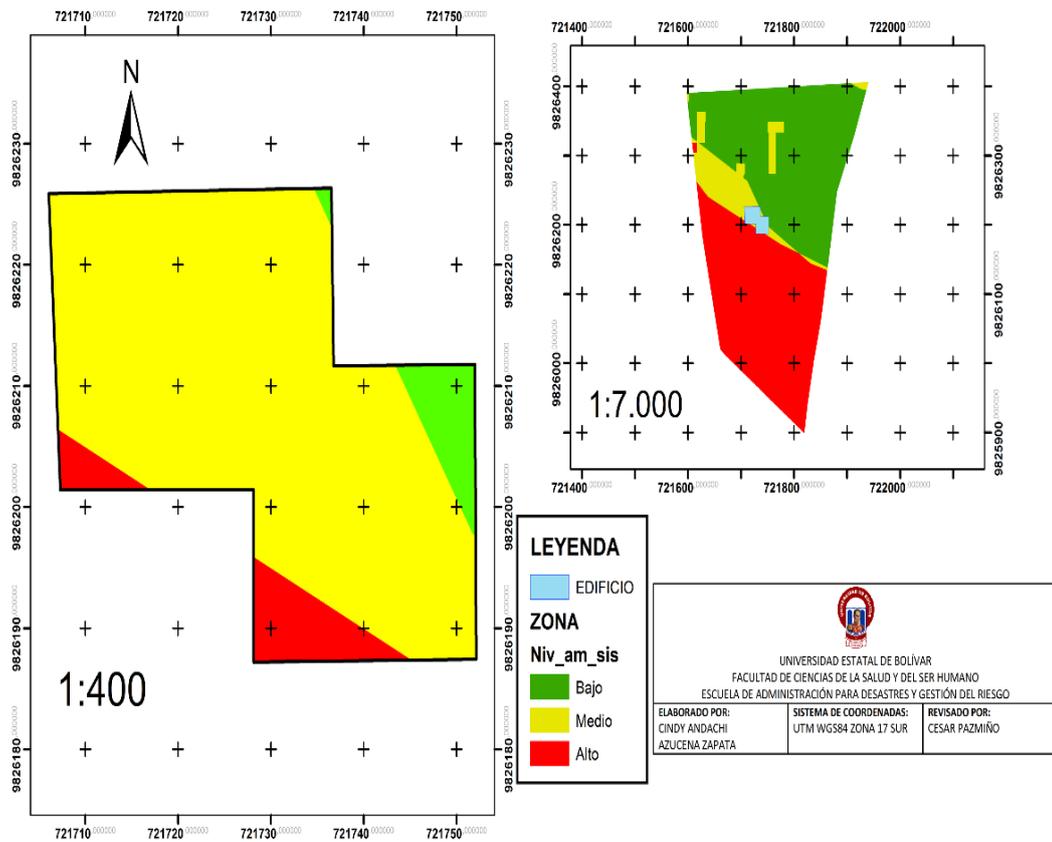


Figura 23: Mapa de Amenazas del Edificio Administrativo de la U.E.B

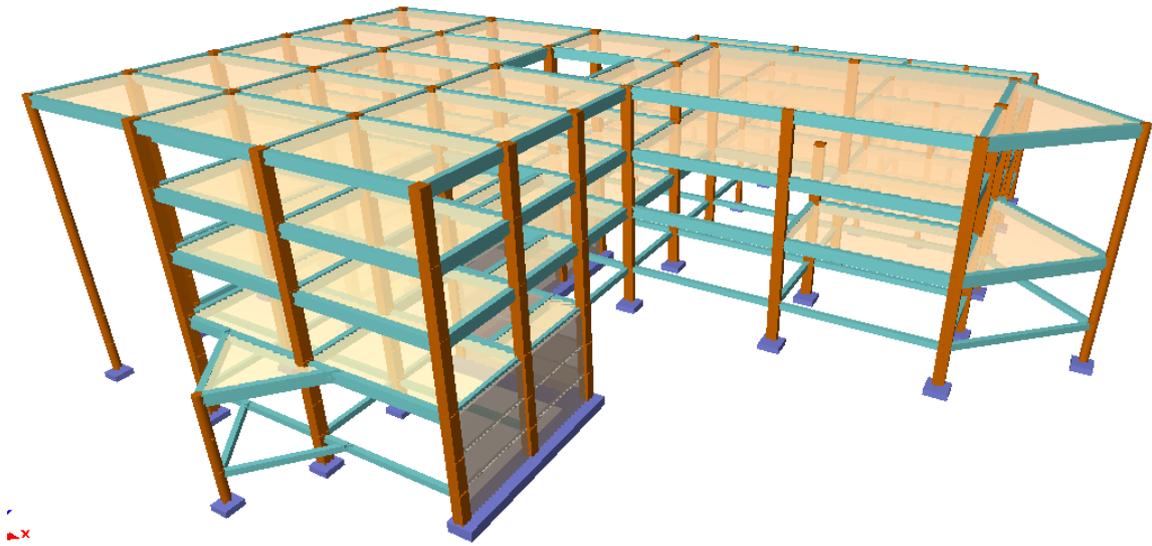


Figura 24: Modelamiento en 3D de la edificación (Lateral)

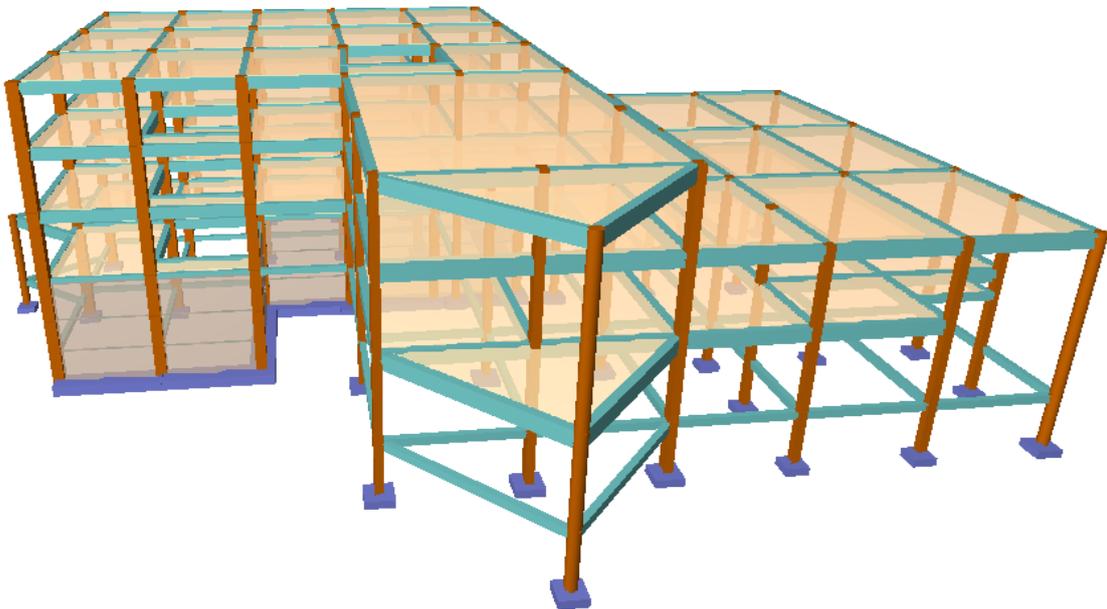


Figura 25: Modelamiento en 3D de la edificación (Frontal)

Evaluación Rápida Visual de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos																												
FEMA P-154 Data Collection Form											ALTO RIESGO SISMICO																	
FOTOGRAFIA											DATOS GENERALES																	
											Dirección:		Av Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira				Referencias:		Ed. Rectorado		Nombre de la Edificación:		Edificio Administrativo		Número de Pisos:		4	
											N° Pisos sobre nivel de la Via:		3				N° Pisos bajo nivel de la Via:		1		Año de Construcción:		2002		Uso:		EDUCATIVO	
											Área Total de Pisos:		3743				Encuestadores:		Cindy Andachi Azucena Zapata				Fecha de Encuesta:		25 de Abril de 2019			
											OCUPACION						Asamblea		Industrial		Comercial		Oficina		Serv. Emergencia		Residencial	
											Gobernación		Escuela		x		Histórico											
											NUMERO DE PERSONAS						0 - 10		11 - 100		101 - 1000		x		1000 +			
											TIPO DE SUELO						A		B		C		D		E		F	
											ROCA DURA		ROCA PROMEDI		SUELO O DENS O		SUELO RIGIDO		SUELO SUAVE		SUELO POBRE							
																			x									
											PELIGRO DE FALLAS EXTERIORES						CHIMENEA		PARAPETO		x		REVESTIMIENTO		OTRO			
IRREGULARIDADES						VERTICAL		TIPO		PISO BLANDO		PLANTA		TIPO		SISTEMAS NO PARALELOS												
COMENTARIOS						Las fisuras y grietas encontradas en la edificación son de máxima consideración y de reparación inmediata.																						
ADOSADOS						GOLPETEO		No existe				OBJETOS QUE SE PUEDEN CAER		No evidente														
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, SL1																												
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM													
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0													
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7													
Irregularidad Vertical Moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4													
Irregularidad en Planta	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4													
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0													
Último Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,0	2,4	2,1	2,1	N/A													
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3													
Suelo Tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2													
Suelo Tipo E (>3 pisos)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2													
Minimum Score, SMIN	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2													
PUNTAJACION FINAL, SL1 ≥ SMIN	0,3																											
EVALUACIÓN DETALLADA REQUERIDA																												
SI	x																											
NO																												

Figura 26: Matriz FEMA 154 del Edificio Administrativo U.E.B.