



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Tema:

**“ESTUDIO DEL PELIGRO SÍSMICO DETERMINISTA PARA LAS ESTRUCTURAS
DEL SECTOR LA JOYA DE LA PARROQUIA HUACHI CHICO, DE LA CIUDAD DE
AMBATO PROVINCIA TUNGURAHUA”**

AUTOR: Evelyn Gabriela Jiménez Sisa

TUTOR: Ing. Mg. Lenin Maldonado

Ambato – Ecuador

2018

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Lenin Maldonado, certifico que el presente proyecto experimental realizado por la Señorita: Evelyn Gabriela Jiménez Sisa egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la carrera de Ingeniería Civil, de la Universidad Técnica de Ambato, ha desarrollado bajo mi supervisión y tutoría, un trabajo personal e inédito, bajo el tema: **“ESTUDIO DEL PELIGRO SÍSMICO DETERMINISTA PARA LAS ESTRUCTURAS DEL SECTOR LA JOYA DE LA PARROQUIA HUACHI CHICO, DE LA CIUDAD DE AMBATO PROVINCIA TUNGURAHUA”**

En el presente trabajo de graduación bajo mi tutoría fueron concluidos de manera correcta los 5 capítulos que conforman el proyecto técnico dentro del tiempo establecido según la normativa que rige en la Universidad Técnica de Ambato.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, y puede continuar con el trámite pertinente.

En la ciudad de Ambato, a los 7 días del mes de Junio de 2018

.....

Ing. Mg. Lenin Maldonado

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

Yo, Evelyn Gabriela Jiménez Sisa , con C.I. 050338406-7 Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que los contenidos y resultados obtenidos en el presente proyecto técnico, como requerimiento previo para la obtención del título de Ingeniero Civil, son absolutamente originales, auténticos a excepción de las citas, cuadros y gráficos de origen bibliográfico.

Evelyn Gabriela Jiménez Sisa
050338406-7
AUTOR

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi proyecto técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este proyecto técnico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, 7 de Junio de 2018

Autor:

Evelyn Gabriela Jiménez Sisa
050338406-7

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, una vez revisado, aprueban el informe del proyecto experimental, bajo el tema: “ **ESTUDIO DEL PELIGRO SÍSMICO DETERMINISTA PARA LAS ESTRUCTURAS DEL SECTOR LA JOYA DE LA PARROQUIA HUACHI CHICO, DE LA CIUDAD DE AMBATO PROVINCIA TUNGURAHUA**”, de la egresada **HP** de la Carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman.

Ing. Mg. Galo Núñez

DOCENTE CALIFICADOR FICM

Ing. Mg. Carlos Navarro

DOCENTE CALIFICADOR FICM

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos, que sin duda alguna a lo largo de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, me apoyado en lo necesario.

A mi hermano por ser un gran amigo para mí, que junto a sus ideas hemos pasado momentos inolvidables y uno de los seres más importantes en mi vida.

A mi hermana por ser mi amiga y mi cómplice y siempre apoyarme en todo y tener una sonrisa para mí.

A mi enamorado Mario, que durante estos años de carrera ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional y por su ayuda en mi proyecto.

A mi tutor al Ing. Mg. Lenin Maldonado por su asesoría y tiempo en la realización de este proyecto.

Y gracias a todos los que me brindaron su ayuda en este proyecto.

ÍNDICE

A. PÁGINAS PRELIMINARES

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	III
DERECHOS DEL AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1. TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	1
1.2. ANTECEDENTES	1
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivo Especifico.....	3
CAPÍTULO II	4
FUNDAMENTACIÓN	4
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.1.1. TECTÓNICA DE PLACAS	4
2.1.2. PELIGRO SÍSMICO.....	10
2.1.3. METODOLOGÍA DEL DISEÑO SISMO RESISTENTE	16
2.1.3.1. Categoría de edificio y coeficiente de importancia I	16
2.1.3.2. Ajuste del corte basal de los resultados obtenidos por el análisis dinámico	16
2.1.3.3. Límites permisibles de las derivas de piso.....	17
2.1.3.4. Configuración Estructural.....	18
2.1.3.5. Regularidad en planta y elevación.	20
2.1.3.6. Cortante basal de diseño	23
2.1.3.7. Determinación del periodo de vibración T	24
2.1.3.8. Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica R	25
2.1.3.9. Coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura T 26	
2.2 HIPÓTESIS	26

2.3	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	26
2.3.1.	VARIABLE DEPENDIENTE	26
2.3.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE	26
CAPÍTULO III		27
METODOLOGÍA		27
3.1.	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	27
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	28
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	28
3.3.1.	Variable Independiente	28
3.3.2.	Variable Dependiente.....	29
3.4	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	30
3.5	PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	30
CAPÍTULO IV		32
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		32
4.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS	32
4.1.1.	Régimen Tectónico	32
4.1.2.	Selección de Fallas Geológicas	34
4.1.3.	Características del Suelo	36
4.1.3.1.	Ensayo de Penetración Estándar	44
4.1.4.	Velocidad media de la onda de cortante Vs30.....	50
4.1.5.	Ecuaciones de atenuación para cortical intraplaca.....	51
4.1.5.1.	Modelo Boore y Atkinson (2008)	51
4.1.5.2.	Modelo Akkar y Bommer (2010)	55
4.1.5.3.	Modelo Kanno (2006).....	56
4.1.6.	Ecuaciones de atenuación para subducción	57
4.1.6.1.	Modelo Youngs (1997).....	57
4.1.6.2.	Modelo Zhao (2006)	58
4.1.6.3.	Atkinson y Boore (2003)	59
4.1.7.	Estructuras Tipo del Sector	61
4.2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	73
4.2.1.	Magnitud de las fallas	73
4.2.2.	Cálculo del Espectro	73
4.2.2.1.	Espectros calculados con el Modelo de Boore y Atkinson 2008.....	74
4.2.2.2.	Espectros calculados con el Modelo de Akkar y Bommer 2010.	75
4.2.2.3.	Espectros calculados con el Modelo de Kanno 2006	76

4.2.2.4.	Espectros calculados con el Modelo de Youngs 1997.....	77
4.2.2.5.	Espectros calculados con el Modelo de Zhao 2006.....	78
4.2.2.6.	Espectros calculados con el Modelo de Atkinson y Boore 2003.....	79
4.2.3.	Espectros con los modelos para una falla	80
4.2.4.	Espectro con la NEC-15.....	85
4.2.5.	Espectro con la NEC-15.....	90
4.3	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	111
CAPÍTULO V.....		112
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		112
5.1.	CONCLUSIONES.....	112
5.2.	RECOMENDACIONES	113
C.- MATERIALES DE REFERENCIA		114
1.	BIBLIOGRAFÍA	114
2.	ANEXOS	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ecuaciones de atenuación.	15
Tabla 2.	Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.....	16
Tabla 3.	Derivas máximas admisibles de las estructuras.	17
Tabla 4.	Configuración Estructural	18
Tabla 5.	Configuración Estructural No Recomendada.....	19
Tabla 6.	Coefficientes de Irregularidad en Planta	20
Tabla 7.	Coefficientes de Irregularidad en Elevación	22
Tabla 8.	Coefficiente C_t y α dependiendo del tipo de estructura.	24
Tabla 9.	Coefficiente R para sistemas estructurales dúctiles.....	25
Tabla 10.	Coefficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura	26
Tabla 11.	Operacionalización de la variable independiente.....	29
Tabla 12.	Operacionalización de la variable dependiente.....	29
Tabla 13.	Plan de recolección de información.	30
Tabla 14.	Intensidades sentidas en la ciudad de Ambato.....	33
Tabla 15.	Fallas Geológicas.	36
Tabla 16.	Clasificación de suelos.....	37

Tabla 17. Clasificación de suelos P1.....	39
Tabla 18. Clasificación de suelos P2.....	40
Tabla 19. Clasificación de suelos P3.....	41
Tabla 20. Clasificación de suelos P4.....	42
Tabla 21. Clasificación de suelos P5.....	43
Tabla 22. Clasificación de suelos.....	44
Tabla 23. Ensayo de Penetración Estándar – P1.....	45
Tabla 24. Ensayo de Penetración Estándar – P2.....	46
Tabla 25. Ensayo de Penetración Estándar – P3.....	47
Tabla 26. Ensayo de Penetración Estándar – P4.....	48
Tabla 27. Ensayo de Penetración Estándar – P5.....	49
Tabla 28. Valores Vs30.....	51
Tabla 29. Viga tipo de estructura Tipo 1.....	64
Tabla 30. Viga tipo de estructura Tipo 2.....	68
Tabla 31. Viga tipo de estructura Tipo 3.....	72
Tabla 32. Valores del espectro específico.....	91
Tabla 33.- Periodos de Vibración calculados con la NEC 2015(T1).....	97
Tabla 34.- Periodos de Vibración Etabs 2016(T2).....	97
Tabla 35.- Derivas de Piso Estructura Tipo 1.....	100
Tabla 36.- Derivas de Piso Estructura Tipo 2.....	102
Tabla 37.- Derivas de Piso Estructura Tipo 3.....	103
Tabla 38.- Modos necesarios para la acumulación del 90% de la masa.....	104
Tabla 39.- Modos de vibración.....	104
Tabla 40.-Derivas de la Estructura Tipo 1.....	105
Tabla 41.-Derivas de la Estructura Tipo 1 Etabs 2016.....	106
Tabla 42.-Derivas de la Estructura Tipo 2.....	107
Tabla 43.-Derivas de la Estructura Tipo 2 Etabs 2016.....	107
Tabla 44.-Derivas de la Estructura Tipo 3.....	108
Tabla 45.-Derivas de la Estructura Tipo 3 Etabs 2016.....	108
Tabla 46.- Porcentaje del cortante basal V Estructura Tipo 1.....	109
Tabla 47.- Porcentaje del cortante basal V Estructura Tipo 2.....	110
Tabla 48.- Porcentaje del cortante basal V Estructura Tipo 3.....	110

ÍNDICE GRÁFICO

Figura 1. Placas Tectónicas terrestre del planeta.	4
Figura 2. Tipos de bordes del planeta.	5
Figura 3. Zona de subducción del planeta tierra.	6
Figura 4. Zona de colisión del planeta.	6
Figura 5. Bordes de falla transformante.	7
Figura 6. Hipocentro y Epicentro.	7
Figura 7. Falla Normal.	9
Figura 8. Falla Inversa.	9
Figura 9. Falla Transformante.	10
Figura 10. Mapa de Zonificación Sísmica en Ecuador.	12
Figura 11. Límites de placa y velocidades de movimiento.	33
Figura 12. Fallas Geológicas del Ecuador.	34
Figura 13. Fallas Geológicas Tungurahua.	35
Figura 14. Fallas Geológicas Ambato.	35
Figura 15. Fallas Geológicas en el Área de estudio.	36
Figura 16. Área de estudio.	38
Figura 17. Vista en Planta estructura Tipo 1.	61
Figura 18. Fachada principal de la estructura Tipo 1.	62
Figura 19. Cuadro de columnas de estructura Tipo 1.	63
Figura 20. Vista en Planta estructura Tipo 2.	64
Figura 21. Vista en Elevación estructura Tipo 2.	65
Figura 22. Cuadro de columnas de estructura Tipo 2.	68
Figura 23. Vista en Planta estructura Tipo 3.	69
Figura 24. Fachada principal de la estructura Tipo 3.	70
Figura 25. Cuadro de columnas de estructura Tipo 3.	72
Figura 26. Espectros de aceleración modelo Boore y Atkinson 2008.	74
Figura 27. Espectros de aceleración modelo Akkar y Boommer 2010.	75
Figura 28. Espectros de aceleración modelo de Kanno 2006.	76
Figura 29. Espectros de aceleración modelo de Youngs 1997.	77
Figura 30. Espectros de aceleración modelo de Zhao 2006.	78
Figura 31. Espectros de aceleración modelo de Atkinson y Boore 2003.	79
Figura 32. Espectros de aceleración Falla Huachi.	80

Figura 33. Espectros de aceleración Falla Totoras.....	81
Figura 34. Espectros de aceleración Falla Samanga.	82
Figura 35. Espectros de aceleración Falla Ambato.	83
Figura 36. Espectros de aceleración Falla Subducción.	84
Figura 37. Espectros de aceleración Falla Huachi.	85
Figura 38. Espectros de aceleración Falla Totoras.....	86
Figura 39. Espectros de aceleración Falla Samanga.	87
Figura 40. Espectros de aceleración Falla Ambato.	88
Figura 41. Espectros de aceleración Falla Subducción.	89
Figura 42. Todos los espectros comparados con la NEC-15.....	90
Figura 43. Espectro Específico comparado con la NEC-15.....	90
Figura 44.- Vista en planta de la Estructura 1	91
Figura 45.- Vista en elevación de la Estructura 1	92
Figura 46.- Vista 3D de la Estructura 1.....	92
Figura 47.- Vista en planta de la Estructura 2	93
Figura 48.- Vista en elevación de la Estructura 2	94
Figura 49.- Vista 3D de la Estructura 2.....	94
Figura 50.- Vista en planta de la Estructura Tipo 3	95
Figura 51.- Vista en elevación de la Estructura Tipo 3.....	95
Figura 52.- Vista 3D de la Estructura Tipo 3	96
Figura 53.- Derivas Mx de Piso Estructura Tipo 1	99
Figura 54.- Derivas My de Piso Estructura Tipo 1	100
Figura 55.- Derivas Mx de Piso Estructura Tipo 2	101
Figura 56.- Derivas My de Piso Estructura Tipo 2	101
Figura 57.- Derivas Mx de Piso Estructura Tipo 3	102
Figura 58.- Derivas My de Piso Estructura Tipo 3	103

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A.....	117
Fotografía 1.- Martinete	117
Fotografía 2.- Trípode	117

Fotografía 3.- Motor.....	118
Fotografía 4.- Colocación de medidas en los tubos de penetración.....	118
Fotografía 5.- Muestra de suelo.	119
Fotografía 6.- Midiendo la muestra de suelo.	119
Fotografía 7.- Colocando las muestras en el horno.....	120
Fotografía 8.- Muestras en el horno.	120
Fotografía 9.- Peso de la muestra obtenida en el ensayo.	121
Fotografía 10.- Colocando la muestra de suelo en los tamices.	121
Fotografía 11.- Tamizando las muestras obtenidas en el ensayo.	122
ANEXO B.....	123
B- 1.-Coeficientes de amplificación del sitio dependiendo del período	123
B- 2.-Coeficientes de escala de distancias ($M_{ref}=4.5$ y $R_{ref}=1.0$ km para todos los periodos, excepto $R_{ref}=5.0$ km para pga_{4nl})	124
B- 3.-Coeficientes de escala de magnitud	125
ANEXO C.....	126
C- 1.- Coeficientes de las ecuaciones 1 y 2 para la predicción de Pseudoaceleración espectral.....	126
C- 2.- Coeficientes de las ecuaciones 1 y 2 para la predicción de Pseudoaceleración espectral.....	128
ANEXO D.....	130
D- 1.- Coeficientes de regresión para el modelo de eventos poco profundos de espectros de respuesta de aceleración atenuada de pga 5%	130
ANEXO E.....	131
E- 1.-Relaciones de atenuación para aceleraciones espectrales de respuesta horizontal (amortiguación del 5%) para los terremotos de subducción para el suelo.....	131
ANEXO F.....	132
F- 1.-Coeficientes para las condiciones de origen y trayectoria	132
F- 2.-Coeficientes para los términos de clase de sitio y error de predicción.....	133
ANEXO G.....	134
G- 2.- Coeficientes para eventos interplaca	134

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

TEMA:

“ESTUDIO DEL PELIGRO SÍSMICO DETERMINISTA PARA LAS ESTRUCTURAS DEL SECTOR LA JOYA DE LA PARROQUIA HUACHI CHICO, DE LA CIUDAD DE AMBATO PROVINCIA TUNGURAHUA”

Autor: Evelyn Gabriela Jiménez Sisa.

Tutor: Ing. Mg. Lenin Maldonado.

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente proyecto de investigación se inició con el cálculo del período de vibración de 3 estructuras ubicadas en el sitio de estudio cada una de esas de diferente número de pisos en el rango bajo, medio y alto, lo que corresponde a una aceleración de gravedad S_a (g), tomada del espectro específico calculado, para compararlo con el espectro de aceleraciones de la norma NEC-2015 y verificar el comportamiento estructural de cada estructura seleccionada. Para este proceso se realizaron los siguientes pasos: establecer el régimen tectónico en base al área de estudio, seleccionar e identificar todas las fuentes sísmicas o fallas geológicas que afecten a la zona de estudio y puedan provocar movimientos sísmicos significativos, por medio del ensayo de penetración estándar se obtuvo muestras de suelo de 5 puntos estratégicos de la zona de estudio que nos ayudan para conocer el tipo de suelo de la misma, también se obtuvo N_{spt} para calcular la velocidad media de la onda de cortante aproximada V_{s30} para el tipo de perfil, en base a la distancia entre la falla geológica y la zona de estudio se calcula la magnitud de momento para cada falla geológica, por medio de parámetros como distancia al epicentro, profundidad focal, se emplearon ecuaciones de atenuación obteniendo los espectros de aceleración, mediante una envolvente de todos los espectros de aceleración se obtiene un espectro específico el cual se forma por las aceleraciones máximas el cual se compara con el espectro de la norma NEC 2015.

Las aceleraciones dadas por el espectro específico para edificaciones que tienen periodos estructurales entre 0,10seg – 0,40seg son mayores a las obtenidas según la NEC-15.

ABSTRACT

The research project began with the calculation of the vibration period of 3 structures located in the study site, each one with a different number of storey in the low, medium and high range, which corresponds to an acceleration of gravity S_a (g), taken from the specific spectrum calculated, to compare it with the acceleration spectrum of the NEC-2015 standard and verify the structural behavior of each selected structure. For this process the following steps were taken: the tectonic regime based on the study area was established, all seismic sources or geological faults that affect the study area and can cause significant seismic movements were selected and identified, through the penetration test standard soil samples were obtained from 5 strategic points of the study area that help us to know the soil type of the same, also N_{spt} was obtained to calculate the average speed of the shear wave approximated V_{s30} for the type of profile, Based on the distance between the geological fault and the study area, the magnitude of moment for each geological fault is calculated, by means of parameters such as distance to the epicenter, focal depth, attenuation equations were used obtaining the acceleration spectra, by means of a envelope of all acceleration spectra a specific spectrum is obtained which is formed by the acceleration maximum rations which is compared with the spectrum of the NEC 2015 nom.

The accelerations given by the specific spectrum for buildings that have structural periods between 0.10sec - 0.40sec are greater than those obtained according to the NEC-15.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

“ESTUDIO DE PELIGRO SÍSMICO DETERMINISTA PARA LAS ESTRUCTURAS DEL SECTOR LA JOYA DE LA PARROQUIA HUACHI CHICO, DE LA CIUDAD DE AMBATO PROVINCIA TUNGURAHUA”.

1.2. ANTECEDENTES

Según el estudio realizado en el año del 2014 por 'BBC Mundo' estableció que el 90 por ciento de los terremotos se originan en el Cinturón de Fuego del Pacífico, una zona de 40.000 kilómetros de longitud, que comprende países como Ecuador, Chile, Bolivia, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Honduras, Guatemala o México. [1]

Según Wilson Medina, especialista en Sismología, expresó que la ciudad de Ambato posee un desarrollo agrícola, industrial, y especialmente comercial, pero su ubicación geográfica, estratigráfica y geológica, tiene como consecuencia que la ciudad sea calificada como de alto riesgo sísmico, lo que incita a los establecimientos involucrados en este aspecto tomen medidas para poder prevenir, principalmente que se edifiquen inmuebles que no cumplan con un estudio del suelo y sísmico de la zona. Con los sectores que se debe tener mayor cuidado son los cinturones que tiene la ciudad, como la calle 13 de Abril en donde ya no posee espacio para construir, en donde no se cumplió con lo declarado por Sixto Durán Ballén, ex presidente de la República, para que se conserve como área verde. Esto no significa que en los suelos de Ambato no se pueda construir, se lo puede hacer pero siempre y cuando posean un estudio técnico del suelo.[2]

1.3. JUSTIFICACIÓN

La ocurrencia de terremotos siniestros nos ratifica el valor de importancia de los Análisis de Peligro y Riesgo Sísmicos para estimar las secuelas de dichos eventos. Aunque han existido varios avances de gran valor en la predicción sísmica, el tiempo de ocurrencia, la magnitud y hasta la ubicación de un terremoto no se ha podido tener la seguridad completa de estos avances. Por lo tanto, un correcto análisis de peligro y riesgo sísmico, no evitará el daño potencial, pero si generara una reducción considerable en sus efectos. [3]

La microzonificación sísmica es considerada como la metodología de trabajo indicada para utilizarse en la reducción del riesgo sísmico en ciudades. El objetivo de un estudio de microzonificación sísmica es evaluar los niveles de amenaza sísmica y los efectos locales posibles, lo que permite la implementación de destrezas que tomen en cuenta estas condiciones regionales y locales del suelo, responsables para la modificación de la respuesta sísmica en una ciudad. Para ello se observan con un enfoque multidisciplinario tanto los datos valederos del subsuelo, como los nuevos estudios ejecutados. [4]

Los procesos tectónicos de Ecuador son producidos por los efectos de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana.

El borde de las placas tectónicas poseen un grado de acoplamiento alto donde la dorsal de Carnegie está siendo subducida bajo el norte de Ecuador y esto con lleva a una intensa e inusual deformación de intraplaca. [5]

Por la existencia de tres fallas geológicas, la ciudad de Ambato ha sido declarada la de más alto riesgo sísmico del país, según lo que manifestó el Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional, lo que indica la existencia de suelos vulnerables y si hay inmuebles sin recomendaciones y normativas técnicas, pueden causar efectos graves. [2]

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Realizar el estudio de Peligro Sísmico Determinista para las estructuras del sector La Joya de la parroquia Huachi Chico, de la ciudad de Ambato, Provincia Tungurahua.

1.4.2. Objetivo Especifico

- Determinar las propiedades del suelo en los puntos de estudio.
- Determinar un espectro de diseño propio para la zona de estudio.
- Comparar el espectro de diseño obtenido del análisis de peligro sísmico determinístico con lo estipulado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. TECTÓNICA DE PLACAS

Según la teoría de la tectónica de placas, la corteza terrestre está conformada al menos por una docena de placas rígidas que se mueven a su aire. Estos bloques descansan sobre una capa de roca caliente y flexible, llamada astenosfera, que fluye lentamente a modo de alquitrán caliente. [6]

El concepto de la teoría de la tectónica de placas es básicamente: El aire caliente asciende por encima del aire frío y las corrientes de agua caliente flotan por encima de las de agua fría. [6]

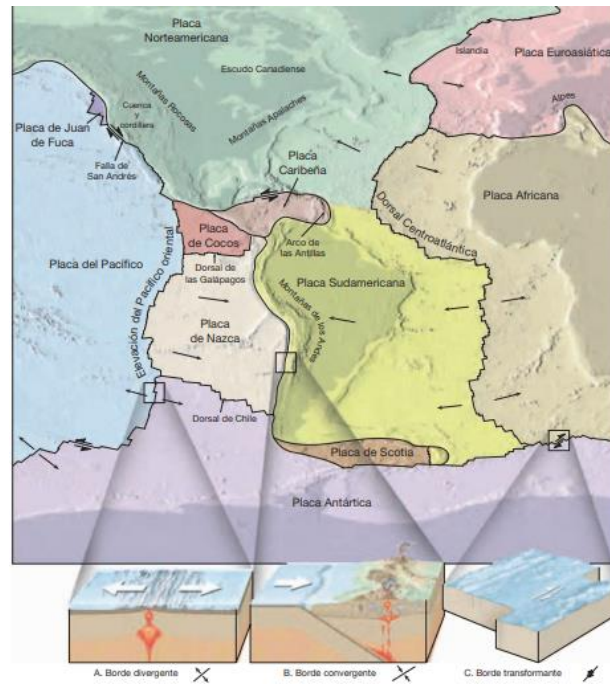
Figura 1. Placas tectónicas terrestres del planeta.



Fuente: La Ciencia y sus Demonios [7]

El movimiento relativo de las placas se presenta, sobre todo, en los bordes o zonas de las placas y en ellos se produce una zona relativamente estrecha de deformación donde se concentra la actividad sísmica. [8] Existen 3 tipos de bordes:

Figura 2. Tipos de bordes del planeta.



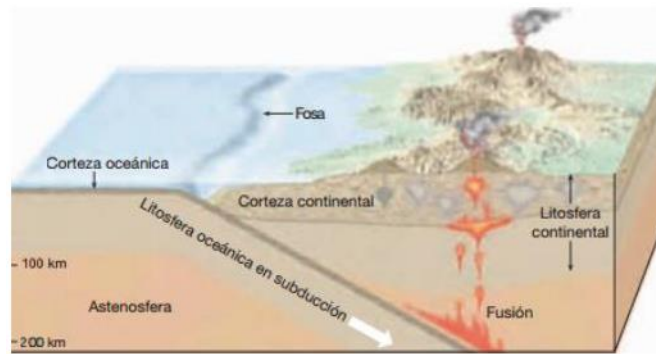
Fuente: Tarbuck, E. Lutgens, F. Ciencias de la Tierra

Bordes divergentes o constructivos: donde dos placas se separan, lo que produce el ascenso de material desde el manto para crear nuevo suelo oceánico.

Bordes convergentes o destructivos: donde dos placas se juntan provocando el descenso de la litosfera oceánica debajo de una placa superpuesta, que es finalmente reabsorbida en el manto, o posiblemente la colisión de dos bloques continentales para crear un sistema montañoso. Pueden ser de 2 tipos: [9]

Zonas de subducción, donde una placa oceánica se introduce debajo de otra continental, y en las que se producen grandes terremotos superficiales. Un ejemplo es la zona Sudamericana. [8]

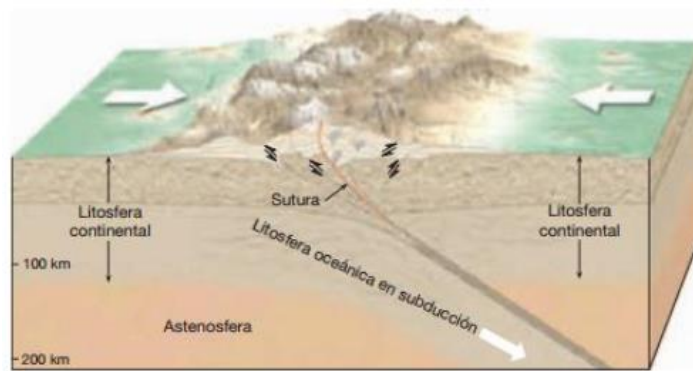
Figura 3. Zona de subducción del planeta tierra.



Fuente: Tarbuck, E. Lutgens, F. Ciencias de la Tierra

Zonas de colisión, cuando el choque es entre placas continentales se produce una gran deformación pero el proceso de subducción no se desarrolla, producen terremotos de gran magnitud, superficiales y hasta unos 150 km de profundidad. Un ejemplo es la placa Indo-arábica contra la Euroasiática. [8]

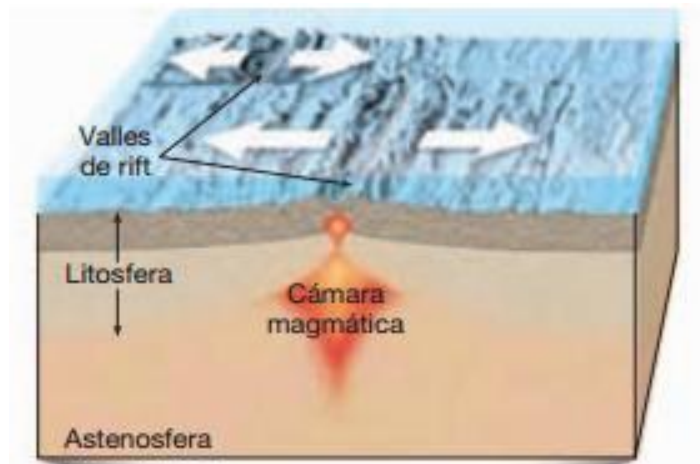
Figura 4. Zona de colisión del planeta.



Fuente: Tarbuck, E. Lutgens, F. Ciencias de la Tierra

Bordes de falla transformante o pasivo: donde dos placas se desplazan lateralmente una respecto de la otra sin la producción ni la destrucción de litosfera o material cortical. [9]

Figura 5. Bordes de falla transformante.



Fuente: Tarbuck, E. Lutgens, F. Ciencias de la Tierra

TERREMOTOS

Los terremotos son vibraciones de la tierra, ocasionadas por la liberación repentina de energía, esta acumulación de energía se da por el sometimiento a grandes esfuerzos de la roca, por movimientos tectónicos a lo largo de una falla, movimientos que contraen las estructuras de la roca y una vez superada la resistencia de ellas estas se rompen súbitamente provocando las vibraciones que dan origen al terremoto.

La energía producida por estas vibraciones, se propaga en todas las direcciones en forma de onda, desde un origen llamado foco o hipocentro al interior de la Tierra, llegando a la superficie en un lugar identificado como epicentro. [10]

Figura 6. Hipocentro y Epicentro.



Fuente: Astronomía [6]

TIPOS DE TERREMOTOS

De acuerdo al modo de generación de los terremotos, se pueden tener dos clasificaciones principales. Los de carácter natural y los antrópicos o artificiales por causa de diferentes actividades humanas. [10] En este proyecto vamos a analizar los terremotos por causas naturales.

TERREMOTOS POR CAUSAS NATURALES

Tectónicas

Se desarrolla en el interior de una falla tectónica. Se produce por la liberación de energía que está concentrada en las profundidades o en el interior de una falla

Volcánicas

Es la liberación de energía que viene envuelta en las corrientes de convección del interior terrestre, siendo la responsable de producir la elevación de la masa magmática por el interior de la estructura volcánica

De colapso

Terremotos de carácter pequeño debido al colapso del techo de una mina o caverna subterránea

De impacto

Poco frecuente, por meteoritos que colisionan en la tierra. [10]

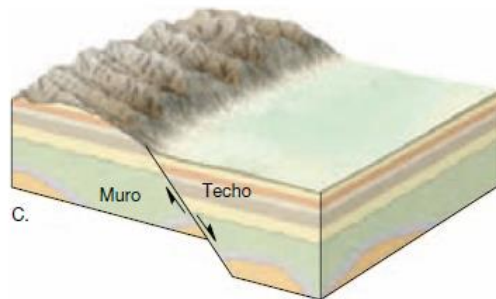
TIPOS DE FALLA

Las fallas son fracturas en la corteza a lo largo de las cuales ha tenido lugar desplazamiento apreciable. Los movimientos súbitos a lo largo de las fallas son la causa de la mayoría de los terremotos. [9]

Cuando se puede observar una fractura en el terreno, se considera una falla que se formó por esfuerzos tectónicos o gravitatorios actuantes en la corteza, las fallas son desplazamientos que se forman por la fractura de las rocas superficiales de la tierra cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia de las rocas y pueden ser: [11]

Fallas Normales: Las fallas con desplazamiento vertical se clasifican como fallas normales cuando el bloque de techo se desplaza hacia abajo en relación con el bloque de muro. [9]

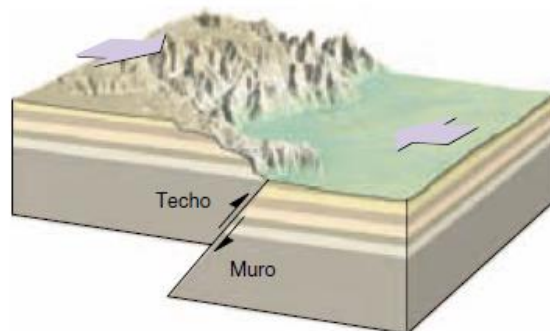
Figura 7. Falla Normal.



Fuente: Tarbuck, E. Lutgens, F. Ciencias de la Tierra

Fallas inversas y cabalgamientos: Las fallas inversas y los cabalgamientos son fallas con desplazamiento vertical en las cuales el bloque de techo se mueve hacia arriba con respecto al bloque de muro. [9]

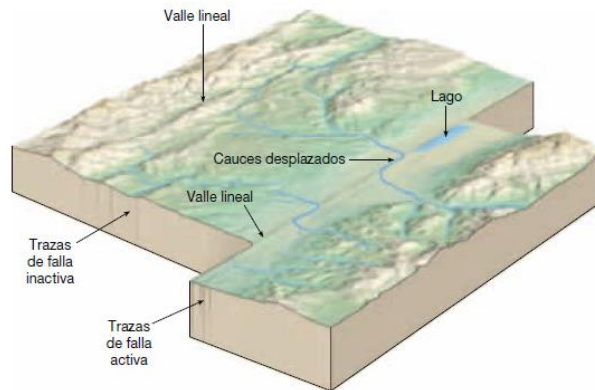
Figura 8. Falla Inversa.



Fuente: Tarbuck, E. Lutgens, F. Ciencias de la Tierra

Falla transformante: (*trans* _ a través; *forma* _ forma). Las fallas en las que el desplazamiento dominante es horizontal y paralelo a la dirección de la superficie de la falla. Numerosas fallas transformantes cortan la litosfera oceánica y conectan las dorsales oceánicas. [9]

Figura 9. Falla Transformante.



Fuente: Tarbuck, E. Lutgens, F. Ciencias de la Tierra

2.1.2. PELIGRO SÍSMICO

El Análisis de Peligro Sísmico involucra la estimación cuantitativa de la amenaza sísmica en un determinado lugar. Este peligro sísmico puede ser analizado determinísticamente, asumiendo un determinado terremoto escenario, o probabilísticamente, considerando explícitamente las incertidumbres en el tamaño, ubicación y tiempo de ocurrencia de los terremotos. Por otro lado, el Análisis de Riesgo Sísmico permite estimar los daños y pérdidas potenciales en una región debido a terremotos futuros; es decir incluye la evaluación del comportamiento de las estructuras ante la amenaza sísmica de la zona donde éstas se ubican. [12]

Análisis de Peligro Sísmico Determinístico

El análisis de peligro sísmico determinístico involucra el desarrollo de un terremoto escenario sobre el cual se basa la evaluación del peligro del movimiento sísmico en un lugar. El escenario consiste en la ocurrencia de un terremoto de tamaño especificado en una ubicación determinada. Un análisis típico de peligro sísmico determinístico puede ser descrito como un proceso de varios pasos, consistentes en:

Identificación y caracterización de todas las fuentes sismogénicas capaces de producir movimientos sísmicos significativos en el sitio de interés. la caracterización de la fuente incluye la definición de la geometría de cada fuente y su potencial sísmico. [12]

Análisis de Peligro Sísmico Probabilístico

En los últimos 30 a 40 años, el uso de los conceptos probabilísticos ha permitido considerar explícitamente el uso de las incertidumbres en el tamaño, ubicación y tasa de recurrencia de los sismos, así como en la variación de las características del movimiento

sísmico con el tamaño y ubicación del terremoto. El análisis de peligro sísmico probabilístico permite identificar, cuantificar y combinar en una manera racional estas incertidumbres, proporcionando una evaluación más completa de la amenaza sísmica. [12]

Zonificación Sísmica en Ecuador

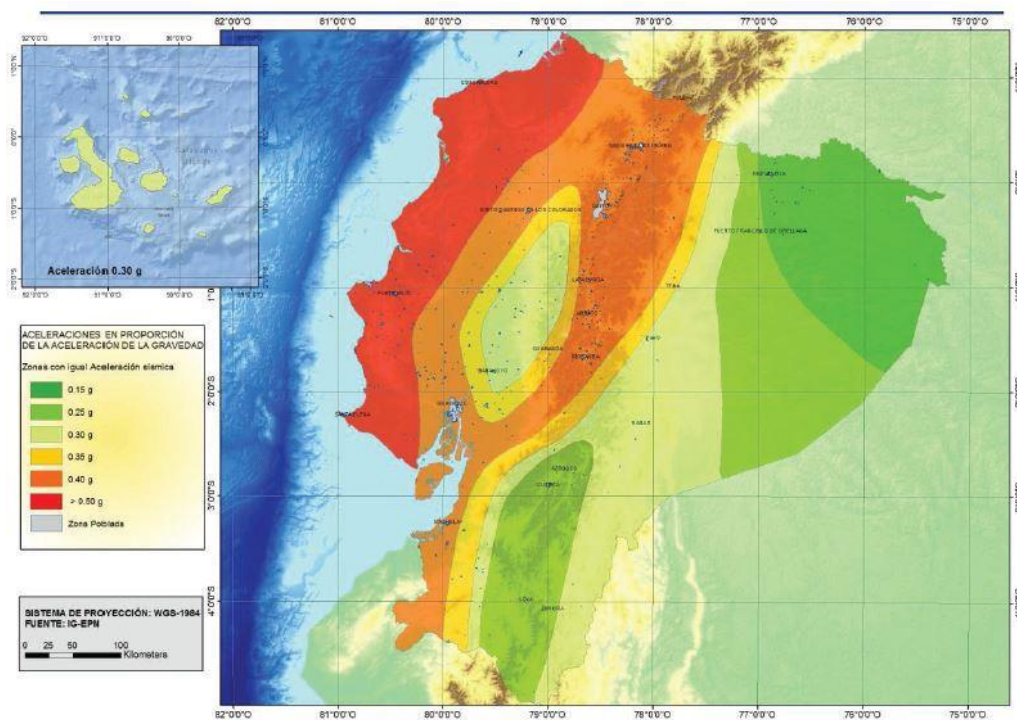
El mapa de zonificación sísmica para diseño proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI. [11]

El mapa toma en cuenta el hecho de que la subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana es la principal fuente de generación de energía sísmica en el Ecuador. A este hecho se añade un complejo sistema de fallas local superficial que produce sismos importantes en gran parte del territorio ecuatoriano. El estudio de peligro sísmico fue realizado de manera integral para todo el territorio nacional, de acuerdo con las metodologías actuales usadas a nivel mundial y a la disponibilidad de la información a nivel local, incluyendo: [11]

La evaluación de los principales eventos históricos acompañada de un estudio moderno de re-evaluación de la magnitud y localización de dichos eventos.

El estudio de las principales fuentes sísmicas conocidas (corticales y de subducción) y sus mecanismos focales, que junto con la sismicidad y neotectónica, permitió modelar la geometría de las fuentes sísmicas y sus parámetros sismológicos (rumbo, buzamiento, magnitud mínima de homogeneidad, tasa media de actividad sísmica, magnitud máxima probable y tasas de recurrencia). [11]

Figura 10. Mapa de Zonificación Sísmica en Ecuador.



Fuente: Peligro Sísmico NEC 2015

GMPEs

El proyecto GMPE, es la elección de varias de ecuaciones predeterminadas para diferentes regiones tectónicas del planeta de los cientos de ecuaciones disponibles. [11]

Los modelos propuestos se los obtiene a partir de las aceleraciones y/o velocidades espectrales y estas se encuentran en función de la magnitud y distancia, para el rango de frecuencias de interés. Generalmente, en los modelos interviene también el tipo de suelo, que se incluye a través de un factor S que lo representa, según la clasificación adoptada. Una diferencia esencial entre los distintos modelos es la zona de donde se obtuvo los datos. Además, hay variaciones en las escalas de magnitud y distancia introducidas así como en los rangos de validez del modelo atendiendo a estos parámetros. Para poder realizar una correcta aplicación de este proyecto, es importante realizar previamente una examinación de las características principales y obtener la información necesaria para cada modelo. [11]

Dónde se escogerá las siguientes modelos numéricos:

Sismos Intraplaca (Fallamiento Cortical)

- **Boore y Atkinson (2008)**

$$\ln y = (M) + (RJB) + (VS30, JB, M) + \varepsilon \quad (1)$$

Dónde:

FM, D, S: Coeficientes

M: Magnitud de momento

RJB: Distancia desde donde se libera la energía hasta el punto de estudio

VS30: Velocidad media de la onda de cortante

- **Akkar y Bommer (2010)**

$$\log y = b_1 + b_2M + b_3M^2 + (b_4 + b_5M) \log \sqrt{(R^2jb + b^2_6)} + b_7SS + b_8SA + b_9FN + b_{10}FR + \varepsilon\sigma \quad (2)$$

Dónde:

b: Coeficientes

FN: Falla normal

FR: Falla inversa

M: Magnitud de momento

RJB: Distancia desde donde se libera la energía hasta el punto de estudio

SA: Suelo rígido

SS: Suelo suave

- **Kanno et al. (2006)**

Si $D \leq 30$ Km:

$$\log pre = a_1Mw + b_1X - (X + d_1 * 10e^{1Mw}) + c_1 + \varepsilon_1 \quad (3)$$

Si $D > 30$ Km:

$$\log pre = a_2Mw + b_2X - (X) + c_2 + \varepsilon_2 \quad (4)$$

Dónde:

D: Profundidad Focal

a, b, c, d: Coeficientes

Mw: Magnitud de momento

X: Distancia de la fuente

Sismos Subducción

- **Youngs et al. (1997)**

$$\ln y = -0.6687 + 1.438M + C1 + C2(10-M)^3 + C3 * \ln (R+1.097e^{0.617*M}) + 0.00648H + 0.3643Zt. \quad (5)$$

Dónde:

y: Aceleración espectral en g

C: Coeficientes

R: Distancia fuente a sitio

H: Profundidad focal

M: Magnitud de momento

Zt: Tipo de falla

- **Zhao (2006)**

$$\log y = aMw + bx - \log(r) + e(h-hc)\delta h + FR + SI + Ss + SSL \log(x) + Ck \quad (6)$$

Dónde:

M: Magnitud de momento

a, b, e, Ck: Coeficientes

x: Distancia a la fuente en Km

h: Profundidad focal

hc: Constante

Ck: Clase de sitio

De las ecuaciones anteriores vas a detallar lo que es el movimiento de magnitud.

Magnitud de Momento

La magnitud de momento se obtendrá por medio de Wells – Coppersmith nos dice:

Para los análisis de peligro sísmico determinista y probabilista se pide hacer una evaluación de los terremotos más grandes que podrían generarse por una falla en particular o una fuente de terremoto. [13]

La magnitud del terremoto puede estar relacionada con parámetros de ruptura tales como la longitud y el desplazamiento, los diferentes estudios de fallas se pueden usar para evaluar la cantidad de desplazamiento por evento y la segmentación de la zona de falla (Tabla 1). [13]

Tabla 1. Ecuaciones de atenuación.

Table 2A
Regressions of Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Moment Magnitude (M)

Equation*	Slip Type†	Number of Events	Coefficients and Standard Errors		Standard Deviation <i>s</i>	Correlation Coefficient <i>r</i>	Magnitude Range	Length/Width Range (km)
			<i>a</i> (sa)	<i>b</i> (sb)				
$M = a + b * \log(\text{SRL})$	SS	43	5.16(0.13)	1.12(0.08)	0.28	0.91	5.6 to 8.1	1.3 to 432
	R	19	5.00(0.22)	1.22(0.16)	0.28	0.88	5.4 to 7.4	3.3 to 85
	N	15	4.86(0.34)	1.32(0.26)	0.34	0.81	5.2 to 7.3	2.5 to 41
	All	77	5.08(0.10)	1.16(0.07)	0.28	0.89	5.2 to 8.1	1.3 to 432
$\log(\text{SRL}) = a + b * M$	SS	43	-3.55(0.37)	0.74(0.05)	0.23	0.91	5.6 to 8.1	1.3 to 432
	R	19	-2.86(0.55)	0.63(0.08)	0.20	0.88	5.4 to 7.4	3.3 to 85
	N	15	-2.01(0.65)	0.50(0.10)	0.21	0.81	5.2 to 7.3	2.5 to 41
	All	77	-3.22(0.27)	0.69(0.04)	0.22	0.89	5.2 to 8.1	1.3 to 432
$M = a + b * \log(\text{RLD})$	SS	93	4.33(0.06)	1.49(0.05)	0.24	0.96	4.8 to 8.1	1.5 to 350
	R	50	4.49(0.11)	1.49(0.09)	0.26	0.93	4.8 to 7.6	1.1 to 80
	N	24	4.34(0.23)	1.54(0.18)	0.31	0.88	5.2 to 7.3	3.8 to 63
	All	167	4.38(0.06)	1.49(0.04)	0.26	0.94	4.8 to 8.1	1.1 to 350
$\log(\text{RLD}) = a + b * M$	SS	93	-2.57(0.12)	0.62(0.02)	0.15	0.96	4.8 to 8.1	1.5 to 350
	R	50	-2.42(0.21)	0.58(0.03)	0.16	0.93	4.8 to 7.6	1.1 to 80
	N	24	-1.88(0.37)	0.50(0.06)	0.17	0.88	5.2 to 7.3	3.8 to 63
	All	167	-2.44(0.11)	0.59(0.02)	0.16	0.94	4.8 to 8.1	1.1 to 350
$M = a + b * \log(\text{RW})$	SS	87	3.80(0.17)	2.59(0.18)	0.45	0.84	4.8 to 8.1	1.5 to 350
	R	43	4.37(0.16)	1.95(0.15)	0.32	0.90	4.8 to 7.6	1.1 to 80
	N	23	4.04(0.29)	2.11(0.28)	0.31	0.86	5.2 to 7.3	3.8 to 63
	All	153	4.06(0.11)	2.25(0.12)	0.41	0.84	4.8 to 8.1	1.1 to 350
$\log(\text{RW}) = a + b * M$	SS	87	-0.76(0.12)	0.27(0.02)	0.14	0.84	4.8 to 8.1	1.5 to 350
	R	43	-1.61(0.20)	0.41(0.03)	0.15	0.90	4.8 to 7.6	1.1 to 80
	N	23	-1.14(0.28)	0.35(0.05)	0.12	0.86	5.2 to 7.3	3.8 to 63
	All	153	-1.01(0.10)	0.32(0.02)	0.15	0.84	4.8 to 8.1	1.1 to 350
$M = a + b * \log(\text{RA})$	SS	83	3.98(0.07)	1.02(0.03)	0.23	0.96	4.8 to 7.9	3 to 5,184
	R	43	4.33(0.12)	0.90(0.05)	0.25	0.94	4.8 to 7.6	2.2 to 2,400
	N	22	3.93(0.23)	1.02(0.10)	0.25	0.92	5.2 to 7.3	19 to 900
	All	148	4.07(0.06)	0.98(0.03)	0.24	0.95	4.8 to 7.9	2.2 to 5,184
$\log(\text{RA}) = a + b * M$	SS	83	-3.42(0.18)	0.90(0.03)	0.22	0.96	4.8 to 7.9	3 to 5,184
	R	43	-3.99(0.36)	0.98(0.06)	0.26	0.94	4.8 to 7.6	2.2 to 2,400
	N	22	-2.87(0.50)	0.82(0.08)	0.22	0.92	5.2 to 7.3	19 to 900
	All	148	-3.49(0.16)	0.91(0.03)	0.24	0.95	4.8 to 7.9	2.2 to 5,184

*SRL—surface rupture length (km); RLD—subsurface rupture length (km); RW—down-dip rupture width (km), RA—rupture area (km²).
†SS—strike slip; R—reverse; N—normal.

Fuente: Wells-Coppersmith

2.1.3. METODOLOGÍA DEL DISEÑO SISMO RESISTENTE

2.1.3.1. Categoría de edificio y coeficiente de importancia I

La categoría al edificio está estipulada en función de la ocupación, funcionalidad, capacidad, etc.

El coeficiente de importancia (I), dependiendo de su categoría tiene como objetivo generar un rango de seguridad incrementando la demanda sísmica de diseño. [14]

Tabla 2. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

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

Fuente: NEC – SE – DS 2015

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

El valor del cortante dinámico total en la base obtenida por cualquier método de análisis dinámico, no debe ser: [14]

- $< 80\%$ del cortante basal V obtenido por el método elástico (Estructuras regulares). [14]

- < 85% del cortante basal V obtenido por el método estático (Estructuras irregulares). [14]

2.1.3.3. Límites permisibles de las derivas de piso

La deriva de piso se considera el desplazamiento lateral relativo de un piso con respecto al piso consecutivo superior que es producido por una fuerza horizontal, se debe medir en línea vertical entre dos puntos de la edificación. [14]

La deriva máxima de la estructura no debe exceder el límite de la deriva inelástica (Tabla 3).

Tabla 3. Derivas máximas admisibles de las estructuras.

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

Fuente: NEC – SE – DS 2015

La deriva máxima se calcula mediante:

$$\Delta_M = 0.75R\Delta_E$$

Dónde:

Δ_M : Deriva máxima inelástica

Δ_E : Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas

R : Factor de reducción de resistencia

Debe cumplir el siguiente criterio:

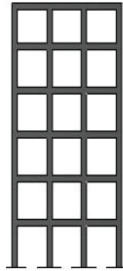

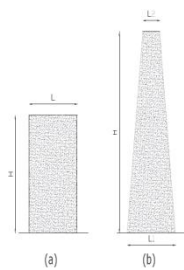
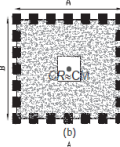
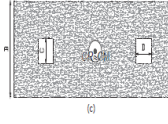
$$\Delta_M < \Delta_M \text{ máxima}$$

2.1.3.4. Configuración Estructural

a. Configuraciones a privilegia

Procurar que los diseños arquitectónicos y estructurales tengan una configuración simple y regular para lograr un adecuado desempeño sísmico (Tabla 4). [14]

Tabla 4. Configuración Estructural

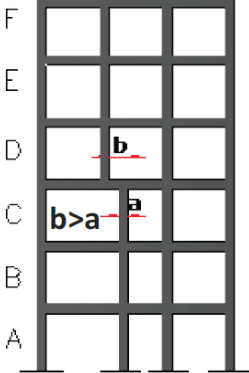
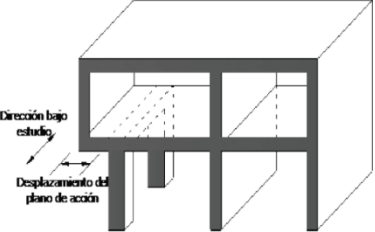
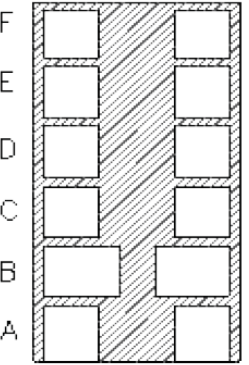
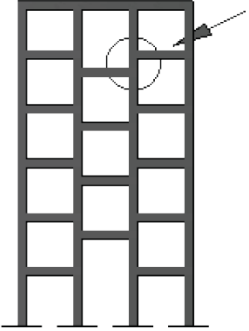
CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN $\emptyset_{Ei} = 1$		CONFIGURACIÓN EN PLANTA $\emptyset_{Pi} = 1$	
La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aperticados, es constante en todos los niveles. $\emptyset_{Ei} = 1$		La configuración en planta ideal en un sistema estructural es cuando el Centro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

Fuente: NEC – SE – DS 2015

b. Configuraciones más complejas

Se deben evitar los cambios abruptos de rigidez y resistencia con el fin de impedir concentración de daños en los elementos estructurales. Al utilizar una configuración no recomendada hay que demostrar el adecuado desempeño sísmico de la estructura (Tabla 5). [14]

Tabla 5. Configuración Estructural No Recomendada

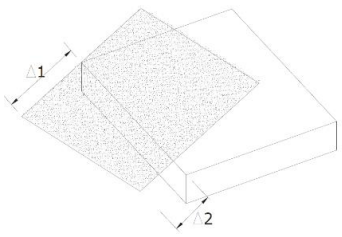
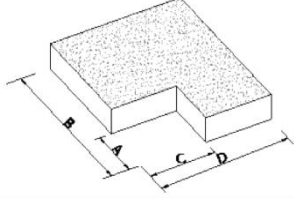
IRREGULARIDADES EN ELEVACIÓN		IRREGULARIDADES EN PLANTA
<p>Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas</p> <p>La estructura se considera irregular no recomendada cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento.</p>		<p>Desplazamiento de los planos de acción de elementos vertical.</p> <p>Una estructura se considera irregular o recomendada cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos verticales del sistema resistente.</p> 
<p>Piso débil-Discontinuidad en la resistencia</p> <p>La estructura se considera irregular no recomendada cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso a la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).</p>	 <p>RESISTENCIA PISO B < 0.70 RESISTENCIA PISO C</p>	
<p>Columna corta</p> <p>Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras</p>		

2.1.3.5. Regularidad en planta y elevación.

Se considera a una estructura regular en planta y en elevación cuando no presenta las condiciones de irregularidad descritas en la (Tabla 6 y Tabla 7).

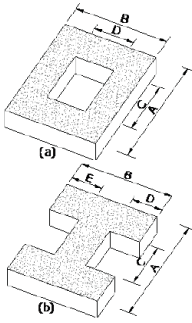
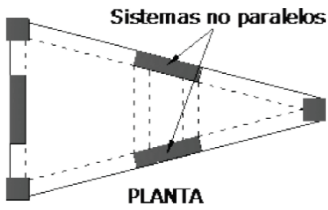
Se penalizará a las irregularidades responsables de un comportamiento estructural deficiente ante la presencia de un sismo. [14]

Tabla 6. Coeficientes de Irregularidad en Planta

<p>Tipo 1.- Irregularidad torsional</p> $\phi_{Pi} = 1 \quad \Delta > 1.2 \frac{(\Delta_1 + \Delta_2)}{2}$ <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1.2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el número 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2.- Retrocesos excesivos en las esquinas</p> $\phi_{Pi} = 0.9$ $A > 1.15B \text{ y } C > 0.15D$ <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante mayores que el 15% de las dimensiones de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	

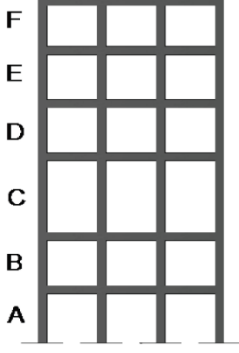
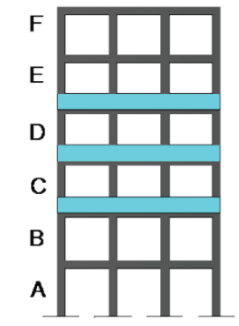
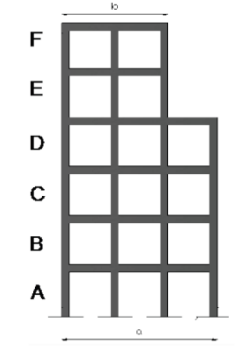
Fuente: NEC – SE – DS 2015

Tabla 6 (continuación). Coeficientes de Irregularidad en Planta

<p>Tipo 3.- Discontinuidades en el sistema de piso</p> <p>$\emptyset_{Pi} = 0.9$</p> <p>a) $CxD > 0.5AxB$</p> <p>b) $[CxD + CxE] > 0.5AxB$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores a 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4.- Ejes estructurales no paralelos</p> <p>$\emptyset_{Pi} = 0.9$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerar como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: NEC – SE – DS 2015

Tabla 7. Coeficientes de Irregularidad en Elevación

<p>Tipo 1.- Piso flexible</p> <p>$\emptyset_{Ei} = 0.9$</p> <p>Rigidez $K_C < 0.70$ Rigidez K_D</p> <p>Rigidez $< 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80% del promedio de la rigidez lateral d los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2.- Distribución de mesa</p> <p>$\emptyset_{Ei} = 0.9$</p> <p>$m_D > 1.50 m_E$ ó $m_D > 1.50 m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior</p>	
<p>Tipo 3.- Irregularidad geométrica</p> <p>$\emptyset_{Ei} = 0.9$</p> <p>$a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1.3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: NEC – SE – DS 2015

Los coeficientes de irregularidad en planta y elevación, se determinan del análisis de la Tabla 6 y Tabla 7, si las estructuras están afuera de las condiciones detalladas en las tablas anteriores se adoptan los siguientes criterios: [14]

$$\emptyset_P = 1 \text{ Regular en planta}$$

$$\emptyset_E = 1 \text{ Regular en elevación}$$

2.1.3.6. Cortante basal de diseño

Se puede definir como la fuerza total de diseño por cargas laterales que se ubica en la base de la estructura. [14]

$$V = \frac{I * Sa * (Ta)}{R * \emptyset_P * \emptyset_E} * W$$

Dónde:

Sa(Ta): Espectro de diseño en aceleración

\emptyset_P y \emptyset_E : Coeficiente de configuración en planta y elevación

I: Coeficiente de importancia

R: factor de reducción de resistencia sísmica

V: cortante basal total de diseño

W: Carga sísmica reactiva, carga muerta de la estructura

Ta: Período de Vibración

2.1.3.7. Determinación del periodo de vibración T

El periodo de vibración se define como el tiempo que transcurre dentro de un movimiento armónico vibratorio u ondulatorio, para que el sistema regrese a su posición inicial. [14]

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

Dónde:

C_t: Coeficiente que depende del tipo de edificio (Tabla 8).

h_n: Altura máxima del edificio de n pisos, medida en metros desde la base de la estructura [14]

Tabla 8. Coeficiente C_t y α dependiendo del tipo de estructura.

Tipo de estructura	C _t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.075
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural.	0.055	0.75

Fuente: NEC – SE – DS 2015

2.1.3.8. Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica R

El factor R permite una reducción de las fuerzas sísmicas de diseño, se permite esto siempre y cuando se diseñen las estructuras y sus conexiones para desarrollar un mecanismo de falla previsible y con una ductilidad adecuada para concentrar el daño principalmente en secciones detalladas para funcionar como rotulas plásticas. [14]

Para poder pasar del espectro elástico al inelástico utilizamos el factor de reducción de resistencia sísmica R, para poder hacer esto hay que darle una adecuada ductilidad y capacidad de disipar energía sísmica a la estructura, para evitar el colapso ante la presencia de un evento extremo. Esto depende de una serie de variables como tipo de estructura, suelo, periodo de vibración. [14]

Tabla 9. Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles.

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

Fuente: NEC – SE – DS 2015

2.1.3.9. Coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura T

Determinación de k:

Tabla 10. Coeficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura

Valores de T(s)	K
≤ 0.5	1
$0.5 < T \leq 2.5$	$0.75 + 0.50 T$
> 2.5	2

Fuente: NEC – SE – DS 2015

2.2 HIPÓTESIS

¿El estudio de peligro sísmico determinista influye en el nivel de amenaza de las estructuras del sector la joya de la parroquia Huachi Chico, de la ciudad de Ambato provincia Tungurahua?

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Nivel de amenaza de las estructuras del sector la joya de la parroquia Huachi Chico, de la ciudad de Ambato provincia Tungurahua.

2.3.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Peligro sísmico determinista.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología que se utilizará para desarrollar la presente proyecto serán: exploratorio y de laboratorio.

Exploratorio porque no se ha realizado el peligro sísmico para las estructuras del sector la joya de la parroquia Huachi Chico, de la ciudad de Ambato provincia Tungurahua, la metodología es evaluar los espectros de respuesta de los sistemas de fallas seleccionadas con el espectro propuesto por la NEC-15.

De laboratorio ya que se realizará ensayos que permitan determinar el tipo de perfil de suelo mediante el ensayo de penetración estándar SPT. Se utilizará el laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato.

Dicho ensayo es realizado en base a la norma INEN 689

- Ubicar el muestreador en la base del pozo perforado, se clava mediante golpes el operador levantara el martinete que es lanzado a una caída libre de $75 \text{ cm} \pm 5 \text{ cm}$ sobre la parte superior de la cabeza del golpe. [18]
- Se debe emplear cabo de manila o similar para levantar el martinete, si se acciona mecánicamente no debe involucrarse más de dos giros en el malacate. [18]
- La guía para la caída debe mantenerse totalmente perpendicular para garantizar que la fricción no disminuya la energía de los golpes. [18]
- Es indispensable perforarse 15 cm para preparar el ensayo, en este primer tramo el número de golpes solo se utiliza como una guía. [18]
- Si al perforar este tramo se sobrepasan los 50 golpes, se debe anotar el número de golpes y la longitud que perforo el muestreador. [18]
- Después de perforar y antes de sacar el muestreador a la superficie se debe girar por lo menos dos vueltas, con el fin de cortar la muestra por el fondo, después se extrae el muestreador a la superficie y se mide la longitud de la muestra desestimando la parte superior que no se considera representativa. [18]

- Se detalla la muestra con la norma INEN 693, se lo debe preparar y cerrar herméticamente en un recipiente adecuado para su traslado al laboratorio. [18]
- Para el registro los recipientes con su respectiva muestra se deben etiquetar apropiadamente. [18]
- Las etiquetas se deben asentar con tinta indeleble y proteger con forro plástico. [18]

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población:

El Estudio de Peligro Sísmico Determinista se lo realizará para el sector la joya de la parroquia Huachi Chico, de la ciudad de Ambato provincia Tungurahua. Para ello es necesario conocer las características geotectónicas del suelo y las GMPE`s que se va a utilizar.

Muestra:

Por ser un trabajo experimental se tomará lo que recomienda la NEC-15, lo mínimo recomendado debe ser 3 perforaciones para el estudio de suelos.

Los GMPE`s que se utilizarán son:

- Akkar y Bommer (2010)
- Boore y Atkinson (2008)
- Kanno (2006)
- Youngs (1997)
- Zhao (2006)

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Variable Independiente

Peligro Sísmico Determinista

Tabla 11. Operacionalización de la variable independiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Es el desarrollo de un terremoto para las condiciones más severas sobre el cual se basa la evaluación del peligro del movimiento sísmico en el lugar de interés	Movimiento sísmico	- Sismo	-¿Cuál fue la magnitud del terremoto?	-Experimental
		- PGA	-¿Cuál es el PGA obtenido?	-Experimental -Bibliográfica

Fuente: Evelyn Jiménez

3.3.2. Variable Dependiente

Nivel de amenaza de las estructuras del sector la joya de la parroquia Huachi Chico, de la ciudad de Ambato provincia Tungurahua.

Tabla 12. Operacionalización de la variable dependiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Es la probabilidad de ocurrencia de un sismo en un determinado sitio, durante un período de tiempo.	Amenaza sísmica	- Magnitud -Distancia desde el punto sísmico hasta el punto de estudio	-¿La magnitud es de amenaza significativa? -¿La distancia que existe tiene relevancia en la amenaza producida?	-Experimental -Bibliográfica -Experimental -Bibliográfica

Fuente: Evelyn Jiménez

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla 13. Plan de recolección de información.

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	- Para evaluar el peligro en el del sector la joya de la parroquia Huachi Chico, de la ciudad de Ambato provincia Tungurahua mediante la determinación de espectros de respuesta asociados a las fallas seleccionadas.
2. ¿De qué personas u objetos?	- Régimen tectónico, fallas seleccionadas y tipo de suelo en el área de estudio.
3. ¿Sobre qué aspectos?	- Influencia del peligro sísmico determinista para las estructuras.
4. ¿Quién?	- Evelyn Gabriela Jiménez Sisa
5. ¿Dónde?	- Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
6. ¿Cómo?	- Investigación bibliográfica - Ensayos de laboratorio - Norma NEC-15

Fuente: Evelyn Jiménez

3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

El proceso a seguir será de la siguiente manera:

- Reconocer el régimen tectónico en base al área de estudio.
- Seleccionar las fallas de mayor importancia que afectan al área de estudio, basado en NeoTec/Ecuador.
- Determinar la magnitud máxima de las fallas seleccionadas, basado en la metodología de Wells – Coppersmith

- Identificar el tipo de perfil de suelo mediante el ensayo de penetración estándar SPT, basado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Estimar la aceleración máxima de suelo de acuerdo al régimen tectónico, basado en Ecuaciones de Predicción de Movimiento del Suelo (GMPEs).
- Comparar de espectro de respuesta analizada con los de la NEC-15.

CAPÍTULO IV.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1. Régimen Tectónico

El sector la Joya está ubicado en el barrio Huachi Chico del cantón Ambato provincia de Tungurahua se sitúa en la zona central del Ecuador y posee una altitud de 2580 msnm. [15]

La ocurrencia de los sismos en la ciudad de Ambato puede tener dos fuentes diferentes que son la tectónica (cortical y subducción) y la volcánica. [15]

Los sismos de origen tectónico pueden alcanzar magnitudes M_w de hasta 9.5, los sismos de origen volcánico generan magnitudes M_w menores a 3. El terremoto de Ambato o Pelileo del 5 de agosto de 1949 tuvo una magnitud calculada en función de las intensidades generadas de 6.8. [15]

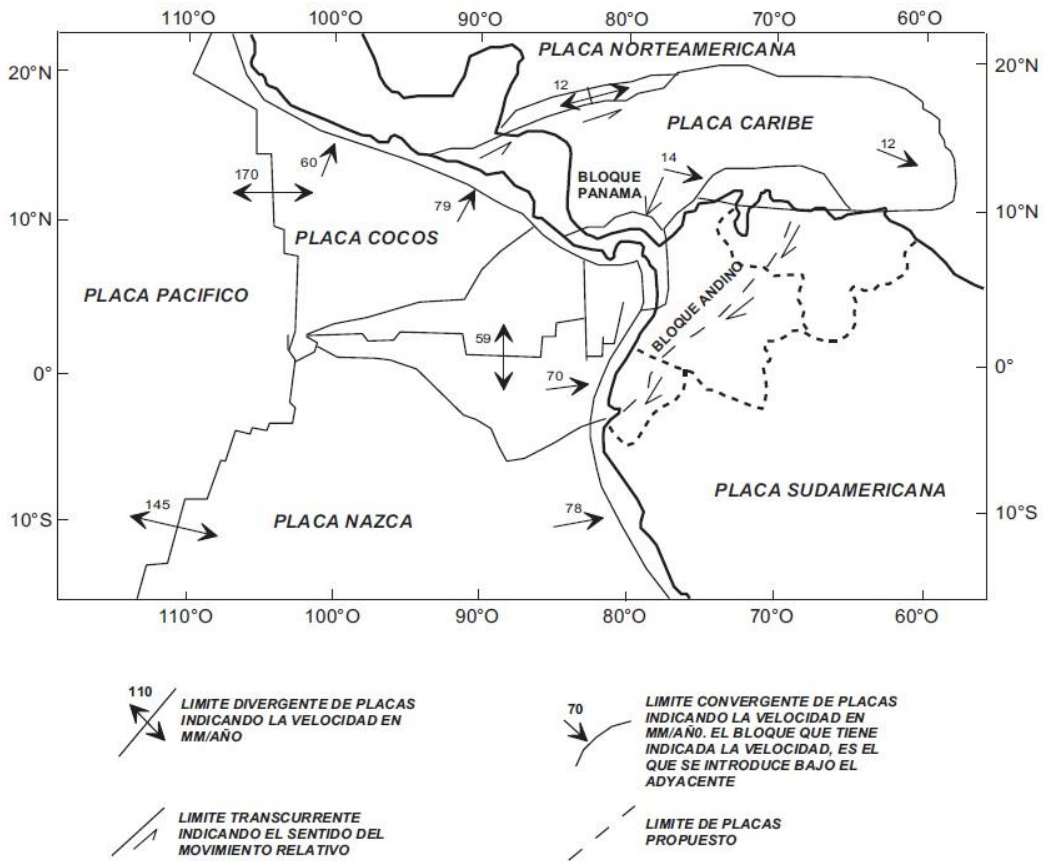
El Ecuador tiene tres tipos de regímenes tectónicos que son: Cortical, subducción interplaca y subducción intraplaca. [15]

La ciudad de Ambato está ubicada en una región sísmica y volcánica activa; teniendo en cuenta que la fuente principal de actividad sísmica se debe a un proceso de subducción de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana. [16]

El movimiento de la placa de Nazca respecto a la Sudamericana es en dirección $N83^\circ E$ con una velocidad de 58 mm/año, entretanto con una dirección $N35^\circ E$ el Bloque Andino alcanza una velocidad entre 7 y 8 mm/año respecto a la Sudamericana. [17]

En la Figura 11, observamos las velocidades de convergencia entre placas. Se muestra los límites de placas propuestos por Ego et al en 1995.

Figura 11. Límites de placa y velocidades de movimiento.



Fuente: Ego 1995

La Tabla 14 indica los eventos sísmicos de mayor intensidad que se han sentido en la ciudad de Ambato, estos se encuentran ordenados cronológicamente con sus intensidades.

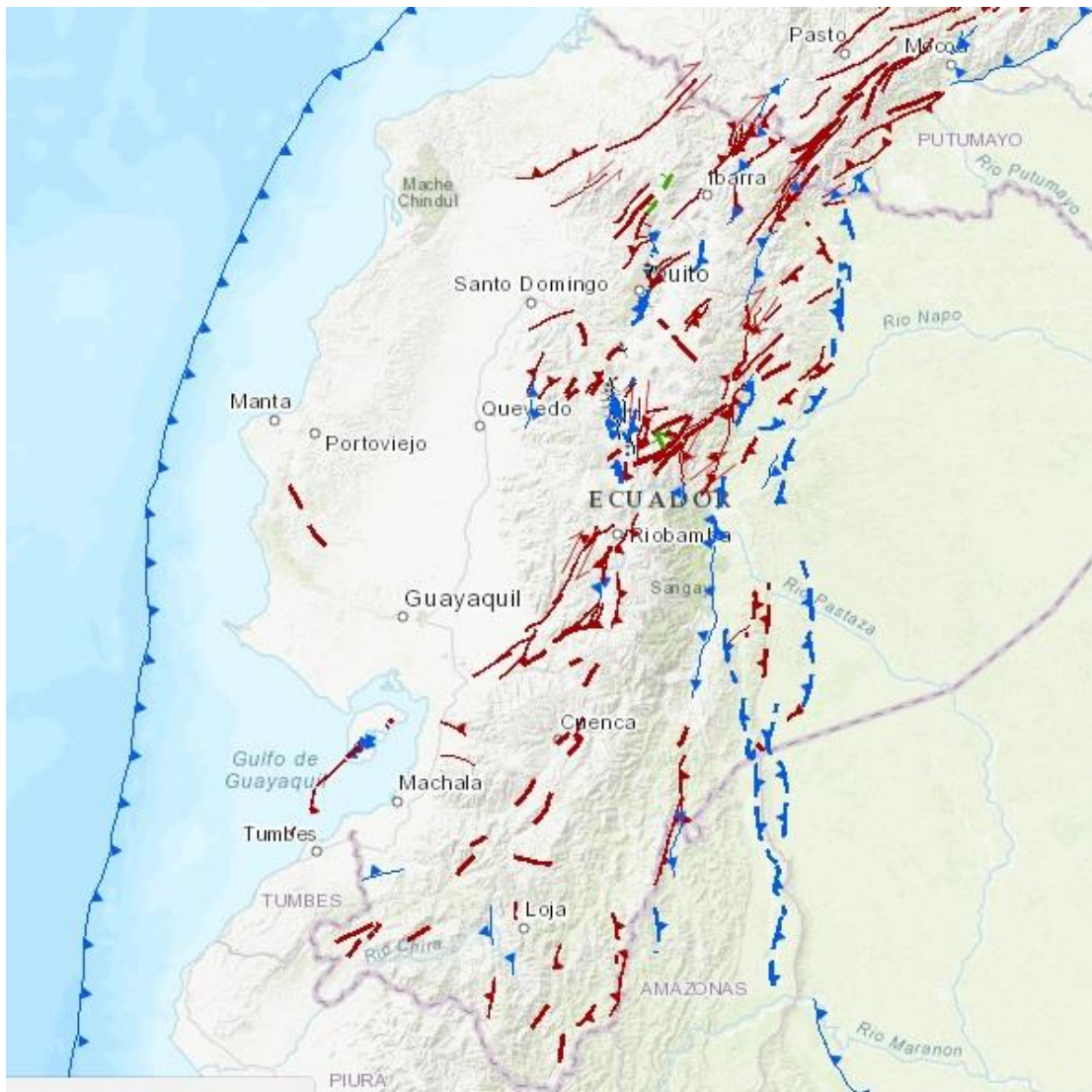
Tabla 14. Intensidades sentidas en la ciudad de Ambato.

EVENTO	AÑO	INTENSIDAD	ESCALA
Terremoto de Lima – Perú	1687	VIII	MSK
Terremoto de Riobamba -Ambato	1698	IX	MSK
Terremoto de Riobamba	1797	X	MSK
Sismo de Ambato o Pelileo	1949	X	MSK
Sismo de Pedernales	2016	V	MSK

Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

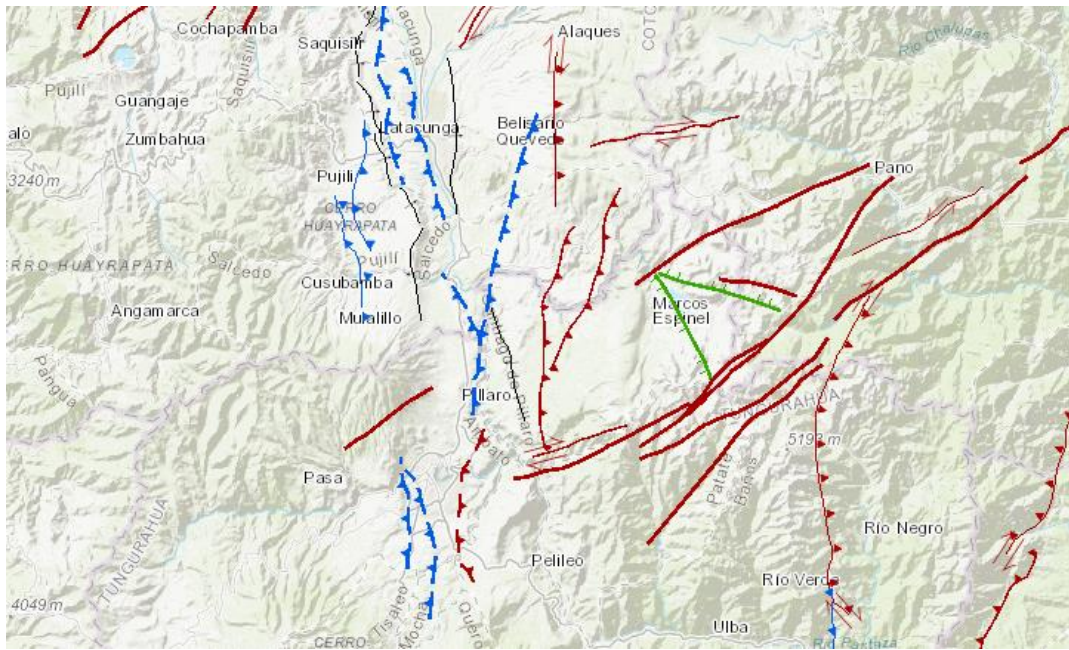
4.1.2. Selección de Fallas Geológicas

Figura 12. Fallas Geológicas del Ecuador.



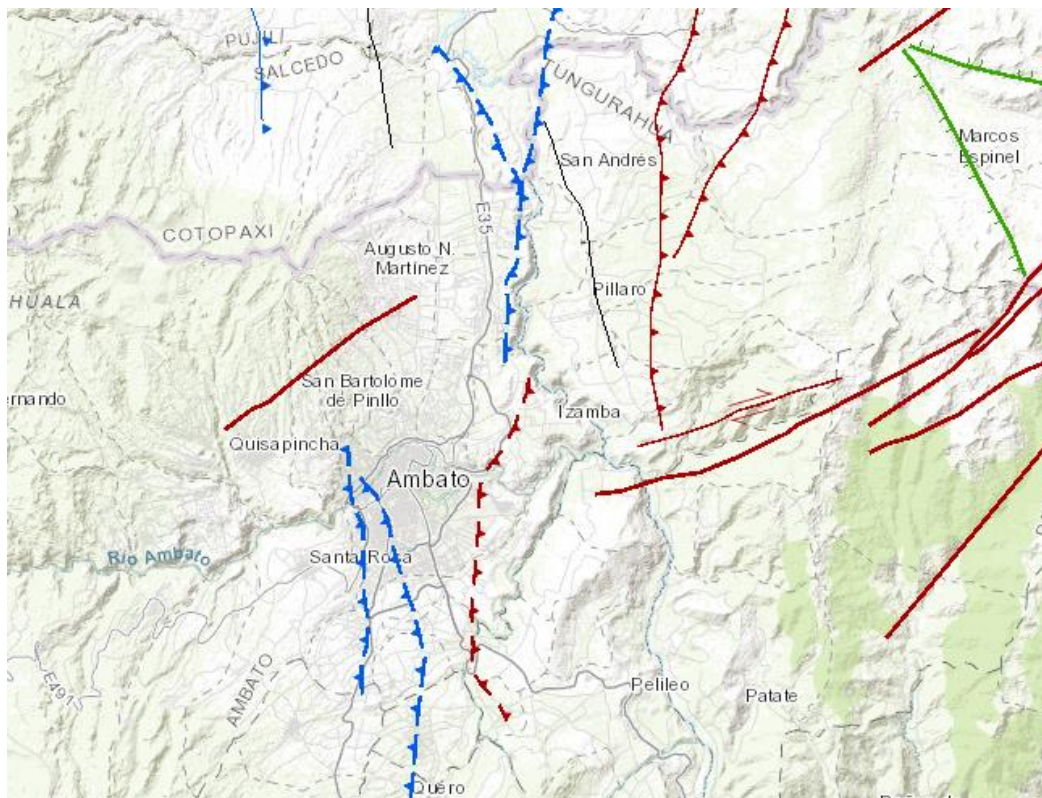
Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

Figura 13. Fallas Geológicas Tungurahua.



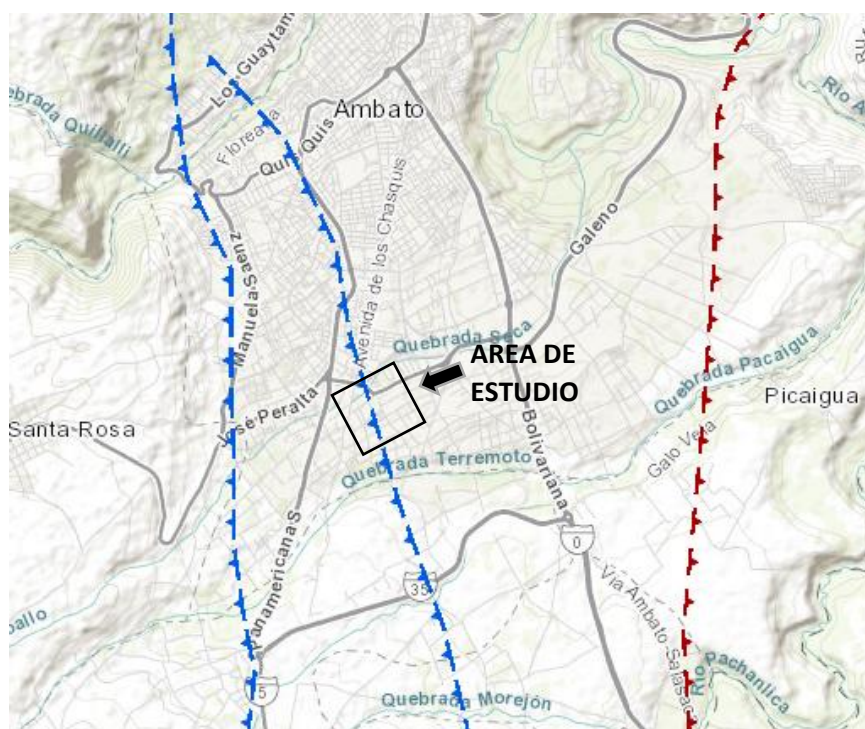
Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

Figura 14. Fallas Geológicas Ambato.



Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

Figura 15. Fallas Geológicas en el Área de estudio.



Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

En la tabla 15 se especifican las fallas geológicas seleccionadas para el estudio, en las cuales se especifica su longitud y distancia al sitio de estudio:

Tabla 15. Fallas Geológicas.

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	LONGITUD (Km)	DISTANCIA (Km)
EC-223	Subducción	Inversa	1536.5	317.6
EC-344a	Huachi	Inversa	12.0	2.45
EC-344b	Ambato	Inversa Ciega	16.3	0.8
EC-345	Totoras	Transcurrente inversa ciega	17.7	2.90
EC-54	Samanga	Inversa ciega	33.0	10.3

Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

4.1.3. Características del Suelo

En la siguiente tabla se establece el tipo de suelo por medio del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), en la cual se determina previamente la granulometría.

Tabla 16. Clasificación de suelos.

Tipo	Sub-Tipos		Identificación		Símbolo de Grupo		
Suelos (partículas menores de 7.5 cm)	SUELOS GRUESOS Más de la mitad del material se retiene en la malla N°200 (0.075 mm)		GRAVA Más de la mitad de la fracción gruesa se retiene en la malla N°4	GRAVA LIMPIA	Grava bien graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (Cu) mayor de 4 y un Grava mal graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para GW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N° 200	GW
				(Poco o nada de partículas finas)		Menos del 5% en masa pasa la malla N° 200	GP
				GRAVA CON FINOS	Grava limosa; mezcla de gravas, arena y limo.	Más del 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véanse abajo los grupos ML y MH)	GM
				(Cantidad apreciable de partículas finas)	Grava arcillosa; mezcla de grava, arena y arcilla.	Más del 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véanse abajo los grupos CL y CH)	GC
			ARENA Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N°4	ARENA LIMPIA	Arena bien graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (Cu) mayor de 6 y un Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para SW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N° 200	SW
				(Poco o nada de partículas finas)		Menos del 5% en masa pasa la malla N° 200	SP
				ARENA CON FINOS	Arena limosa; mezcla de arena, grava y limo.	Más del 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véanse abajo los grupos ML y MH)	SM
				(Cantidad apreciable de partículas finas)	Arcilla arcillosa; mezcla de arena, grava y arcilla	Más del 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véanse abajo los grupos CL y CH)	SC
	SUELOS FINOS Más de la mitad del material pasa la malla N°200 (0.075 mm)	LIMO Y ARCILLA Límite líquido	Menor de 50%	Limo de baja compresibilidad; mezcla de limo de baja plasticidad, arena y grava; polvo de roca. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este manual.	ML		
			Mayor de 50%	Arcilla de baja compresibilidad; mezcla de arcilla de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona II de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este manual.	CL		
		LIMO Y ARCILLA Límite plástico	Menor de 50%	Limo orgánico de baja compresibilidad; mezcla de limo orgánico de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este manual.	OL		
			Mayor de 50%	Limo de alta compresibilidad; mezcla de limo de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este manual.	MH		
			Mayor de 50%	Arcilla de alta compresibilidad; mezcla de arcilla de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona IV de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este manual.	CH		
			Mayor de 50%	Limo orgánico de alta compresibilidad; mezcla de limo orgánico de alta compresibilidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este manual.	OH		
	ALTAMENTE ORGÁNIOS		Turba, fácilmente identificable por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.		P		

Fuente: SUCS

El área de estudio se encuentra delimitada por la calle Carlos Amable Ortiz, calle Julio Jaramillo Laurido, calle Julio Cesar Cañar, calle Luis Alberto Valencia y la calle Carlota Jaramillo en la cual se selecciono 5 puntos estratégicos como se indica en la siguiente figura:

Tabla 17. Clasificación de suelos P1.

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
0,50m - 1,00m				
N 4	4,760	3,90	2,34	97,66
N200	0,074	101,50	60,85	39,15
FUENTE		61,40	36,81	
TOTAL		166,800	100,00	
1,50m-2,00m				
N 4	4,760	4,40	1,07	98,93
N200	0,074	299,60	72,72	27,28
FUENTE		108,00	26,21	
TOTAL		412,000	100,00	
2,00m-2,50m				
N 4	4,760	2,80	0,47	99,53
N200	0,074	458,20	76,87	23,13
FUENTE		135,10	22,66	
TOTAL		596,100	100,00	
2,50m-3,00m				
N 4	4,760	0,10	0,02	99,98
N200	0,074	394,60	81,08	18,92
FUENTE		92,00	18,90	
TOTAL		486,700	100,00	
3,00m - 3,50m				
N 4	4,760	2,80	0,58	99,42
N200	0,074	369,20	76,25	23,75
FUENTE		112,20	23,17	
TOTAL		484,200	100,00	

Elaborado por: Evelyn Jiménez

En la Tabla 17 se determina a diferentes profundidades que los estratos de suelo más del 50% es retenido en el tamiz N° 200 y se clasifica como suelo grueso, y más del 50% pasa el tamiz N°4 dando como resultado el tipo de suelo, arena.

Tabla 18. Clasificación de suelos P2.

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
0,50m - 1,00m				
N 4	4,760	7,80	2,05	97,95
N200	0,074	232,90	61,19	38,81
FUENTE		139,90	36,76	
TOTAL		380,600	100,00	
1,50m-2,00m				
N 4	4,760	0,10	0,03	99,97
N200	0,074	248,90	64,85	35,15
FUENTE		134,80	35,12	
TOTAL		383,800	100,00	
2,00m-2,50m				
N 4	4,760	0,10	0,03	99,97
N200	0,074	216,30	73,40	26,60
FUENTE		78,30	26,57	
TOTAL		294,700	100,00	
2,50m-3,00m				
N 4	4,760	12,60	4,10	95,90
N200	0,074	202,50	65,92	34,08
FUENTE		92,10	29,98	
TOTAL		307,200	100,00	

Elaborado por: Evelyn Jiménez

En la Tabla 18 se determina a diferentes profundidades que los estratos de suelo más del 50% es retenido en el tamiz N° 200 y se clasifica como suelo grueso, y más del 50% pasa el tamiz N°4 dando como resultado el tipo de suelo, arena.

Tabla 19. Clasificación de suelos P3.

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
0,50m - 1,00m				
N 4	4,760	0,10	0,06	99,94
N200	0,074	111,20	67,60	32,40
FUENTE		53,20	32,34	
TOTAL		164,500	100,00	
1,50m-2,00m				
N 4	4,760	0,10	0,04	99,96
N200	0,074	210,00	75,78	24,22
FUENTE		67,00	24,18	
TOTAL		277,100	100,00	
2,00m-2,50m				
N 4	4,760	0,10	0,04	99,96
N200	0,074	220,40	82,12	17,88
FUENTE		47,90	17,85	
TOTAL		268,400	100,00	
2,50m-3,00m				
N 4	4,760	0,10	0,03	99,97
N200	0,074	255,00	65,52	34,48
FUENTE		134,10	34,46	
TOTAL		389,200	100,00	
3,00m - 3,50m				
N 4	4,760	0,10	0,04	99,96
N200	0,074	234,70	88,23	11,77
FUENTE		31,20	11,73	
TOTAL		266,000	100,00	
3,50m - 4,00m				
N 4	4,760	0,10	0,05	99,95
N200	0,074	142,90	64,37	35,63
FUENTE		79,00	35,59	
TOTAL		222,000	100,00	
4,00m - 4,50m				
N 4	4,760	9,30	5,34	94,66
N200	0,074	123,10	70,63	29,37
FUENTE		41,90	24,04	
TOTAL		174,300	100,00	

Elaborado por: Evelyn Jiménez

En la Tabla 19 se determina a diferentes profundidades que los estratos de suelo más del 50% es retenido en el tamiz N° 200 y se clasifica como suelo grueso, y más del 50% pasa el tamiz N°4 dando como resultado el tipo de suelo, arena.

Tabla 20. Clasificación de suelos P4.

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
0,50m - 1,00m				
N 4	4,760	10,20	2,37	97,63
N200	0,074	237,10	55,04	44,96
FUENTE		183,50	42,60	
TOTAL		430,800	100,00	
1,50m-2,00m				
N 4	4,760	3,00	0,70	99,30
N200	0,074	323,60	75,22	24,78
FUENTE		103,60	24,08	
TOTAL		430,200	100,00	
2,00m-2,50m				
N 4	4,760	1,80	0,35	99,65
N200	0,074	355,00	68,79	31,21
FUENTE		159,30	30,87	
TOTAL		516,100	100,00	
2,50m-3,00m				
N 4	4,760	7,80	1,49	98,51
N200	0,074	373,30	71,13	28,87
FUENTE		143,70	27,38	
TOTAL		524,800	100,00	
3,00m - 3,50m				
N 4	4,760	0,10	0,02	99,98
N200	0,074	393,50	66,82	33,18
FUENTE		195,30	33,16	
TOTAL		588,900	100,00	
3,50m - 4,00m				
N 4	4,760	0,10	0,04	99,96
N200	0,074	205,20	74,00	26,00
FUENTE		72,00	25,96	
TOTAL		277,300	100,00	

Elaborado por: Evelyn Jiménez

En la Tabla 20 se determina a diferentes profundidades que los estratos de suelo más del 50% es retenido en el tamiz N° 200 y se clasifica como suelo grueso, y más del 50% pasa el tamiz N°4 dando como resultado el tipo de suelo, arena.

Tabla 21. Clasificación de suelos P5.

TAMIZ	mm	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
0,50m - 1,00m				
N 4	4,760	28,20	9,62	90,38
N200	0,074	187,90	64,09	35,91
FUENTE		77,10	26,30	
TOTAL		293,200	100,00	
1,50m-2,00m				
N 4	4,760	0,50	0,14	99,86
N200	0,074	240,80	66,04	33,96
FUENTE		123,30	33,82	
TOTAL		364,600	100,00	
2,00m-2,50m				
N 4	4,760	0,70	0,45	99,55
N200	0,074	103,90	66,77	33,23
FUENTE		51,00	32,78	
TOTAL		155,600	100,00	
2,50m-3,00m				
N 4	4,760	1,10	0,57	99,43
N200	0,074	145,90	75,95	24,05
FUENTE		45,10	23,48	
TOTAL		192,100	100,00	
3,00m - 3,50m				
N 4	4,760	1,10	1,14	98,86
N200	0,074	65,70	67,87	32,13
FUENTE		30,00	30,99	
TOTAL		96,800	100,00	
3,50m - 4,00m				
N 4	4,760	0,60	0,36	99,64
N200	0,074	120,10	71,11	28,89
FUENTE		48,20	28,54	
TOTAL		168,900	100,00	
4,00m - 4,50m				
N 4	4,760	0,10	0,03	99,97
N200	0,074	209,50	64,54	35,46
FUENTE		115,00	35,43	
TOTAL		324,600	100,00	
4,50m - 5,00m				
N 4	4,760	0,60	0,30	99,70
N200	0,074	132,40	67,00	33,00
FUENTE		64,60	32,69	
TOTAL		197,600	100,00	

Elaborado por: Evelyn Jiménez

En la Tabla 21 se determina a diferentes profundidades que los estratos de suelo más del 50% es retenido en el tamiz N° 200 y se clasifica como suelo grueso, y más del 50% pasa el tamiz N°4 dando como resultado el tipo de suelo, arena.

4.1.3.1. Ensayo de Penetración Estándar

Para este procedimiento se cumplió con la norma INEN 689 .

Tabla 22. Clasificación de suelos.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ 100 kPa $> S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Fuente: NEC – SE – DS 2015

Dónde:

N: Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo

Vs 30: Velocidad media de la onda de cortante

Tabla 23. Ensayo de Penetración Estándar – P1.

PUNTO N° 1						
COTA	PROFUNDIDAD (cm)	N_{SPT} (PARCIAL)	N_{SPT} (TOTAL)	N_{SPT} (MEDIO)	TIPO DE PERFIL	TIPO DE SUELO
-0,55	55	Limpieza	24	46	D	SM (ARENA)
-0,70	70	11				
-0,85	85	12				
-1,00	100	12				
-1,55	155	Limpieza	35			
-1,70	170	13				
-1,85	185	18				
-2,00	200	17				
-2,05	205	Limpieza	48			
-2,20	220	26				
-2,35	235	24				
-2,50	250	24				
-2,55	255	Limpieza	77			
-2,70	270	30				
-2,85	285	35				
-3,00	300	42				
-3,05	305	Limpieza	92			
-3,20	320	45				
-3,35	335	46				
-3,50	350	46				
			RECHAZO			SM (ARENA)

Elaborado por: Evelyn Jiménez

Tabla 24. Ensayo de Penetración Estándar – P2.

PUNTO N° 2						
COTA	PROFUNDIDAD (cm)	N_{SPT} (PARCIAL)	N_{SPT} (TOTAL)	N_{SPT} (MEDIO)	TIPO DE PERFIL	TIPO DE SUELO
-0,55	55	Limpieza	22	39	D	SM (ARENA)
-0,70	70	8				
-0,85	85	8				
-1,00	100	14				
-1,55	155	Limpieza	40			
-1,70	170	15				
-1,85	185	18				
-2,00	200	22				
-2,05	205	Limpieza	54			
-2,20	220	25				
-2,35	235	26				
-2,50	250	28				
-2,55	255	Limpieza	96			
-2,70	270	40				
-2,85	285	43				
-3,00	300	53				
			RECHAZO			SM (ARENA)

Elaborado por: Evelyn Jiménez

Tabla 25. Ensayo de Penetración Estándar – P3.

PUNTO N° 3								
COTA	PROFUNDIDAD (cm)	N_{SPT} (PARCIAL)	N_{SPT} (TOTAL)	N_{SPT} (MEDIO)	TIPO DE PERFIL	TIPO DE SUELO		
-0,55	55	Limpieza	17	42	D	SM (ARENA)		
-0,70	70	8						
-0,85	85	8						
-1,00	100	9	54			SM (ARENA)		
-1,55	155	Limpieza						
-1,70	170	18						
-1,85	185	24						
-2,00	200	30	36			SM (ARENA)		
-2,05	205	Limpieza						
-2,20	220	21						
-2,35	235	19						
-2,50	250	17	43			SM (ARENA)		
-2,55	255	Limpieza						
-2,70	270	15						
-2,85	285	17						
-3,00	300	26	36			SM (ARENA)		
-3,05	305	Limpieza						
-3,20	320	29						
-3,35	335	32						
-3,50	350	43	68			SM (ARENA)		
-3,55	355	Limpieza						
-3,70	370	20						
-3,85	385	33						
-4,00	400	35	90			SM (ARENA)		
-4,05	405	Limpieza						
-4,20	420	39						
-4,35	435	48						
-4,50	450	42	RECHAZO					SM (ARENA)

Elaborado por: Evelyn Jiménez

Tabla 26. Ensayo de Penetración Estándar – P4.

PUNTO N° 4														
COTA	PROFUNDIDAD (cm)	N_{SPT} (PARCIAL)	N_{SPT} (TOTAL)	N_{SPT} (MEDIO)	TIPO DE PERFIL	TIPO DE SUELO								
-0,55	55	Limpieza	19	38	D	SM (ARENA)								
-0,70	70	8												
-0,85	85	7												
-1,00	100	12	45			38	D	SM (ARENA)						
-1,55	155	Limpieza												
-1,70	170	26												
-1,85	185	24												
-2,00	200	21	42					38	D	SM (ARENA)				
-2,05	205	Limpieza												
-2,20	220	16												
-2,35	235	20												
-2,50	250	22	42							38	D	SM (ARENA)		
-2,55	255	Limpieza												
-2,70	270	22												
-2,85	285	19												
-3,00	300	23	42									38	D	SM (ARENA)
-3,05	305	Limpieza												
-3,20	320	42												
-3,35	335	36												
-3,50	350	38	RECHAZO											38
-3,55	355	Limpieza												
-3,70	370	50												
-3,85	385	58												
-4,00	400													

Elaborado por: Evelyn Jiménez

Tabla 27. Ensayo de Penetración Estándar – P5.

PUNTO N° 5														
<i>COTA</i>	<i>PROFUNDIDAD (cm)</i>	<i>N_{SPT} (PARCIAL)</i>	<i>N_{SPT} (TOTAL)</i>	<i>N_{SPT} (MEDIO)</i>	<i>TIPO DE PERFIL</i>	<i>TIPO DE SUELO</i>								
-0,55	55	Limpieza	25	40	D	SM (ARENA)								
-0,70	70	9												
-0,85	85	11												
-1,00	100	14	15			40	D	SM (ARENA)						
-1,55	155	Limpieza												
-1,70	170	9												
-1,85	185	7												
-2,00	200	8	34					40	D	SM (ARENA)				
-2,05	205	Limpieza												
-2,20	220	10												
-2,35	235	15												
-2,50	250	19	44							40	D	SM (ARENA)		
-2,55	255	Limpieza												
-2,70	270	21												
-2,85	285	22												
-3,00	300	22	34									40	D	SM (ARENA)
-3,05	305	Limpieza												
-3,20	320	23												
-3,35	335	28												
-3,50	350	33	70											40
-3,55	355	Limpieza												
-3,70	370	29												
-3,85	385	34												
-4,00	400	36	58	40	D	SM (ARENA)								
-4,05	405	Limpieza												
-4,20	420	23												
-4,35	435	29												
-4,50	450	29	84			40	D	SM (ARENA)						
-4,55	455	Limpieza												
-4,70	470	29												
-4,85	485	32												
-5,00	500	52	RECHAZO					40	D	SM (ARENA)				

En las tablas de Ensayo de Penetración Estándar se procedió a sumar los dos últimos valores de las perforaciones, con estos valores totales se tomó un promedio de cada estrato, mediante los rangos que especifica la NEC-15 en el capítulo de Peligro Sísmico, en la Tabla 22 de este estudio (NEC-15) especifica los rangos para cada tipo de perfil de suelo, donde el número de golpes entre $50 > N \geq 15$ pertenece al tipo de perfil D, en este estudio el suelo es de tipo D. [14]

4.1.4. Velocidad media de la onda de cortante Vs30.

El movimiento sísmico de un sitio se ve afectado por los diferentes estratos de suelo, el número de golpes de la prueba del ensayo de penetración estándar (SPT) sirve para determinar la velocidad de onda de corte Vs30 en los primeros 30 metros de suelo medidos desde la superficie. [22]

Mediante investigaciones se desarrolló la correlación entre el Vs30 y el número de golpes del ensayo de penetración estándar teniendo en cuenta el tipo de suelo. [22]

$$V_s = 80.6 \times N^{0.331}$$

Dónde:

N= Número de golpes del ensayo de penetración estándar

P1

$$V_s = 80.6 \times 46^{0.331}$$

$$V_s = 286,23 \text{ m/s}$$

P2

$$V_s = 80.6 \times 39^{0.331}$$

$$V_s = 271,01 \text{ m/s}$$

P3

$$V_s = 80.6 \times 42^{0.331}$$

$$V_s = 277,73 \text{ m/s}$$

P4

$$V_s = 80.6 \times 38^{0.331}$$

$$V_s = 268,68 \text{ m/s}$$

P5

$$V_s = 80.6 \times 40^{0.331}$$

$$V_s = 273,29 \text{ m/s}$$

Con la ecuación para determinar la onda de corte seleccionada se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 28. Valores Vs30.

Ensayo	N	Tipo de Perfil	Vs30 (m/s)	Vs30 (m/s) promedio
P1	46	D	286,23	275,39
P2	39	D	271,01	
P3	42	D	277,73	
P4	38	D	268,68	
P5	40	D	273,29	

Elaborado por: Evelyn Jiménez

Todos los resultados están dentro del rango $360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$ (Tabla 22) para el perfil de suelo tipo D, se obtuvo los siguientes resultados.

4.1.5. Ecuaciones de atenuación para cortical intraplaca

Para sismos corticales superficiales a una profundidad $\leq 30 \text{ km}$.

4.1.5.1. Modelo Boore y Atkinson (2008)

Estas ecuaciones provienen de la investigación de PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center), que emplean una extensa base de datos con miles de registros recopilados de terremotos en zonas tectónicas activas en el mundo. [19]

Las variables independientes son M (magnitud de momento), R_{JB} (distancia más cercana a la proyección del superficie del plano de falla), y V_{S30} (velocidad de onda de cortante promedio sobre los 30 m superficiales). [19]

Esta ecuación de GMPEs es aplicable para:

- $M = (5 - 8)M_w$
- $R_{JB} < 200 \text{ km}$
- $V_{S30} = 180 - 1300 \text{ m/s}$

$$\ln Y = F_M(M) + F_D(R_{JB}, M) + F_S(V_{S30}, R_{JB}, M) + \varepsilon\sigma_T$$

Las funciones de distancia y magnitud:

La función de distancia está dada por:

$$F_D(R_{JB}, M) = [c_1 + c_2(M - M_{ref})] \ln(R/R_{ref}) + c_3(R - R_{ref})$$

Dónde:

$$R = \sqrt{R_{JB}^2 + h^2}$$

(4.1)

$c_1, c_2, c_3,$ y h son coeficientes a determinar en el análisis.

$$M_{ref} = 4.5$$

$$R_{ref} = 1 \text{ km}$$

La escala de magnitud viene dado por:

a) $M \leq M_h$

$$F_M(M) = e_1U + e_2SS + e_3SS + e_4RS + e_5(M - M_h) + e_6(M - M_h)^2 \tag{4.2}$$

b) $M > M_h$

$$F_M(M) = e_1U + e_2SS + e_3NS + e_4RS + e_7(M - M_h) \tag{4.3}$$

Dónde:

- U, SS, NS y RS se usan para indicar el tipo de falla no especificada, deslizamiento normal y deslizamiento inverso. [19]
- Mh para la forma de escala de magnitud, este coeficiente se debe establecer durante el análisis. [19]

Función de amplificación del sitio:

La ecuación de amplificación del sitio está dada por:

$$F_S = F_{LIN} + F_{NL} \quad (4.4)$$

Donde F_{LIN} y F_{NL} son términos lineales y no lineales respectivamente. [19]

$$F_{LIN} = b_{lin} \ln(V_{S30}/V_{ref}) \quad (4.5)$$

Donde b_{lin} es un coeficiente que depende del periodo, y V_{ref} es la velocidad de referencia especificada (760 m/s), coeficientes descritos por Choi y Stewart (2005). [19]

El término no lineal viene dado por:

a) $pga_{4nl} \leq a_1$

$$F_{NL} = b_{nl} \ln(pga_{low}/0.1) \quad (4.6)$$

b) $a_1 < pga_{4nl} \leq a_2$

$$F_{NL} = b_{nl} \ln(pga_{low}/0.1) + c[\ln(pga_{4nl}/a_1)]^2 + d[\ln(pga_{4nl}/a_1)]^3 \quad (4.7)$$

c) $a_2 < pga_{4nl}$:

$$F_{NL} = b_{nl} \ln(pga_{low}/0.1) \quad (4.8)$$

Dónde:

- $a_1 = 0.03g$
- $a_2 = 0.09g$
- $pga_{low} = 0.06g$
- $V_{ref} = 760 \text{ m/s}$

Las ecuaciones para la porción no lineal de la respuesta del suelo (Ecuación 4.6 – 4.8) son necesarias para evitar que la amplificación no lineal aumente indefinidamente a medida que pga_{nl} disminuye y suavizar la transición del comportamiento lineal al no lineal. [19]

Los coeficientes c y d de la ecuación 4.7 está dada por:

$$c = (3\Delta y - b_{nl}\Delta x)/\Delta x^2 \quad (4.9)$$

$$d = (2\Delta y - b_{nl}\Delta x)/\Delta x^3 \quad (4.10)$$

$$\Delta x = \ln(a_1/a_2) \quad (4.11)$$

$$\Delta y = b_{nl} \ln(a_2/pga_{low}) \quad (4.12)$$

La pendiente no lineal b_{nl} es una función de ambos periodos y V_{S30} viene dado por:

a) $V_{S30} \leq V_1$

$$b_{nl} = b_1 \quad (4.13)$$

b) $V_1 < V_{S30} \leq V_2$

$$b_{nl} = (b_1 + b_2) \ln(V_{S30}/V_2)/\ln(V_1/V_2) + b_2 \quad (4.14)$$

c) $V_2 < V_{S30} \leq V_{ref}$

$$b_{nl} = (b_1 + b_2) \ln(V_{S30}/V_2)/\ln(V_1/V_2) + b_2 \quad (4.15)$$

d) $V_{ref} \leq V_{S30}$

$$b_{nl} = 0.0 \quad (4.16)$$

Dónde:

- $V_1=180 \text{ m/s}$

- $V_2=300 \text{ m/s}$

Categorías:

- Transcurrente: $4.3 \leq M \leq 7.9$. SS=1; U=0; NS=0; RS=0
- Inversa: $5.6 \leq M \leq 7.6$. SS=0; U=0; NS=0; RS=1
- Normal: $5.3 \leq M \leq 6.9$. SS=0; U=0; NS=0; RS=0

4.1.5.2. Modelo Akkar y Bommer (2010)

Se basa en Akkar y Bommer (2007a) que presenta una nueva GMPEs que aborda los requisitos adicionales que surgen en la ingeniería sísmica, se obtuvo seguridad al comparar los valores obtenidos con los de otras ecuaciones como los modelos (NGA), Stafford, Strasser y Bommer 2008, Bommer y otros 2010. [20]

Esta ecuación de GMPEs es aplicable para:

- $M = (5 - 7.6) M_w$
- Distancia $\leq 100 \text{ km}$

$$\text{Log (PSA)} = b_1 + b_2M + b_3M^2 + (b_4 + b_5M)\log\sqrt{R^2_{jb} + b^2_6} + b_7S_S + b_8S_A + b_9F_N + b_{10}F_R + \varepsilon\sigma$$

Para esta ecuación (PSG) está en cm/s^2 .

Categorías:

- Suelo blando: SS=1; SA=0; $V_{S30} < 360\text{m/s}$
- Suelo rígido: SS=0; SA=1; $V_{S30} < 360\text{m/s}$
- Roca: SS=0; SA=0; $V_{S30} > 750\text{m/s}$

Categorías mecanismos de falla:

- Falla normal: FN=1; FR=0

- Falla inversa: FN=0; FR=1
- Falla transcurrente: FN=0; FR=0

La variabilidad se descompone en un inter-evento σ_2 y un componente intra-evento σ_1 , la desviación estándar total σ está dada por la raíz cuadrada de la suma de sus cuadrados. [20]

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \quad (4.17)$$

4.1.5.3. Modelo Kanno (2006)

Posterior al terremoto de 1995 en Hyogo-Ken Nanbu, Kobe, el gobierno japonés para prevenir futuros desastres sísmicos instaló varias estaciones de observación de movimiento, el Earthquake Research Promotion en 2005 publicó mapas de peligro sísmico que contenían la intensidad sísmica de Japón, conversiones empíricas de la velocidad máxima predicha por Midorikawa (1999), algunas relaciones de atenuación empíricas para los espectros de respuesta como Kobayashi y Midorikawa (1982), Annaka 1997 de Japón, en este estudio se establece una base de datos extensa de movimiento terrestre japonés entre 1963 y 2003 para la aceleración de respuesta y la aceleración máxima del terreno. [21]

Esta ecuación de GMPEs es aplicable para:

- Un evento con una profundidad focal máxima de 180 km

Si $D \leq 30$ Km:

$$\text{Log pre} = a_1 M_W + b_1 X - \log(X + d_1 * 10^{e1M^w}) + c_1 + \varepsilon_1$$

Si $D > 30$ Km:

$$\text{Log pre} = a_2 M_W + b_2 X - \log(X) + c_2 + \varepsilon_2$$

Para el presente estudio se utilizará la primera ecuación, ya que la profundidad focal es menor a 30 km. [21]

Dónde:

- D = Profundidad focal
- pre es el PGA predicha en cm/s^2
- $e_1 = 0.5$

En el caso de terremotos poco profundos se utilizará para X un valor de:

- 6.0 ($X \leq 25\text{km}$)
- 3.0 ($25 < X \leq 50\text{km}$)
- 1.5 ($50 < X \leq 75\text{km}$)
- 1.0 ($X > 75\text{km}$)

4.1.6. Ecuaciones de atenuación para subducción

4.1.6.1. Modelo Youngs (1997)

Esta GMPEs se utiliza para terremotos en zonas de subducción, dos tipos de zonas sísmicas se consideran sismos superficiales y sismos profundos. [22]

Los sismos en la zona de subducción tienen un ángulo de empuje menor para eventos que ocurren en la superficie entre las placas de subducción y superposición. Los sismos profundos ocurren entre las placas oceánicas de subducción y en gran parte son eventos de gran ángulo y de tipo de falla normal, que responden a la tensión invertida en la placa de subducción. [22]

Esta ecuación de GMPEs es aplicable para:

- $M \geq 5 \text{ Mw}$
- Profundidad focal entre 10 y 229 km

$$\begin{aligned} \ln y = & -0.6687 + 1.438M + C_1 + C_2(10 - M)^3 + C_3 * \ln(R + 1.097e^{0.617*M}) \\ & + 0.00648H + 0.3643Z_t \end{aligned}$$

Dónde y está en g:

Categorías:

- Suelo profundo $Z_{ds} = 1$; $Z_r = 0$; $Z_{ss} = 0$; profundidad hasta lecho rocoso es mayor de 20m.
- Suelo poco profundo $Z_{ds} = 0$; $Z_r = 0$; $Z_{ss} = 1$; profundidad hasta la roca es madre es menor de 20m.
- Interplaca $Z_t = 0$
- Intraplaca $Z_t = 1$

4.1.6.2. Modelo Zhao (2006)

Para el estudio determinista se usan modelos de atenuación para estimar las fuerzas y desplazamientos que ocurren en una estructura ante la presencia de un sismo. [23]

Japón se sitúa en un entorno límite de placa activa por lo que posee un entorno geológico y tectónico complicado. Ya que la propagación de las ondas sísmicas varían de un tipo de sismo a otro, se espera que los movimientos de suelo generados por sismos sean diferentes aun si los eventos tienen magnitudes y distancias a la fuente idénticos. [23]

$$\log y = aM_w + bx - \log(r) + e(h - h_c)\delta + FR + SI + S_s + SSL \log(x) + C_k$$

Dónde y está en (cm/s²)

$$r = x + c \exp(d M_w)$$

- $\delta h = 1$ cuando $h \geq h_c$ y 0 en caso contrario.
- $SR=0.251$; $SI=0.0$; $S_s=2.607$; $SSL=-0.528$

- Usar $h_c = 15$ km.

Profundidades focales

- Evento cortical: $h = 0 - 25$ km
- Eventos interplaca: $h = 10 - 50$ km
- Evento intraplaca: $h = 15 - 162$ km
- Si $h > 125$ km usar: $h = 0 - 125$ km
- El parámetro de falla inversa FR se aplica solo a eventos corticales con un mecanismo de fallas inversas y 0 para todos los demás eventos. [23]
- El parámetro de tipo tectónico SI se aplica a eventos de interfaz y 0 para los demás eventos. [23]
- SS se aplica solo a los eventos de subducción y 0 para los demás eventos. [23]
- SSL es un término de modificación de trayectoria independiente de magnitud para los eventos de intraplaca. [23]

4.1.6.3. Atkinson y Boore (2003)

Se ha compilado una base de datos de espectros de respuesta a partir de miles de registros de eventos sísmico de magnitud entre (5-8.3)Mw que ocurrieron en zonas de subducción en todo el mundo, incluidos los eventos de interplaca e intraplaca. [19]

Esta ecuación de GMPEs es aplicable para:

- $M = 8.5$ para eventos interplaca mayores a 8.5 Mw
- $M = 8$ para eventos intraplaca mayores a 8 Mw
- Usar $h = 100$ km para eventos con profundidades mayores a 100 km

$$\log Y = \text{fn}(M) + c_3 h + c_4 R - g \log R + c_5 sl S_C + c_6 sl S_D + c_7 sl S_E$$

Dónde y está en (cm/s²)

$$\text{fn}(M) = c_1 + c_2 M$$

$$R = \sqrt{D_{\text{fault}}^2 + \Delta^2}$$

- D_{fault} es la distancia más cercana a la superficie de falla
- $\Delta = 0.00724 \times 10^{0.507M}$
- $S_C = 1$ para suelos tipo C ($360 < \beta \leq 750 \text{ m/s}$), de lo contrario $S_C = 0$
- $S_D = 1$ para suelos tipo D ($180 < \beta \leq 360 \text{ m/s}$), de lo contrario $S_D = 0$
- $S_E = 1$ para suelos tipo E ($\beta < 180 \text{ m/s}$), de lo contrario $S_E = 0$
- $g = 10^{(1.2-0.18M)}$ para eventos interplaca
- $g = 10^{(0.301-0.01M)}$ para eventos intraplaca
- $sl = 1$ para $PGA_{rx} \leq 100 \text{ cm/s}^2$ o frecuencias $\leq 1 \text{ Hz}$
- $sl = 1$ para $-\frac{(f-1)(PGA_{rx}-100)}{400}$ para $100 < PGA_{rx} < 500 \text{ cm/s}^2$ ($1 \text{ Hz} < f < 2 \text{ Hz}$)
- $sl = 1$ para $-(f-1)$ para $PGA_{rx} \geq 500 \text{ cm/s}^2$ ($1 \text{ Hz} < f < 2 \text{ Hz}$)
- $sl = 1$ para $-\frac{(f-1)(PGA_{rx}-100)}{400}$ para $100 < PGA_{rx} < 500 \text{ cm/s}^2$ ($f \geq 2 \text{ Hz}$)

- $sl = 0$ para $PGA_{rx} \geq 500 \text{ cm/s}^2$ ($f \geq 2 \text{ Hz}$)

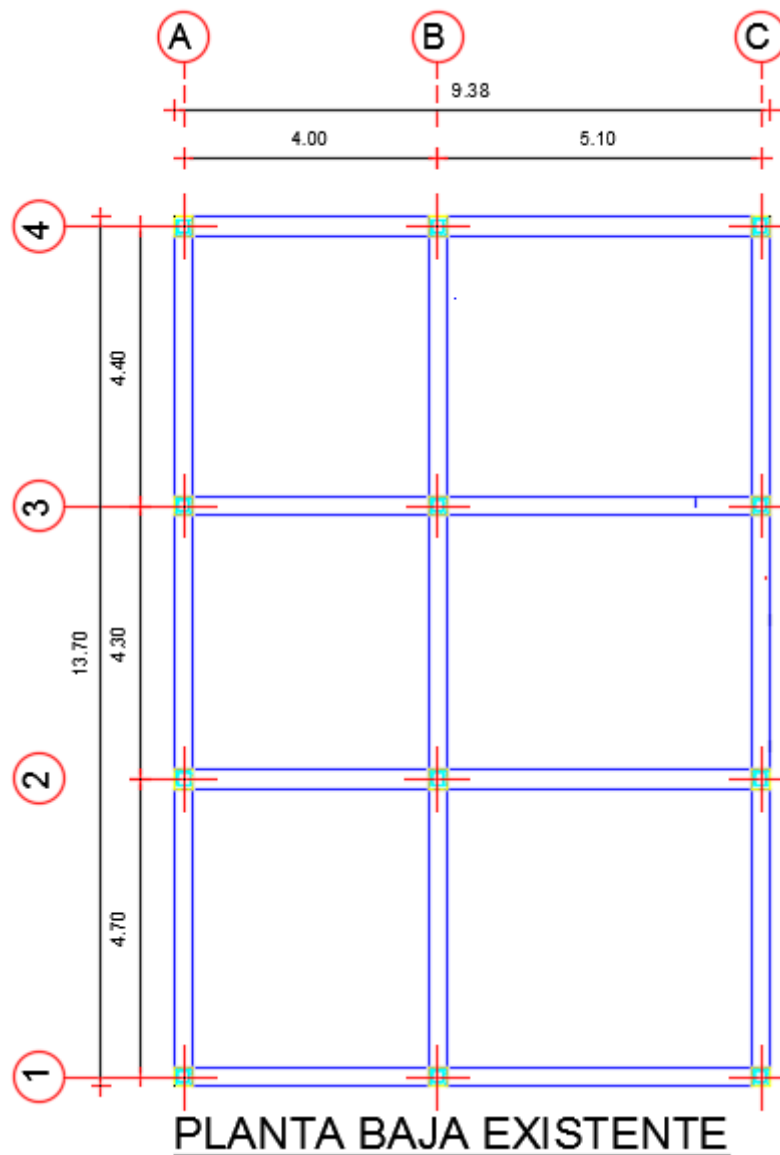
PGA_{rx} se predice en base al PGA en roca (Tipo B) en cm/s^2

4.1.7. Estructuras Tipo del Sector

Se ha seleccionado tres estructuras tipo del sector para realizar el análisis dinámico en ETABS y comparar su comportamiento con el espectro de la NEC-15 y el Espectro Especifico de la zona Huachi La Joya.

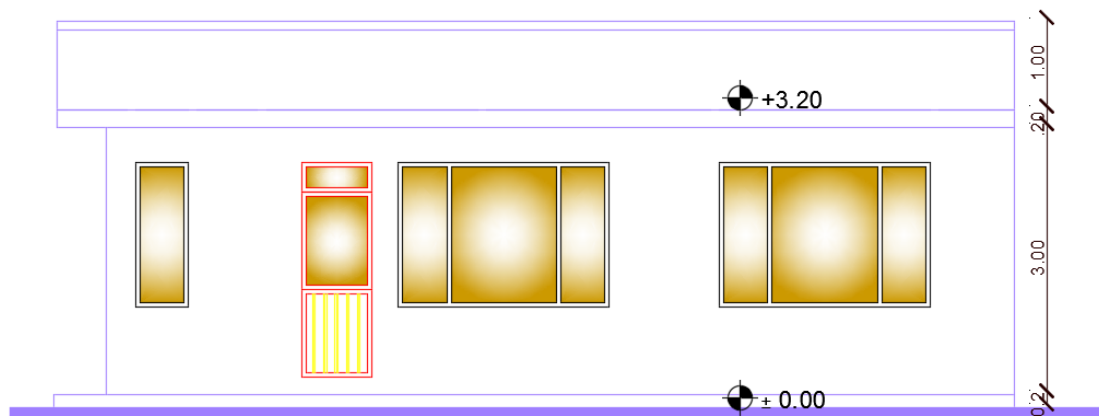
Estructura Tipo 1

Figura 17. Vista en Planta estructura Tipo 1.



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Figura 18. Fachada principal de la estructura Tipo 1.



FACHADA PRINCIPAL

Elaborado por: Evelyn Jiménez

Datos Estructurales

La edificación de la Figuras anteriores consiste en un bloque estructural de 1 piso de alto con una altura de 4.20 m, contemplándose un sistema de pórticos en hormigón armado con vigas descolgadas destinado como vivienda unifamiliar.

Coefficiente de Importancia I

De acuerdo al uso que se le da a la estructura, se clasifica como Otras Estructuras según la NEC-SE-DS, por lo que se le da un valor de importancia 1.0.

Por el tipo de estructura

- Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras:
- $C_t = 0.055$
- $\alpha = 0.9$

Factor de reducción Sísmica

- Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).
- $R = 8$

Razón entre la aceleración espectral

- $n = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

Irregularidad en Planta y Elevación

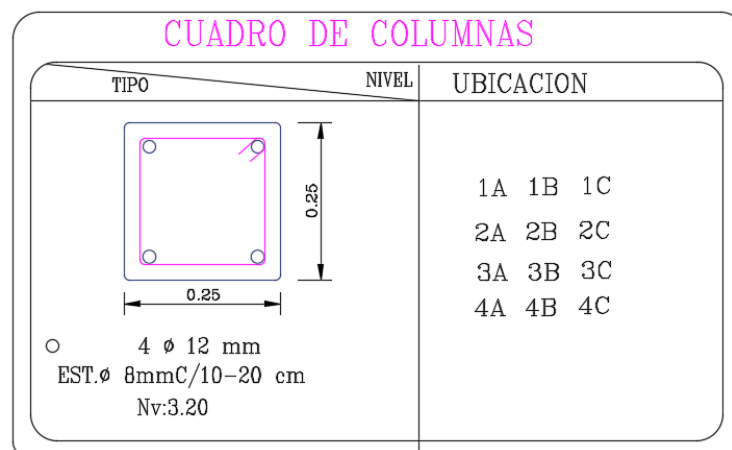
- $\emptyset_p = 1$
- $\emptyset_e = 1$

Cargas Gravitacionales

Losa Terraza Accesible

- Carga Muerta = 185.3 kg/m^2
- Carga Muerta Pared de Antepecho = 285 kg/m^2
- Carga Viva = 70 kg/m^2

Figura 19. Cuadro de columnas de estructura Tipo 1



Elaborado por: Evelyn Jiménez

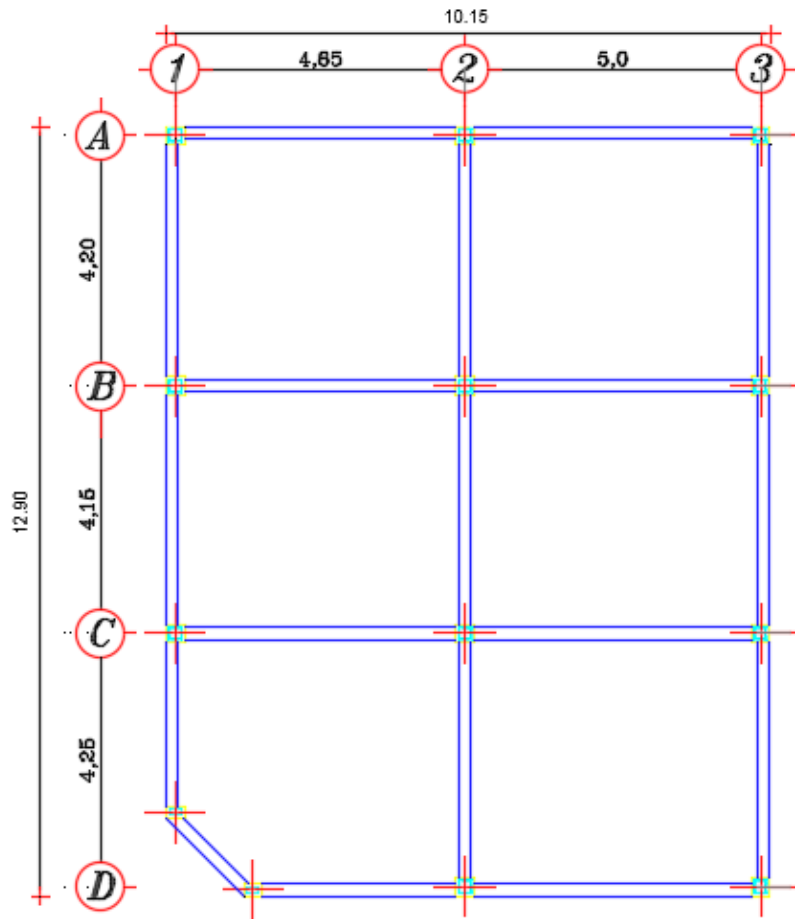
Tabla 29. Viga tipo de estructura Tipo 1.

Tipo de viga	Peraltada
Base	0.20 m (Medido)
Altura	0.25 m (Medido)
Recubrimiento	0.03 m (Estimado)
Refuerzo de acero	No se puede observar, se utilizara los valores que el programa nos proporciona en el diseño.

Elaborado por: Evelyn Jiménez

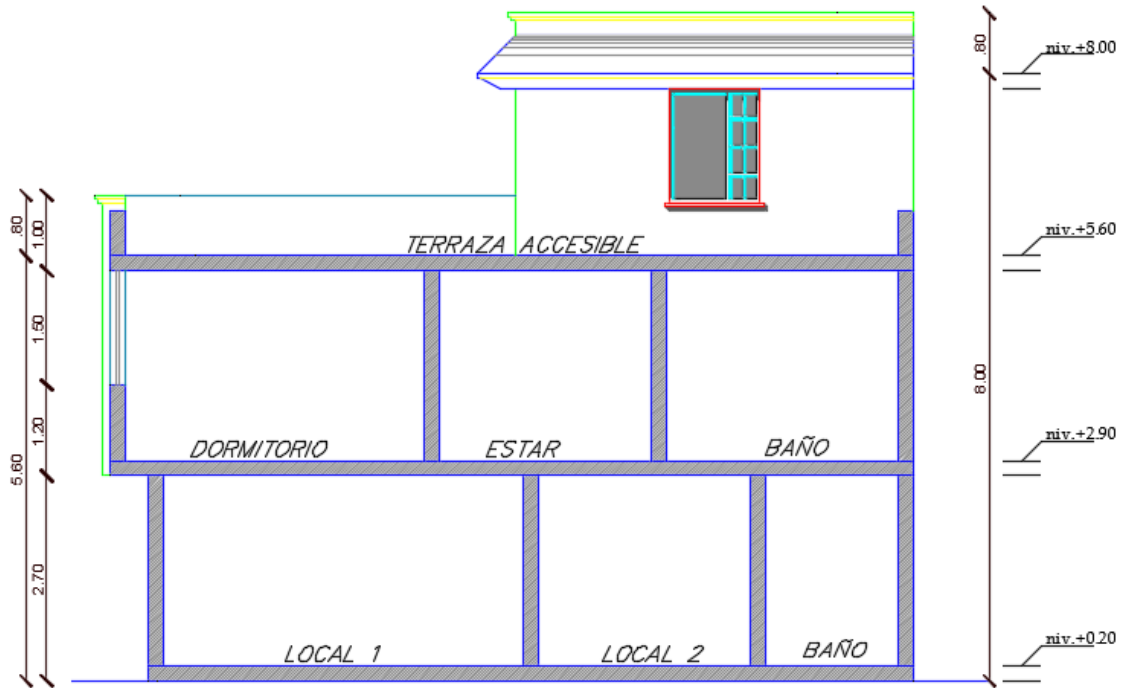
Estructura Tipo 2

Figura 20. Vista en Planta estructura Tipo 2.



PLANTA BAJA EXISTENTE

Elaborado por: Evelyn Jiménez
 Figura 21. Vista en Elevación estructura Tipo 2.



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Datos Estructurales

La edificación de la Figuras anteriores consiste en un bloque estructural de 2 piso de alto con una altura de 8.00 m, contemplándose un sistema de pórticos en hormigón armado con vigas descolgadas destinado como vivienda unifamiliar.

Coefficiente de Importancia I

De acuerdo al uso que se le da a la estructura, se clasifica como Otras Estructuras según la NEC-SE-DS, por lo que se le da un valor de importancia 1.0.

Por el tipo de estructura

- Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras:
- $C_t = 0.055$
- $\alpha = 0.9$

Factor de reducción Sísmica

- Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).
- $R = 8$

Razón entre la aceleración espectral

- $n = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

Irregularidad en Planta y Elevación

- $\emptyset_p = 0,9$
- $\emptyset_e = 0,9$

Cargas Gravitacionales

Losa Entrepiso

- Carga Muerta = $185,3 \text{ kg/m}^2$
- Carga Muerta Pared Completa = 478 kg/m^2
- Carga Muerta Pared con Ventana = 208 kg/m^2
- Carga Viva = 200 kg/m^2

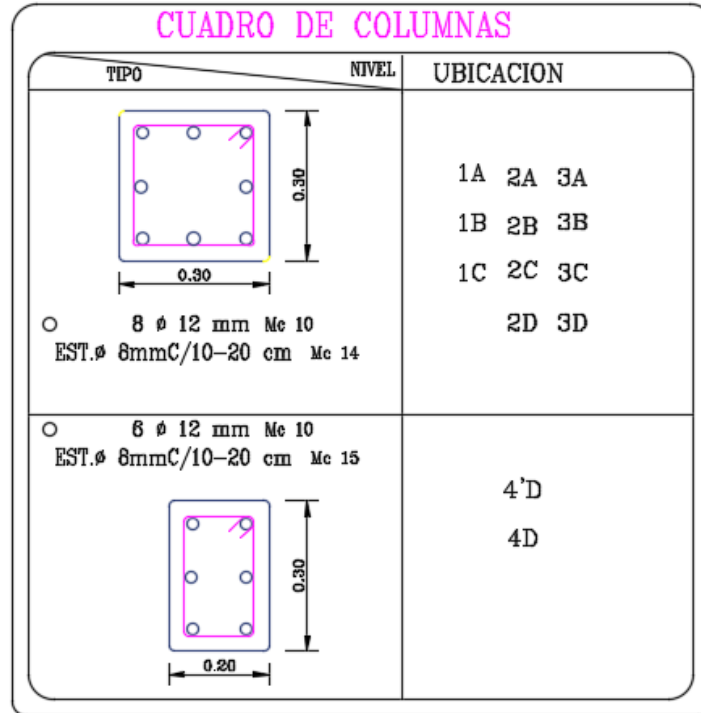
Losa Terraza Accesible

- Carga Muerta = $185,3 \text{ kg/m}^2$
- Carga Muerta Pared de Antepecho = 240 kg/m^2
- Carga Viva = 100 kg/m^2

Losa Terraza Inaccesible

- Carga Muerta = $185,3 \text{ kg/m}^2$
- Carga Viva = 70 kg/m^2

Figura 22. Cuadro de columnas de estructura Tipo 2.



Elaborado por: Evelyn Jiménez

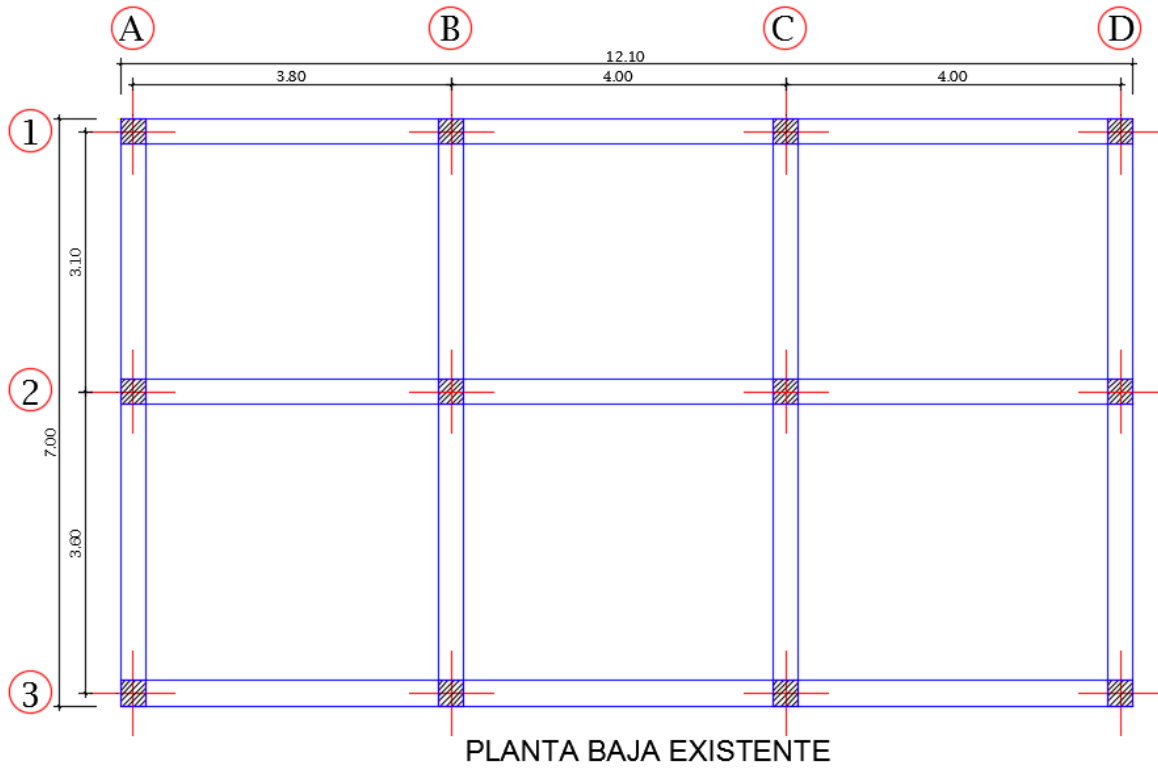
Tabla 30. Viga tipo de estructura Tipo 2.

Tipo de viga	Peraltada
Base	0.25 m (Medido)
Altura	0.25 m (Medido)
Recubrimiento	0.03 m (Estimado)
Refuerzo de acero	No se puede observar, se utilizara los valores que el programa nos proporciona en el diseño.

Elaborado por: Evelyn Jiménez

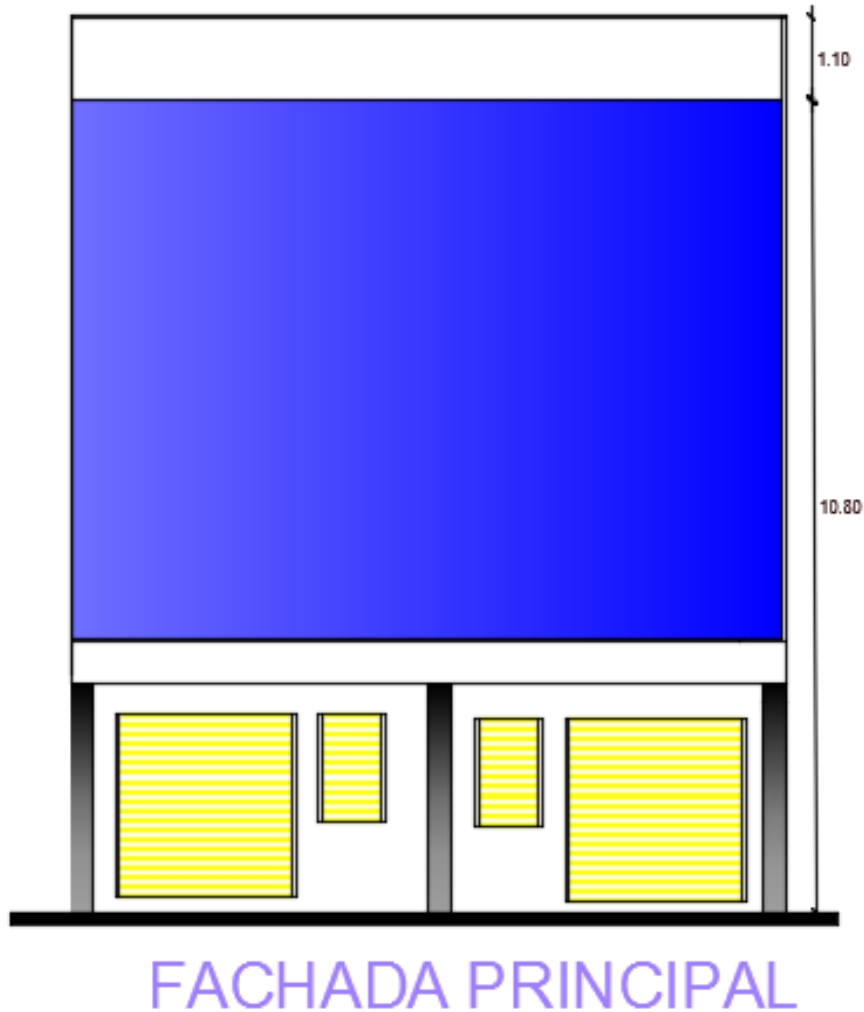
Estructura Tipo 3

Figura 23. Vista en Planta estructura Tipo 3.



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Figura 24. Fachada principal de la estructura Tipo 3.



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Datos Estructurales

La edificación de la Figuras anteriores consiste en un bloque estructural de 4 pisos de alto con una altura de 11.90 m, contemplándose un sistema de pórticos en hormigón armado con vigas descolgadas destinado como vivienda unifamiliar.

Coefficiente de Importancia I

De acuerdo al uso que se le da a la estructura, se clasifica como Otras Estructuras según la NEC-SE-DS, por lo que se le da un valor de importancia 1.0.

Por el tipo de estructura

- Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras:
- $C_t = 0.055$
- $\alpha = 0.9$

Factor de reducción Sísmica

- Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).
- $R = 8$

Razón entre la aceleración espectral

- $n = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

Irregularidad en Planta y Elevación

- $\emptyset_p = 1$
- $\emptyset_e = 1$

Cargas Gravitacionales

Losa Entrepiso

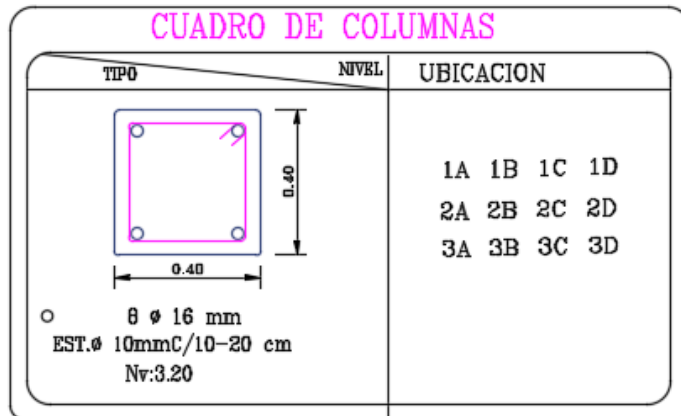
- Carga Muerta = 207 kg/m^2
- Carga Muerta Pared Completa = 712.15 kg/m^2
- Carga Muerta Pared con Ventana = 308.4 kg/m^2
- Carga Muerta Pared de Baño = 498.6 kg/m^2
- Carga Viva = 200 kg/m^2

Losa Terraza Inaccesible

- Carga Muerta = 207 kg/m^2

- Carga Viva = 70 kg/m^2
- Carga Muerta Pared de Antepecho = 313.5 kg/m^2

Figura 25. Cuadro de columnas de estructura Tipo 3



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Tabla 31. Viga tipo de estructura Tipo 3.

Tipo de viga	Peraltada
Base	0.30 m (Medido)
Altura	0.30 m (Medido)
Recubrimiento	0.03 m (Estimado)
Refuerzo de acero	No se puede observar, se utilizara los valores que el programa nos proporciona en el diseño.

Elaborado por: Evelyn Jiménez

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.2.1. Magnitud de las fallas

Por medio de la ecuación Wells y Coppersmith se obtiene la siguiente magnitud de momento Mw: [18]

$$M = a + b * \log(SRL)$$

Dónde:

a,b: Coeficientes

SRL: Longitud de rotura superficial (km)

La longitud de las fallas para ésta ecuación se tomará de la Tabla 15.

- Falla Subducción 8.9 Mw
- Falla Huachi 6.3 Mw
- Falla Ambato 6.5 Mw
- Falla Totoras 6.5 Mw
- Falla Samanga 6.9 Mw

4.2.2. Cálculo del Espectro

Los espectros de respuesta fueron inicialmente propuestos por Biot en el año 1932 y luego desarrollados por Housner, Newmark y muchos otros investigadores. [24]

Uno de los objetivos de esta investigación es la evaluación del peligro sísmico para el área de estudio mediante la obtención de espectros de respuesta asociados al Sistema de fallas seleccionadas.

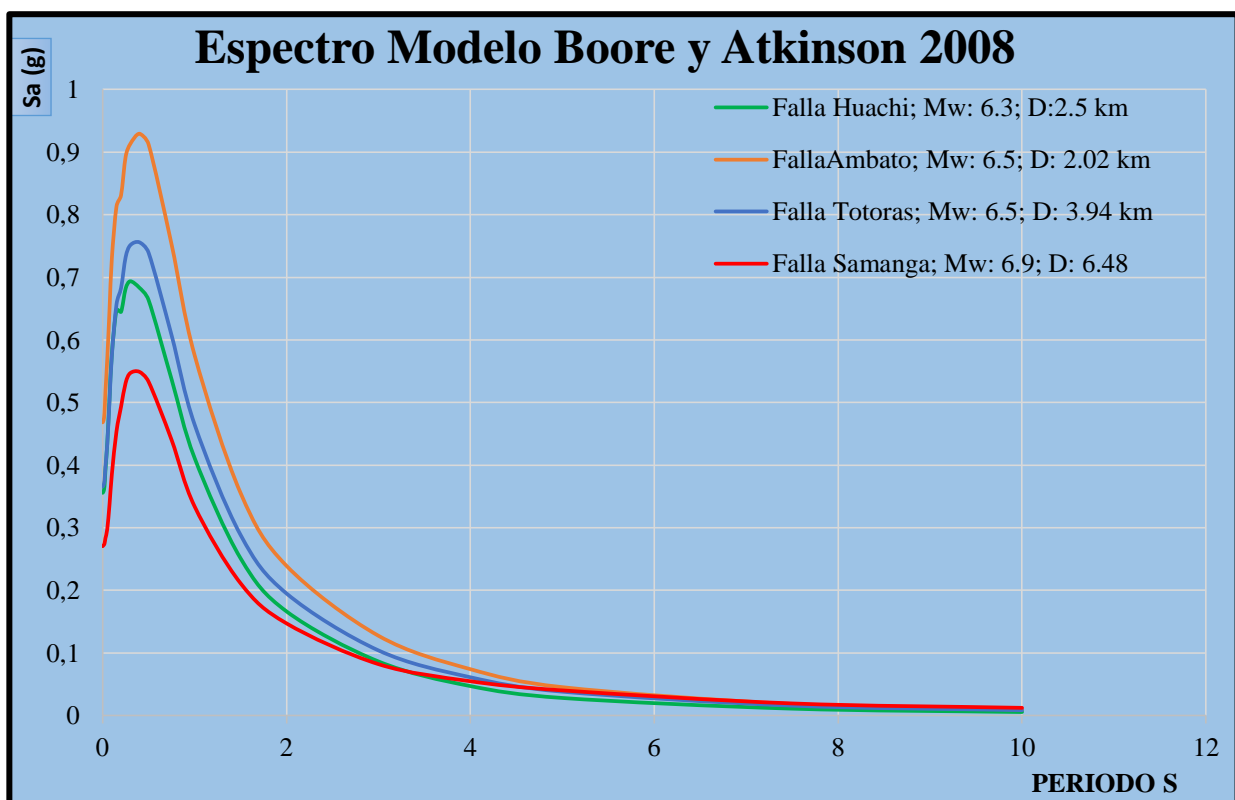
El espectro es un gráfico de la respuesta máxima que produce una acción dinámica en una estructura u oscilador de un grado de libertad. [24]

Para esta investigación se comparará el espectro obtenido del sector establecido con el espectro general dado por la NEC-15.

4.2.2.1. Espectros calculados con el Modelo de Boore y Atkinson 2008

En la siguiente Figura se presentan los espectros obtenidos de Boore y Atkinson 2008. Para todas las ecuaciones se usó el valor promedio del $V_{S30} = 275.39 \text{ m/s}$ obtenido en cálculos anteriores.

Figura 26. Espectros de aceleración modelo Boore y Atkinson 2008.



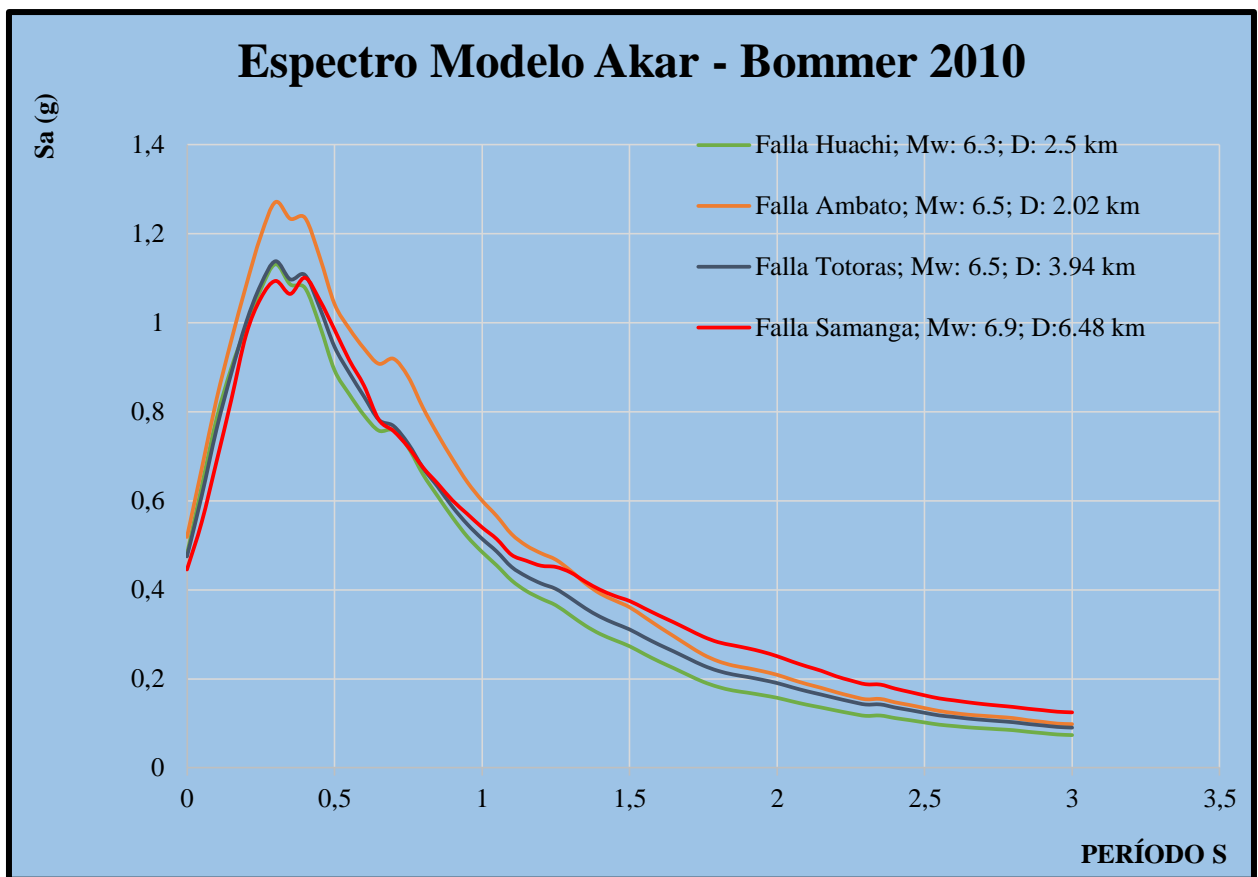
Elaborado por: Evelyn Jiménez

Del análisis de este modelo se puede observar que el espectro que presenta mayor respuesta en aceleración es la Falla de Ambato, mientras que las fallas restantes tienen un valor menor con una gran similitud en su aceleración.

4.2.2.2. Espectros calculados con el Modelo de Akkar y Bommer 2010.

En la siguiente Figura se presentan los espectros obtenidos de Akkar y Bommer. Para todas las ecuaciones se usó el valor promedio del $V_{S30} = 275.39 \text{ m/s}$ obtenido en cálculos anteriores.

Figura 27. Espectros de aceleración modelo Akkar y Bommer 2010.



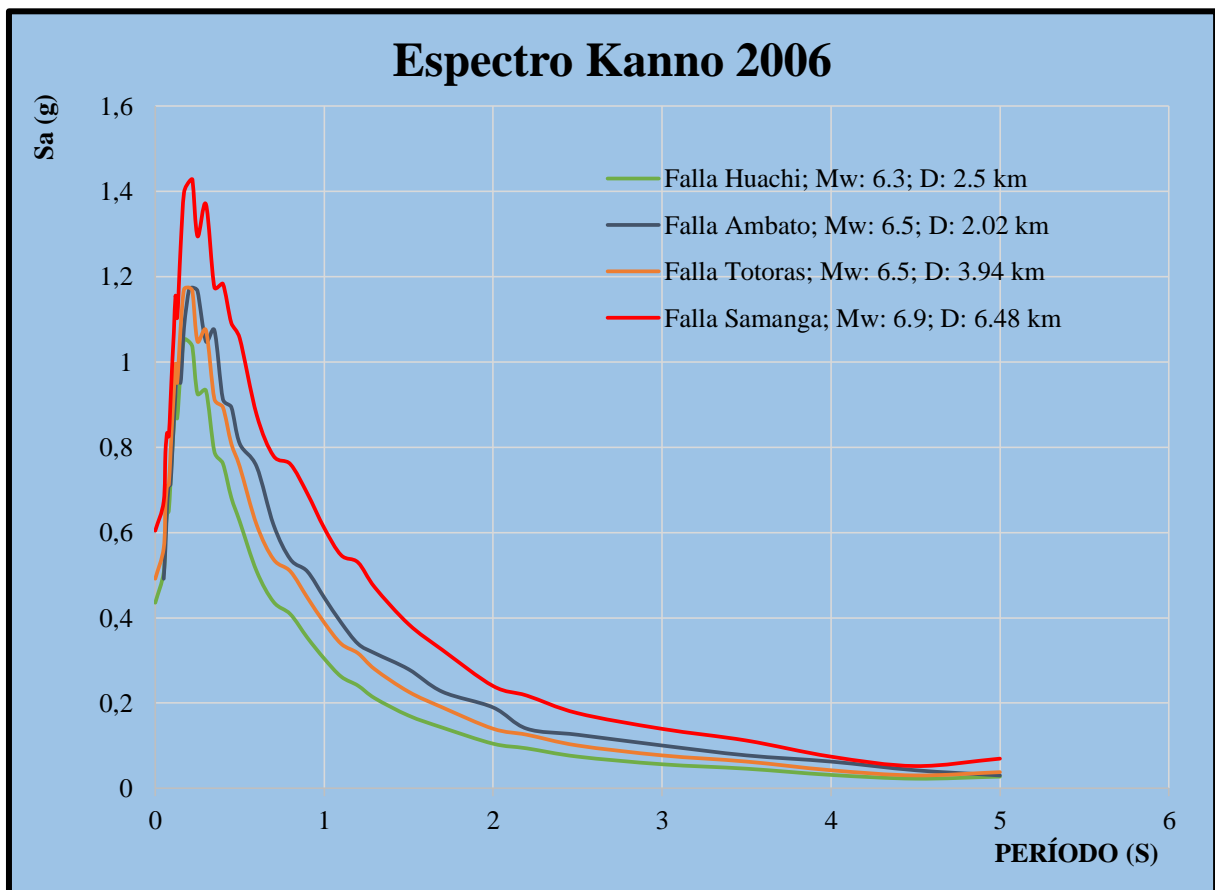
Elaborado por: Evelyn Jiménez

Del análisis del modelo Akkar y Bommer 2010 se observa que la Falla de Ambato sigue siendo el espectro que presenta mayor respuesta en aceleración.

4.2.2.3. Espectros calculados con el Modelo de Kanno 2006

En la siguiente Figura se muestran las mismas fallas y un modelo diferente se obtienen los siguientes resultados:

Figura 28. Espectros de aceleración modelo de Kanno 2006.



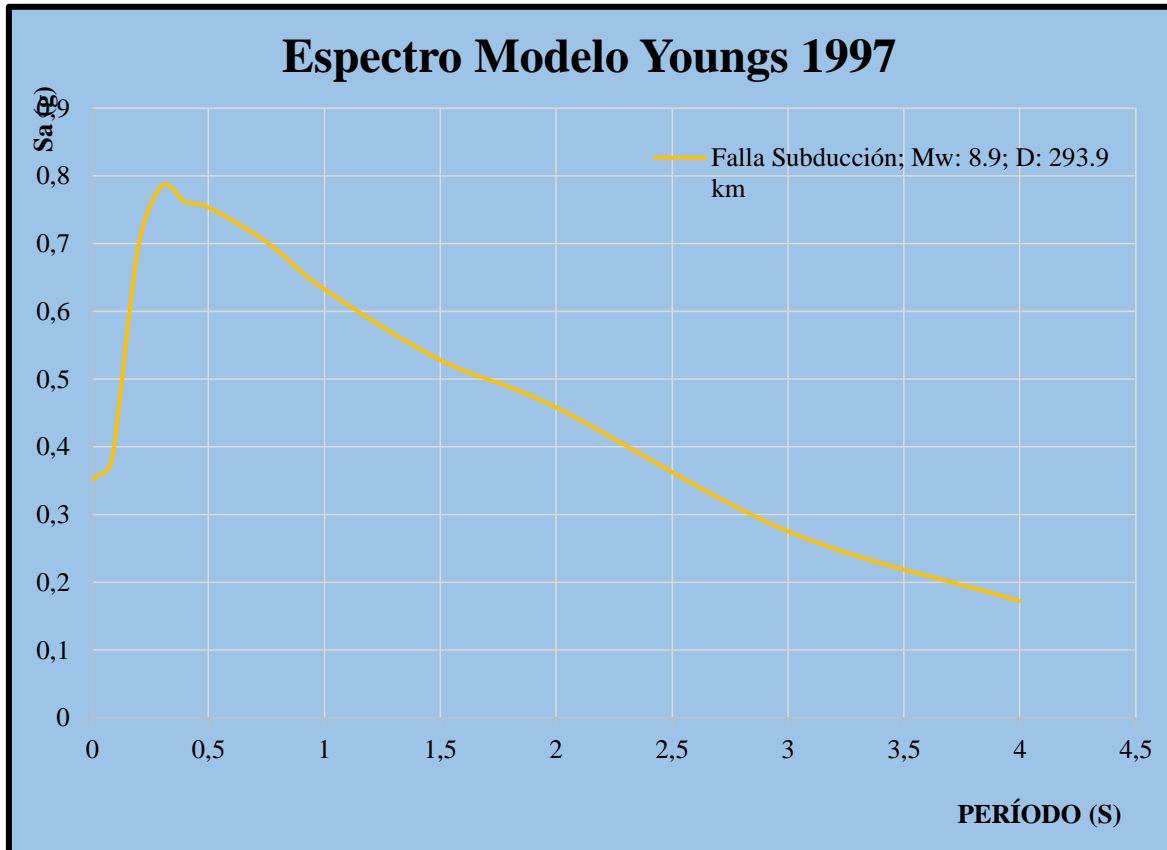
Elaborado por: Evelyn Jiménez

Del análisis del modelo Kanno 2006 se observa que el espectro que presenta mayor respuesta en aceleración es la Falla de Samanga, mientras que las fallas de Ambato y Totoras tienen una similitud en su aceleración.

4.2.2.4. Espectros calculados con el Modelo de Youngs 1997

En la siguiente Figura se presenta el espectro obtenido de Youngs 1997 para la falla de subducción.

Figura 29. Espectros de aceleración modelo de Youngs 1997.



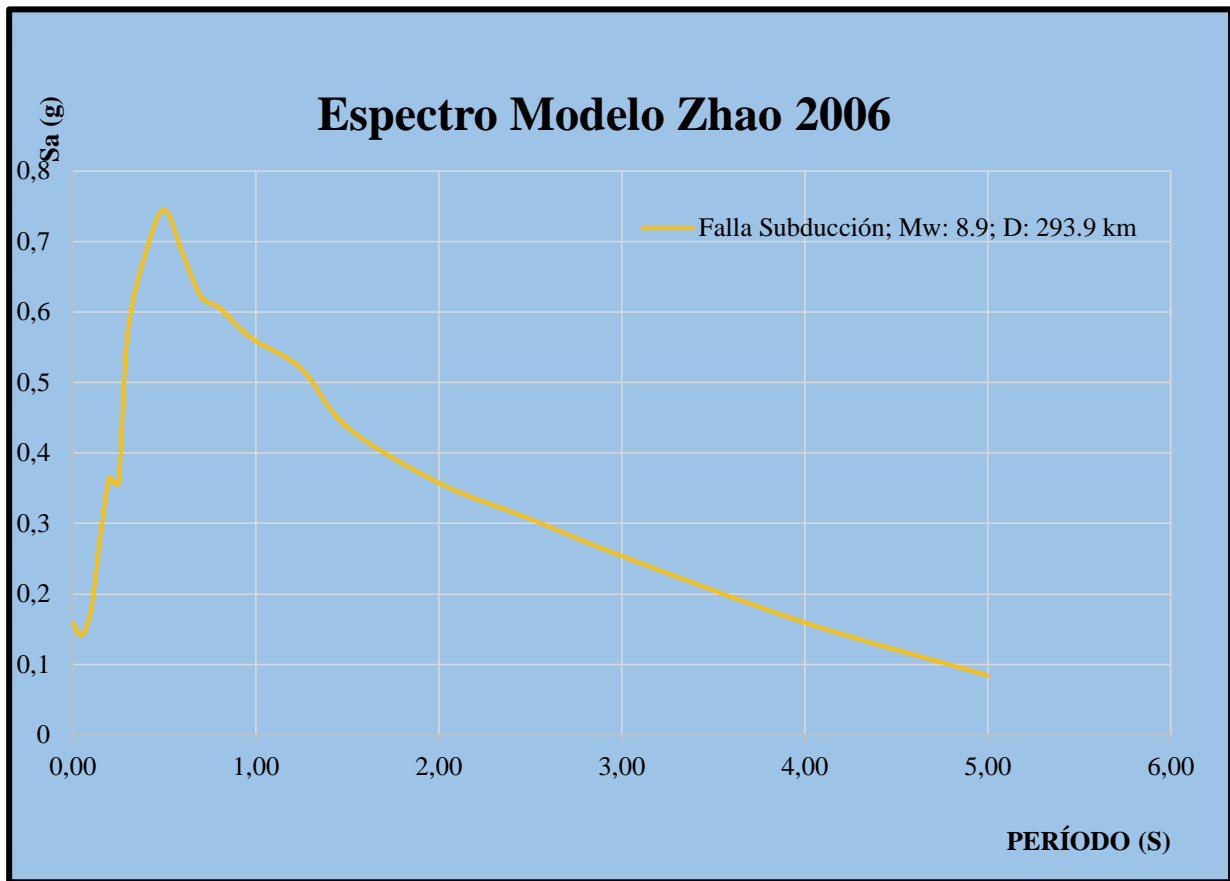
Elaborado por: Evelyn Jiménez

Para este espectro se considera solo la falla de subducción el cual se comparara con el espectro de la NEC-15.

4.2.2.5. Espectros calculados con el Modelo de Zhao 2006

En la siguiente Figura se presenta el espectro obtenido de Zhao 2006 para la falla de subducción.

Figura 30. Espectros de aceleración modelo de Zhao 2006.



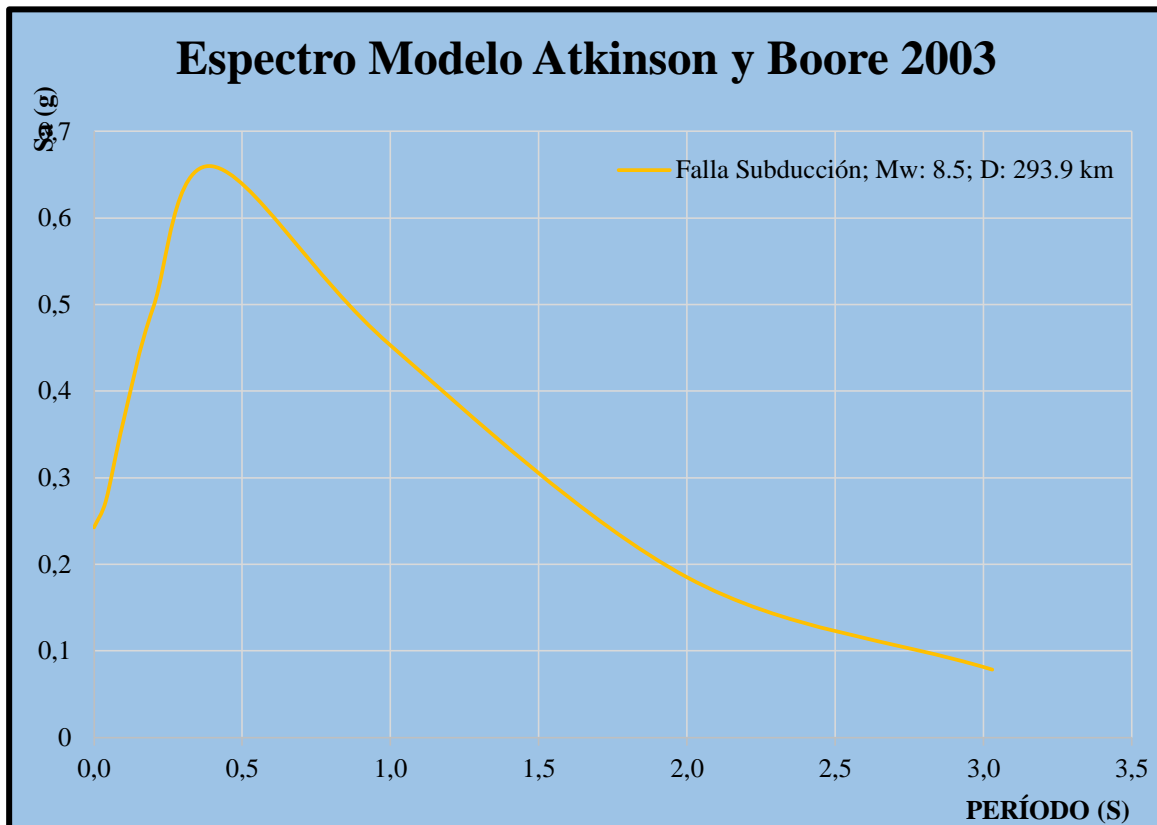
Elaborado por: Evelyn Jiménez

Para este espectro se considera solo la falla de subducción el cual se comparara con el espectro de la NEC-15.

4.2.2.6. Espectros calculados con el Modelo de Atkinson y Boore 2003

En la siguiente Figura se presenta el espectro obtenido de Atkinson y Boore 2003 para la falla de subducción.

Figura 31. Espectros de aceleración modelo de Atkinson y Boore 2003.



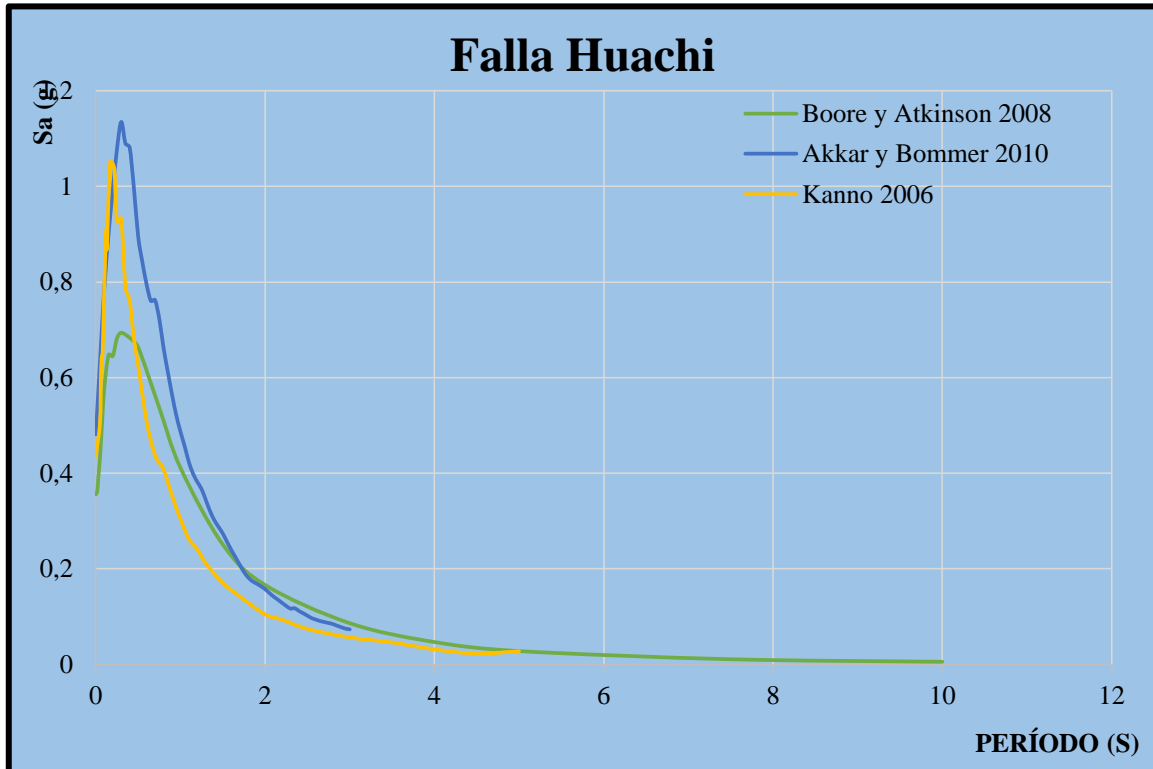
Elaborado por: Evelyn Jiménez

Para este espectro se considera solo la falla de subducción el cual se comparara con el espectro de la NEC-15.

4.2.3. Espectros con los modelos para una falla

Mediante las Ecuaciones de Predicción de Movimiento de Suelo de cada modelo se calculó los espectros de aceleración para los diferentes tipos de falla que presenta en la zona seleccionada para esta investigación.

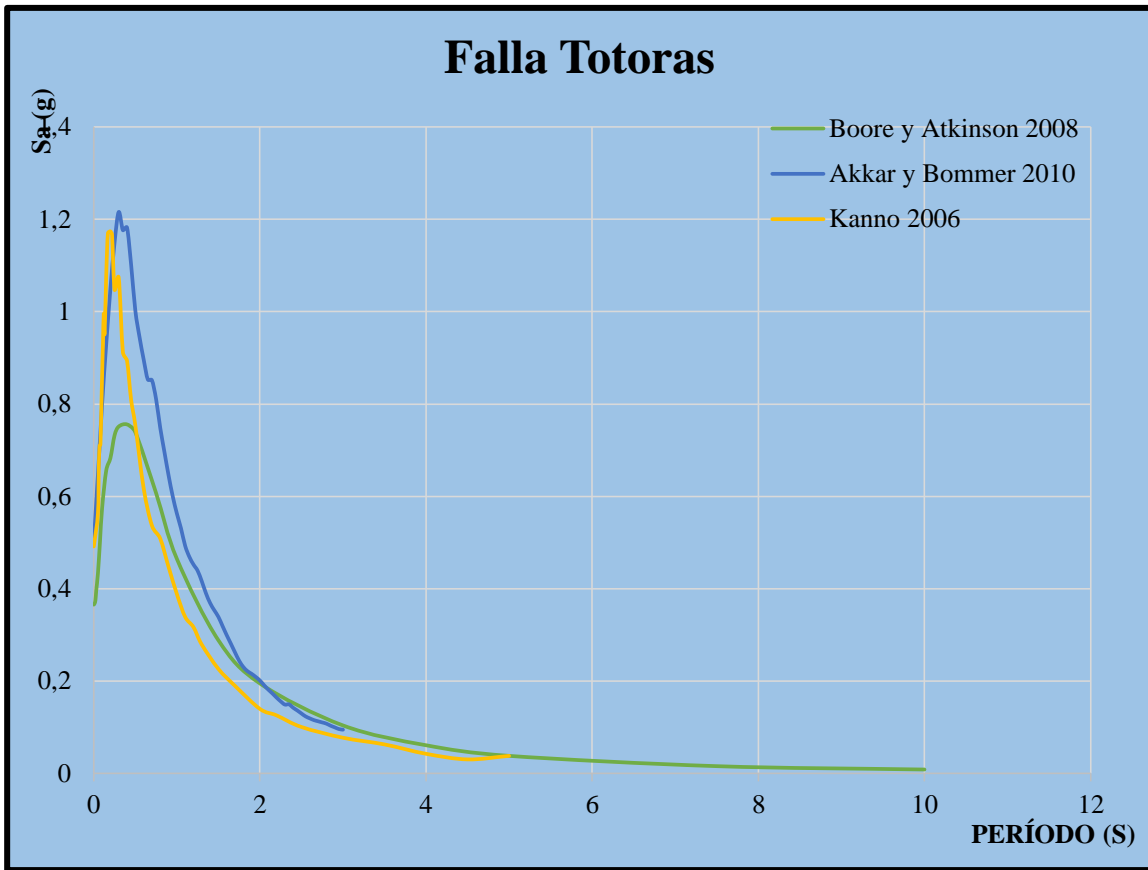
Figura 32. Espectros de aceleración Falla Huachi.



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Del análisis del espectro para la Falla de Huachi se observa que el espectro que presenta mayor respuesta en aceleración es el modelo Akkar y Bommer 2010.

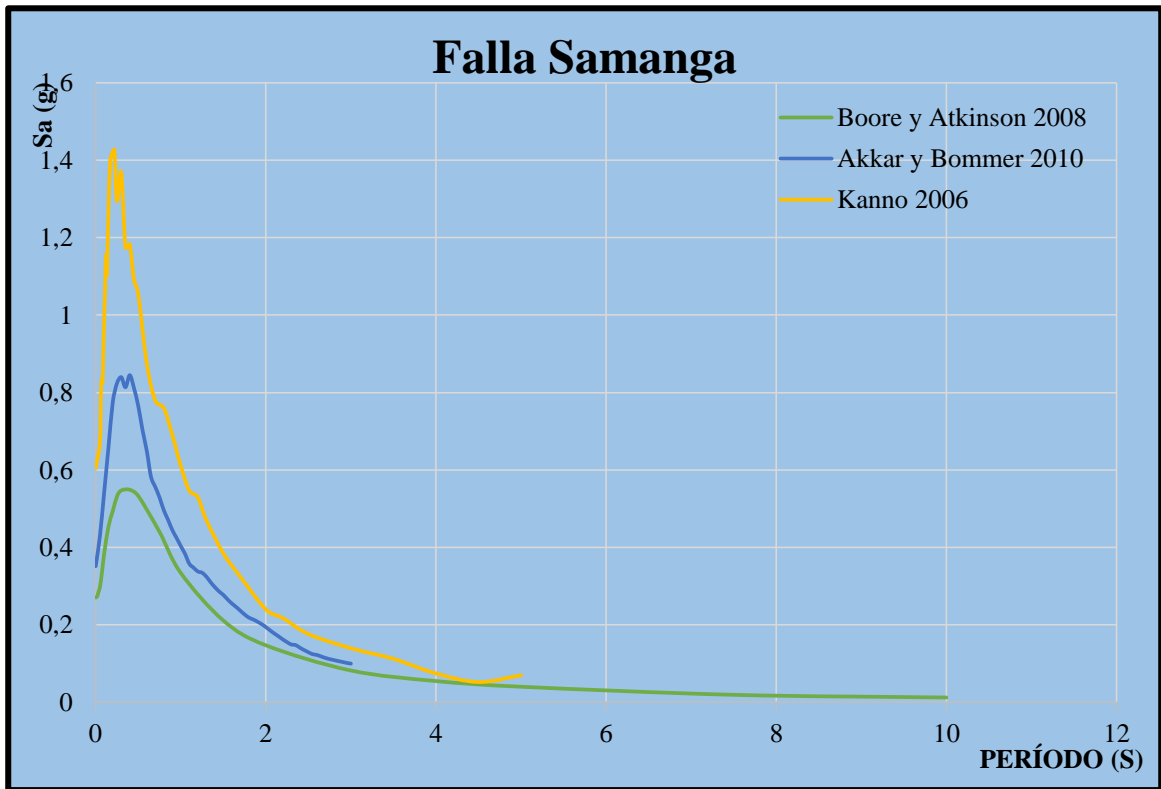
Figura 33. Espectros de aceleración Falla Totoras.



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Del análisis del espectro para la Falla de Totoras se observa que el espectro que presenta mayor respuesta en aceleración es el modelo Akkar y Bommer 2010.

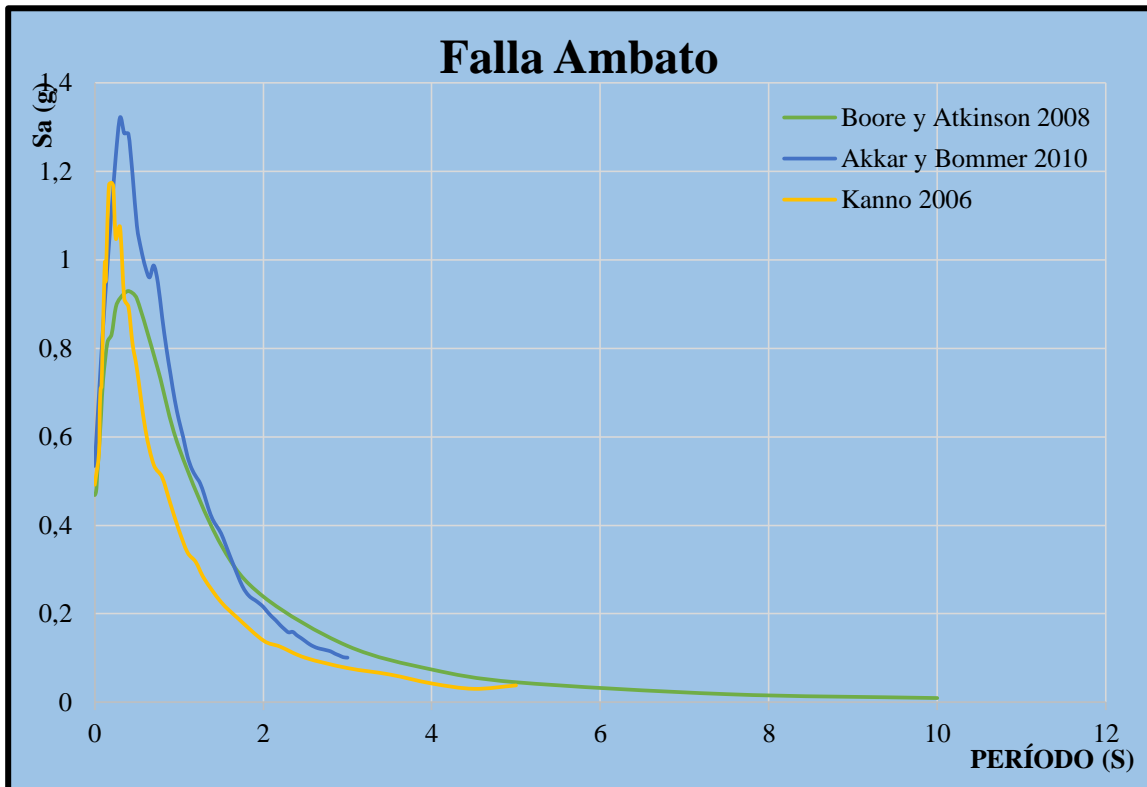
Figura 34. Espectros de aceleración Falla Samanga.



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Del análisis del espectro para la Falla de Samanga se observa que el espectro que presenta mayor respuesta en aceleración es el modelo Kanno2006.

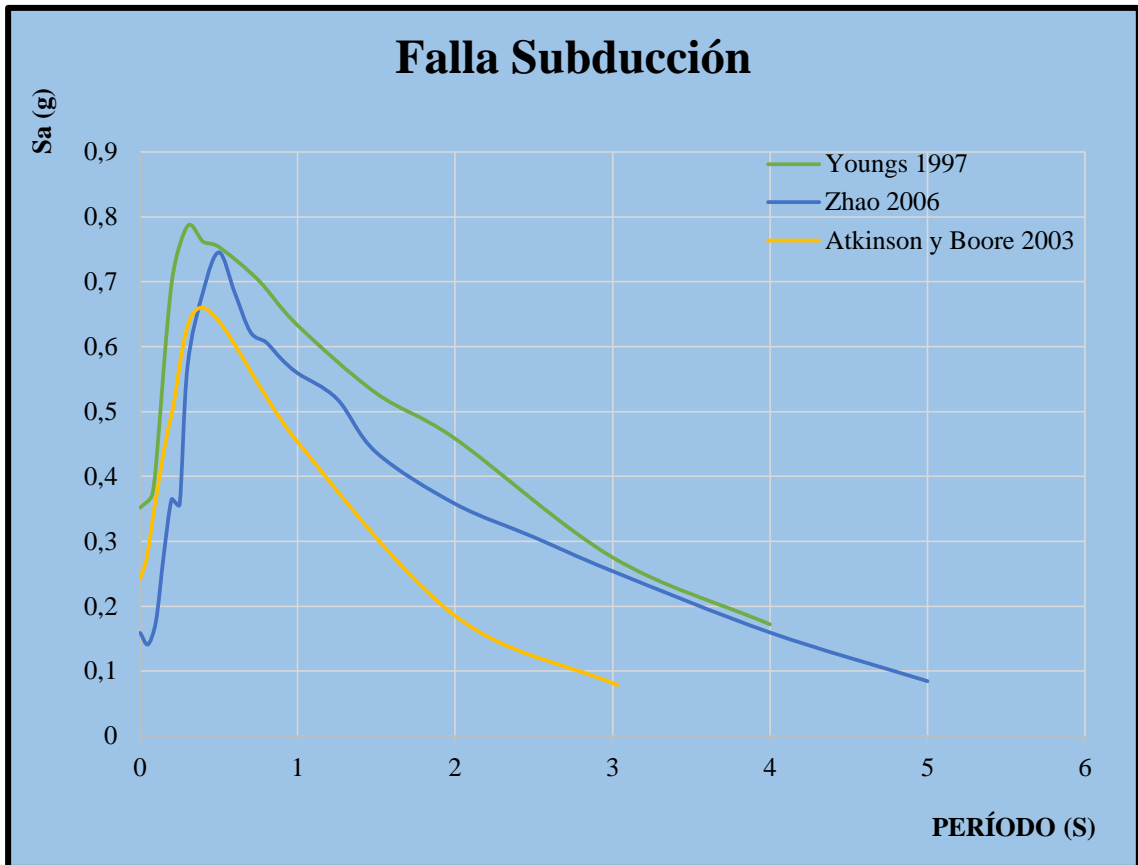
Figura 35. Espectros de aceleración Falla Ambato.



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Del análisis del espectro para la Falla de Ambato se observa que el espectro que presenta mayor respuesta en aceleración es el modelo Akkar y Bommer 2010.

Figura 36. Espectros de aceleración Falla Subducción.



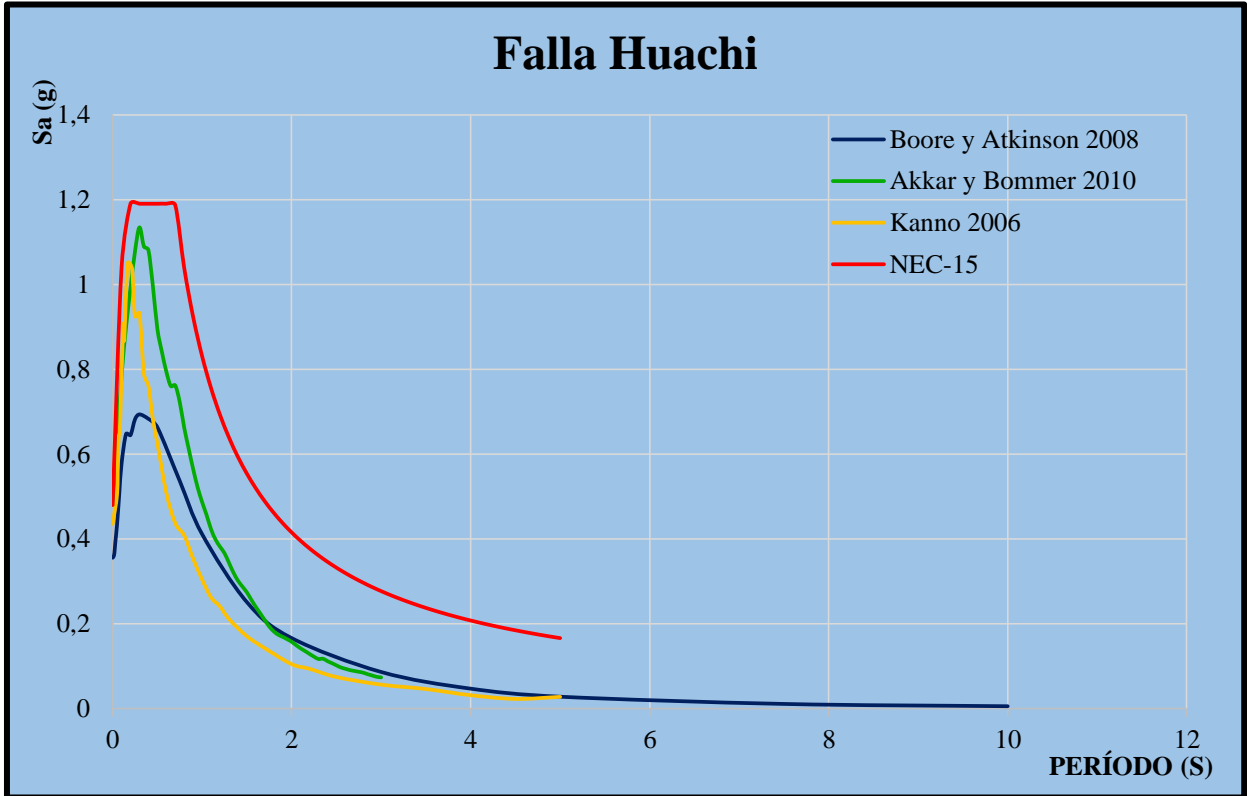
Elaborado por: Evelyn Jiménez

Del análisis del espectro para la Falla de Subducción se observa que el espectro que presenta mayor respuesta en aceleración es el modelo Youngs 1997.

4.2.4. Espectro con la NEC-15

Se tomó las siguientes consideraciones para comparar los espectros de este estudio con el de la NEC-15, el valor obtenido para $V_{S30} = 275,39$ m/s, que esta dentro del suelo tipo D que tiene valores de $360 \text{ m/s} < V_s \leq 180 \text{ m/s}$.

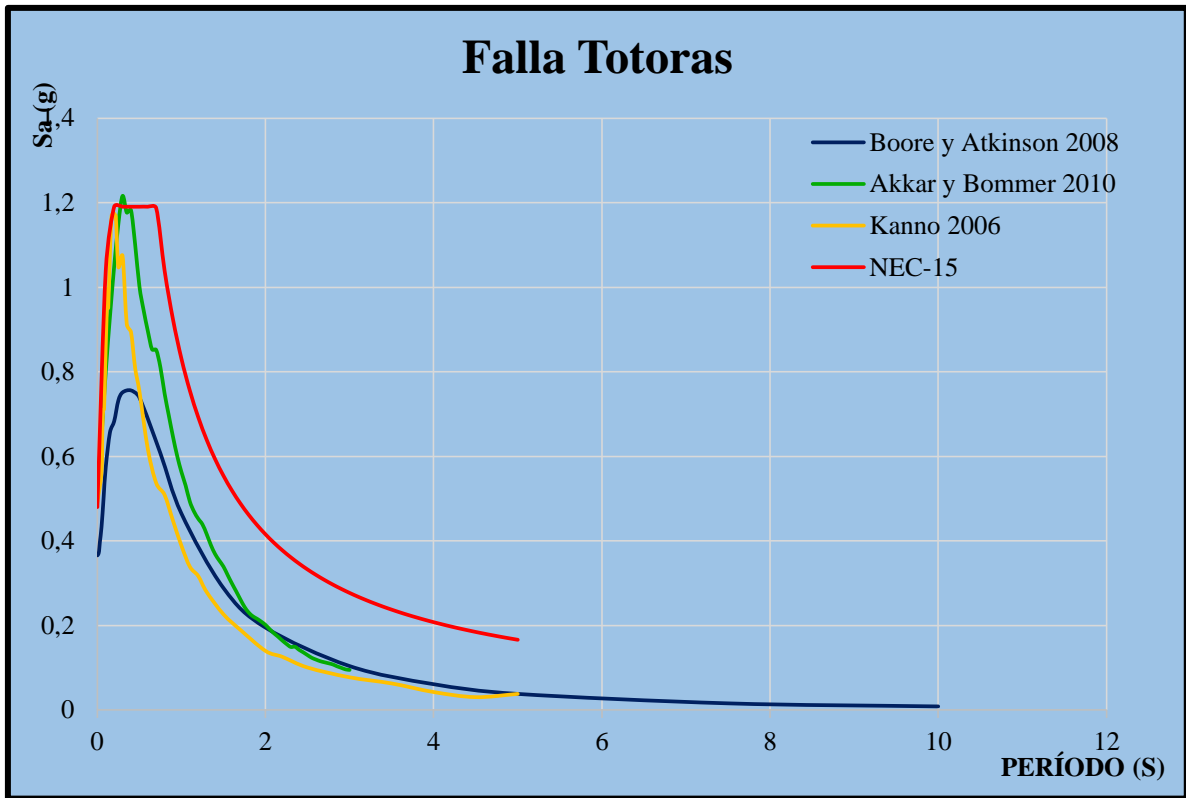
Figura 37. Espectros de aceleración Falla Huachi.



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Del análisis de la figura anterior de la Falla Huachi se observa que las aceleraciones no superan a la NEC-15.

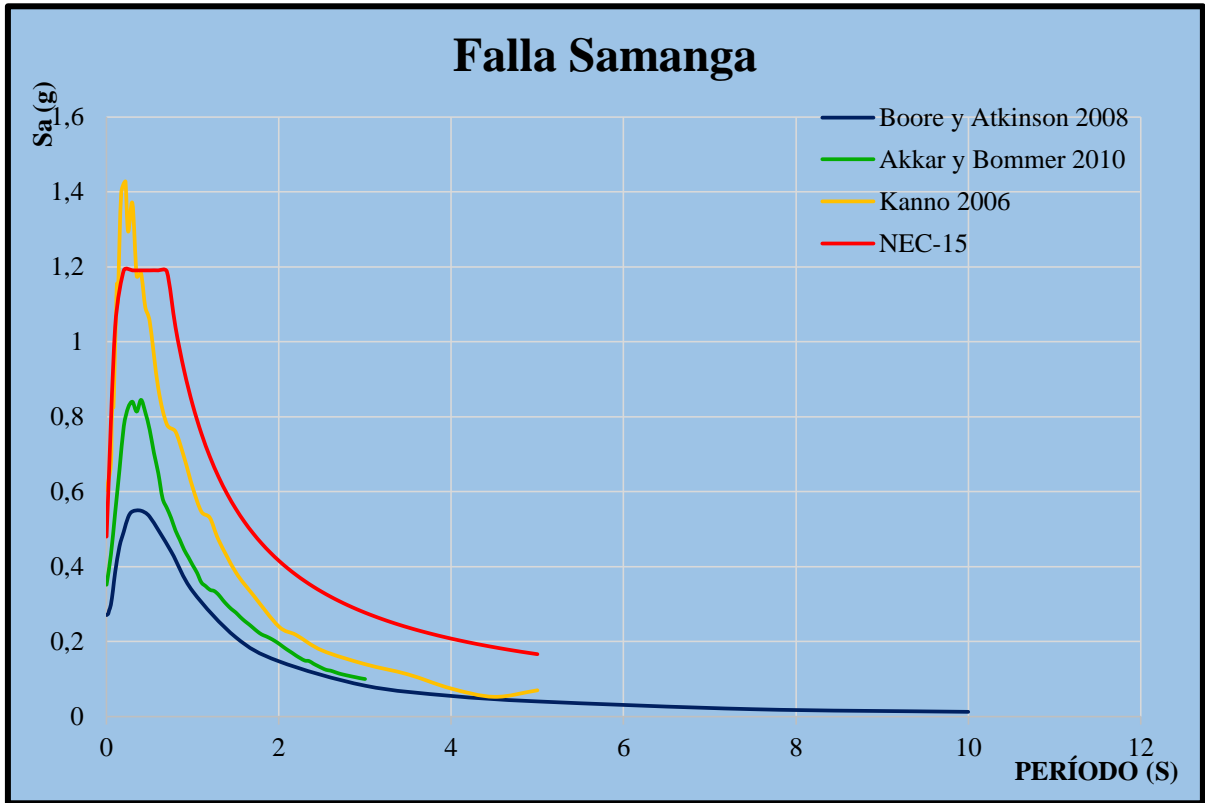
Figura 38. Espectros de aceleración Falla Totoras.



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Del análisis de la figura anterior de la Falla Totoras se observa que el modelo de Akkar y Bommer supera al espectro de aceleración de la NEC-15.

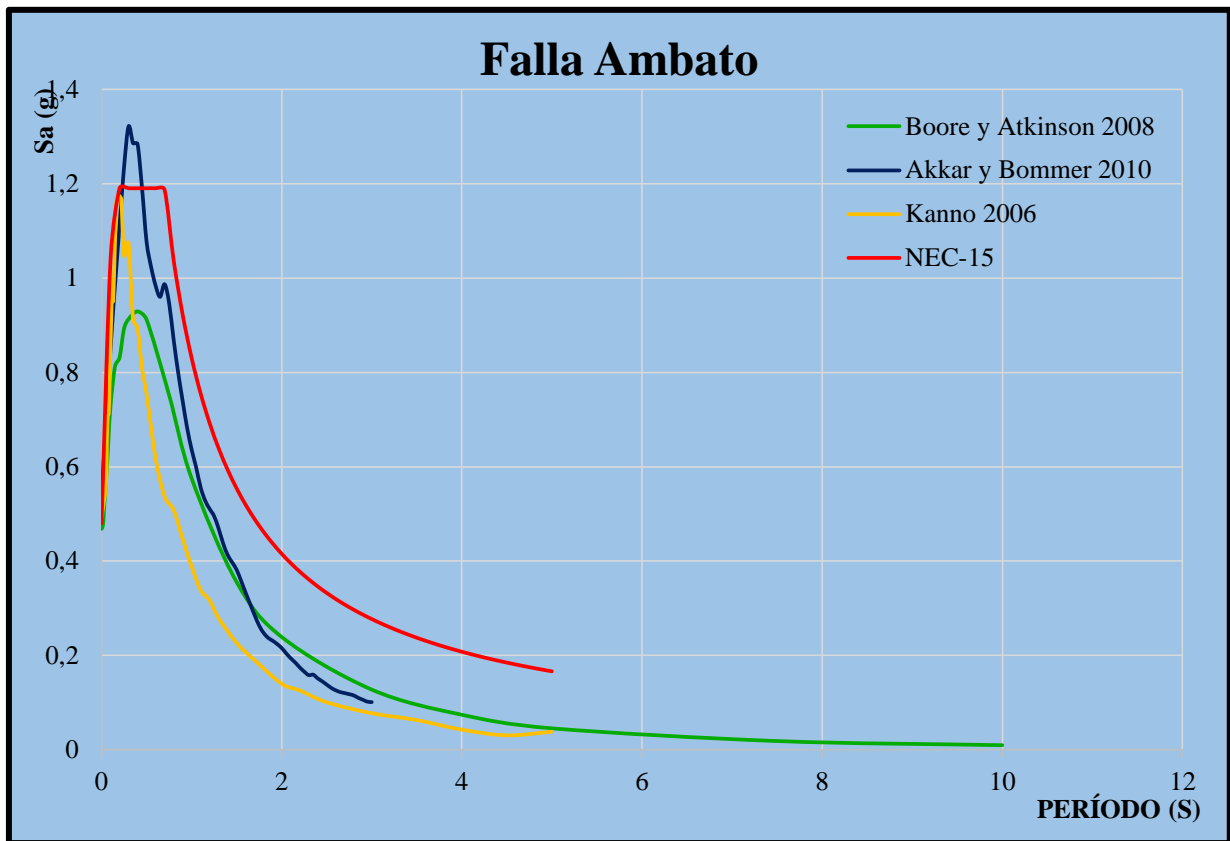
Figura 39. Espectros de aceleración Falla Samanga.



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Del análisis de la figura anterior de la Falla Samanga se observa que el modelo de Kanno supera al espectro de aceleración de la NEC-15.

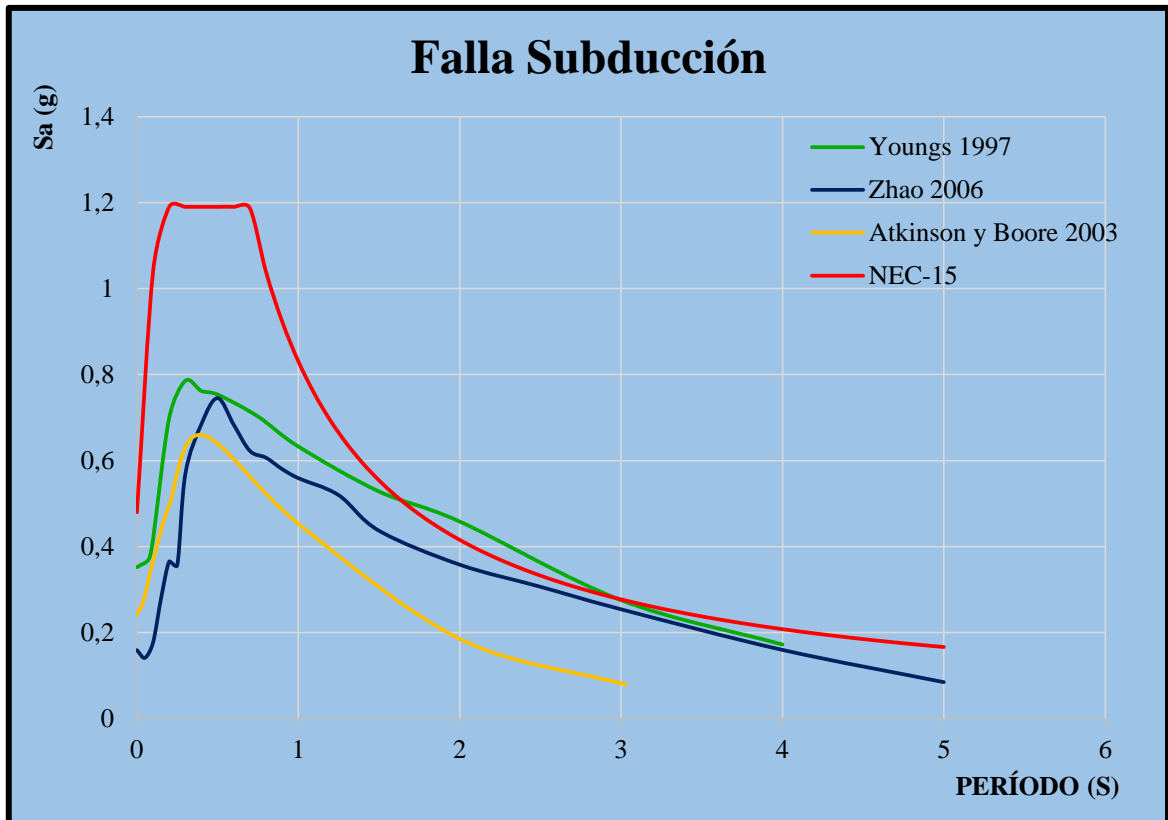
Figura 40. Espectros de aceleración Falla Ambato.



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Del análisis de la figura anterior de la Falla Ambato se observa que el modelo de Akkar y Bommer supera al espectro de aceleración de la NEC-15.

Figura 41. Espectros de aceleración Falla Subducción.

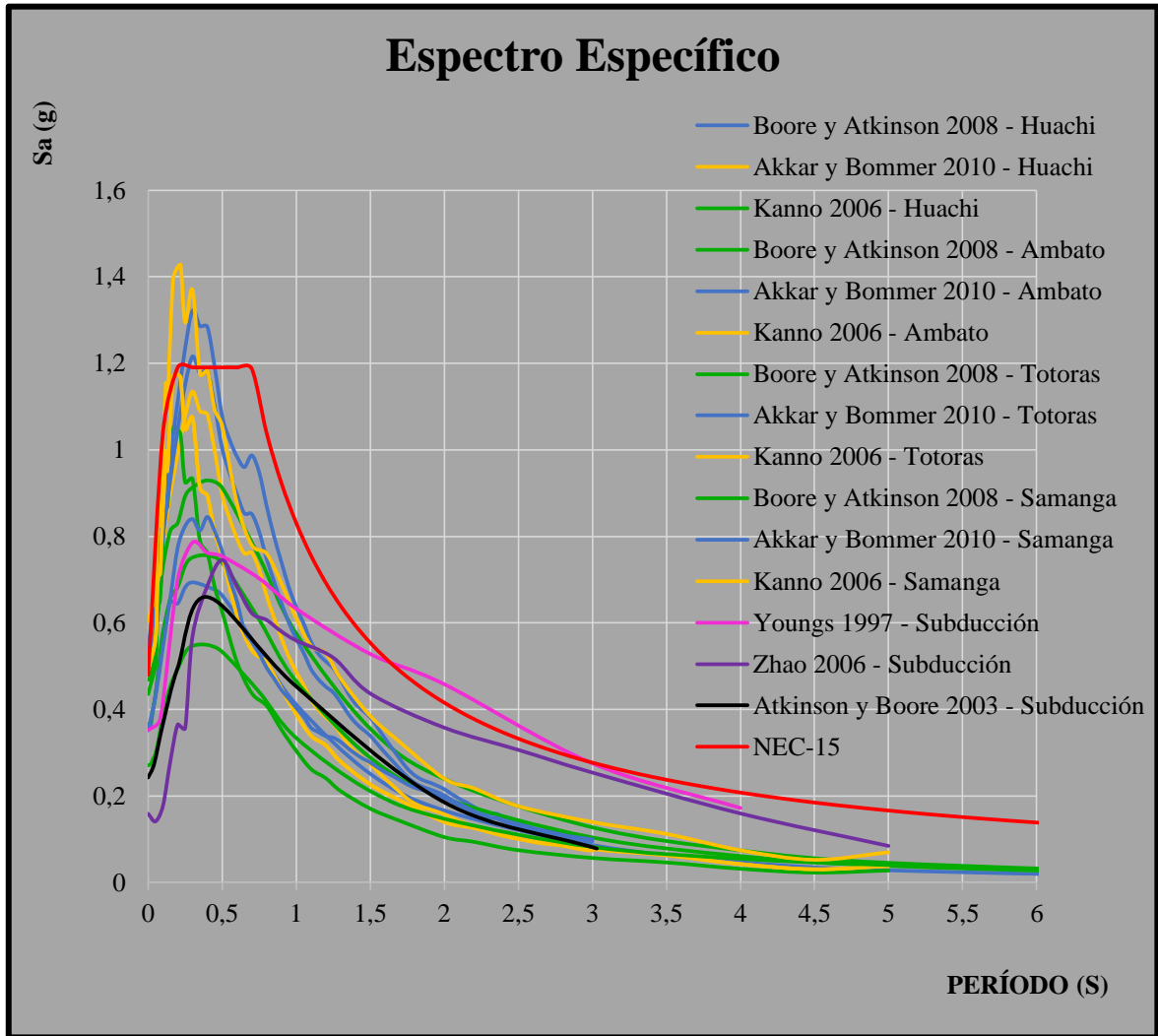


Elaborado por: Evelyn Jiménez

Del análisis de la figura anterior de la Falla Huachi se observa que las aceleraciones no superan a la NEC-15

4.2.5. Espectro con la NEC-15

Figura 42. Todos los espectros comparados con la NEC-15



Elaborado por: Evelyn Jiménez

La Figura anterior nos muestra todos los espectros de aceleración de todos los modelos de las fallas seleccionadas, se observa que algunos de estos modelos superan al espectro de aceleración de la NEC-15.

4.2.6. Espectro específico comparado con la NEC-15

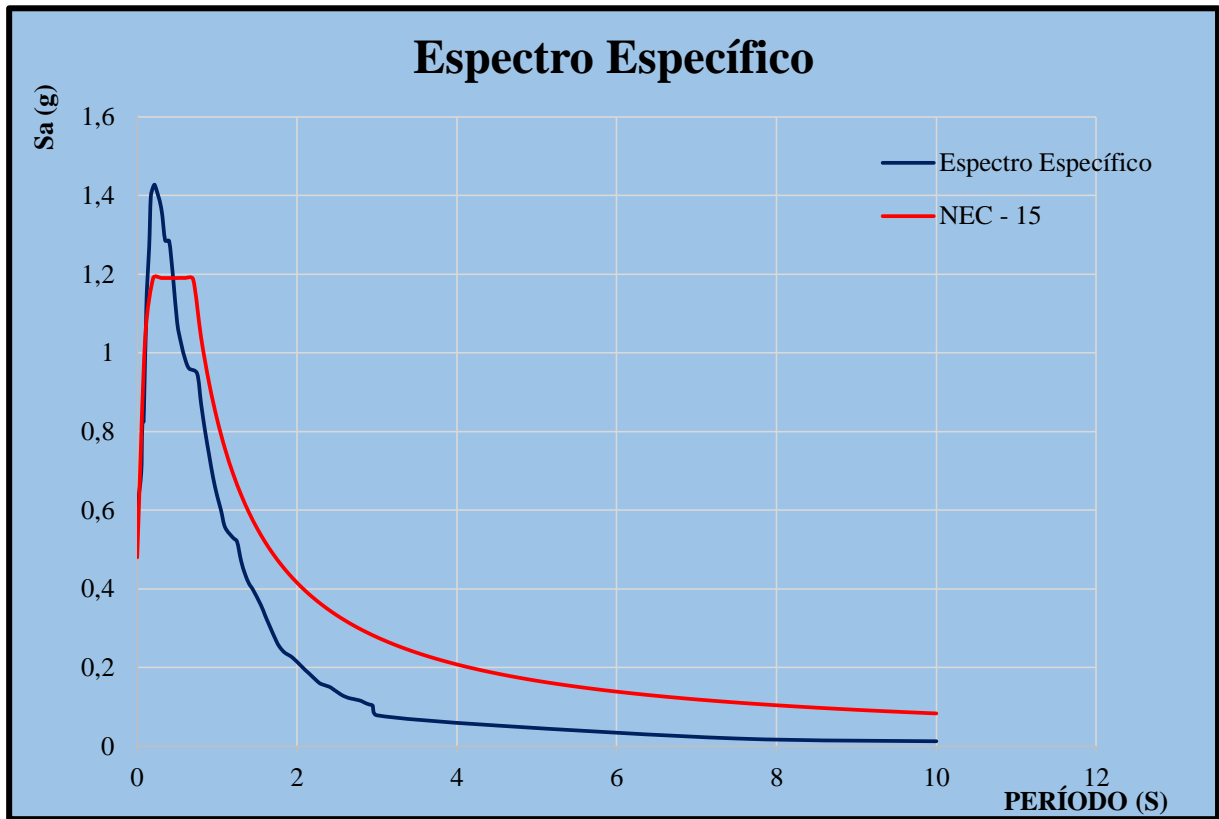
En la siguiente tabla se refleja los valores para el espectro específico del sitio seleccionado:

Tabla 32. Valores del espectro específico

T	Sa (%g)		
0	0,60432448	1,2	0,52977817
0,01	0,47172391	1,25	0,51952537
0,02	0,48308994	1,3	0,47107934
0,03	0,51692552	1,35	0,43753606
0,04	0,27307745	1,4	0,41294942
0,05	0,69384746	1,45	0,39734739
0,06	0,7873658	1,5	0,5281451
0,07	0,83362831	1,55	0,35769973
0,075	0,64970774	1,6	0,33279395
0,08	0,82546202	1,65	0,30896427
0,09	0,90486122	1,7	0,32444914
0,1	0,99373565	1,75	0,26329698
0,11	1,06903087	1,8	0,24752623
0,12	1,15543194	1,85	0,23714914
0,13	1,10495444	1,9	0,23111041
0,15	1,26911291	1,95	0,22396587
0,17	1,39641469	2	0,45821093
0,2	1,42235378	2,05	0,20430816
0,22	1,42714445	2,1	0,19397693
0,25	1,29447088	2,15	0,18497276
0,3	1,36928651	2,2	0,21754816
0,35	1,28583668	2,25	0,16565501
0,4	1,28419174	2,3	0,15809464
0,45	1,1899184	2,35	0,15913612
0,5	1,07737898	2,4	0,15129981
0,55	1,02406342	2,45	0,14502935
0,6	0,98416565	2,5	0,30644679
0,65	0,9601374	2,55	0,13114562
0,7	0,98706814	2,6	0,12599576
0,75	0,94747676	2,65	0,12222202
0,8	0,87025527	2,7	0,12004289
0,85	0,80066432	2,75	0,11772667
0,9	0,74051519	2,8	0,11513455
0,95	0,68271731	2,85	0,11001558
1	0,63685236	2,9	0,10608088
1,05	0,59901884	2,95	0,10196063
1,1	0,55633591	3	0,27524143
1,15	0,5283253		

Elaborado por: Evelyn Jiménez

Figura 43. Espectro Específico comparado con la NEC-15

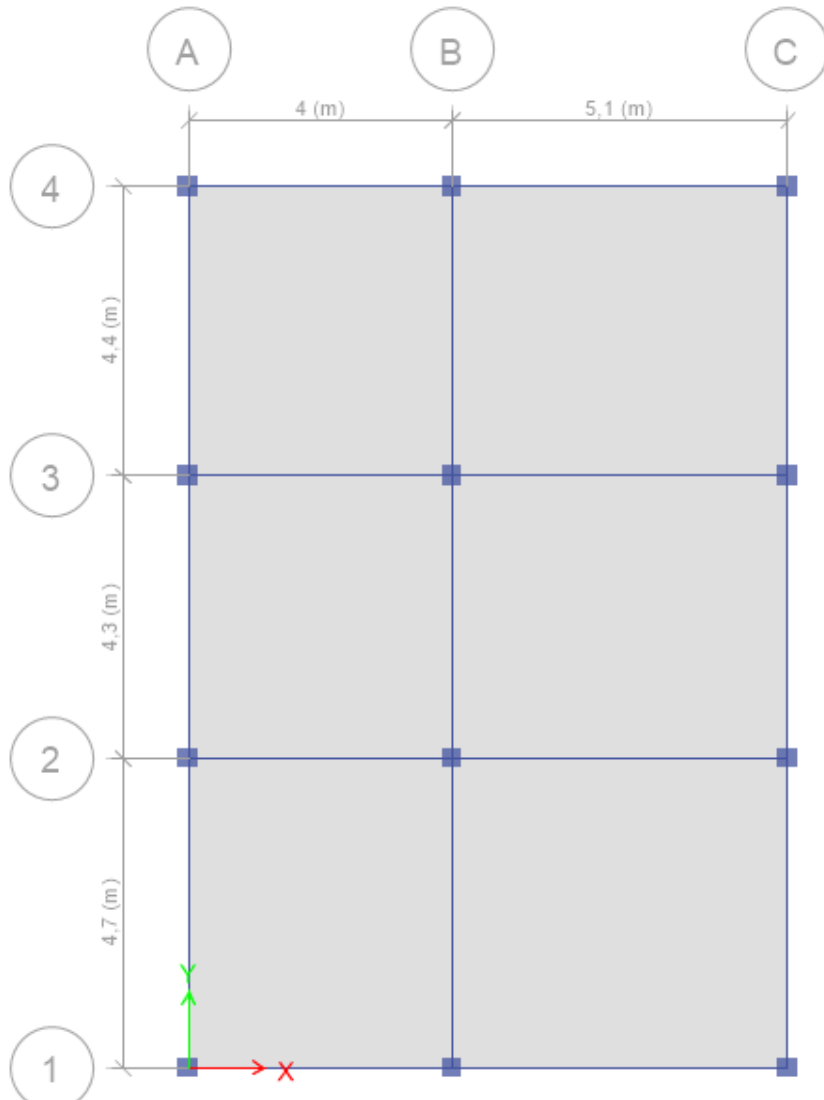


Elaborado por: Evelyn Jiménez

El Espectro Específico presenta una aceleración mayor que el dado por la norma NEC-15 para estructuras que tengan un período fundamental entre 0,1s – 0,4s, dentro de este periodo fundamental se encuentran estructuras entre 1 y 2 pisos de altura.

4.2.7. Resultados Estructuras Tipo

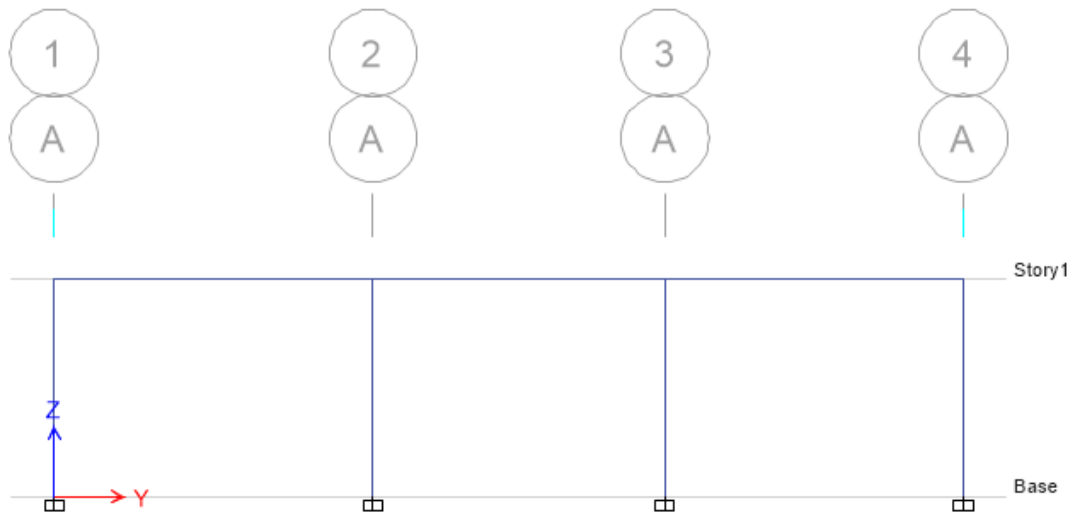
Figura 44.- Vista en planta de la Estructura 1



Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

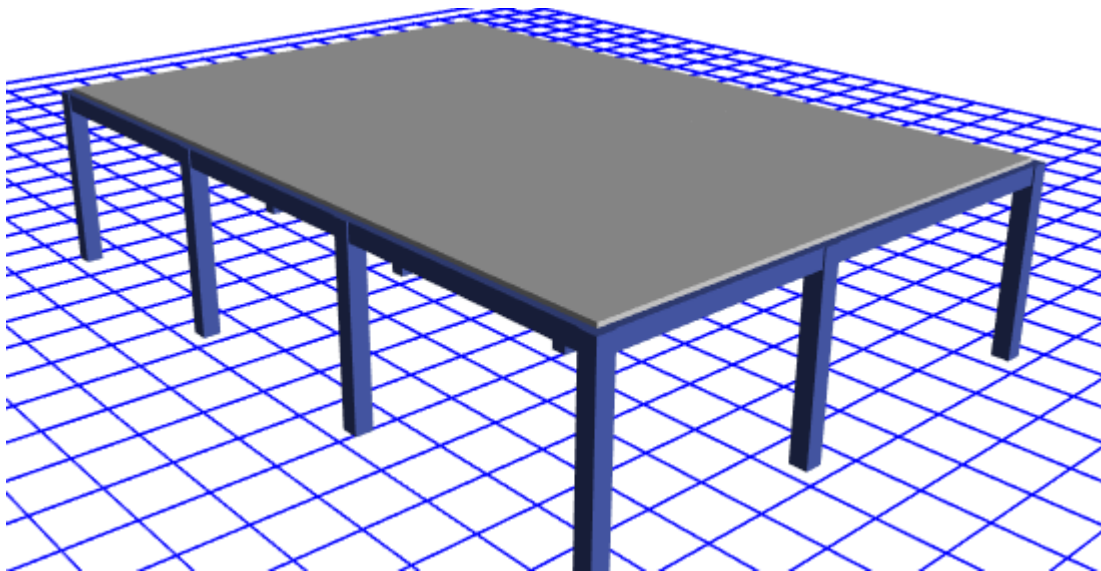
Figura 45.- Vista en elevación de la Estructura 1



Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

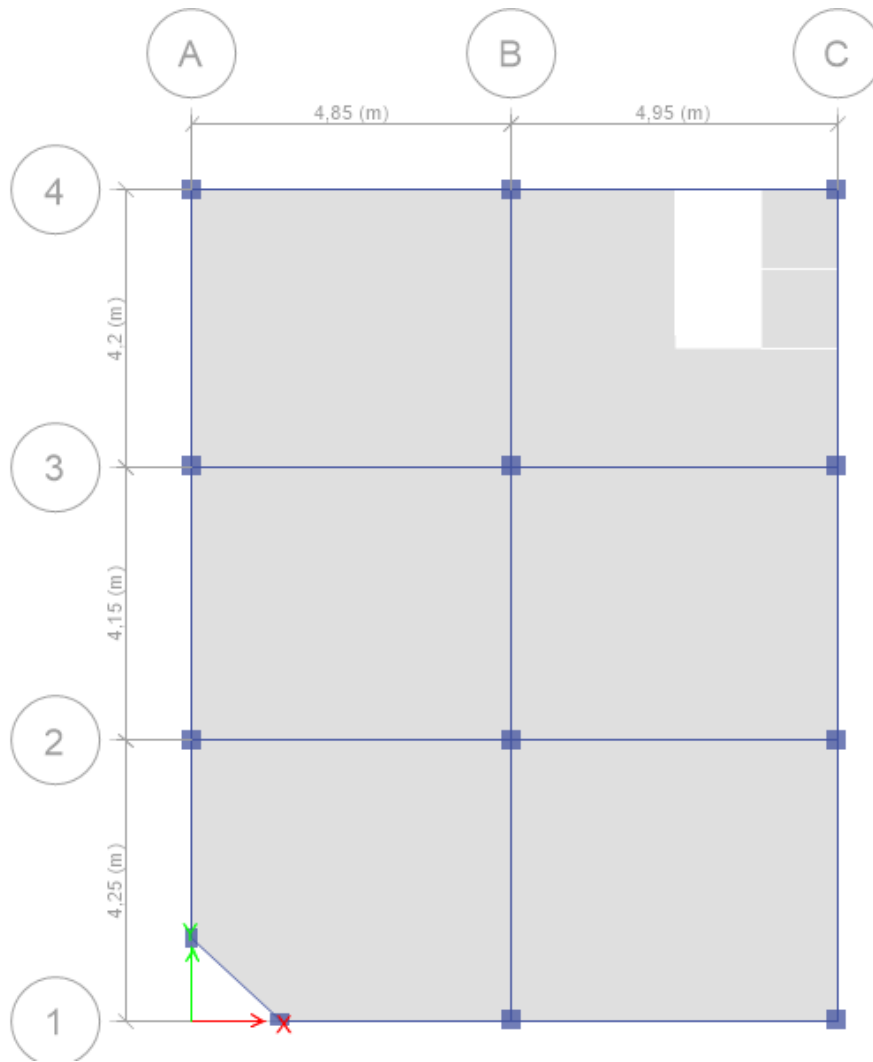
Figura 46.- Vista 3D de la Estructura 1



Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

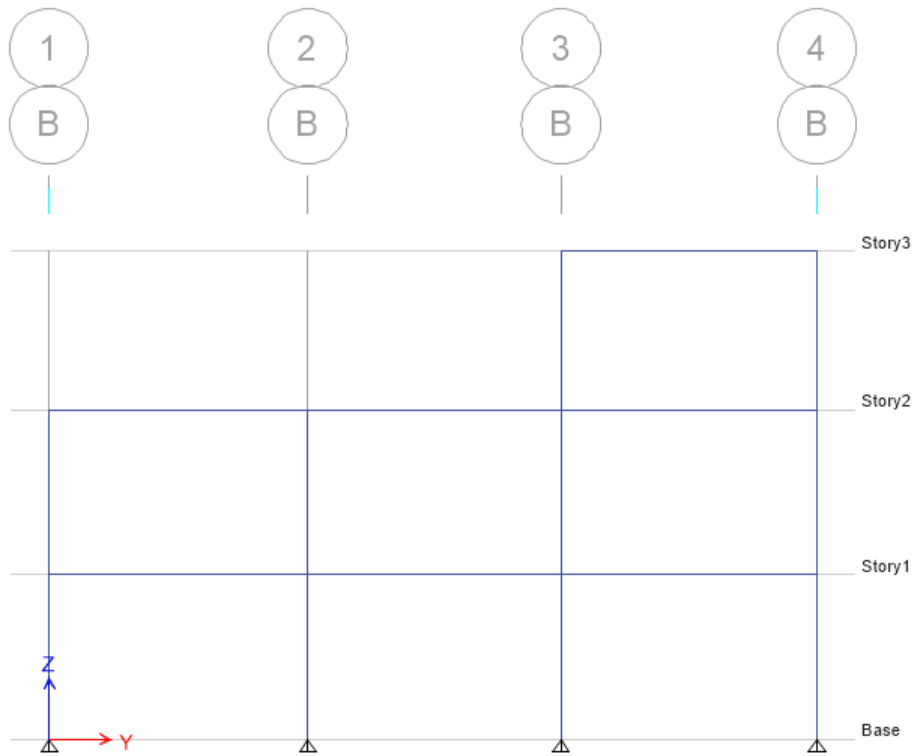
Figura 47.- Vista en planta de la Estructura 2



Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

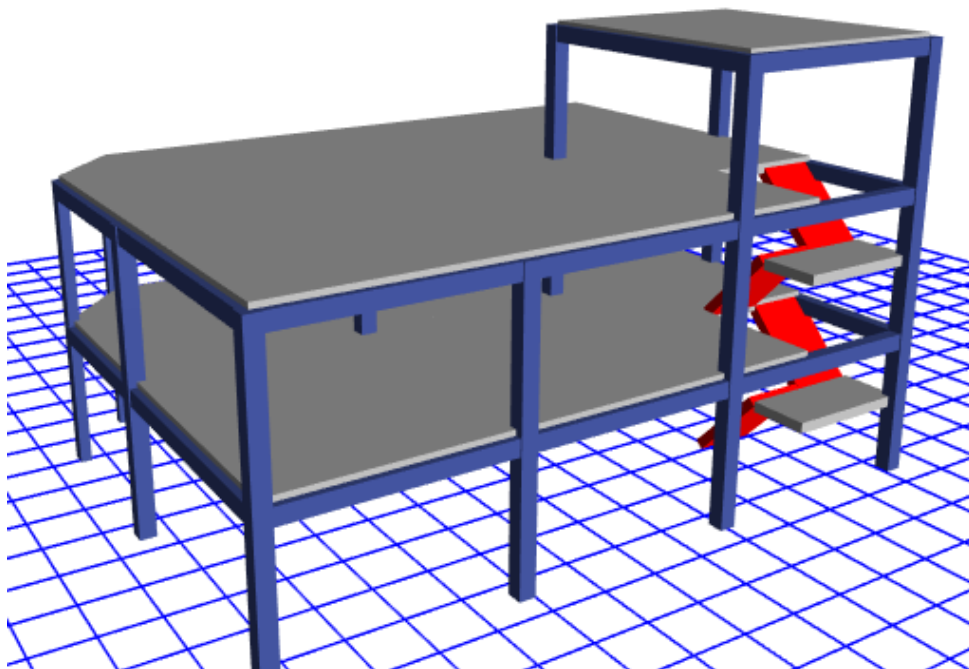
Figura 48.- Vista en elevación de la Estructura 2



Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

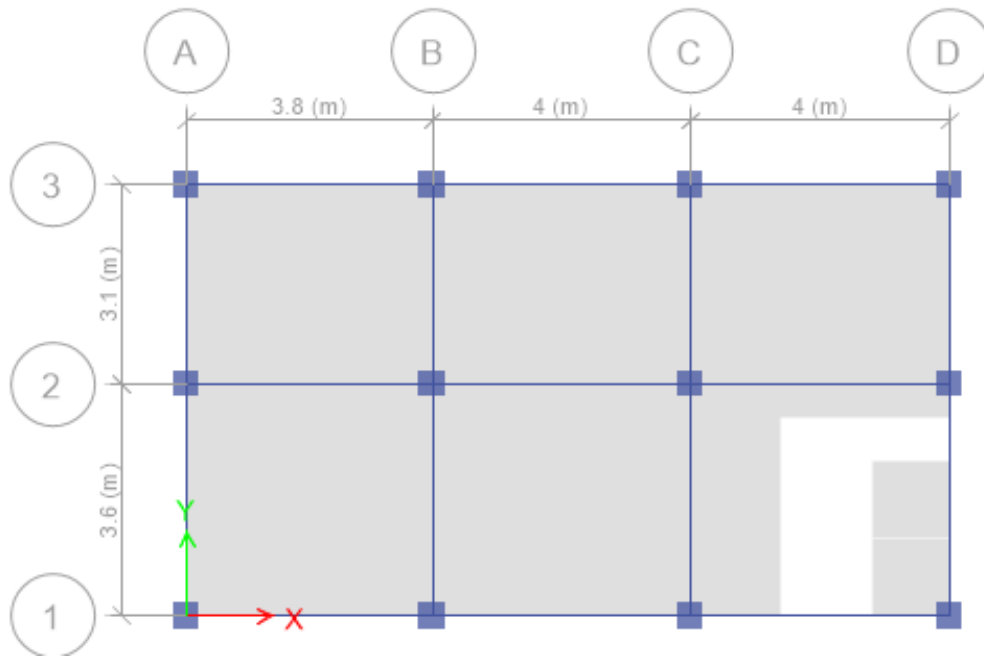
Figura 49.- Vista 3D de la Estructura 2



Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

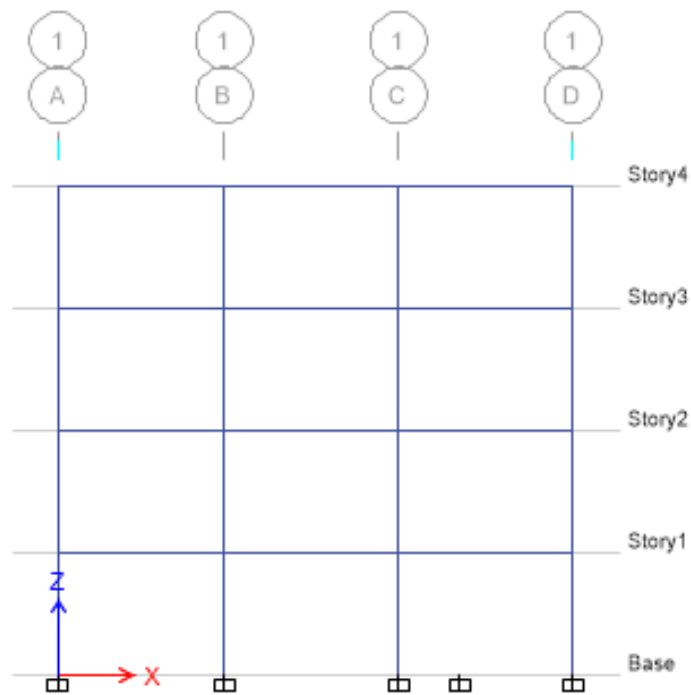
Figura 50.- Vista en planta de la Estructura Tipo 3



Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

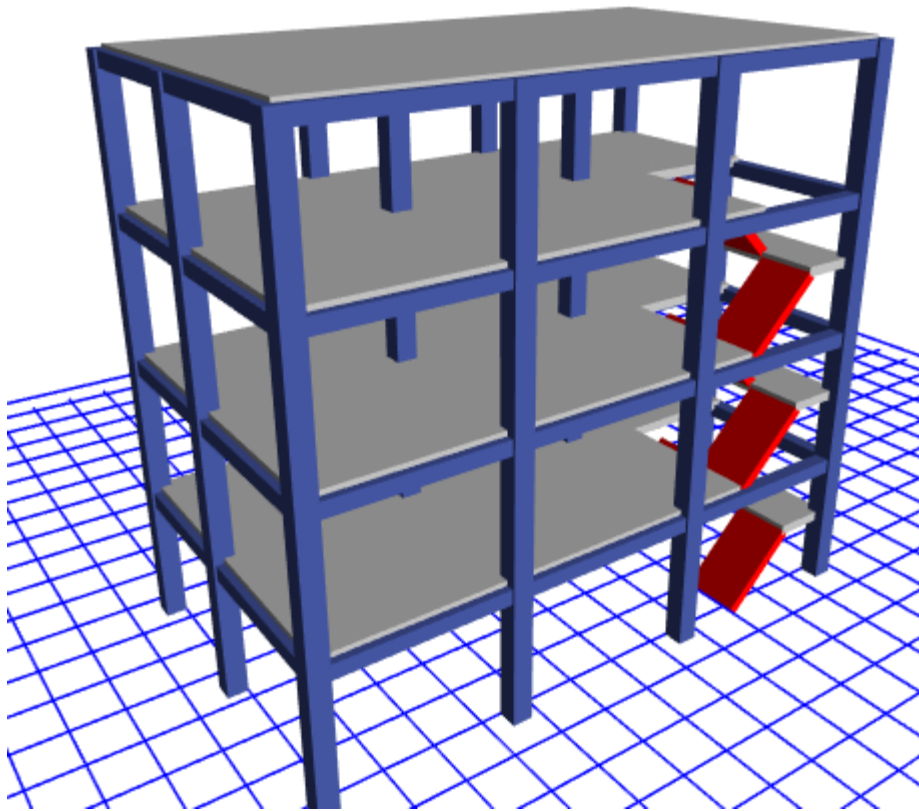
Figura 51.- Vista en elevación de la Estructura Tipo 3



Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

Figura 52.- Vista 3D de la Estructura Tipo 3



Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

CHEQUEO ESTÁTICO

PERIODOS DE VIBRACIÓN

El valor del periodo fundamental T_2 será calculado en base a las propiedades estructurales y las características de deformación de los elementos resistentes por medio de un análisis modal: [14]

Dónde

T_1 = Periodo fundamental de vibración (NEC 2015)

T_2 = Periodo fundamental de vibración (Etabs 2016)

Tabla 33.- Periodos de Vibración calculados con la NEC 2015(T_1)

Estructura Tipo 1	
NEC-15	0.201 s
Estructura Tipo 2	
NEC-15	0.357s
Estructura Tipo 3	
NEC-15	0.511s

Elaborado por: Evelyn Jiménez

Tabla 34.- Periodos de Vibración Etabs 2016(T_2)

Primer período de vibración de la Estructura	
Estructura Tipo 1	
NEC-15	0.378s
Espectro Específico	
Estructura Tipo 2	
NEC-15	0.499s
Espectro Específico	
Estructura Tipo 3	
NEC-15	0.596s
Espectro Específico	

Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

Estructura Tipo 1

$$T1 \leq T2 \leq 1,3 T1$$

$$0,20 < 0,378 < 0,26$$

El periodo fundamental de vibración $T2$ no se encuentra en el rango establecido ya que es mayor es decir es una estructura más flexible de lo que recomienda la NEC-15.

Estructura Tipo 2

$$T1 \leq T2 \leq 1,3 T1$$

$$0,357 < 0,499 < 0,4641$$

El periodo fundamental de vibración $T2$ no se encuentra en el rango establecido ya que es mayor es decir es una estructura más flexible de lo que recomienda la NEC-15.

Estructura Tipo 3

$$T1 \leq T2 \leq 1,3 T1$$

$$0,511 < 0,596 < 0,6643$$

El periodo fundamental de vibración $T2$ se encuentra en el rango establecido.

DERIVA DE PISO

Para la revisión de las derivas de piso se utilizará el valor de la respuesta máxima inelástica en desplazamientos ΔM de la estructura, causada por el sismo de diseño. [14]

La deriva máxima inelástica ΔM de cada piso se calculará en base a la siguiente expresión establecida por la NEC 2015: [14]

$$\Delta i = 0.75 * R * \Delta e$$

Donde:

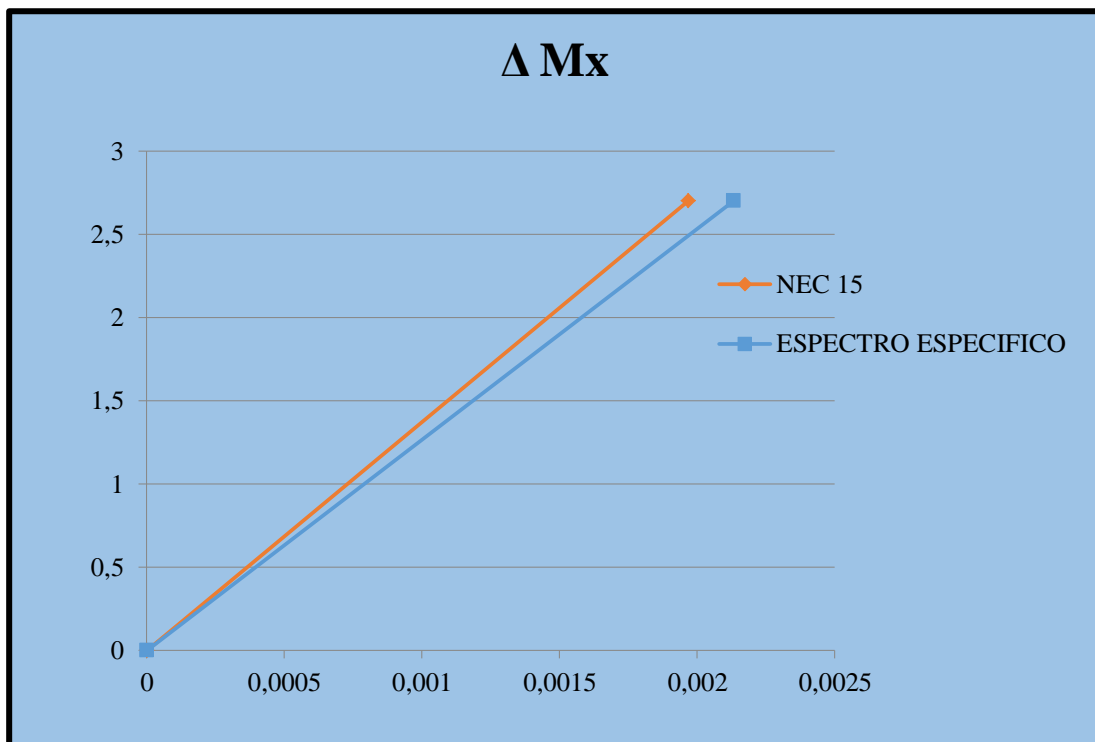
Δi = Deriva máxima inelástica

ΔE = Deriva elástica obtenida en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas

R = Factor de reducción de resistencia sísmica

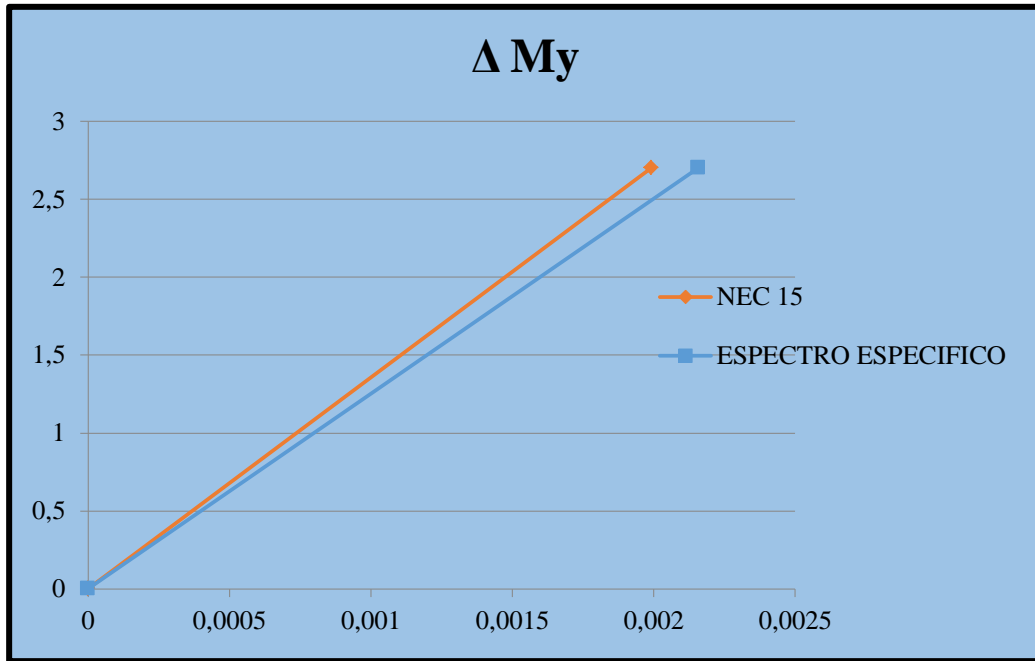
Las siguientes graficas nos muestran la comparación de las derivas elásticas obtenidas con el espectro de la NEC 2015 y el espectro específico.

Figura 53.- Derivas Mx de Piso Estructura Tipo 1



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Figura 54.- Derivas My de Piso Estructura Tipo 1



Elaborado por: Evelyn Jiménez

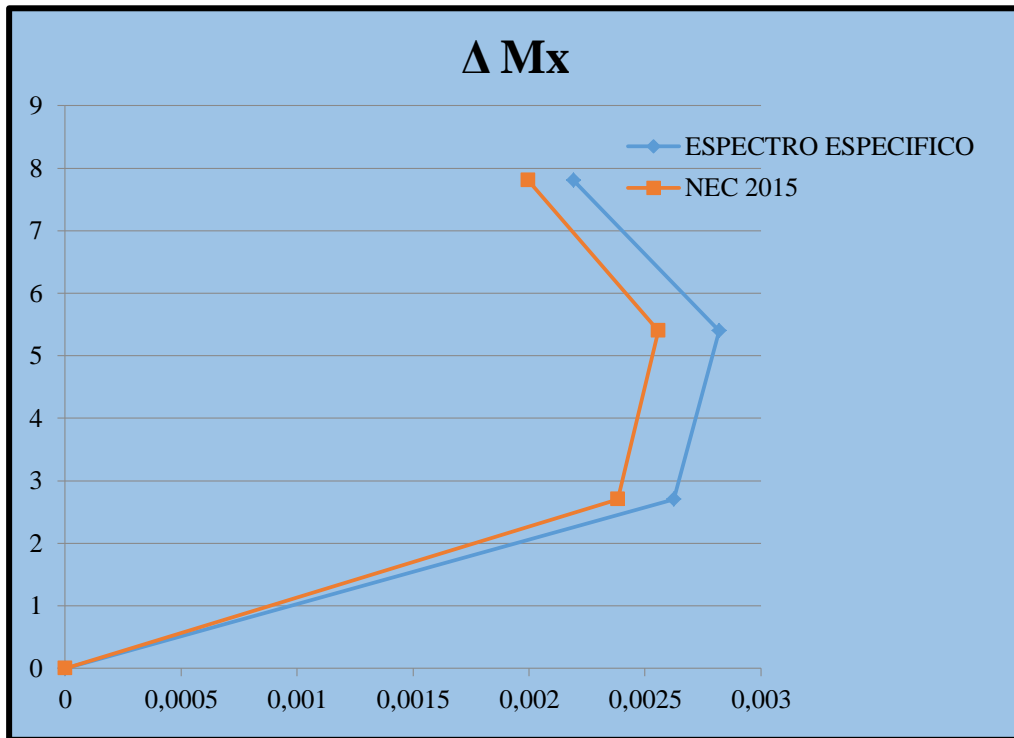
Tabla 35.- Derivas de Piso Estructura Tipo 1

Estructura Tipo 1				
NEC 2015				
Piso	Δx	Δi x	Δy	Δi y
1	0.001968	1.18%	0.001991	1.19%
ESPECTRO ESPECIFICO				
Piso	Δx	Δi x	Δy	Δi y
1	0.002133	1.28%	0.002158	1.29%

Elaborado por: Evelyn Jiménez

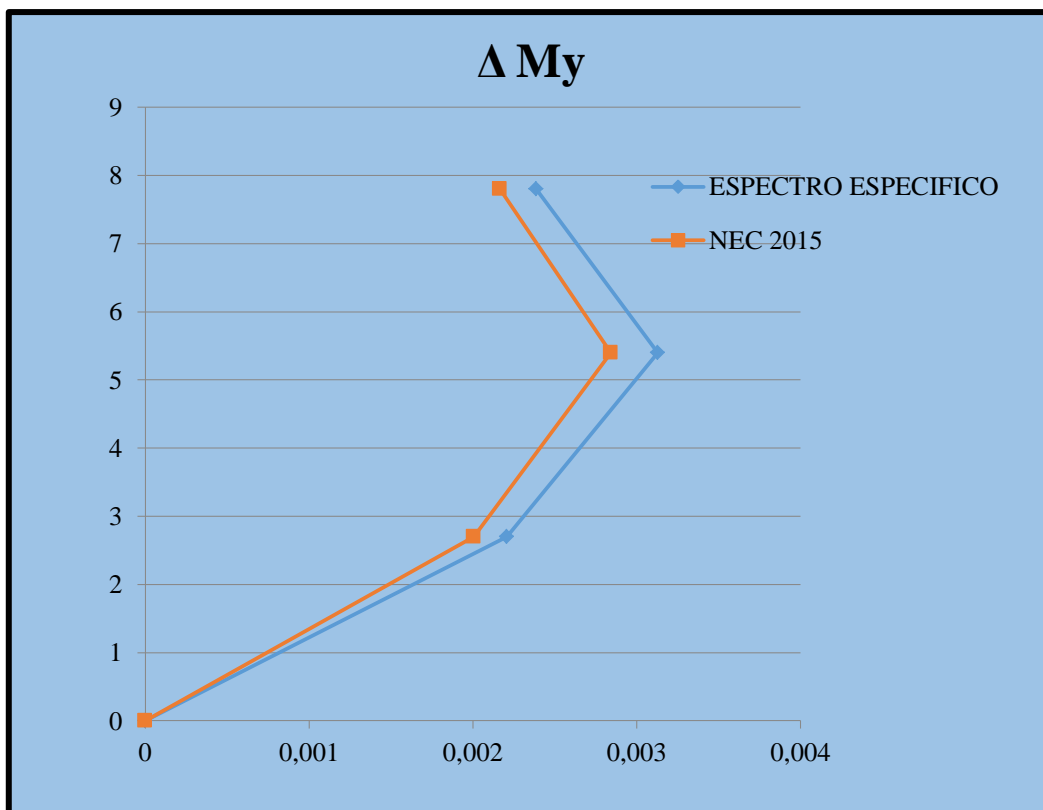
El porcentaje máximo de la deriva de piso debe ser máximo 2% como establece la norma NEC 2015 la Estructura Tipo 1 cumple con esta condición en el sentido x y en el sentido y.

Figura 55.- Derivas Mx de Piso Estructura Tipo 2



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Figura 56.- Derivas My de Piso Estructura Tipo 2



Elaborado por: Evelyn Jiménez

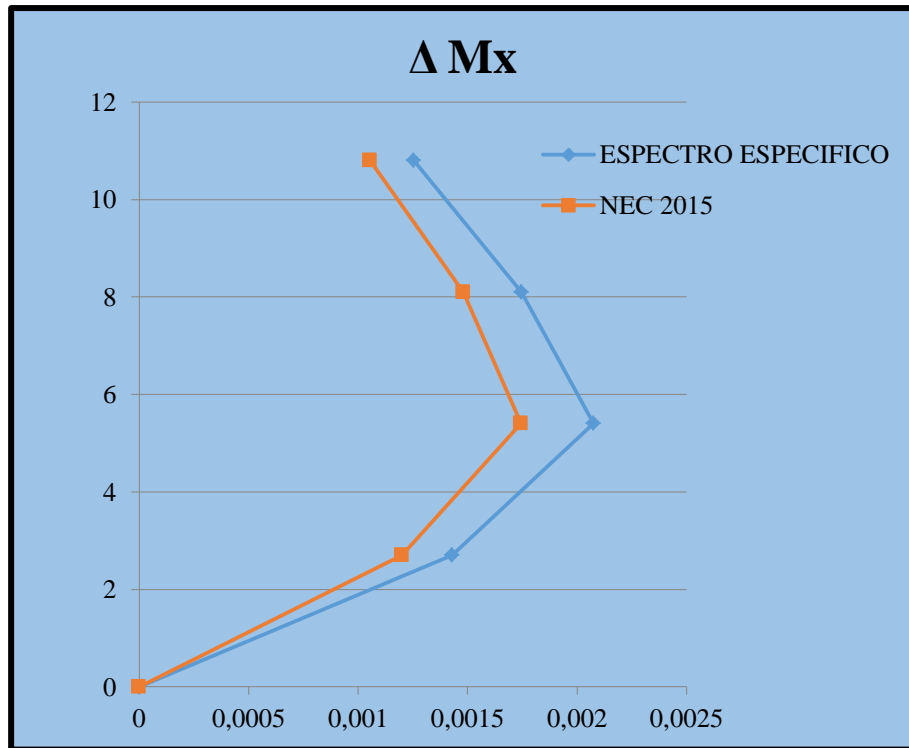
Tabla 36.- Derivas de Piso Estructura Tipo 2

Estructura Tipo 2				
NEC 2015				
Piso	Δx	$\Delta i x$	Δy	$\Delta i y$
1	0.002625	1.58%	0.002209	1.33%
2	0.002819	1.69%	0.003131	1.88%
3	0.002193	1.32%	0.002387	1.43%
ESPECTRO ESPECIFICO				
Piso	Δx	$\Delta i x$	Δy	$\Delta i y$
1	0.002382	1.43%	0.002005	1.20%
2	0.002558	1.53%	0.002842	1.71%
3	0.001997	1.20%	0.002166	1.30%

Elaborado por: Evelyn Jiménez

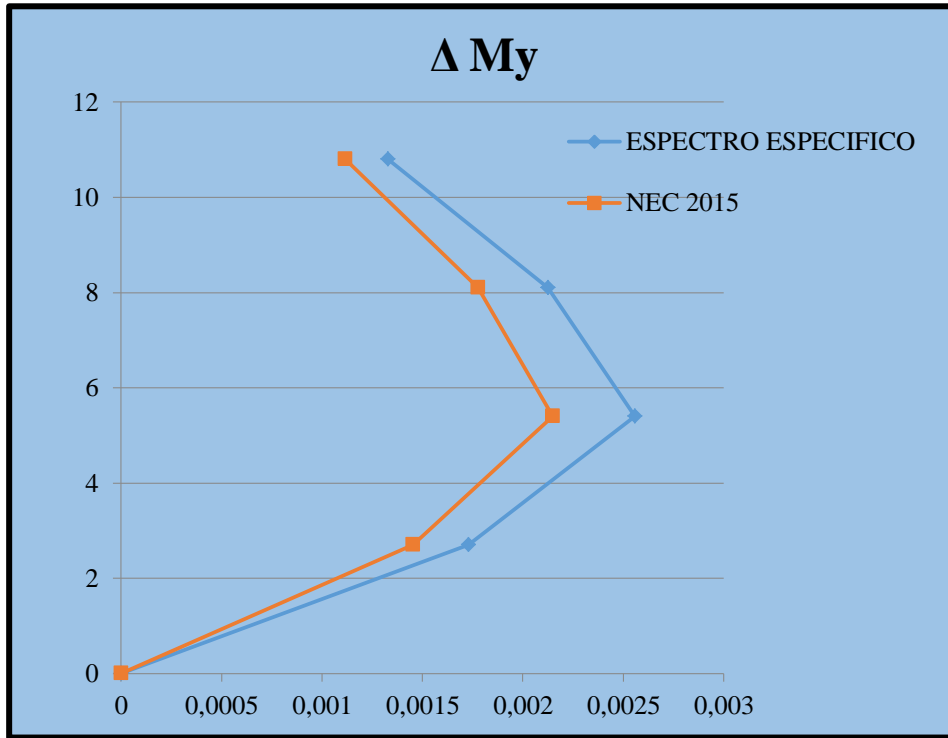
El porcentaje máximo de la deriva de piso debe ser máximo 2% como establece la norma NEC 2015 la Estructura Tipo 2 cumple con esta condición en el sentido x y en el sentido y.

Figura 57.- Derivas Mx de Piso Estructura Tipo 3



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Figura 58.- Derivas My de Piso Estructura Tipo 3



Elaborado por: Evelyn Jiménez

Tabla 37.- Derivas de Piso Estructura Tipo 3

Estructura Tipo 3				
NEC 2015				
Piso	Δx	Δi x	Δy	Δi y
1	0.001429	0.86%	0.001729	1.04%
2	0.002076	1.25%	0.002559	1.54%
3	0.001746	1.05%	0.002125	1.28%
4	0.001255	0.75%	0.001329	0.80%
ESPECTRO ESPECIFICO				
Piso	Δx	Δi x	Δy	Δi y
1	0.001201	0.72%	0.001453	0.87%
2	0.001744	1.05%	0.00215	1.29%
3	0.001482	0.89%	0.001777	1.07%
4	0.001055	0.63%	0.001116	0.67%

Elaborado por: Evelyn Jiménez

El porcentaje máximo de la deriva de piso debe ser máximo 2% como establece la norma NEC 2015 la Estructura Tipo 3 cumple con esta condición en el sentido x y en el sentido y.

PARTICIPACIÓN MODAL

El número de modos que se deben considerar para el análisis dinámico deben ser todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas. [14]

Tabla 38.- Modos necesarios para la acumulación del 90% de la masa

Estructura Tipo 1		
MODO	Sum Ux	Sum Uy
2	0.9987	0.9910
Estructura Tipo 2		
MODO	Sum Ux	Sum Uy
3	0.9423	0.9278
Estructura Tipo 3		
MODO	Sum Ux	Sum Uy
5	0.9367	0.915

Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

MODOS DE VIBRACION DE LA ESTRUCTURA

En la siguiente tabla se indica los modos de vibración de las estructuras analizadas.

Para obtener el porcentaje torsional se divide el valor de Rz para el mayor valor de Ux o Uy. Cuando este porcentaje es mayor al 30% es un modo de vibración rotacional y cuando este es menor es un modo de vibración traslacional.

Tabla 39.- Modos de vibración

Estructura Tipo 1					
# Modo	Ux	Uy	Rz	% torsional	Modo de vibración
1	0.0904	0.8994	0.0104	1.156326	Traslacional
2	0.9083	0.0917	0.002814	0.30981	Traslacional
3	0.0013	0.0965	0.917	950.2591	Rotacional

Estructura Tipo 2					
# Modo	Ux	Uy	Rz	% torsional	Modo de vibración
1	0.5013	0.2154	0.1353	26.98983	Traslacional
2	0.3157	0.4879	0.0193	3.955729	Traslacional
3	0.1253	0.0444	0.4462	356.1053	Rotacional
Estructura Tipo 3					
# Modo	Ux	Uy	Rz	% torsional	Modo de vibración
1	0.2032	0.5079	0.1129	22.22879	Traslacional
2	0.5977	0.2156	0.0026	0.435001	Traslacional
3	0.0162	0.09863	0.6914	701.0038	Rotacional

Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

TORSIÓN

Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente aun eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. [14]

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

Tabla 40.-Derivas de la Estructura Tipo 1

Estructura Tipo 1				
	NEC-15		Espectro Específico	
	X	Y	X	Y
$\Delta 1$	0.0064	0.0063	0.0061	0.0054
$\Delta 2$	0.0069	0.0062	0.0066	0.0056
$1.2 * (\Delta 1 + \Delta 2) / 2$	0.0079	0.0075	0.0076	0.0066

Elaborado por: Evelyn Jiménez

Tabla 41.-Derivas de la Estructura Tipo 1 Etabs 2016

Estructura Tipo 1				
	NEC-15		Espectro Específico	
	X	Y	X	Y
Δ espectral máxima	0.006714	0.006697	0.005667	0.005659

Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

NEC-15

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

0.006714 < 0.0079 ∴ Posee torsión

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

0.006697 < 0.0075 ∴ Posee torsión

Espectro Específico

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

0.005667 < 0.0076 ∴ Posee torsión

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

0.005659 < 0.0066 ∴ Posee torsión

Podemos observar del chequeo a torsión que la estructura tipo 1 posee torsión tanto con la norma NEC 2015 como con el espectro específico.

Tabla 42.-Derivas de la Estructura Tipo 2

Estructura Tipo 2				
	NEC-15		Espectro Específico	
	X	Y	X	Y
Δ1	0.0105	0.00471	0.01196	0.00525
Δ2	0.00606	0.00493	0.00722	0.00599
1.2 * (Δ1+Δ2)/2	0.009936	0.005784	0.011508	0.006744

Elaborado por: Evelyn Jiménez

Tabla 43.-Derivas de la Estructura Tipo 2 Etabs 2016

Estructura Tipo 2				
	NEC-15		Espectro Específico	
	X	Y	X	Y
Δ espectral máxima	0.013928	0.012213	0.01592	0.014386

Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

NEC-15

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

0.0139 > 0.0099.: No posee torsión

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

0.012213 > 0.005784.: No posee torsión

Espectro Específico

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

0.01592 > 0.011508.: No posee torsión

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

0.014386 > 0.006744.: No posee torsión

Podemos observar del chequeo a torsión que la estructura tipo 2 no posee torsión con la norma NEC 2015 ni con el espectro específico.

Tabla 44.-Derivas de la Estructura Tipo 3

Estructura Tipo 3				
	NEC-15		Espectro Específico	
	X	Y	X	Y
Δ1	0.1039	0.1476	0.0112	0.0154
Δ2	0.0932	0.0732	0.0103	0.0083
1.2 * (Δ1+Δ2)/2	0.11826	0.13248	0.0129	0.01422

Elaborado por: Evelyn Jiménez

Tabla 45.-Derivas de la Estructura Tipo 3 Etabs 2016

Estructura Tipo 3				
	NEC-15		Espectro Específico	
	X	Y	X	Y
Δ espectral máxima	0.096878	0.10082	0.010576	0.01064

Fuente: ETABS

Elaborado por: Evelyn Jiménez

NEC-15

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

0.096878 < 0.11826∴ Posee torsión

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

0.10082 < 0.13248∴ Posee torsión

Espectro Específico

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

0.010576 < 0.0129∴ Posee torsión

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

0.01064 < 0.01422∴ Posee torsión

Podemos observar del chequeo a torsión que la estructura tipo 3 posee torsión tanto con la norma NEC 2015 como con el espectro específico.

CHEQUEO DINÁMICO

El valor del cortante dinámico total en la base de la estructura obtenido por cualquier método de análisis dinámico debe cumplir que: [14]

V dinámico ≥ 80% V estático (estructuras regulares)

V dinámico ≥ 85% V estático (estructuras irregulares)

Tabla 46.- Porcentaje del cortante basal V Estructura Tipo 1

Estructura Tipo 1						
Sentido	NEC-15			Espectro Específico		
	V estático (ton)	V dinámico (ton)	V dinámico / V estático	V estático (ton)	V dinámico (ton)	V dinámico / V estático
x	18.23	15.28	83.82 %	15.45	14.67	94.95%
y	18.23	15.03	82.45%	15.45	14.32	92.68%

Elaborado por: Evelyn Jiménez

El valor del cortante basal V deber ser mínimo 80% para estructuras regulares y podemos observar que el cortante cumple en todos los sentidos con la norma NEC 2015y el espectro específico.

Tabla 47.- Porcentaje del cortante basal V Estructura Tipo 2

Estructura Tipo 2						
Sentido	NEC-15			Espectro Específico		
	V estático (ton)	V dinámico (ton)	V dinámico / V estático	V estático (ton)	V dinámico (ton)	V dinámico / V estático
x	42.28	27.32	64.62%	38.40	31.80	82.81%
y	42.28	20.63	48.79%	38.40	24.44	63.64%

Elaborado por: Evelyn Jiménez

El valor del cortante basal V deber ser mínimo 85% para estructuras regulares y podemos observar que el cortante no cumple en todos los sentidos con la norma NEC 2015y el espectro específico.

Tabla 48.- Porcentaje del cortante basal V Estructura Tipo 3

Estructura Tipo 3						
Sentido	NEC-15			Espectro Específico		
	V estático (ton)	V dinámico (ton)	V dinámico / V estático	V estático (ton)	V dinámico (ton)	V dinámico / V estático
x	51.68	29.51	57.10 %	43.42	32.75	75.42%
y	51.68	27.03	82.30%	43.42	28.94	66.65%

Elaborado por: Evelyn Jiménez

El valor del cortante basal V deber ser mínimo 80% para estructuras regulares y podemos observar que el cortante cumple solo en el sentido y con la norma NEC 2015.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

De acuerdo a la hipótesis planteada anteriormente en esta investigación “El estudio del peligro sísmico determinista influye en el nivel de amenaza de las estructuras del cantón Ambato sector la joya de la parroquia Huachi Chico, de la ciudad de Ambato provincia Tungurahua” se determinó que la envolvente de los espectros de aceleración calculados mediante las ecuaciones de atenuación en un intervalo de periodo de vibración de 0.1 a 0.4 segundos genera mayores aceleraciones y supera al espectro de la norma.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La fallas geológica de subducción es la de mayor magnitud y tiene registrada una Mw: 8.9 por su mayor longitud, la falla de mayor magnitud de momento calculada es la de Samanga con Mw: 6.9, pero la falla de Ambato es la más cercana al lugar de estudio.
- El tipo de suelo es arena limosa determinada mediante la tabla de clasificación de los suelo de la SUCS.
- El tipo de perfil de la zona estudiada es D el cual se determino en base al número de golpes y con la tabla de Clasificación de los suelos de la NEC 2015
- Las respuestas de aceleración espectral dependerán de la distancia al epicentro y para fallas de subducción dependerán de la profundidad a la que se libere la energía para producir un sismo.
- El espectro que generó la mayor respuesta fue el de la falla Samanga ya que dicha falla supero al espectro de la NEC2015.
- Del espectro especifico se podrán tener aceleraciones de hasta 1.43 g en un intervalo de 0.10 a 0.40 segundos siendo éstos valores mayores en comparación a los obtenidos con el espectro de la NEC 2015, por lo que las estructuras en el sitio de análisis deberán ser calculadas para aceleraciones mayores a las obtenidas con el espectro de la NEC 2015 en los rangos de periodo T especificados (0.10 a 0.40 seg.).
- Para las estructuras tipo 1 de 1 piso el espectro específico genera mayores aceleraciones ya que los periodos de estas estructuras están en el rango de 0,1 a 0,4 seg mientras que para la estructura de tipo 2 de 2 pisos con tapa gradas y la estructura tipo 3 de 4 pisos, el espectro de la NEC-15 resulta ser más crítico ya que su periodo es mayor a 0,4 seg.
- Las estructuras Tipo 1,2 y 3 con el Espectro dado por la norma NEC 2015 y con el Espectro especifico no superan la deriva máxima de piso dad por la norma.
- El valor del cortante basal V de la estructura tipo 3 cumple solo en el sentido "y" con la norma NEC 2015 por lo cual necesita un factor de corrección.

- El valor del cortante basal V de la estructura tipo 2 no cumple en ningún sentido con la norma NEC 2015 y el espectro específico por lo cual necesita un factor de corrección.
- El valor del cortante basal V de la estructura tipo 1 cumple en todos los sentidos con la norma NEC 2015 y el espectro específico.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el Cantón Ambato cuente con un mapa de microzonificación de suelos de acuerdo a la NEC-15, además de un mapa de isoaceleraciones Vs30 para Peligro Sísmico.
- Se recomienda seguir realizando estudios de este tipo ya que el Cantón Ambato no cuenta con estudios enfocados en este tema sísmico y es de gran importancia por los eventos dados en el país, y sería de gran ayuda para futuros acontecimientos.
- Se recomienda utilizar un Espectro Específico para el análisis de las estructuras especialmente las estructuras de categoría esencial y especial.

C.- MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

[1] “Notimérica”. Internet: <http://www.notimerica.com/sociedad/noticia-producen-tantos-terremotos-ecuador-20160417161113.html>, Jul 11,2016 [Oct. 25,2017].

[2] La Hora. (2002). Ambato necesita identificar zonas de alto riesgo. En línea. Disponible: <https://lahora.com.ec/noticia/1000077460/ambato-necesita-identificar-zonas-de-alto-riesgo>

[3] Z.A. Bardales. “Análisis de Peligro Sísmico y Estimado del Movimiento Sísmico de Diseño”, Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), Perú, 2016.

[4] Rebeca Sánchez. "La microzonificación sísmica para la reducción del riesgo sísmico." Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, Vol 26 N° 2 ,pp 3-6., 2011. En línea. Disponible http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652011000200001&lng=es&tlng=es.

[5] “AstroCiencias Ecuador” En línea. Disponible: <https://astrocienciasecu.blogspot.com/2016/04/principales-terremotos-en-el-ecuador.html>

[6] “Astronomía” En línea. Disponible: <http://www.astromia.com/tierraluna/tectonica.htm>
<http://www.astromia.com/tierraluna/terremotos.htm>

[7] “La Ciencia y sus Demonios” En línea. Disponible: <https://lacienciaysusdemonios.com/2015/06/23/tectonica-de-placas-para-la-reflexion/>
Jun. 23, 2015 [Feb. 20, 2018]

[8] Vidal, F. Los Terremotos y sus Causas. En línea. Disponible: [http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-ETA-C1/\\$File/ETA-C1.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-ETA-C1/$File/ETA-C1.pdf)

[9] J.Tarback, K. Lutgens, y D.Tasa, Ciencias De La Tierra. Madrid, Pearson Educación S. A., 2005,pp 53-55, 295-301

[10] G,Hernández “Conceptos básicos sobre terremotos y las causas que lo originan, proyecto de prevención y mitigación del riesgo en el colegio Nicolás Gómez Dávila I.E.D” Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia(2012) En línea. Disponible: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12146/1/gerardohernandezortiz.2012.pdf>

[11] F. Cobos “ESTUDIO DE PELIGRO SÍSMICO DETERMINISTA PARA LAS ESTRUCTURAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CAMPUS

HUACHI” Tesis, Universidad Tecnica de Ambato, Ambato, Ecuador (2007) En línea. Disponible:

<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25147/1/Tesis%201100%20-%20Cobos%20Torres%20Fabricio%20Pa%C3%BA1.pdf>

[12] Z. Aguilar.” ANALISIS DE PELIGRO SISMICO Y ESTIMADO DEL MOVIMIENTO SISMICO DE DISEÑO”. ”Universidad Nacional de Ingeniería (Peru)” pp 1-6

https://www.researchgate.net/publication/237684107_ANALISIS_DE_PELIGRO_SISMICO_Y_ESTIMADO_DEL_MOVIMIENTO_SISMICO_DE_DISENO

[13] Wells, Coppersmith. (Agosto, 1994). Nuevas relaciones empíricas entre la magnitud, longitud de rotura, ancho de rotura, ruptura de la zona, y desplazamiento de la superficie. En línea. Disponible: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.527.9732&rep=rep1&type=pdf>

[14] Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015(Peligro Sísmico). En Línea. Disponible:

<http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>

[15] Instituto Geofísico-Escuela Politécnica Nacional. (2013). Informe Sísmico Para El Ecuador. En línea. Disponible: <http://www.igepn.edu.ec/>

[16] Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2013). En línea. Disponible: <http://www.igepn.edu.ec/cayambe/805-terremoto-del-5-de-agosto-de-1949>

[17] Taipe, L. (2013). Análisis de las ecuaciones de predicción de movimiento de suelo para el Ecuador utilizando datos registrados durante el periodo 2000-2011 en estaciones sísmicas de banda ancha y acelerógrafos. En línea. Disponible: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6447/1/CD-4961.pdf>

[18] NTE INEN 0689. En línea. Diponible: <https://archive.org/details/ec.nte.0687.1982>

[19] Boore,D., Atkinson, M. Ecuaciones de predicción de movimiento del suelo para el componente horizontal promedio de PGA, PGV y PSA amortiguado al 5% en períodos espectrales entre 0,01 s y 10,0 s. En línea. Disponible: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.76.2217&rep=rep1&type=pdf>

[20] Akkar,S., Bommer, J.J.(2010). Ecuaciones empíricas para la predicción de PGA, PGV y aceleraciones espectrales en Europa, la región mediterránea y Oriente Medio. En línea. Disponible: <https://pubs.geoscienceworld.org/ssa/srl/article-abstract/81/2/195/143661>

[21] Kanno, T., Narita, A., Morikawa, N., Fujiwara, H., Fukushima Y. (2006). Una nueva relación de atenuación para el movimiento del suelo fuerte en Japón basado en datos registrados. En línea. Disponible: <https://pubs.geoscienceworld.org/ssa/bssa/article->

abstract/96/3/879/146775/a-new-attenuation-relation-for-strong-ground?redirectedFrom=fulltext

[22] Young, R.R., Chiou, S.-J., Silva, W.J., y Humphery, J.R. (1997). Relaciones Fuertes de atenuación de movimiento en tierra para los terremotos de la zona de subducción. En línea. Disponible:

<http://www.pacificengineering.org/GM%20Attenuation/Strong%20GM%20Attenuation.pdf>

[23] Zhao, J. X. Zhang, J., Asano, A., Ohno, Y., Oouchi, T., Takahashi, T., Ogawa, H., Irikura, K., Thio, H. K., Somerville, P. G., Fukushima, Y. (2006). Relaciones de atenuación del movimiento del suelo fuerte en Japón usando la clasificación del sitio basada en el periodo predominante. En línea. Disponible:

http://www.science.earthjay.com/instruction/CR_eureka/2014_spring/FNR_66/activities/activity_06/lab_06/zhao_etal_2006_attenuation_relations_ground_motion_predominant_period.pdf

2. ANEXOS

ANEXO A



Fotografía 1.- Martinete



Fotografía 2.- Trípode



Fotografía 3.- Motor.



Fotografía 4.- Colocación de medidas en los tubos de penetración.



Fotografía 5.- Muestra de suelo.



Fotografía 6.- Midiendo la muestra de suelo.



Fotografía 7.- Colocando las muestras en el horno.



Fotografía 8.- Muestras en el horno.



Fotografía 9.- Peso de la muestra obtenida en el ensayo.



Fotografía 10.- Colocando la muestra de suelo en los tamices.



Fotografía 11.- Tamizando las muestras obtenidas en el ensayo.

ANEXO B

B- 1.-Coeficientes de amplificación del sitio dependiendo del período

PERIODO	blin	b1	b2
PGA	-0,36	-0,64	-0,14
0,01	-0,36	-0,64	-0,14
0,02	-0,34	-0,63	-0,12
0,03	-0,33	-0,62	-0,11
0,05	-0,29	-0,64	-0,11
0,075	-0,23	-0,64	-0,11
0,1	-0,25	-0,60	-0,13
0,15	-0,28	-0,53	-0,18
0,2	-0,31	-0,52	-0,19
0,25	-0,39	-0,52	-0,16
0,3	-0,44	-0,52	-0,14
0,4	-0,50	-0,51	-0,10
0,5	-0,60	-0,50	-0,06
0,75	-0,69	-0,47	0,00
1	-0,70	-0,44	0,00
1,5	-0,72	-0,40	0,00
2	-0,73	-0,38	0,00
3	-0,74	-0,34	0,00
4	-0,75	-0,31	0,00
5	-0,75	-0,29	0,00
7,5	-0,69	-0,25	0,00
10	-0,65	-0,22	0,00

Fuente: Modelo Boore y Atkinson (2008)

B- 2.-Coeficientes de escala de distancias (Mref=4.5 y Rref=1.0 km para todos los periodos, excepto Rref=5.0 km para pga4nl)

PERIODO	c1	c2	c3	h
PGA	-0.6605	0.1197	-0.01151	1.35
0.01	-0.6622	0.12	-0.01151	1.35
0.02	-0.666	0.1228	-0.01151	1.35
0.03	-0.6901	0.1283	-0.01151	1.35
0.05	-0.717	0.1317	-0.01151	1.35
0.075	-0.7205	0.1237	-0.01151	1.55
0.1	-0.7081	0.1117	-0.01151	1.68
0.15	-0.6961	0.09884	-0.01113	1.86
0.2	-0.583	0.04273	-0.00952	1.98
0.25	-0.5726	0.02977	-0.00837	2.07
0.3	-0.5543	0.01955	-0.0075	2.14
0.4	-0.6443	0.04394	-0.00626	2.24
0.5	-0.6914	0.0608	-0.0054	2.32
0.75	-0.7408	0.07518	-0.00409	2.46
1	-0.8183	0.1027	-0.00334	2.54
1.5	-0.8303	0.09793	-0.00255	2.66
2	-0.8285	0.09432	-0.00217	2.73
3	-0.7844	0.07282	-0.00191	2.83
4	-0.6854	0.03758	-0.00191	2.89
5	-0.5096	-0.02391	-0.00191	2.93
7.5	-0.3724	-0.06568	-0.00191	3
10	-0.09824	-0.138	-0.00191	3.04

Fuente: Modelo Boore y Atkinson (2008)

B- 3.-Coeficientes de escala de magnitud

PERIODO	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	Mh
PGA	-0.53804	-0.5035	-0.75472	-0.5097	0.28805	-0.10164	0	6.75
0.01	-0.52883	-0.49429	-0.74551	-0.49966	0.28897	-0.10019	0	6.75
0.02	-0.52192	-0.48508	-0.73906	-0.48895	0.25144	-0.11006	0	6.75
0.03	-0.45285	-0.41831	-0.66722	-0.42229	0.17976	-0.12858	0	6.75
0.05	-0.28476	-0.25022	-0.48462	-0.26092	0.06369	-0.15752	0	6.75
0.075	0.00767	0.04912	-0.20578	0.02706	0.0117	-0.17051	0	6.75
0.1	0.20109	0.23102	0.03058	0.22193	0.04697	-0.15948	0	6.75
0.15	0.46128	0.48661	0.30185	0.49328	0.1799	-0.14539	0	6.75
0.2	0.5718	0.59253	0.4086	0.61472	0.52729	-0.12964	0.00102	6.75
0.25	0.51884	0.53496	0.3388	0.57747	0.6088	-0.13843	0.08607	6.75
0.3	0.43825	0.44516	0.25356	0.5199	0.64472	-0.15694	0.10601	6.75
0.4	0.3922	0.40602	0.21398	0.4608	0.7861	-0.07843	0.02262	6.75
0.5	0.18957	0.19878	0.00967	0.26337	0.76837	-0.09054	0	6.75
0.75	-0.21338	-0.19496	-0.49176	-0.10813	0.75179	-0.14053	0.10302	6.75
1	-0.46896	-0.43443	-0.78465	-0.3933	0.6788	-0.18257	0.05393	6.75
1.5	-0.86271	-0.79593	-1.20902	-0.88085	0.70689	-0.2595	0.19082	6.75
2	-1.22652	-1.15514	-1.57697	-1.27669	0.77989	-0.29657	0.29888	6.75
3	-1.82979	-1.7469	-2.22584	-1.91814	0.77966	-0.45384	0.67466	6.75
4	-2.24656	-2.15906	-2.58228	-2.38168	1.24961	-0.35874	0.79508	6.75
5	-1.28408	-1.2127	-1.50904	-1.41093	0.14271	-0.39006	0	8.5
7.5	-1.43145	-1.31632	-1.81022	-1.59217	0.52407	-0.37578	0	8.5
10	-2.15446	-2.16137	-2.53323	-2.14635	0.40387	-0.48492	0	8.5

Fuente: Modelo Boore y Atkinson (2008)

ANEXO C

C- 1.- Coeficientes de las ecuaciones 1 y 2 para la predicción de Pseudoaceleración espectral

T	b1	b2	b3	b4	b5	b6
0	1.0416	0.9133	-0.0814	-2.9273	0.2812	7.8664
0.05	2.1153	0.7257	-0.0735	-3.332	0.3353	7.7473
0.1	2.1199	0.7518	-0.0745	-3.1054	0.3025	8.2141
0.15	1.6449	0.8368	-0.0754	-2.7585	0.2549	8.3179
0.2	0.9207	0.9682	-0.079	-2.4926	0.2179	8.2191
0.25	0.1398	1.1307	-0.0876	-2.3382	0.2009	7.2069
0.3	-0.8401	1.3744	-0.1035	-2.1912	0.1814	6.543
0.35	-1.3221	1.4706	-0.1087	-2.1299	0.1749	6.2475
0.4	-1.7032	1.5593	-0.1139	-2.1272	0.1714	6.5717
0.45	-1.972	1.6165	-0.1174	-2.1662	0.177	6.7808
0.5	-2.7693	1.8327	-0.132	-2.1297	0.1688	7.1742
0.55	-3.5167	2.0252	-0.145	-2.0421	0.1562	6.7617
0.6	-3.9276	2.0847	-0.1465	-1.8814	0.1362	6.101
0.65	-4.4949	2.2115	-0.1552	-1.7903	0.1292	5.1914
0.7	-4.6293	2.2176	-0.1549	-1.798	0.135	4.4632
0.75	-4.9505	2.2914	-0.1598	-1.8132	0.1392	4.2795
0.8	-5.3286	2.3839	-0.1657	-1.7727	0.1327	4.3701
0.85	-5.758	2.5064	-0.1748	-1.7707	0.131	4.6219
0.9	-5.8269	2.5029	-0.1737	-1.763	0.1306	4.6539
0.95	-5.9059	2.5141	-0.1742	-1.7985	0.1354	4.8454
1	-6.1707	2.5856	-0.1794	-1.8072	0.136	4.976
1.05	-6.6034	2.6958	-0.1865	-1.7384	0.1249	5.0449
1.1	-6.9038	2.7704	-0.1917	-1.7111	0.1223	5.0098
1.15	-6.9618	2.7586	-0.1889	-1.6659	0.1145	5.089
1.2	-6.9924	2.7343	-0.1849	-1.5912	0.1027	5.0327
1.25	-6.7461	2.6238	-0.1739	-1.5289	0.0913	5.0835
1.3	-6.5172	2.5187	-0.1633	-1.4653	0.0801	5.1442
1.35	-6.5582	2.5224	-0.1631	-1.4822	0.0817	5.2901
1.4	-6.6195	2.5261	-0.1627	-1.4826	0.0821	5.3349
1.45	-6.6274	2.4986	-0.1591	-1.4331	0.0758	5.1941
1.5	-6.7179	2.4949	-0.1569	-1.353	0.0638	5.1575
1.55	-6.8078	2.5029	-0.1563	-1.3123	0.057	5.2744
1.6	-6.8363	2.5101	-0.1568	-1.3326	0.0587	5.5454
1.65	-6.8868	2.5405	-0.16	-1.4093	0.0686	5.9383

1.7	-6.946	2.5715	-0.1629	-1.4768	0.0767	6.366
1.75	-7.0917	2.6294	-0.1679	-1.5404	0.0843	6.8229
1.8	-7.2282	2.6682	-0.1706	-1.5427	0.0833	7.116
1.85	-7.2977	2.6757	-0.17	-1.5094	0.0766	7.3193
1.9	-7.3552	2.6775	-0.1693	-1.4699	0.0707	7.2599
1.95	-7.4072	2.6821	-0.1691	-1.4382	0.0653	7.2534
2	-7.504	2.71	-0.1713	-1.444	0.066	7.2606
2.05	-7.556	2.7274	-0.1729	-1.4579	0.0677	7.4032
2.1	-7.5346	2.7171	-0.1722	-1.4666	0.0694	7.4617
2.15	-7.5081	2.7104	-0.1721	-1.4968	0.0743	7.5127
2.2	-8.0917	2.9116	-0.1892	-1.5564	0.0843	7.7706
2.25	-8.1106	2.9209	-0.1904	-1.5954	0.0905	7.877
2.3	-8.1627	2.9333	-0.1916	-1.6046	0.0928	7.9175
2.35	-7.947	2.8533	-0.1854	-1.5743	0.0908	7.6196
2.4	-7.9668	2.8536	-0.1856	-1.5783	0.0929	7.5964
2.45	-7.9788	2.849	-0.1853	-1.5773	0.0943	7.5034
2.5	-7.884	2.8182	-0.1832	-1.6038	0.0989	7.5395
2.55	-7.681	2.7572	-0.1791	-1.6521	0.1068	7.6189
2.6	-7.7257	2.8204	-0.1872	-1.8878	0.1405	8.1225
2.65	-7.5329	2.7482	-0.1814	-1.8953	0.1436	7.9224
2.7	-7.4159	2.6901	-0.1763	-1.8704	0.1428	7.5
2.75	-7.3454	2.6535	-0.1731	-1.8608	0.1434	7.2667
2.8	-7.2456	2.6103	-0.1695	-1.8561	0.1444	7.1186
2.85	-7.0711	2.5612	-0.1662	-1.9042	0.1513	7.3628
2.9	-6.9933	2.527	-0.163	-1.897	0.1504	7.4504
2.95	-6.9567	2.5101	-0.1614	-1.9013	0.1508	7.6023
3	-6.9292	2.459	-0.1551	-1.768	0.1331	7.2195

Fuente: Akkar y Bommer 2010

C- 2.- Coeficientes de las ecuaciones 1 y 2 para la predicción de
Pseudoaceleración espectral

b7	b8	b9	b10	σ_1	σ_2
0.0875	0.0153	-0.0419	0.0802	0.261	0.0994
0.0471	-0.0243	-0.0426	0.0865	0.272	0.1142
0.0267	-0.0006	-0.0491	0.0791	0.2728	0.1167
0.0258	0.017	-0.0418	0.0784	0.2788	0.1192
0.0656	0.0211	-0.021	0.0844	0.2821	0.1081
0.0981	0.0392	-0.0485	0.0858	0.2871	0.099
0.1285	0.0434	-0.0555	0.0922	0.2902	0.0976
0.1621	0.067	-0.0472	0.09	0.2983	0.1054
0.2122	0.092	-0.0515	0.099	0.2998	0.1101
0.2412	0.1168	-0.052	0.0994	0.3037	0.1123
0.2594	0.1356	-0.0428	0.0858	0.3078	0.1163
0.265	0.1445	-0.0426	0.0695	0.307	0.1274
0.2772	0.1516	-0.0385	0.0593	0.3007	0.143
0.2857	0.1524	-0.0342	0.0511	0.3004	0.1546
0.3035	0.1565	-0.0415	0.0466	0.2978	0.1626
0.3152	0.1633	-0.0405	0.0425	0.2973	0.1602
0.3215	0.1737	-0.0395	0.0337	0.2927	0.1584
0.3352	0.1848	-0.0379	0.0287	0.2917	0.1543
0.3485	0.1906	-0.0288	0.0248	0.2915	0.1521
0.3592	0.1941	-0.0221	0.025	0.2912	0.1484
0.3662	0.1952	-0.0227	0.0212	0.2895	0.1483
0.3728	0.1946	-0.0261	0.0112	0.2888	0.1465
0.3776	0.1942	-0.0266	0.0014	0.2896	0.1427
0.3815	0.194	-0.0209	0.0015	0.2871	0.1435
0.3812	0.1931	-0.0162	0.0041	0.2878	0.1439
0.3878	0.1939	-0.0183	0.0041	0.2863	0.1453
0.3886	0.1927	-0.019	-0.0037	0.2869	0.1427
0.3868	0.1908	-0.0184	-0.009	0.2885	0.1428
0.3863	0.1929	-0.0161	-0.0088	0.2875	0.1458
0.3829	0.1916	-0.0129	-0.0056	0.2857	0.1477
0.3787	0.1881	-0.0121	-0.0022	0.2839	0.1468
0.3727	0.1857	-0.0085	-0.0005	0.2845	0.145
0.3695	0.1815	-0.0053	-6E-05	0.2844	0.1457
0.3653	0.1762	-0.0085	-0.003	0.2841	0.1503
0.3594	0.173	-0.012	-0.0074	0.284	0.1537

0.3528	0.1695	-0.0139	-0.0139	0.284	0.1558
0.3478	0.1674	-0.014	-0.0149	0.2834	0.1582
0.3456	0.1673	-0.0153	-0.0119	0.2828	0.1592
0.3414	0.1633	-0.0156	-0.007	0.2826	0.1611
0.3372	0.1617	-0.0185	-0.0035	0.2832	0.1642
0.333	0.1584	-0.0226	-0.0049	0.2835	0.1657
0.3301	0.155	-0.0263	-0.0073	0.2836	0.1665
0.3265	0.1534	-0.0292	-0.0087	0.2832	0.1663
0.3244	0.1526	-0.0348	-0.0123	0.283	0.1661
0.3135	0.1443	-0.0399	-0.0193	0.283	0.1627
0.31	0.1443	-0.0416	-0.0232	0.283	0.1627
0.3083	0.1441	-0.0424	-0.0263	0.2829	0.1633
0.3207	0.1432	-0.0496	-0.0234	0.2815	0.1632
0.318	0.143	-0.0491	-0.0257	0.2826	0.1645
0.314	0.1432	-0.0481	-0.0264	0.2825	0.1665
0.311	0.1433	-0.0471	-0.0277	0.2818	0.1681
0.3088	0.1434	-0.0461	-0.0282	0.2818	0.1688
0.3112	0.1426	-0.0511	-0.0297	0.2838	0.1741
0.3094	0.1422	-0.0502	-0.0293	0.2845	0.1759
0.3069	0.1407	-0.0489	-0.0296	0.2854	0.1772
0.3064	0.1405	-0.0474	-0.0292	0.2862	0.1783
0.3053	0.1392	-0.0473	-0.0275	0.2867	0.1794
0.3051	0.1393	-0.0452	-0.0278	0.2869	0.1788
0.3036	0.1378	-0.042	-0.0262	0.2874	0.1784
0.2999	0.1358	-0.0386	-0.0249	0.2872	0.1783
0.2977	0.132	-0.0386	-0.0247	0.2876	0.1785

Fuente: Akkar y Bommer 2010

ANEXO D

D- 1.- Coeficientes de regresión para el modelo de eventos poco profundos de espectros de respuesta de aceleración atenuada de pga 5%

PERIODO	a1	b1	c1	d1	ε1
0	0.56	-0.0031	0.26	0.0055	0.37
0.05	0.54	-0.0035	0.48	0.0061	0.37
0.06	0.54	-0.0037	0.57	0.0065	0.38
0.07	0.53	-0.0039	0.67	0.0066	0.38
0.08	0.52	-0.004	0.75	0.0069	0.39
0.09	0.52	-0.0041	0.8	0.0071	0.4
0.1	0.52	-0.0041	0.85	0.0073	0.4
0.11	0.5	-0.004	0.96	0.0061	0.4
0.12	0.51	-0.004	0.93	0.0062	0.4
0.13	0.51	-0.0039	0.91	0.0062	0.4
0.15	0.52	-0.0038	0.89	0.006	0.41
0.17	0.53	-0.0037	0.84	0.0056	0.41
0.2	0.54	-0.0034	0.76	0.0053	0.4
0.22	0.54	-0.0032	0.73	0.0048	0.4
0.25	0.54	-0.0029	0.66	0.0044	0.4
0.3	0.56	-0.0026	0.51	0.0039	0.39
0.35	0.56	-0.0024	0.42	0.0036	0.4
0.4	0.58	-0.0021	0.26	0.0033	0.4
0.45	0.59	-0.0019	0.13	0.003	0.41
0.5	0.59	-0.0016	0.04	0.0022	0.41
0.6	0.62	-0.0014	-0.22	0.0025	0.41
0.7	0.63	-0.0012	-0.37	0.0022	0.41
0.8	0.65	-0.0011	-0.54	0.002	0.41
0.9	0.68	-0.0009	-0.8	0.0019	0.41
1	0.71	-0.0009	-1.04	0.0021	0.41
1.1	0.72	-0.0007	-1.19	0.0018	0.41
1.2	0.73	-0.0006	-1.32	0.0014	0.41

1.3	0.74	-0.0006	-1.44	0.0014	0.41
1.5	0.77	-0.0005	-1.7	0.0017	0.4
1.7	0.79	-0.0005	-1.89	0.0019	0.39
2	0.8	-0.0004	-2.08	0.002	0.39
2.2	0.82	-0.0004	-2.24	0.0022	0.38
2.5	0.84	-0.0003	-2.46	0.0023	0.38
3	0.86	-0.0002	-2.72	0.0021	0.38
3.5	0.9	-0.0003	-2.99	0.0032	0.37
4	0.92	-0.0005	-3.21	0.0045	0.38
4.5	0.94	-0.0007	-3.39	0.0064	0.38
5	0.92	-0.0004	-3.35	0.003	0.38

Fuente: Kanno 2006

ANEXO E

E- 1.-Relaciones de atenuación para aceleraciones espectrales de respuesta horizontal (amortiguación del 5%) para los terremotos de subducción para el suelo

PERIODO	C1	C2	C3	C*4	C*5	DE
0	0	0	-2.329	1.45	-0.1	0.65
0.075	2.4	-0.0019	-2.697	1.45	-0.1	0.65
0.1	2.516	-0.0019	-2.697	1.45	-0.1	0.65
0.2	1.549	-0.0019	-2.464	1.45	-0.1	0.65
0.3	0.793	-0.002	-2.327	1.45	-0.1	0.65
0.4	0.144	-0.002	-2.23	1.45	-0.1	0.65
0.5	-0.438	-0.0035	-2.14	1.45	-0.1	0.65
0.75	-1.704	-0.0048	-1.952	1.45	-0.1	0.65
1	-2.87	-0.0066	-1.785	1.45	-0.1	0.65
1.5	-5.101	-0.0114	-1.47	1.5	-0.1	0.7
2	-6.433	-0.0164	-1.29	1.55	-0.1	0.75
3	-6.672	-0.0221	-1.347	1.65	-0.1	0.85
4	-7.618	-0.0235	-1.272	1.65	-0.1	0.85

Fuente: Youngs 1997

ANEXO F

F- 1.-Coeficientes para las condiciones de origen y trayectoria

T	a	b	c	d	e	SR	SI	Ss	SsL
0.00	1.101	-0.00564	0.0055	1.080	0.01412	0.251	0.000	2.607	-0.528
0.05	1.076	-0.00671	0.0075	1.060	0.01463	0.251	0.000	2.764	-0.551
0.10	1.118	-0.00787	0.0090	1.083	0.01423	0.240	0.000	2.156	-0.420
0.15	1.134	-0.00722	0.0100	1.053	0.01509	0.251	0.000	2.161	-0.431
0.20	1.147	-0.00659	0.0120	1.014	0.01462	0.260	0.000	1.901	-0.372
0.25	1.149	-0.00590	0.0140	0.966	0.01459	0.027	0.000	1.814	-0.360
0.30	1.163	-0.00520	0.0150	0.934	0.01458	0.259	0.000	2.181	-0.450
0.40	1.2	-0.00422	0.0100	0.959	0.01257	0.248	-0.041	2.432	-0.506
0.50	1.25	-0.00338	0.0060	1.008	0.01114	0.247	-0.053	2.629	-0.554
0.60	1.293	-0.00282	0.0030	1.088	0.01019	0.233	-0.103	2.702	-0.575
0.70	1.336	-0.00258	0.0025	1.084	0.00979	0.220	-0.146	2.654	-0.572
0.80	1.386	-0.00242	0.0022	1.088	0.00944	0.232	-0.164	2.480	-0.540
0.90	1.433	-0.00232	0.0020	1.109	0.00972	0.220	-0.206	2.332	-0.522
1.00	1.479	-0.00220	0.0020	1.115	0.01005	0.211	-0.239	2.233	-0.509
1.25	1.551	-0.00207	0.0020	1.083	0.01003	0.251	-0.256	2.029	-0.469
1.50	1.621	-0.00224	0.0020	1.091	0.00928	0.248	-0.306	1.589	-0.379
2.00	1.694	-0.00201	0.0025	1.055	0.00833	0.263	-0.320	0.966	-0.248
2.50	1.748	-0.00187	0.0028	1.052	0.00776	0.262	-0.337	0.789	-0.221
3.00	1.759	-0.00147	0.0032	1.025	0.00644	0.307	-0.331	1.037	-0.263
4.00	1.826	-0.00195	0.0040	1.044	0.00590	0.353	-0.390	0.561	-0.169
5.00	1.825	-0.00237	0.0050	1.065	0.00510	0.248	-0.498	0.225	-0.120

Fuente: Zhao 2006

F- 2.-Coeficientes para los términos de clase de sitio y error de predicción

CH	C1	C2	C3	C4	Ck	σ	τ	σT
0.239	1.111	1.344	1.355	1.420	1.355	0.604	0.398	0.723
0.939	1.684	1.793	1.747	1.814	1.747	0.640	0.444	0.779
1.499	2.061	2.135	2.031	2.082	2.031	0.694	0.490	0.849
1.462	1.916	2.168	2.052	2.113	2.052	0.702	0.460	0.839
1.280	1.669	2.085	2.001	2.030	2.001	0.692	0.423	0.811
1.121	1.468	1.942	1.941	1.937	1.941	0.682	0.391	0.786
0.852	1.172	1.683	1.808	1.770	1.808	0.670	0.379	0.770
0.365	0.655	1.127	1.482	1.397	1.482	0.659	0.390	0.766
-0.207	0.071	0.515	0.934	0.955	0.934	0.653	0.389	0.760
-0.705	-0.429	-0.003	0.394	0.559	0.394	0.653	0.401	0.766
-1.144	-0.866	-0.449	-0.111	0.188	-0.111	0.652	0.408	0.769
-1.609	-1.325	-0.928	-0.620	-0.246	-0.62	0.647	0.418	0.770
-2.023	-1.732	-1.349	-1.066	-0.643	-1.066	0.653	0.411	0.771
-2.451	-2.152	-1.776	-1.523	-1.084	-1.523	0.657	0.410	0.775
-3.243	-2.923	-2.542	-2.327	-1.936	-2.327	0.660	0.402	0.773
-3.888	-3.548	-3.169	-2.979	-2.661	-2.979	0.664	0.408	0.779
-4.783	-4.410	-4.039	-3.871	-3.640	-3.871	0.669	0.414	0.787
-5.444	-5.049	-4.698	-4.496	-4.341	-4.496	0.671	0.411	0.786
-5.839	-5.431	-5.089	-4.893	-4.758	-4.893	0.667	0.396	0.776
-6.598	-6.181	-5.882	-5.698	-5.588	-5.698	0.647	0.382	0.751
-6.752	-6.347	-6.051	-5.873	-5.798	-5.873	0.643	0.377	0.745

Fuente: Zhao 2006

ANEXO G

G- 1.- Coeficientes para eventos interplaca

T	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	σ	σ_1	σ_2
0.000	3.14	0.03525	0.00759	-0.00206	0.190	0.240	0.290	0.230	0.200	0.110
0.040	3.05	0.07052	0.01004	-0.00278	0.150	0.200	0.200	0.260	0.220	0.140
0.100	2.95	0.09841	0.00974	-0.00287	0.150	0.230	0.200	0.270	0.250	0.100
0.200	2.84	0.12386	0.00884	-0.00280	0.150	0.270	0.250	0.280	0.250	0.130
0.400	2.58	0.14770	0.00728	-0.00235	0.130	0.370	0.380	0.290	0.250	0.150
1.000	2.18	0.13450	0.00521	-0.00110	0.100	0.300	0.550	0.340	0.280	0.190
2.000	2.14	0.07148	0.00224	0.00000	0.100	0.250	0.400	0.340	0.290	0.180
3.030	2.27	0.02237	0.00012	0.00000	0.100	0.250	0.360	0.360	0.310	0.180

Fuente: Atkinson y Boore (2003)