



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

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

Tema:

**ESTUDIO DEL PELIGRO SÍSMICO DETERMINISTA PARA LAS
ESTRUCTURAS DE AMBATO SECTOR HUACHI CHICO BARRIO “SOLÍS”
UBICADO ENTRE LAS CALLES JULIO JARAMILLO, JULIO CÉSAR CAÑAR,
LUIS ALBERTO VALENCIA Y CARLOS RUBIRA INFANTE**

AUTOR: Jimmy Alexander Hurtado Noboa

TUTOR: Ing. Mg. Diego Chérrez Gavilanes

Ambato – Ecuador
2018

CERTIFICADO DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Diego Chérrez Gavilanes, certifico que el presente trabajo bajo el tema: ESTUDIO DEL PELIGRO SÍSMICO DETERMINISTA PARA LAS ESTRUCTURAS DE AMBATO SECTOR HUACHI CHICO BARRIO “SOLÍS” UBICADO ENTRE LAS CALLES JULIO JARAMILLO, JULIO CÉSAR CAÑAR, LUIS ALBERTO VALENCIA Y CARLOS RUBIRA INFANTE, es de autoría del Jimmy Alexander Hurtado Noboa, el mismo que ha sido realizado bajo mi supervisión y tutoría.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, julio del 2018

Ing. Mg. Diego Chérrez Gavilanes.

AUTORÍA

Yo, Jimmy Alexander Hurtado Noboa con C.I: 180462351-8, egresado de la Facultad de ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema: ESTUDIO DEL PELIGRO SÍSMICO DETERMINISTA PARA LAS ESTRUCTURAS DE AMBATO SECTOR HUACHI CHICO BARRIO “SOLÍS” UBICADO ENTRE LAS CALLES JULIO JARAMILLO, JULIO CÉSAR CAÑAR, LUIS ALBERTO VALENCIA Y CARLOS RUBIRA INFANTE, es de mi completa autoría.

Ambato, Julio del 2018

Jimmy Alexander Hurtado Noboa

C.I: 180462351-8

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental 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 trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos como autor.

Ambato, julio del 2018

Autor

Jimmy Alexander Hurtado Noboa

C.I: 180462351-8

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “ESTUDIO DEL PELIGRO SÍSMICO DETERMINISTA PARA LAS ESTRUCTURAS DE AMBATO SECTOR HUACHI CHICO BARRIO “SOLÍS” UBICADO ENTRE LAS CALLES JULIO JARAMILLO, JULIO CÉSAR CAÑAR, LUIS ALBERTO VALENCIA Y CARLOS RUBIRA INFANTE”, realizado por Jimmy Alexander Hurtado Noboa, egresado de la Carrera de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

DEDICATORIA

A mi querida madre Blanca Noboa quien es amiga y fiel compañera, quien me ha inculcado valores y me ha sabido transmitir todos sus conocimientos y experiencias, quien es y será un ejemplo de vida y superación.

A mi querido Abuelito Elías Noboa (que en paz descanse), de quien tengo los mejores recuerdos de mi infancia, abuelito un logro más gracias por cuidarme porque aun te siento vivo en mi corazón gracias.

A mi novia Andrea E. Del Valle con quien hemos sido apoyo y comprensión, amigos compañeros, cómplices y fieles soñadores de grandezas gracias por todo el apoyo.

A mi familia quienes han sido un gran apoyo y soporte en este camino, Estefanía Hurtado nunca desmayes recuerda que si te caes es para levantarte.

A la Ing. Mg. Lorena Pérez quien ha sido como una madre, una persona en quien puedo confiar ciegamente una amiga quien me ha brindado su confianza y apoyo incondicional y ha sido un pilar muy importante no solo como estudiante si no como persona.

A mis amigos y compañeros quienes cada uno a su manera de ser siempre estuvieron presentes en algunos momentos difíciles que se me presentaron a lo largo de esta carrera, amigos los recuerdo a todos y los tengo muy presentes porque no solo fue el compartir un aula fue subir cada peldaño hasta conseguir este objetivo ser Ingenieros.

A mis amigos que por diversas circunstancias tuvieron que abandonar tempranamente esta carrera no desmayen los errores solo nos hacen mejores cuando los sabemos reconocer y superar sigan adelante antes que ser Ingeniero creo que está el ser Un buen hijo un buen tío un buen padre, ser una persona de bien para si mismo su familia y el prójimo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme un día más de vida por la salud y por darme esta oportunidad “sigo fielmente creyendo que el sacerdocio me hubiese encantado, pero en tus manos encomiendo mi vida y mi camino”

A mi madre mi novia y mi familia en general quienes me supieron apoyar y guiar en este camino estudiantil.

A los docentes y personal administrativo quienes varios de ellos/as se han convertido en grandes amigos, muchas gracias por los conocimientos y las experiencias gracias por el apoyo brinda especialmente en mi enfermedad que creí que no me repondría con facilidad.

A la Ing. Mg. Lorena Pérez y la Lic. Hildita Freire quienes ha sido las personas quienes no me dejaron desmayar y me dieron su apoyo en los momentos más complicados.

A mis compañeros de SPT amigos la sudamos mucho, pero a pesar de todo lo hicimos bien y de corazón compañeros de tesis, pero a la final amigos que estoy seguro volveremos a formar algún día un grupo de trabajo.

A mi Ing. Mg. Diego Chérrez Gavilanes, por las clases impartidas y el tiempo que me supo dedicar para realizar este trabajo.

ÍNDICE

A. PAGINAS PRELIMINARES	I
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.....	I
CERTIFICADO DEL TUTOR	II
AUTORÍA	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
<i>ÍNDICE</i>	viii
RESUMEN EJECUTIVO.....	XII
B. TEXTOS.....	1
CAPÍTULO I.....	1
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. TEMA DE TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2. ANTECEDENTES	1
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4
CAPÍTULO II.....	5
2. FUNDAMENTACIÓN.....	5
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1.1. <i>Tectónica de Placa</i>	5
2.1.2. <i>Borde De Placa</i>	6
2.1.2.1. Zona de expansión o divergencia:.....	6
2.1.2.2. Zonas convergentes:	6
2.1.2.3. Zona de fallas transformantes:	6
2.1.3. <i>Fallas geológicas</i>	7
2.1.3.1. Fallas Normales:	7
2.1.3.2. Fallas Inversas:	8
2.1.3.3. Fallas de transformación:	8
2.1.4. <i>Terremoto</i>	9
2.1.4.1. Tipos de terremotos	9
2.1.5. <i>Escala de Medición de un Terremoto</i>	10
2.1.5.1. Magnitud:	10
2.1.5.2. Intensidad:.....	10
2.1.6. <i>Peligro Sísmico</i>	11
2.1.6.1. Peligrosidad Sísmica Probabilística	12
2.1.6.2. Peligrosidad Sísmica Determinista	12
2.1.7. <i>Zonificación Sísmica en Ecuador</i>	13
2.1.7.1. Zona Sísmica en Ecuador	13
2.1.8. <i>Ecuaciones de Predicción del Movimiento del Suelo</i>	14
2.1.8.1. Modelos para Fallas Corticales	15
2.1.8.1.1. Atkinson y Boore (2008)	15
2.1.8.1.2. Akkar y Boomer (2010).....	15
2.1.8.1.3. Kanno (2006).....	16
2.1.8.2. Modelo para Subducción.	17
2.1.8.2.1. Youngs (1997).....	17
2.1.8.2.2. Zhao (2006).....	18
2.1.9. <i>Magnitud de Momento (M_w)</i>	19
2.1.10. <i>Clasificación de Suelos con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS)</i> 20	

2.1.10.1.	Suelos Gruesos	20
2.1.10.2.	Suelos Finos	20
2.1.11.	<i>Análisis Granulométrico</i>	21
2.1.12.	<i>Ensayo de Penetración Estándar (SPT)</i>	22
2.2.	HIPÓTESIS	24
2.3.	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	24
2.3.1.	<i>Variable Dependiente</i>	24
2.3.2.	<i>Variable Independiente</i>	24
CAPÍTULO III	25
3. METODOLOGÍA	25
3.1.	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	25
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	25
3.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	27
3.3.1.	<i>Variable Independiente</i>	27
3.3.2.	<i>Variable Dependiente</i>	28
3.4.	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	29
3.5.	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	30
CAPÍTULO IV	31
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	31
4.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	31
4.1.1.	<i>Área de estudio</i>	31
4.1.2.	<i>Selección de Fallas Geológicas</i>	31
4.1.3.	<i>Magnitud de las fallas</i>	33
4.1.4.	<i>Características del Suelo</i>	34
4.1.5.	<i>Velocidad media de la onda de cortante V30</i>	40
4.1.6.	<i>Ecuaciones de Atenuación para Fallas Corticales Intraplaca</i>	44
4.1.6.1.	Modelo de Atkinson y Boore (2008)	44
4.1.6.1.1.	Ecuación en Función de la Distancia.....	45
4.1.6.1.2.	Ecuación en Función de la Magnitud	45
4.1.6.1.3.	Ecuación en Función de la Amplificación del Sitio.....	46
4.1.6.1.3.1.	Función del Termino Lineal:	46
4.1.6.1.3.2.	Función del Termino No Lineal viene dado por:	46
4.1.6.1.4.	Determinación de b_{nl}	47
4.1.6.1.4.1.	$V_{S30} \leq V_1$	47
4.1.6.1.4.2.	$V_1 < V_{S30} < V_2$	47
4.1.6.1.4.3.	$V_2 < V_{S30} < V_{ref}$	47
4.1.6.1.4.4.	$V_{ref} \leq V_{S30}$	47
4.1.6.2.	Limitaciones del Modelo	48
4.1.6.3.	Modelo de Akkar y Bommer (2010).....	51
4.1.6.3.1.	Categoría de Sitios	51
4.1.6.3.2.	Categorías de Mecanismo de Falla	51
4.1.6.4.	Limitaciones del Modelo	51
4.1.6.5.	Modelo de Kanno (2006).....	54
4.1.6.6.	Para Eventos Superficiales ($D < 30$ Km).....	54
4.1.6.7.	Limitaciones del Modelo	54
4.1.7.	<i>Ecuaciones de Atenuación para Falla de Subducción</i>	57
4.1.7.1.	Modelo de Youngs (1997).....	57
4.1.7.2.	Determinación el valor de Z_T , Youngs	57
4.1.7.2.1.	Mecanismo de Tipo Tectónico:	57
4.1.7.3.	Limitaciones del Modelo	57
4.1.7.4.	Modelo de Zhao (2006).....	59
4.1.7.4.1.	Profundidades Focales (h).....	60
4.1.7.4.2.	Valor de h_c (coeficiente de profundidad)	60
4.1.7.4.3.	Variable δ_h (variable en función de h y h_c).....	60
4.1.7.4.4.	Clasificación de los Eventos	60

4.1.7.4.5.	El parámetro C_k se usa en basa a las 5 clases de sitio definidas en el estudio de Zhao:...	60
4.2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	62
4.2.1.	<i>Cálculo de los Espectros por modelo matemático.....</i>	62
4.2.1.1.	Espectros de aceleración calculados y graficados con el Modelo de Atkinson y Boore para fallas corticales.....	62
4.2.1.2.	Espectros de aceleración calculados y graficados con el Modelo de Akkar y Bommer para fallas corticales.....	63
4.2.1.3.	Espectros de aceleración calculados y graficados con el Modelo de Kanno para fallas corticales.....	64
4.2.1.4.	Espectros de aceleración calculados y graficados con el Modelo de Youngs para la falla de subducción (Nazca).....	65
4.2.1.5.	Espectros de aceleración calculados y graficados con el Modelo de Zhao para la falla de subducción (Nazca).....	66
4.2.1.6.	Valores máximos de aceleración por período, por modelo matemático utilizado y para cada falla.....	67
4.2.2.	<i>Cálculo de los Espectros por Falla.....</i>	68
4.2.2.1.	Espectros de aceleración calculados y graficados para la falla Huachi (cortical) con los 3 modelos elegidos.....	68
4.2.2.2.	Espectros de aceleración calculados y graficados para la falla Ambato (cortical) con los 3 modelos elegidos.....	69
4.2.2.3.	Espectros de aceleración calculados y graficados para la falla Totoras (cortical) con los 3 modelos elegidos.....	70
4.2.2.4.	Espectros de aceleración calculados y graficados para la falla Nazca (Subducción) con los 2 modelos elegidos.....	71
4.2.2.5.	Valores máximos de aceleración por período, por falla y para cada modelo matemático utilizado.....	72
4.2.3.	<i>Espectro obtenido con NEC-SE-DS.....</i>	73
4.2.4.	<i>Comparación de los espectros obtenidos con los espectros de la NEC-SE-DS 2015 por cada falla.....</i>	74
4.2.4.1.	Falla: Huachi (cortical).....	74
4.2.4.2.	Falla: Ambato (Cortical).....	75
4.2.4.3.	Falla: Totoras (cortical).....	76
4.2.4.4.	Falla: Nazca (subducción).....	77
4.2.5.	<i>Espectros para las fallas utilizando todos los modelos matemáticos elegidos incluido NEC-SE-DS 2015.....</i>	78
4.2.6.	<i>Espectro Crítico para el estudio de peligro sísmico determinista.....</i>	79
4.2.7.	<i>Comportamiento estructural de 3 edificaciones tipo del sitio de estudio.....</i>	81
4.2.7.1.	Datos estructurales recolectados de las 3 edificaciones.....	81
4.2.7.2.	Cálculo de los periodos de vibración de las estructuras tipo.....	82
4.2.7.2.1.	Periodo Fundamental de Vibración.....	82
4.2.7.2.1.1.	Calculo de T_1 para la edificación de 1 piso.....	83
4.2.7.2.1.2.	Calculo de T_1 para la edificación de 2 piso.....	83
4.2.7.2.1.3.	Calculo de T_1 para la edificación de 3 piso.....	83
4.2.7.2.2.	Periodos Límites de Vibración.....	83
4.2.7.2.2.1.	Calculo del periodo T_o	84
4.2.7.2.2.2.	Calculo del periodo T_c	84
4.2.7.2.3.	Verificación del Comportamiento Estructural.....	85
4.2.7.2.4.	Periodo de Vibración.....	85
4.2.7.2.4.1.	Estructura de 1 piso.....	86
4.2.7.2.4.2.	Estructura de 2 pisos.....	86
4.2.7.2.4.3.	Estructura de 3 pisos.....	86
4.2.7.2.5.	Calculo del coeficiente sísmico.....	87
4.2.7.2.5.1.	Estructura de 1 piso.....	88
4.2.7.2.5.2.	Estructura de 2 pisos.....	88
4.2.7.2.5.3.	Estructura de 3 pisos.....	88
4.2.7.2.6.	Modos de Vibración de la Estructura.....	89
4.2.7.2.7.	Modos NECesarios para acumular el 90% de la masa en las direcciones Horizontales.....	91
4.2.7.2.8.	Derivas de Piso (Derivas Estáticas).....	94
4.2.7.2.8.1.	Derivas Elásticas Estáticas (NEC-15).....	95
4.2.7.2.8.2.	Derivas Elásticas Estáticas (DETERMINISTICO).....	99

4.2.7.2.9.	Análisis Dinámico.....	103
4.2.7.2.9.1.	Validación del Análisis Dinámico.....	103
4.2.7.2.9.2.	CORTANTES ESTÁTICOS (NEC-15).....	103
4.2.7.2.9.3.	CORTANTES DINÁMICOS (NEC-15).....	106
4.2.7.2.9.4.	CORTANTES ESTÁTICOS (DETERMINÍSTICO).....	109
4.2.7.2.9.5.	CORTANTES DINÁMICOS (DETERMINÍSTICO).....	112
4.2.7.2.10.	Derivas de Piso (Derivas Dinámicas).....	117
4.3.	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	124
CAPÍTULO V.....		125
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		125
5.1.	CONCLUSIONES.....	125
5.2.	RECOMENDACIONES.....	127
C. MATERIALES DE REFERENCIA.....		127
1.	BIBLIOGRAFÍA.....	128
2.	ANEXOS.....	131
2.1.	ANEXO A (FOTOGRAFÍAS).....	131
2.2.	ANEXO B (ESTRUCTURAS ANALIZADAS).....	138
2.2.1.	PLANO ARQUITECTÓNICO DE LA CASA DE 1 PISO.....	138
2.2.2.	PLANOS ARQUITECTÓNICOS DE LA CASA DE 2 PISOS.....	139
2.2.3.	PLANOS ARQUITECTÓNICOS DE LA CASA DE 3 PISOS.....	140

RESUMEN EJECUTIVO

Resumen: En la presente investigación, se calculó y obtuvo un espectro determinístico para este sector el cual se lo comparó con el espectro de respuesta de la NEC-SE-DS2015. Además, usando este espectro determinístico y el software Etabs 16.0.2 se obtuvo el periodo de vibración para tres estructuras ubicadas en el área de estudio fue calculado.

Para esto, se siguieron los siguientes pasos:

Identificar el régimen tectónico en el área de estudio. Seleccionar las fallas geológicas con mayor longitud y las más cercanas al área de estudio, tales como: Corticales (Ambato, Huachi y Totoras), y de Subducción (Nazca). Mediante el ensayo de penetración estándar (SPT), se calculó la velocidad media de la onda de cortante V_{s30} .

Utilizando la correlación empírica con la resistencia a la penetración estándar no corregida (N) y la velocidad media de la onda de cortante (V_{s30}) se calculó la magnitud de momento para cada falla seleccionada. Luego, basándose en la metodología de Wells – Coppersmith que nos menciona que al utilizar parámetros como la distancia al epicentro, hipocentro y profundidad focal en conjunto con las Ecuaciones de Predicción de Movimiento del Suelo (GMPEs) se obtiene espectros de aceleración, los mismos que finalmente mediante una envolvente de aceleraciones máximas se obtiene el espectro determinístico, el cual se compara con el espectro de respuesta de la NEC-SE-DS-15.

Las aceleraciones dadas por el espectro determinístico para las edificaciones que tienen periodos estructurales entre 0.10s a 0.30s (1 a 3 pisos) superan al espectro de la NEC-SE-DS-15, lo que significa que estas estructuras presentan mayor grado de riesgo.

Palabras clave: Período de vibración, espectro determinístico, velocidad media de la onda cortante, comportamiento estructural, aceleración, régimen tectónico.

Abstract: In the present research, a deterministic spectrum was calculated and obtained for this sector, which was compared with the response spectrum of the NEC-SE-DS2015. In addition, using this deterministic spectrum and the Etabs 16.1.2 software the vibration period, for three structures located in the study's area was calculated.

For this, the following steps were taken:

Identify the tectonic regime in the study area. Select the geological faults with greater length and those closest to the study's area, such as: Corticals (Ambato, Huachi and Totoras), and Subduction (Nazca). Through the standard penetration test (SPT), was calculated the average speed of the shear wave V_{s30} .

Using the empirical correlation with the uncorrected standard penetration resistance (N) and the average speed of the shear wave (V_{s30}), the moment magnitude for each selected fault was calculated. Then, based on the Wells - Coppersmith methodology that mentions that when using parameters such as the distance to the epicenter, hypocenter and focal depth in conjunction with the Ground Movement Prediction Equations (GMPEs), acceleration spectra are obtained, the same as finally, by means of an envelope of maximum accelerations, the deterministic spectrum is obtained, which is compared with the response spectrum of the NEC-SE-DS-15.

The accelerations of the deterministic spectrum for buildings that have periods between 0.10s to 0.30s (1 to 3 floors) exceed the NEC-SE-DS-15 spectrum, which means that these structures present a higher degree of risk.

Keywords: Vibration period, deterministic spectrum, shear wave average velocity, structural behavior, acceleration, tectonic regime.

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES

1.1. TEMA DE TRABAJO EXPERIMENTAL

Estudio del peligro sísmico determinista para las estructuras de Ambato sector Huachi Chico barrio “Solís” ubicado entre las calles Julio Jaramillo, Julio César Cañar, Luis Alberto Valencia y Carlos Rubira Infante.

1.2. ANTECEDENTES

Según Paul Cobos en su proyecto experimental concluye que “del espectro crítico se podría tener aceleraciones de hasta 1.3g en un intervalo de 0.25 a 0.45 segundos, lo que resulta en valores más altos comparados con la NEC-15” [1]

Al conocer entender y detectar varios problemas en la práctica y ejecución de obras civiles, de igual forma al conocer la gran peligrosidad sísmica por la que atraviesa Ecuador por estar en una zona altamente sísmica, es relevante y NECesario el realizar estudios de vulnerabilidad sísmica en las diferentes ciudades del Ecuador, para poder obtener mapas de zonificaciones y de esta manera hacer que las prácticas constructivas sean más confiables y seguras. [2]

“La prevención y mitigación del riesgo sísmico se ha convertido en una NECesidad imperiosa, no sólo para los países más propensos a los sismos, sino también, para los de baja y moderada sismicidad. Esto se debe a los impactos negativos de los terremotos en la economía y el medio ambiente de las grandes ciudades, debido a sus efectos directos y secundarios asociados. Los mapas de microzonificación sísmica son una importante herramienta para el planeamiento territorial y la reducción de la vulnerabilidad de los elementos sometidos a riesgo: personas, viviendas, instalaciones

críticas y entorno natural. Estos posibilitan la ubicación de las futuras construcciones en los sitios más seguros”; por esto mencionado Cuba ha concedido una gran importancia al tema de la realización de microzonificación sísmica especialmente en las áreas urbanas puesto que su región oriental presenta una alta sismicidad razón por la cual las diferentes ciudades de esta zona han sido preferenciales. [3]

1.3. JUSTIFICACIÓN

Peligro sísmico es las probabilidades de excedencia, dentro de un período específico de tiempo dentro de una región determinada, de movimientos del suelo cuyos parámetros aceleración, velocidad, desplazamiento magnitud o intensidad son cuantificados. [4]

El Cinturón de Fuego del Pacífico concentra un 75 por ciento de los volcanes activos del mundo, y en él se produce hasta el 90 por ciento de los terremotos. También se encuentran numerosas islas y archipiélagos en conjunto, así como volcanes que, por lo regular, se caracterizan por tener erupciones violentas y explosivas. Los volcanes y terremotos del Cinturón de Fuego del Pacífico despiertan la fascinación y el miedo entre las personas, puesto que la fuerza con la que actúan puede desatar graves desastres naturales. [5]

Los técnicos del Instituto Geofísico fueron enfáticos al informar que la provincia tiene varias fallas tectónicas que la exponen al apareamiento de sismos de diferente fuerza.

Hugo Yépez, ex director del Instituto Geofísico, mencionó que según estudios, Ambato tuvo terremotos de diversa intensidad: en 1.687 se dio uno de ocho grados; en 1.698 de nueve; en 1.797 de 10 grados y luego el terremoto de 1.949 que se acercó a los siete. [6]

Estos constantes movimientos de la tierra son producto de dos sistemas de fallas cercanas: la una es denominada Pallatanga ubicada al norte de Baños y abarca la represa de Pisayambo-Pucará. Esta falla fue la que generó los terremotos de 1.949 y 1797, recalcó. [6]

La otra falla se encuentra en la cordillera Occidental que causó el sismo en 1.698. En esa ocasión hubo deslizamientos en el Carihuayrazo que afectó la zona de El Socavón, donde se ubicaba Ambato. Por esta falla también se dio el terremoto de Pasa y San Fernando en 1.944. [7]

En este punto, el técnico explicó que se deben diferenciar entre fallas geológicas o de suelo. La segunda no produce terremotos, sino hundimientos o deslizamientos. [7]

Los sismos y movimientos telúricos de mediana intensidad que han sacudido a la capital del Ecuador desde el pasado 12 de agosto pusieron en alerta a todas las ciudades del país. Esta preocupación se debe a que el Ecuador se asienta sobre al menos 10 fallas geológicas que amenazan la estabilidad de ciudades como Quito, Loja, Cuenca, Manta, Guaranda, Guayaquil, Ambato, Latacunga y Riobamba. [8]

Entre las fallas más peligrosas están las de Poaló y Huambaló, en el cantón Pelileo, Tungurahua.

El artículo 140 del Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (Cootad) obliga a que cada Municipio tome acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar amenazas de origen natural o antrópico, en el territorio. [9]

Por la ubicación geográfica de las provincias de la región centro, las amenazas más frecuentes son los incendios, inundaciones, deslaves, sismos y terremotos. [10]

Por los antecedentes descritos y la gran cantidad de sismos ocurridos, los cuales se los puede verificar en la página web del instituto geofísico; creo que es muy pertinente y NECesario la elaboración de estos estudios para de esta manera tener un sustento científico en el cual guiarnos a la hora de la elaboración de ante proyectos y proyectos de edificación de estructuras para la ciudad de Ambato. [10]

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Realizar el estudio de peligro sísmico determinista para las estructuras de Ambato sector Huachi Chico - Barrio “Solís” ubicado entre las calles Julio Jaramillo, Julio César Cañar, Luis Alberto Valencia y Carlos Rubira Infante.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Seleccionar las fallas activas que abarcan el régimen tectónico en base al área de estudio.
- Verificar el comportamiento estructural con tres estructuras tipo del sitio de análisis.
- Comparar el espectro obtenido con el espectro general dado por la NEC 2015.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. Tectónica de Placa

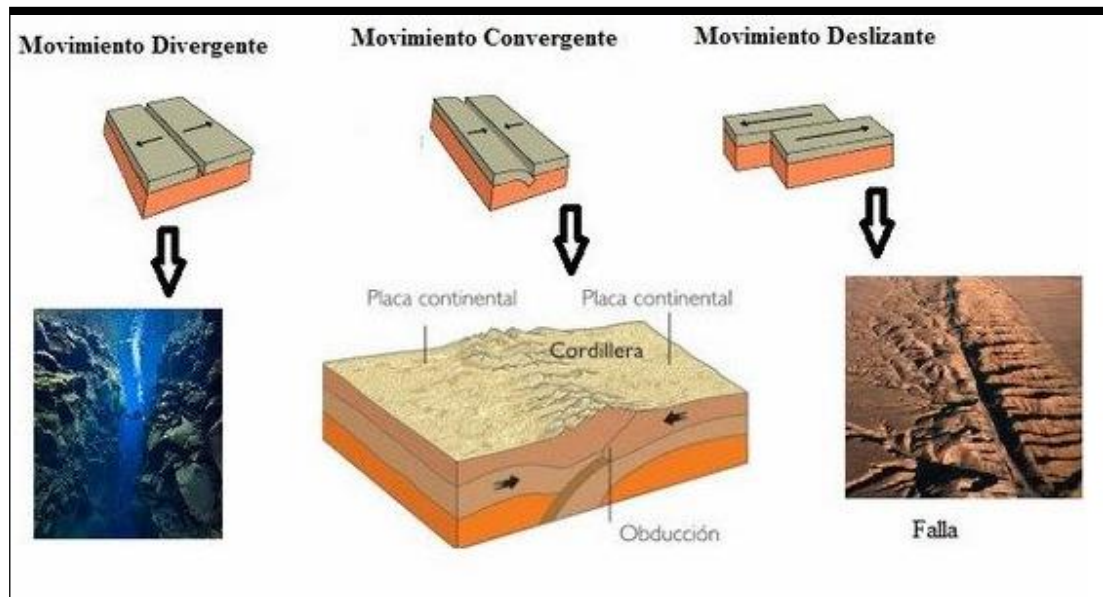
Esta teoría, proporciona un modelo cinemático de la parte superficial de la tierra, surge a principios del siglo XX y explica el movimiento de la capa externa de la tierra, por medio de la subducción o proceso de hundimiento de las placas litosféricas bajo otras, y de la expansión del fondo oceánico; transformaciones que a su vez crean los rasgos geológicos de la superficie, como los continentes y las montañas. [\[11\]](#)

Según la tectónica de placas, la Litósfera se encuentra dividida en varias placas de roca rígida, estas se encuentran encima de la Astenosfera superior, lugar donde las temperaturas y presiones ocasionan en las rocas presentes allí temperaturas de fusión, provocando una zona dúctil permitiendo la separación de la capa de la litósfera inferior. Así la roca poco resistente dentro de la Astenosfera superior permite el movimiento de la capa rígida externa de la Tierra. [\[11\]](#)

Esta teoría explica la génesis de las cadenas de montañas y, en general, todos los aspectos de la evolución geológica de la corteza terrestre. Se considera que el origen de la gran mayoría de los terremotos es tectónico. [\[12\]](#)

magnitud. Ejemplo: Falla de San Andrés y la zona entre el medio Atlántico y el cabo San Vicente. [11]

Figura # 2: Tipos de movimiento de las placas tectónicas



Fuente: areaciencia.com

2.1.3. Fallas geológicas

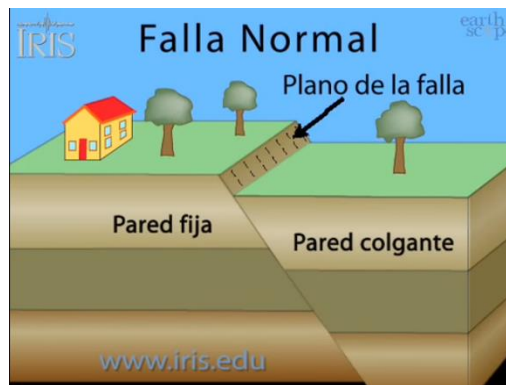
La falla geológica es una ruptura en la corteza terrestre, ocasionada por grandes tensiones entre las placas tectónicas, las fallas suelen ser de carácter activo e inactivo; una falla activa es la que tiene alta probabilidad de producir un movimiento, dando lugar a terremotos, por otra parte, las fallas inactivas son las que en algún momento tuvieron movimiento, pero ya no lo hacen. [11]

Se clasifican en tres tipos de acuerdo al desplazamiento de las rocas que interactúan. [11]

2.1.3.1. Fallas Normales:

Aquellas que se dan en áreas donde las rocas se están separando, se caracterizan por un deslizamiento del bloque superior en la dirección del plano de la falla en forma descendente. [11]

Figura # 3: Falla Directa o Normal.

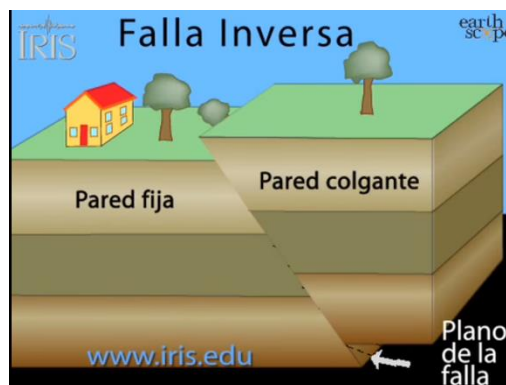


Fuente: iris.edu

2.1.3.2. Fallas Inversas:

En este tipo de fallas por lo general se aprecia una saliente debido a la compresión entre las rocas, se caracterizan por que el bloque superior se desliza en forma ascendente. [\[11\]](#)

Figura # 4: Falla Inversa.

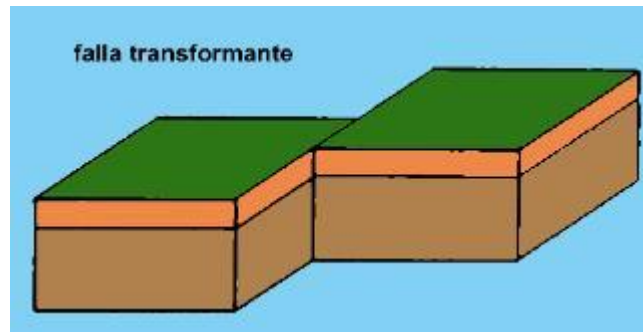


Fuente: iris.edu

2.1.3.3. Fallas de transformación:

Es un movimiento horizontal conocido como desgarre, los bloques de roca en contacto no generan escarpes al no darse un movimiento vertical. [\[11\]](#)

Figura # 5: Falla transformante o de transformación.



Fuente: contenidos.educarex.es

2.1.4. Terremoto.

Es la liberación repentina de energía de deformación elástica, acumulada en las rocas del interior de la tierra; las cuales al romperse generan ondas sísmicas, que se propagan en todas direcciones y son percibidas en la superficie terrestre como vibraciones o movimientos. [12]

2.1.4.1. Tipos de terremotos

Figura # 6: Tipos de terremotos

	TECTONICAS	VOLCÁNICAS	DE COLAPSO	DE IMPACTO
CAUSAS NATURALES	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	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	Terremotos de carácter pequeño debido al colapso del techo de una mina o caverna subterránea.	Poco frecuentes, por meteoritos que colisionan en la tierra
CAUSAS ANTRÓPICAS	INDUCIDOS POR SOBRECONTENCIÓN DE AGUA	INDUCIDOS POR EXPLOSIONES NUCLEARES	EXPLOSIONES DE MINAS Y CANTERAS	POR VARIACIÓN DE FLUIDOS
	Por sobrecarga de las masas de agua en contenedores	Por explosiones nucleares	Generados por explosiones de gran magnitud	Por extracción de fluidos que desestabilizan las estructuras internas de la tierra

Fuente: Terremotos: nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía, 1ra Ed

2.1.5. Escala de Medición de un Terremoto.

Los terremotos se miden para conocer el nivel de destrucción en una zona, para determinar la energía o fuerza liberada durante el sismo y para compararlo con otros sismos. En la medición se utiliza herramientas y metodologías para determinar la magnitud y la intensidad de un terremoto.

2.1.5.1. Magnitud:

La magnitud de un sismo se determina a partir de los datos obtenidos de un sismograma. Existen diferentes escalas para medir la energía de un terremoto, siendo la más usada la de Richter. Ésta es una escala abierta, es decir que, no tiene límite superior. Los sismos registrados que han alcanzado las mayores magnitudes son: el ocurrido en la ciudad de Valdivia (Chile) el 22 de mayo de 1960, el cual alcanzó la M 9,5; El peligro sísmico probabilístico permite identificar, cuantificar y combinar de una manera racional, el tamaño, ubicación y tiempo de ocurrencia de los sismos para proporcionar una evaluación más completa de la amenaza sísmica. [\[12\]](#)

2.1.5.2. Intensidad:

La intensidad se mide en función de los efectos y daños que provoca en la gente, en el medio natural y en las infraestructuras, por medio de distintas escalas. Una de éstas es la escala subjetiva de 12 grados, denominada escala Mercalli Modificada (MM) [\[12\]](#)

Figura # 7: Escala de Mercalli Modificada: Grados de percepción

GRADO	INDICADOR DE LA INTENSIDAD (ESCALA DE MERCALLI)
I	El sismo es detectado por instrumentos muy sensibles.
II	Lo sienten personas en reposo en edificios altos.
III	Se asemeja a la trepidación causada en el suelo por un camión.
IV	Es advertido por las personas que se encuentran en el interior de las casas. Los carros se balancean.
V	Es advertido por la mayoría de las personas y la gente nota la dirección del movimiento.
VI	Lo sienten todas las personas, es difícil caminar y se desprenden los pañetes.
VII	Angustia, la gente corre al exterior de las edificaciones; se pierde el equilibrio, los conductores de vehículos en marcha lo notan y las construcciones de mala calidad comienzan a afectarse.
VIII	Hay dificultad en la conducción de vehículos automotores, se caen la chimeneas, muros y monumentos.
IX	Pánico total: Algunas edificaciones se desplazan de sus fundaciones, se agrietan y se desploman.
X	Destrucción casi total de las construcciones de albañilería, afecta seriamente edificios, puentes, represas y diques. Se desliza la tierra.
XI	Los rieles ferroviarios se tuercen, las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio.
XII	El daño es casi total, hay desplazamientos de grandes rocas, los objetos saltan al aire y las edificaciones sufren grandes torsiones.

Fuente. sismoblog2016.blogspot.com

2.1.6. Peligro Sísmico

La peligrosidad sísmica se define como la probabilidad de excedencia de un cierto valor de la intensidad del movimiento del suelo producido por terremotos, en un determinado emplazamiento y durante un periodo de tiempo dado. La definición comúnmente aceptada fue dada por la UNDRR (Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas) (1980), según la cual la peligrosidad (Hazard) se representa por medio de una función de probabilidad del parámetro indicativo de la intensidad del movimiento, en un emplazamiento (Benito y Jiménez, 1999). [\[13\]](#)

2.1.6.1. Peligrosidad Sísmica Probabilística

El análisis de peligro sísmico probabilístico permite identificar, cuantificar y combinar en una manera racional estas incertidumbres (tamaño, ubicación y tasa de recurrencia de los sismos), proporcionando una evaluación más completa de la amenaza sísmica.

[\[14\]](#)

El análisis de peligro sísmico probabilístico también puede ser descrito como un proceso de cuatro pasos, que tienen un grado de similitud con los pasos descritos para el método determinístico. [\[14\]](#)

2.1.6.2. Peligrosidad Sísmica Determinista

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 cuatro pasos, consistentes en:

a) 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.

[\[14\]](#)

b) Selección del parámetro de distancia fuente-a-sitio para cada fuente. En la mayoría de los análisis de peligro sísmico determinísticos, se selecciona la menor distancia entre la fuente y el sitio de interés. La distancia puede estar expresada en distancias epicentrales o hipocentrales, dependiendo de los valores usados en las relaciones de predicción. [\[14\]](#)

c) Selección del terremoto dominante (es decir, el terremoto que se espera que produzca los mayores niveles de movimiento), generalmente expresado en término de algún parámetro del movimiento sísmico en el sitio. la selección se hace comparando el nivel de sacudimiento producido por los terremotos identificados en el paso (a), asumiendo que éstos ocurren a las distancias determinadas en el paso (b). El terremoto

dominante se describe en términos de su tamaño (usualmente expresado por la magnitud y la distancia del sitio de interés. [\[14\]](#)

d) El peligro en el sitio es formalmente definido, usualmente en términos del movimiento sísmico producido en el sitio por el terremoto dominante. Sus características son descritas por valores picos de aceleración, velocidades y ordenadas del espectro de respuesta, parámetros que son obtenidos mediante relaciones de predicción, basadas fundamentalmente en ecuaciones de atenuación de ondas (GMPE's). [\[14\]](#)

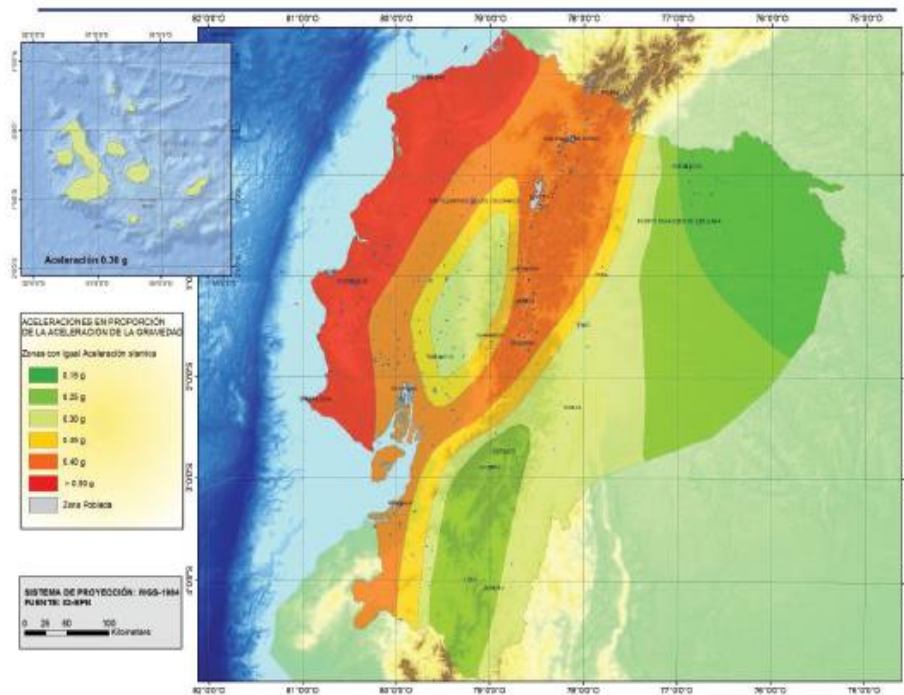
2.1.7. Zonificación Sísmica en Ecuador

2.1.7.1. Zona Sísmica en Ecuador

El Ecuador considera la mayor parte de su territorio como amenaza sísmica alta, exceptuando el Nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y por otra parte el litoral que presenta una amenaza sísmica muy alta. [\[1\]](#)

La Norma Ecuatoriana de la Construcción proporciona un mapa del país, en donde divide al territorio en 6 zonas sísmicas, las mismas que están delimitadas por un valor de zona Z. Además, el mapa reconoce que la principal fuente que crea energía sísmica es la subducción de la placa de Nazca se sumerge por debajo de la placa Sudamericana. [\[1\]](#)

Figura # 8: Mapa de Zonificación Sísmica del Ecuador



Fuente: NEC_SE_DS (Peligro Sísmico)

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. [1]

2.1.8. Ecuaciones de Predicción del Movimiento del Suelo

Llamadas también Relaciones de Atenuación Sísmica, son expresiones matemáticas que permiten determinar el movimiento del suelo, en base a ciertos parámetros como la Magnitud (indica el tamaño y energía liberada en un sismo) y la distancia fuente-sitio que puede ser medida hasta el epicentro o hipocentro. Logrando obtener valores como la aceleración máxima (PGA) y también espectros de aceleración (S_a). Otros parámetros que se consideran son la fuente sísmica y el suelo local (descripción del tipo de depósito encontrado bajo el sitio de estudio). [15]

Se utilizará ecuaciones de predicción mencionadas en la NEC 2015 para las fuentes de intraplaca y para las fuentes de subducción:

2.1.8.1. Modelos para Fallas Corticales

2.1.8.1.1. Atkinson y Boore (2008)

Boore y Atkinson presentan una actualización de las GMPE, propuesta por Boore y compañía en 1997. La PEER NGA (Atenuación de Próxima Generación del Centro de Investigación de Ingeniería Terrestre del Pacífico) proporciona una extensa base de datos de miles de registros compilados a partir de la corteza superficial, donde la mayor parte de datos eran provenientes de sitios de clase C y D (roca blanda hasta suelo firme) y muy pocos datos provenían de sitios de Clase A (Roca dura). Boore dijo que siempre buscaba funciones simples para las GMPE, con el menor número de variables predictoras, desarrollando así una ecuación de predicción del movimiento del suelo en función de la magnitud del sismo, distancia de la fuente al sitio, velocidad de la onda de corte promedio del sitio y el tipo de falla. [16]

$$\ln y = F_M(M) + F_D(R_{JB}, M) + F_S(V_{S30}, R_{JB}, M) + \varepsilon \quad (1)$$

Donde:

F_M, F_D, F_S = Coeficientes en función del Momento, Distancia y Amplificación de sitio

M = Magnitud de Momento

R_{JB} = Distancia a partir de donde se libera la energía hasta el punto de estudio

V_{S30} = Velocidad media de la onda de corte

ε = Desviación Estándar

2.1.8.1.2. Akkar y Boomer (2010)

Presenta una actualización que corrige los coeficientes de regresión presentados en Akkar y Bommer (2007) manteniendo la misma forma de la ecuación. Se usaron los mismos conjuntos de datos que Akkar y Bommer (2007a) que constan de 532 acelerógrafos registrados a distancias de hasta 100 km de 131 terremotos con sismicidad moderada a alta. Las variables de la ecuación están en función de la Magnitud, distancia de Joyner y Boore y la influencia del estilo de fallamiento. [17]

$$\log(\text{PSA}) = \mathbf{b}_1 + \mathbf{b}_2\mathbf{M} + \mathbf{b}_3\mathbf{M}^2 + (\mathbf{b}_4 + \mathbf{b}_5\mathbf{M}) \log \sqrt{\mathbf{R}_{jb}^2 + \mathbf{b}_6^2} + \mathbf{b}_7\mathbf{S}_s + \mathbf{b}_8\mathbf{S}_A + \mathbf{b}_9\mathbf{F}_N + \mathbf{b}_{10}\mathbf{F}_R + \epsilon\sigma \quad (2)$$

Donde:

\mathbf{b} = coeficientes de regresión

\mathbf{M} = Momento de magnitud

\mathbf{R}_{jb} = Distancia desde el foco hasta el área del estudio

\mathbf{S}_s = Suelo Rígido

\mathbf{S}_A = Suelo Blando

\mathbf{F}_N = Falla Normal

\mathbf{F}_R = Falla Inversa

ϵ = Número de desviación estándar

σ = Desviación estándar

2.1.8.1.3. Kanno (2006)

Japón dispone de algunas relaciones de atenuación, basadas en un conjunto de registros limitados. Por lo tanto, se estableció una nueva relación de atenuación estándar para Japón en base a datos de fuertes registros de movimiento del suelo japonés entre 1963 y 2003. Midorikawa y Ohtake (2002) sugirieron que los registros de movimiento de tierra de terremotos superficiales y profundos tenían diferentes características de atenuación, y al investigar este efecto se determinó que a profundidades focales mayores a 30 km las amplitudes eran diferentes a las de los eventos superficiales. Presentando un modelo base, de 2 ecuaciones, usando solo 2 parámetros (magnitud de momento y distancia fuente), además, se introdujo términos de corrección adicional para los efectos de sitio para mejorar el ajuste del modelo base. [18]

Cuando $D \leq 30$ km

$$\log pre = \mathbf{a}_1\mathbf{M}_w + \mathbf{b}_1\mathbf{X} - \log(\mathbf{X} + \mathbf{d}_1 * 10^{\mathbf{e}_1\mathbf{M}_w}) + \mathbf{c}_1 + \epsilon_1 \quad (3)$$

Cuando $D > 30$ km

$$\log pre = \mathbf{a}_2\mathbf{M}_w + \mathbf{b}_2\mathbf{X} - \log(\mathbf{X}) + \mathbf{c}_2 + \epsilon_2 \quad (4)$$

Donde:

$a_1, b_1, c_1, d_1, a_2, b_2, c_2$ = coeficientes de regresión

M_w = Momento de Magnitud

X = Distancia Fuente

D = Profundidad Focal

e = base de logaritmo natural

ε = número de desviación estándar

2.1.8.2. Modelo para Subducción.

2.1.8.2.1. Youngs (1997)

Presenta las relaciones de atenuación para subducción de zonas sísmicas, considerando 2 tipos de subducción (Interfase e intraplaca). Las relaciones son desarrolladas por análisis de regresión utilizando un modelo de efectos de regresión aleatorios, que ayuda a encontrar los movimientos críticos tempranos de las zonas de subducción de movimientos sísmicos. Se formuló una ecuación para eventos en roca y otra para eventos en suelo, tomando como parámetros la magnitud de momento, la profundidad focal, distancia a la fuente del evento y mecanismos para el tipo de evento. [\[19\]](#)

$$\ln(y) = -0.6687 + 1.438M + C_1 + C_2(10 - M)^3 + C_3 \ln(R + 1.097e^{0.617M}) + 0.00648H + 0.3643Z_T \quad (5)$$

Donde:

y = Aceleración espectral en g

M = Momento de magnitud

C_1, C_2, C_3 = Coeficientes de regresión

R = Distancia Fuente-Sitio

H = Profundidad (km)

Z_T = Tipo de falla

e = base de logaritmo natural

2.1.8.2.2. Zhao (2006)

Se presenta un modelo de atenuación de aceleración espectral para Japón, considerando el tipo de fuente tectónica, la clasificación del tipo de suelo y los mecanismos de falla, debido a que modelos anteriores no tomaban en cuenta estas características. El conjunto de datos incluye una gran cantidad de registros de movimientos de suelo fuertes hasta las réplicas posteriores a Off Tokach 2003. También se contó con registros proveniente de otros países como Estados Unidos. La ecuación generada adopta el modelo de efectos aleatorios y se utiliza el algoritmo de Abrahamson y Youngs (1992). [20]

$$\log Y = aM_w + bX - \log(r) + e(h - h_c)\delta_h + F_R + S_I + S_S + S_{SL} \log(X) + C_K \quad (6)$$

Donde:

a, b, = coeficientes de regresión para el suelo

X = distancia fuente (km)

r = coeficiente de amplificación en función de la distancia

e = base de logaritmo natural

h = Profundidad focal (km)

h_c = coeficiente de profundidad

δh = variable en función de h y h_c

F_R = Falla inversa

S_L = Evento Interface

S_S = Evento de Subducción

S_{SL} = es un término de modificación de ruta independiente de la magnitud para eventos de placa.

C_K = Clase de sitio

2.1.9. Magnitud de Momento (M_w)

La magnitud de momento es la estimación del tamaño máximo de un terremoto que puede ser generado por una falla particular dentro de una zona específica. Por otro lado, no es común que el terremoto máximo haya ocurrido dentro de la falla durante un periodo histórico, debido a eso se consideran ciertos parámetros para determinar la magnitud máxima esperada. [4]

Para determinar la magnitud de momento se utilizó la relación propuesta por Wells – Coppersmith (1994), la cual considera parámetros como la longitud de ruptura de la falla y la magnitud del terremoto. [4]

Tabla #1. Relaciones Empíricas para la Magnitud de Momento

Equation*	Slip Type†	Number of Events	Coefficients and Standard Errors		Standard Deviation s	Correlation Coefficient r	Magnitude Range	Length/Width Range (km)
			$a(sa)$	$b(sb)$				
$M = a + b * \log (SRL)$	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
$\log (SRL) = a + b * M$	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
$M = a + b * \log (RLD)$	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
$\log (RLD) = a + b * M$	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
$M = a + b * \log (RW)$	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
$\log (RW) = a + b * M$	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
$M = a + b * \log (RA)$	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
$\log (RA) = a + b * M$	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—downdip rupture width (km), RA—rupture area (km²).
†SS—strike slip; R—reverse; N—normal.

Fuente: Wells – Coppersmith (1994)

2.1.10. Clasificación de Suelos con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS)

Este sistema clasifica al suelo en 2 categorías: suelos con partículas gruesas de tipo grava o arena donde el 50% de su peso no debe pasar la malla # 200 y los suelos de grano fino los cuales son limos, arcillas y orgánicos, si más del 50% de su peso pasan la malla # 200. [19]

El método SUCS emplea las iniciales de los nombres ingleses como nomenclaturas para categorizar los suelos; para suelos gruesos son G (grava), S (arena), W (bien graduada) y P (mal graduada). Para los suelos finos son M (limo), C (arcilla), O (orgánicos), H (alta compresibilidad) y L (baja compresibilidad). [22]

2.1.10.1. Suelos Gruesos

Las gravas y arenas se distinguen con la malla # 4, de tal manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa no pasa la malla # 4, y es del grupo S en caso contrario. [22]

Las gravas y arenas se clasifican en 4 subtipos que son:

- Material libre de finos y bien graduado, la misma que escasamente contiene finos, pero en caso de tenerlos el porcentaje no debe ser mayor al 5%. Se los representa como GW y SW.
- Material libre de finos y mal graduado, contiene partículas finas cuyo porcentaje no debe exceder al 5%. Se nombran con las siglas GP y SP.
- Material con cantidad apreciable de finos limosos, el cual debe superar un porcentaje del 12% de su peso total. Se usa la nomenclatura GM y SM.
- Material con cantidad apreciable de finos arcillosos con porcentajes mayores al 12% de su peso total. Su simbología es GC y SC.

2.1.10.2. Suelos Finos

Se dividen en 3 tipos de grupos, según su límite líquido (**LL**). [22]

- Si **LL** es menor al 50% son considerados suelos de compresibilidad baja, donde las siglas del grupo son ML, CL y OL.
- Si **LL** es mayor al 50% son considerados suelos de alta compresibilidad, con las siguientes nomenclaturas MH, CH y OH.

- Grupo perteneciente a las turbas, considerado como material orgánico fibroso que se carboniza. El L_L de este suelo está entre 300% y 500%, y es conocido por sus siglas P_t .

2.1.11. Análisis Granulométrico

Es un ensayo que se realiza para determinar el rango de los tamaños de las partículas que se encuentran presentes en el suelo. Los resultados dan a conocer el porcentaje de la grava, arena, limo y arcilla, además de los coeficientes de uniformidad y curvatura. Estos resultados se presentan en graficas semi-logarítmicas. [22]

Tabla 1. Clasificación de suelos SUCS

DIVISION PRINCIPAL		SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS
SUELOS DE GRANOS GRUESOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GW	Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos
		GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla
	ARENAS Más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4	SW	Arenas y arenas gravosas bien gradadas con pocos finos o sin finos
		SP	Arenas y arenas gravosas mal gradadas con pocos finos o sin finos
		SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla
SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido de 50% o inferior	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido superior a 50%	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media
Suelos altamente orgánicos	PT	Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos	

2.1.12. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

La norma NTE INEN 0689 describe los pasos para la realización del Ensayo de Penetración Estándar (SPT). Los cuales se menciona a continuación: [\[23\]](#)

- Luego de apoyar el muestreador en el fondo del pozo perforado, se procede a hincarlo mediante golpes del martinete lanzado en caída libre desde una altura de 75 ± 5 cm sobre la cabeza de golpe. [\[23\]](#)
- Se debe usar un cabo de manila o similar para el izaje del martinete, por otra parte, si se acciona mecánicamente el cabo debe ser enrollado hasta 2 vueltas en el malacate. [\[23\]](#)
- La barra rígida de acero que sirve de guía en la caída libre del martinete debe estar completamente vertical, con la finalidad de que la energía de los golpes no disminuya por simple efecto de la fricción del martinete sobre la barra. [\[23\]](#)
- El muestreador debe penetrar en primer lugar 15 cm, proceso que es NECesario para la preparación y ajuste del ensayo, el número de golpes es arbitrario y se lo considera como un valor relativo de orientación. [\[23\]](#)
- El ensayo inicia con el conteo del número de golpes NECesarios para que el muestreador penetre 30 cm. [\[23\]](#)
- Si al hincar este tramo se sobrepasa los 50 golpes, sin que hubiera penetrado la totalidad de la medición en el paso anterior, se debe anotar el número de golpes efectuados y la longitud de penetración del muestreador. [\[23\]](#)
- Posterior a la extracción del muestreador se debe girar por lo menos dos revoluciones, para cortar la muestra, luego se extrae y se mide la longitud de la muestra obtenida, desechando la parte superior ya que no es representativa. [\[23\]](#)
- La muestra se describirá según lo establecido en la norma INEN 0693, se lo cierra herméticamente para él envió al laboratorio. [\[23\]](#)

- La muestra debe etiquetarse apropiadamente, donde constaran datos como: número de perforación, número de la muestra, profundidad de extracción, número de golpes, entre otros datos. [23]

Tabla 2. Clasificación de los Perfiles de Suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 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
D	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
	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
E	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ 100 kPa $> S_u \geq 50$ kPa
	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
E	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
F	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

Donde:

- **N:** Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil del suelo.
- **V_{s30}:** Velocidad media de la onda de corte.

2.2. HIPÓTESIS

Al realizar un estudio de peligro sísmico de tipo determinista influye en el comportamiento estructural de las construcciones edificadas en el sector Huachi Chico Barrio “Solís”.

2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1. Variable Dependiente

Nivel de amenaza de las estructuras de Ambato sector Huachi Chico Barrio “Solís” ubicado entre las calles Julio Jaramillo, Julio César Cañar, Luis Alberto Valencia y Carlos Rubira Infante.

2.3.2. Variable Independiente.

Peligro sísmico determinista.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Los tipos de investigación a ser utilizados en este proyecto serán: exploratorio y de laboratorio.

- Exploratorio porque el peligro sísmico para las estructuras de Ambato Sector Huachi Chico Barrio “Solís” Ubicado Entre Las Calles Julio Jaramillo, Julio César Cañar, Luis Alberto Valencia Y Carlos Rubira Infante no se lo ha realizado, la metodología es evaluar los espectros de respuesta de los sistemas de fallas seleccionadas con el espectro propuesto por la NEC-15. [\[24\]](#)
- 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.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población:

El Estudio De Peligro Sísmico Determinista Se Lo Realizara Para Las Estructuras De Ambato Sector Huachi Chico Barrio “Solís” Ubicado Entre Las Calles Julio Jaramillo, Julio César Cañar, Luis Alberto Valencia Y Carlos Rubira Infante. Para ello es NECesario conocer las características geotectónicas del suelo y las GMPE`s (ecuaciones de predicción de movimiento de suelo) que se va a utilizar.

Figura # 9 Área de estudio con los 5 pozos a ser ensayados.



Fuente: Google/Maps

Punto	Coordenadas	
P1	9858143.35 m S	764680.13 m E
P2	9858537.16 m S	764654.38 m E
P3	9858527.59 m S	764925.70 m E
P4	9858741.15 m S	764365.55 m E
P5	9858821.27 m S	764754.19 m E

Muestra:

Por ser un trabajo experimental se tomará en cuenta lo que recomienda la NEC-SE-DS en el Cap. 10.5.3, además se realizará un mínimo de 5 ensayos de SPT distribuidos de manera geométrica en el Sector Huachi Chico Barrio “Solís” Ubicado Entre Las Calles Julio Jaramillo, Julio César Cañar, Luis Alberto Valencia Y Carlos Rubira Infante, que presenta un área aproximada de 374971,82 m².

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Variable Independiente

Peligro Sísmico Determinista

Tabla #2. Operacionalización de la variable independiente

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

Fuente: Jimmy A. Hurtado Noboa

3.3.2. Variable Dependiente

Nivel de amenaza de las estructuras de Ambato Sector Huachi Chico Barrio “Solís”
Ubicado Entre Las Calles Julio Jaramillo, Julio César Cañar, Luis Alberto Valencia Y
Carlos Rubira Infante.

Tabla #3. 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	- ¿Cuál es la magnitud es de amenaza significativa? - ¿cuál es la distancia que existe tiene relevancia en la amenaza producida?	- Experimental - Bibliográfica - Experimental - Bibliográfica

Fuente: Jimmy A. Hurtado Noboa

3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla #4. Plan de recolección de información

Preguntas Básicas	Explicación
1.- ¿Para qué?	Para evaluar el peligro en Ambato Sector Huachi Chico Barrio “Solís” Ubicado Entre Las Calles Julio Jaramillo, Julio César Cañar, Luis Alberto Valencia Y Carlos Rubira Infante 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?	Egresado: Jimmy Alexander Hurtado Noboa Tutor: Ing. Mg. Diego Chérrez Gavilanes
5.- ¿Dónde?	Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
6.- ¿Cómo?	<ul style="list-style-type: none"> - Investigación bibliográfica - Ensayos de laboratorio - Norma NEC-15

Fuente: Jimmy A. Hurtado Noboa

3.5. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

El proceso a seguir será de la siguiente manera:

- Identificación del régimen tectónico en base al área de estudio.
- Selección de las fallas que afectan al área de estudio, utilizando la página electrónica del NeoTec/Ecuador.
- Determinación de la magnitud máxima de las fallas seleccionadas, basado en la metodología de Wells – Coppersmith.
- Identificación del 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.
- Comparación de espectro de respuesta analizada con los de la NEC-15. [\[25\]](#)

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

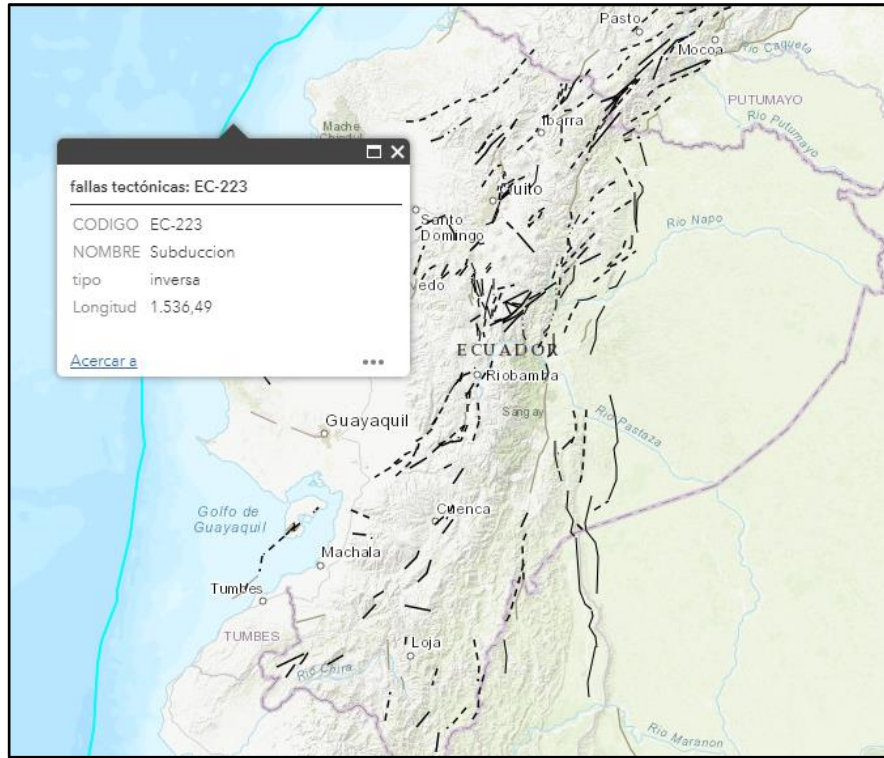
4.1.1. Área de estudio

El sector donde se va a realizar el estudio de Peligro Sísmico Determinista se encuentra en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, parroquia de Huachi Chicho, Barrio Solís entre las calles Julio Jaramillo, Julio César Cañar, Luis Alberto Valencia y Carlos Rubira Infante; tras utilizar el programa Google Earth Pro se determina que el área en estudio está a 2732m sobre el nivel del mar posee un área aproximada de 374971,82 m².

4.1.2. Selección de Fallas Geológicas

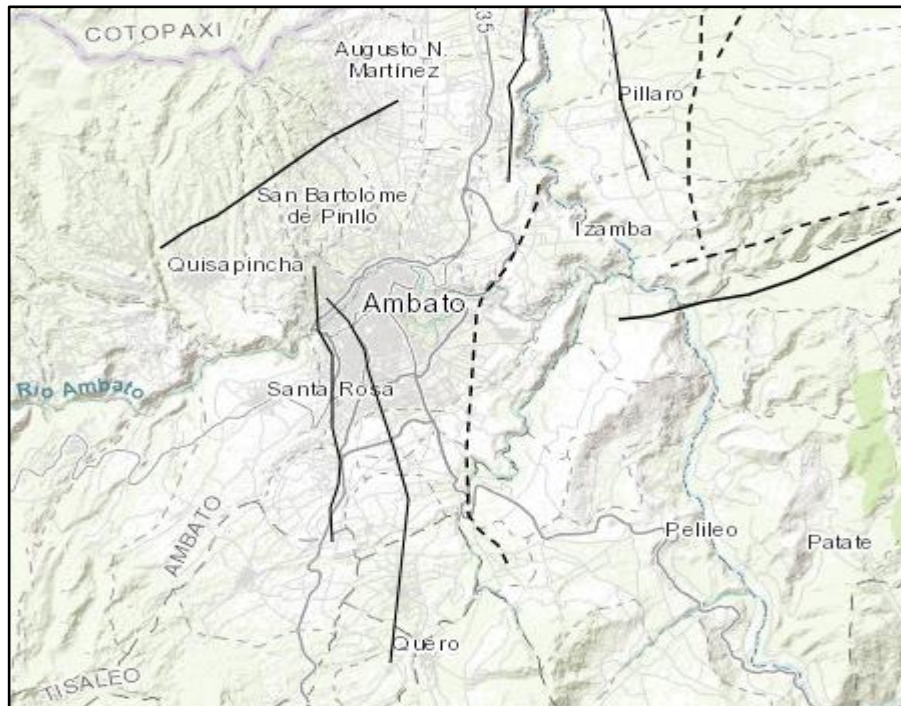
El criterio para la selección de fallas se lo realizó tomando en cuenta el tipo de falla, su longitud y la distancia entre la fuente y el sitio de estudio, la información de cada falla es tomada de la página electrónica del Instituto geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador. [21]

Figura # 10 Fallas Geológicas del Ecuador



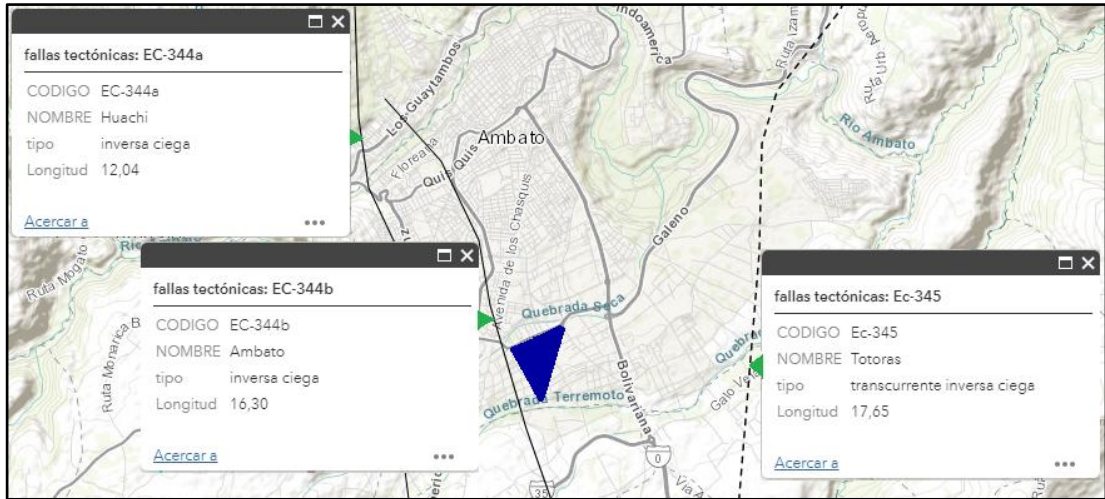
Fuente: Instituto geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador.

Figura # 10 Fallas Geológicas Tungurahua



Fuente: Instituto geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador.

Figura # 11 Fallas Geológicas Ambato aledañas al área en estudio



Fuente: Instituto geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador.

Se escogió 4 fallas tectónicas para relacionarlas con el sector de estudio; éstas 3 fallas son corticales que están dentro de los límites de la provincia de Tungurahua y de la ciudad de Ambato por ende son las más cercanas al sector de estudio; una falla de Subducción donde la placa de Nazca bajo la capa Sudamericana como menciona la NEC-SE-DS en el cap. 10.1.1.

4.1.3. Magnitud de las fallas.

Se determina la magnitud de momento (M_w) de las fallas empleando la ecuación propuesta por Wells – Coppersmith en la tabla 1 del capítulo 2, la cual se muestra a continuación:

$$M_w = a + b * \log (SRL) \quad (7)$$

Donde:

M = Magnitud de Momento

a, b = coeficientes en función del tipo de falla

SRL = Longitud de ruptura superficial (Km)

En la tabla #5, se muestra las características de cada falla, los coeficientes según el tipo de falla y la magnitud de momento:

Tabla # 5. Valores de magnitud de momento para cada Falla

Falla	Código	Tipo	Longitud SRL (Km)	Distancia (Km)	Coeficientes		Magnitud (Mw)
					a	b	
Subducción	EC-223	Inversa	1536.50	299.90	5.00	1.22	8.9
Huachi	EC-334a	Inversa Ciega	12.00	2.02	5.00	1.22	6.3
Ambato	EC-334b	Inversa Ciega	16.30	0.34	5.00	1.22	6.5
Totoras	EC-335	Transcurrente Inversa Ciega	17.70	3.27	5.00	1.22	6.5

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N

Los coeficientes a y b se los encuentra en la tabla #1 perteneciente a Wells – Coppersmith (1994)

4.1.4. Características del Suelo

A partir de la tabla # 6 hasta la # 10 se muestran los resultados de la granulometría y tipo de las 5 muestras (1 muestra por cada pozo) tomadas tras el ensayo de SPT, la clasificación de suelo está determinada por la SUCS

Tabla # 6.

Pozo # 1 - Granulometría de la muestra de suelo tomada con el ensayo SPT.

TAMIZ #	PESO RETENIDO (gr)	%RETENIDO	% PASA
Muestra a 1,00 m de profundidad			
Pasa # 4	3,10	1,04	98,96
#10	10,00	3,36	96,64
# 40	34,20	11,49	88,51
# 60	32,30	10,85	89,15
# 100	49,40	16,60	83,40
# 200	85,30	28,66	71,34
Pasa # 200	83,30	27,99	72,01
Muestra a 1,50 m de profundidad			
Pasa # 4	4,50	1,51	98,49
#10	22,60	7,57	92,43
# 40	35,60	11,93	88,07
# 60	29,70	9,95	90,05
# 100	38,30	12,84	87,16
# 200	74,30	24,90	75,10
Pasa # 200	93,40	31,30	68,70
Muestra a 2,00 m de profundidad			
Pasa # 4	0,00	0,00	100,00
#10	8,30	4,37	95,63
# 40	77,80	40,95	59,05
# 60	18,70	9,84	90,16
# 100	16,50	8,68	91,32
# 200	26,00	13,68	86,32
Pasa # 200	42,70	22,47	77,53
Muestra a 2,50 m de profundidad			
Pasa # 4	0,00	0,00	100,00
#10	9,80	15,01	84,99
# 40	12,80	19,60	80,40
# 60	7,00	10,72	89,28
# 100	8,60	13,17	86,83
# 200	14,10	21,59	78,41
Pasa # 200	13,00	19,91	80,09

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

La tabla # 6 corresponde a la muestra de suelo del Primer pozo a diferentes profundidades, aquí se reflejan las cantidades y los porcentajes del suelo tamizado.

El suelo de la muestra se lo clasifica como ARENA puesto que más del 50% de la muestra pasa el tamiz #4 y es de GRANO GRUESO debido a que más del 50% es retenido por el tamiz #200.

Tabla # 7.

Pozo # 2 - Granulometría de la muestra de suelo tomada con el ensayo SPT.

TAMIZ #	PESO RETENIDO (gr)	%RETENIDO	% PASA
Muestra a 1,00 m de profundidad			
Pasa # 4	5,90	2,06	97,94
#10	11,20	3,91	96,09
# 40	40,60	14,18	85,82
# 60	30,50	10,65	89,35
# 100	44,00	15,37	84,63
# 200	67,90	23,72	76,28
Pasa # 200	86,20	30,11	69,89
Muestra a 1,50 m de profundidad			
Pasa # 4	4,80	2,62	97,38
#10	6,60	3,60	96,40
# 40	23,70	12,94	87,06
# 60	18,60	10,15	89,85
# 100	27,10	14,79	85,21
# 200	47,30	25,82	74,18
Pasa # 200	55,10	30,08	69,92
Muestra a 2,00 m de profundidad			
Pasa # 4	0,00	0,00	100,00
#10	2,40	4,20	95,80
# 40	9,50	16,61	83,39
# 60	6,40	11,19	88,81
# 100	8,60	15,03	84,97
# 200	13,40	23,43	76,57
Pasa # 200	16,90	29,55	70,45
Muestra a 2,50 m de profundidad			
Pasa # 4	2,70	0,89	99,11
#10	17,00	5,59	94,41
# 40	44,10	14,49	85,51
# 60	29,20	9,60	90,40
# 100	40,60	13,34	86,66
# 200	70,30	23,10	76,90
Pasa # 200	100,40	32,99	67,01

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N

La tabla # 7 corresponde a la muestra de suelo del Segundo pozo a diferentes profundidades, aquí se reflejan las cantidades y los porcentajes del suelo tamizado.

El suelo de la muestra se lo clasifica como ARENA puesto que más del 50% de la muestra pasa el tamiz #4 y es de GRANO GRUESO debido a que más del 50% es retenido por el tamiz #200.

Tabla # 8.

Pozo # 3 - Granulometría de la muestra de suelo tomada con el ensayo SPT.

TAMIZ #	PESO RETENIDO (gr)	%RETENIDO	% PASA
Muestra a 1,00 m de profundidad			
Pasa # 4	1,70	1,48	98,52
#10	3,10	2,70	97,30
# 40	19,10	16,65	83,35
# 60	13,20	11,51	88,49
# 100	17,00	14,82	85,18
# 200	29,10	25,37	74,63
Pasa # 200	31,50	27,46	72,54
Muestra a 1,50 m de profundidad			
Pasa # 4	0,00	0,00	100,00
#10	3,80	3,28	96,72
# 40	17,20	14,83	85,17
# 60	15,20	13,10	86,90
# 100	17,90	15,43	84,57
# 200	29,20	25,17	74,83
Pasa # 200	32,70	28,19	71,81
Muestra a 2,00 m de profundidad			
Pasa # 4	0,00	0,00	100,00
#10	7,70	3,55	96,45
# 40	49,80	22,94	77,06
# 60	28,50	13,13	86,87
# 100	29,70	13,68	86,32
# 200	50,10	23,08	76,92
Pasa # 200	51,30	23,63	76,37

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N

La tabla # 8 corresponde a la muestra de suelo del Tercer pozo a diferentes profundidades, aquí se reflejan las cantidades y los porcentajes del suelo tamizado.

El suelo de la muestra se lo clasifica como ARENA puesto que más del 50% de la muestra pasa el tamiz #4 y es de GRANO GRUESO debido a que más del 50% es retenido por el tamiz #200.

Tabla # 9.

Pozo # 4 - Granulometría de la muestra de suelo tomada con el ensayo SPT.

TAMIZ #	PESO RETENIDO (gr)	%RETENIDO	% PASA
Muestra a 1,00 m de profundidad			
Pasa # 4	4,10	3,16	96,84
#10	3,30	2,54	97,46
# 40	17,10	13,18	86,82
# 60	20,20	15,57	84,43
# 100	22,50	17,35	82,65
# 200	29,90	23,05	76,95
Pasa # 200	32,60	25,13	74,87
Muestra a 1,50 m de profundidad			
Pasa # 4	1,12	0,87	99,13
#10	4,30	3,32	96,68
# 40	10,50	8,11	91,89
# 60	22,60	17,46	82,54
# 100	27,50	21,25	78,75
# 200	29,70	22,95	77,05
Pasa # 200	33,70	26,04	73,96
Muestra a 2,00 m de profundidad			
Pasa # 4	0,00	0,00	100,00
#10	6,20	3,04	96,96
# 40	39,70	19,46	80,54
# 60	26,50	12,99	87,01
# 100	31,50	15,44	84,56
# 200	47,80	23,43	76,57
Pasa # 200	52,30	25,64	74,36

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N

La tabla # 9 corresponde a la muestra de suelo del Cuarto pozo a diferentes profundidades, aquí se reflejan las cantidades y los porcentajes del suelo tamizado.

El suelo de la muestra se lo clasifica como ARENA puesto que más del 50% de la muestra pasa el tamiz #4 y es de GRANO GRUESO debido a que más del 50% es retenido por el tamiz #200.

Tabla # 10.

Pozo # 5 - Granulometría de la muestra de suelo tomada con el ensayo SPT.

TAMIZ #	PESO RETENIDO (gr)	%RETENIDO	% PASA
Muestra a 1,00 m de profundidad			
Pasa # 4	6,20	2,18	97,82
#10	17,30	6,09	93,91
# 40	28,90	10,17	89,83
# 60	35,60	12,53	87,47
# 100	41,90	14,75	85,25
# 200	65,70	23,13	76,87
Pasa # 200	88,50	31,15	68,85
Muestra a 1,50 m de profundidad			
Pasa # 4	3,50	1,90	98,10
#10	9,90	5,38	94,62
# 40	17,50	9,51	90,49
# 60	22,90	12,44	87,56
# 100	30,20	16,40	83,60
# 200	51,80	28,14	71,86
Pasa # 200	48,30	26,24	73,76
Muestra a 2,00 m de profundidad			
Pasa # 4	2,50	1,96	98,04
#10	7,90	6,18	93,82
# 40	12,20	9,55	90,45
# 60	25,30	19,80	80,20
# 100	19,60	15,34	84,66
# 200	23,50	18,39	81,61
Pasa # 200	36,80	28,79	71,21
Muestra a 2,50 m de profundidad			
Pasa # 4	0,00	0,00	100,00
#10	12,70	5,58	94,42
# 40	34,40	15,11	84,89
# 60	16,20	7,11	92,89
# 100	42,80	18,80	81,20
# 200	59,80	26,26	73,74
Pasa # 200	61,80	27,14	72,86

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

La tabla # 10 corresponde a la muestra de suelo del Quinto pozo a diferentes profundidades, aquí se reflejan las cantidades y los porcentajes del suelo tamizado.

El suelo de la muestra se lo clasifica como ARENA puesto que más del 50% de la muestra pasa el tamiz #4 y es de GRANO GRUESO debido a que más del 50% es retenido por el tamiz #200.

4.1.5. Velocidad media de la onda de cortante V_{S30}

Para determinar el V_{S30} aproximado para la zona de estudio ubicada en el sector Huachi Chico Barrio “Solís”; se utiliza una ecuación de correlación empírica en función al N_{SPT} , propuesta por Leey Tsai en 2008. [26] La ecuación fue escogida debido a que el tipo de suelo en los ensayos de Leey Tsai es ligeramente similar al suelo presente en nuestra área de estudio.

- La ecuación de Leey Tsai (2008) está dada por:

$$V_S = 128.28 * N^{0.241} \quad (8)$$

Donde:

V_S = Velocidad de la onda de corte (m/s)

N = Número de golpes del ensayo de penetración estándar

A continuación, se presentan 5 tablas donde se muestran los valores del número de golpes obtenidos en el ensayo SPT, así como, los valores de la velocidad de la onda de corte calculados en cada uno de los pozos con sus respectivos tipos de perfil del suelo.

Tabla # 11.
 Pozo # 1 - Valores de N_{SPT} , V_{S30} y clasificación del tipo de perfil

Profundidad (m)		# Golpes SPT (parcial)	# Golpes SPT (total)	Vs30 (m/s)	Tipo de Perfil	Vs30 (m/s) (promedio)
Parcial	Acumulada					
0,50	0,55	Limpieza	27			Nivel Mínimo De Cimentación
0,15	0,70	20				
0,15	0,85	12				
0,15	1,00	15				
0,15	1,20	15	45	321,06	D	330,87
0,15	1,35	20				
0,15	1,50	25				
0,15	1,70	24	58	341,31	D	
0,15	1,85	27				
0,15	2,00	31				
0,15	2,20	50	Rechazo			
0,15	2,35	0				
0,15	2,50	0				

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

Tabla # 12.
 Pozo # 2 - Valores de N_{SPT} , V_{S30} y clasificación del tipo de perfil

Profundidad (m)		# Golpes SPT (parcial)	# Golpes SPT (total)	Vs30 (m/s)	Tipo de Perfil	Vs30 (m/s) (promedio)
Parcial	Acumulada					
0,50	0,55	Limpieza	7			Nivel Mínimo De Cimentación
0,15	0,70	2				
0,15	0,85	3				
0,15	1,00	4				
0,15	1,20	4	17	253,92	D	280,01
0,15	1,35	8				
0,15	1,50	9				
0,15	1,70	14	40	312,07	D	
0,15	1,85	19				
0,15	2,00	21				
0,15	2,20	30	Rechazo			
0,15	2,35	42				
0,15	2,50	36				

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

Tabla # 13.

Pozo # 3 - Valores de N_{SPT} , V_{S30} y clasificación del tipo de perfil

Profundidad (m)		# Golpes SPT (parcial)	# Golpes SPT (total)	Vs30 (m/s)	Tipo de Perfil	Vs30 (m/s) (promedio)
Parcial	Acumulada					
0,50	0,55	Limpieza	43	Nivel Mínimo De Cimentación		
0,15	0,70	10				
0,15	0,85	19				
0,15	1,00	24				
0,15	1,20	25	57	339,88	D	339,88
0,15	1,35	27				
0,15	1,50	30				
0,15	1,70	35	Rechazo			
0,15	1,85	42				
0,15	2,00	50				

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

Tabla # 14.

Pozo # 4 - Valores de N_{SPT} , V_{S30} y clasificación del tipo de perfil

Profundidad (m)		# Golpes SPT (parcial)	# Golpes SPT (total)	Vs30 (m/s)	Tipo de Perfil	Vs30 (m/s) (promedio)
Parcial	Acumulada					
0,50	0,55	Limpieza	32	Nivel Mínimo De Cimentación		
0,15	0,70	8				
0,15	0,85	15				
0,15	1,00	17				
0,15	1,20	20	46	322,76	D	322,76
0,15	1,35	22				
0,15	1,50	24				
0,15	1,70	31	Rechazo			
0,15	1,85	39				
0,15	2,00	50				

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

Tabla # 15.

Pozo # 5 - Valores de N_{SPT} , V_{S30} y clasificación del tipo de perfil

Profundidad (m)		# Golpes SPT (parcial)	# Golpes SPT (total)	Vs30 (m/s)	Tipo de Perfil	Vs30 (m/s) (promedio)
Parcial	Acumulada					
0,50	0,55	Limpieza	17	Nivel Mínimo De Cimentación		
0,15	0,70	5				
0,15	0,85	7				
0,15	1,00	10				
0,15	1,20	11	38	308,24	D	322,63
0,15	1,35	16				
0,15	1,50	22				
0,15	1,70	24	56	338,43	D	
0,15	1,85	27				
0,15	2,00	29				
0,15	2,20	33				
0,15	2,35	42	Rechazo			
0,15	2,50	49				

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

Se determinó que el suelo en cada pozo pertenece a un **Perfil Tipo D** (según NEC-SE-DS Cap. 10.5.1 - Tabla 20), debido a que los valores de V_{S30} calculados a cada 50 cm se encuentran en el rango de $360 \text{ m/s} > V_{S30} \geq 180 \text{ m/s}$.

A continuación, se muestra una tabla resumen con la velocidad de la onda de corte aproximada para la zona de estudio, mediante el promedio de los 5 datos de V_{S30} calculados en cada pozo, así como su tipo de perfil de suelo.

Tabla # 16. Tabla resumen de los Valores de N_{SPT} , V_{S30} y clasificación del tipo de perfil

# Pozos	V_{S30} (m/s)	V_{S30} (m/s) promedio	Perfil de Suelo
1	330.87	319.23	D
2	280.01		
3	339.88		
4	322.76		
5	322.63		

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

4.1.6. Ecuaciones de Atenuación para Fallas Corticales Intraplaca

Para el estudio de peligro sísmico determinista se utilizaron los siguientes modelos de atenuación: Atkinson y Boore (2008), Akkar y Bommer (2010) y Kanno (2006) las cuales fueron descritas en el capítulo #2.

4.1.6.1. Modelo de Atkinson y Boore (2008)

Para el desarrollo del modelo de Atkinson y Boore se aplica la ecuación (1):

$$\ln Y = F_M (M) + F_D (R_{JB}, M) + F_S (V_{S30}, R_{JB}, M) + \epsilon \quad (1)$$

Donde:

Y = Valor de la aceleración PGA dada en cm/seg^2 .

F_M = Ecuación en base a la escala de magnitud.

M = Magnitud de Momento.

F_D = Ecuación en función de la distancia R_{JB} .

R_{JB} = Distancia de la falla al Sitio en estudio (km).

$F_S =$ Ecuación en función de la amplificación de sitio.

$V_{S30} =$ Velocidad media de la onda de corte.

$\varepsilon =$ Desviación Estándar.

4.1.6.1.1. Ecuación en Función de la Distancia

En esta ecuación, F_M , F_D y F_S representan la función de magnitud, la función de distancia y la amplificación del sitio, respectivamente.

$$F_D (R_{JB}, M) = [c_1 + c_2 (M - M_{ref})] \ln (R/R_{ref}) + c_3 (R - R_{ref}) \quad (9)$$

$$R = \sqrt{R_{JB}^2 + h^2} \quad (10)$$

Donde:

$c_1, c_2, c_3,$ y $h =$ Son coeficientes a ser determinados que se mostraran en la tabla#17.

$M_{ref} = 4.5$ y $R_{ref} = 1$ km [Datos preestablecidos en el artículo de Boore y Atkinson (2008)]

4.1.6.1.2. Ecuación en Función de la Magnitud

Si $M \leq M_h$ entonces:

$$F_M (M) = e_1U + e_2SS + e_3Ns + e_4RS + e_5 (M - M_h) + e_6 (M - M_h)^2 \quad (11)$$

Si $M > M_h$ entonces:

$$F_M (M) = e_1U + e_2SS + e_3Ns + e_4RS + e_7 (M - M_h) \quad (12)$$

Donde:

$M =$ Magnitud de Momento.

$M_h =$ Coeficiente de Magnitud Escalar (Tabla #17-a)

$e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7 =$ coeficientes escalares de magnitud (Tabla #17-a)

$U =$ Variable ficticia No Especificada.

$SS =$ Variable ficticia de Deslizamiento de Huelga.

NS = Variable ficticia de Deslizamiento Normal.

RS = Variables ficticias de Deslizamiento Inversa.

4.1.6.1.3. Ecuación en Función de la Amplificación del Sitio

$$\mathbf{Fs (V_{S30}, \mathbf{R}_{JB}, \mathbf{M}) = F_{LIN} + F_{NL}} \quad (13)$$

Donde:

F_{LIN} y F_{NL} = Termino Lineal y Termino No Lineal respectivamente

4.1.6.1.3.1. Función del Termino Lineal:

$$\mathbf{F_{LIN} = b_{lin} * \ln (V_{S30} / V_{ref})} \quad (14)$$

Donde:

b_{lin} = coeficiente dependiente del periodo

V_{ref} = Velocidad de referencia especificada (760 m/s) que corresponde a las condiciones del sitio limite NERHRP B/C.

4.1.6.1.3.2. Función del Termino No Lineal viene dado por:

a) $\text{pga}_{4nl} \leq a_1$

$$\mathbf{F_{NL} = b_{nl} * \ln (\text{pga}_{low} / 0.1)} \quad (15)$$

b) $a_1 < \text{pga}_{4nl} \leq a_2$

$$\mathbf{F_{NL} = b_{nl} * \ln (\text{pga}_{low} / 0.1) + c [\ln (\text{pga}_{4nl} / a_1)]^2 + d [\ln (\text{pga}_{4nl} / a_1)]^3} \quad (16)$$

$$\mathbf{b1) \quad c = (3\Delta y - b_{nl} \Delta x) / \Delta x^2} \quad (17)$$

$$\mathbf{b1.1) \quad \Delta x = \ln (a_1 / a_2)} \quad (18)$$

$$\mathbf{b1.2) \quad b\Delta y = b_{nl} * \ln (a_2 / \text{pga}_{low})} \quad (19)$$

$$\mathbf{b2) \quad d = - (2\Delta y - b_{nl} \Delta x) / \Delta x^3} \quad (20)$$

c) $a_2 < \text{pga}_{4nl}$

$$F_{NL} = b_{nl} * \ln (pga_low / 0.1) \quad (21)$$

Donde:

b_{nl} es una variable de la pendiente no lineal y pga_{nl} es un valor de la aceleración máxima en el suelo dado en g (aceleración de la gravedad), el cual es calculado con la ecuación (1), aplicando como valores de F_s (Ecuación en función de la amplificación de sitio) y ϵ (Desviación Estándar) iguales a cero.

Los valores de pga_low (coeficiente de transición entre el comportamiento lineal y no lineal), a_1 (coeficiente de amplificación lineal) y a_2 (coeficiente de amplificación no lineal) son establecidos en el artículo de Boore y Atkinson (2008), los cuales se muestran a continuación:

$pga_low = 0.06$ g (aceleración de la gravedad)

$a_1 = 0.03$ g (aceleración de la gravedad)

$a_2 = 0.09$ g (aceleración de la gravedad)

4.1.6.1.4. Determinación de b_{nl}

b_{nl} (pendiente no lineal) en función de V_{S30} (velocidad media de la onda de corte):

$$\begin{aligned} 4.1.6.1.4.1. \quad & V_{S30} \leq V_1 \\ & b_{nl} = b_1 \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} 4.1.6.1.4.2. \quad & V_1 < V_{S30} < V_2 \\ & b_{nl} = (b_1 - b_2) \ln (V_{S30}/V_2) / \ln (V_1/V_2) + b_2 \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} 4.1.6.1.4.3. \quad & V_2 < V_{S30} < V_{ref} \\ & b_{nl} = b_2 \ln (V_{S30}/V_{ref}) / \ln (V_2/V_{ref}) \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} 4.1.6.1.4.4. \quad & V_{ref} \leq V_{S30} \\ & b_{nl} = 0.00 \end{aligned} \quad (25)$$

Donde:

b_1, b_2 = Coeficientes dependientes del periodo (Tabla #17).

V_{S30} = Velocidad media de la onda de corte.

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

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

$$V_{\text{ref}} = 760 \text{ m/s}$$

El valor de V_1 y V_2 (Velocidades de referencia especificadas) son datos establecidos en el artículo de Boore y Atkinson (2008).

4.1.6.2. Limitaciones del Modelo

Las ecuaciones deben usarse solo para variables predictoras dentro de los rangos:

- $5 \leq M \leq 8$
- $R_{JB} < 200 \text{ Km}$ (se obtuvo de la distancia perpendicular entre el punto medio del área de estudio y la falla activa seleccionada este valor se lo puede ver en la Tabla #5)
- $180 \leq V_{S30} \leq 360 \text{ m/s}$

A continuación, se presenta la tabla # 17 elaborada en Microsoft Excel para el modelo de Atkinson y Boore que contiene datos y graficas de los espectros para las fallas anteriormente seleccionadas:

4.1.6.3. Modelo de Akkar y Bommer (2010)

Para el desarrollo del modelo de Akkar y Bommer se aplica la ecuación (2):

$$\log Y = b_1 + b_2 M + b_3 M^2 + (b_4 + b_5 M) \log \sqrt{R_{jb}^2 + b_6^2} + b_7 S_s + b_8 S_A + b_9 F_N + b_{10} F_R + \epsilon \sigma \quad (2)$$

Donde:

Y = Valor de la aceleración PGA (Aceleración Máxima del Suelo) dada en cm/seg².

b₁, b₂, ..., b₁₀ = Coeficientes de regresión (Tabla# 18).

M = Momento de Magnitud.

R_{jb} = Distancia a partir de donde se libera la energía hasta el punto de estudio o Distancia Fuente – Sitio (km).

S_s = Coeficiente para Suelo Rígido

S_A = Coeficiente para Suelo Blando

F_N = Falla Normal

F_R = Falla Inversa

ε = Número de desviación estándar

σ = Desviación estándar

4.1.6.3.1. Categoría de Sitios

- Suelos Blandos S_S= 1 y S_A= 0; Cuando V_{S30} < 360 m/s
- Suelos Rígidos S_S= 0 y S_A= 1
- Rocas S_S= 0 y S_A= 0; Cuando V_{S30} > 750 m/s

4.1.6.3.2. Categorías de Mecanismo de Falla

- Falla Normal F_N= 1 y F_R= 0
- Falla inversa F_N= 0 y F_R= 1
- Transcurrente F_N= 0 y F_R= 0

4.1.6.4. Limitaciones del Modelo

- La distancia R_{JB} únicamente hasta 100 km.
- Los rangos de la magnitud deben estar entre Mw 5.0 – Mw 7.6
- El modelo a aplicar nos limita con un período de hasta 3 segundos

Tabla # 18 : Ecuación de Atenuación de Akkar y Bommer (2010) para fallas Corticales

Tabla# 18 (a) Ecuación de Atenuación de Akkar y Bommer (2010) para la falla Cortical (HUACHI)

$$\log(PSA) = b_1 + b_2M + b_3M^2 + (b_4 + b_5M)\log\sqrt{R_{jb}^2 + b_6^2} + b_7S_z + b_8S_A + b_9F_N + b_{10}F_R + \sigma$$

Mw	6.3	Ss	1	SA	0	FN	0	FR	1	Rjb	2.02											%g (Huachi)			
Periodo T(s)	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	σ1	σ2	σ	log (Psa)	log (Psa)+σ	log (Psa)-σ	Psa (gals)	Psa+σ (gals)	Psa-σ (gals)						%g (Huachi)
0	1.04159	0.91333	-0.0814	-2.9273	0.2812	7.86638	0.08753	0.01527	-0.0419	0.08015	0.261	0.0994	0.27929	2.681192	2.960479	2.401905	479.9458	913.0182	252.2929						0.48924406
0.05	2.11528	0.72571	-0.07351	-3.332	0.33534	7.74734	0.04707	-0.0243	-0.0426	0.08649	0.272	0.1142	0.29500	2.801582	3.096583	2.506581	633.2595	1249.0586	321.0559						0.645524506
0.1	2.11994	0.75179	-0.07448	-3.1054	0.30253	8.21405	0.02667	-0.0006	-0.0491	0.0791	0.2728	0.1167	0.29671	2.893625	3.190338	2.596911	782.7529	1550.0221	395.2860						0.797913237
0.15	1.64489	0.83683	-0.07544	-2.7585	0.2549	8.31786	0.02578	0.01703	-0.0418	0.0784	0.2788	0.1192	0.30321	2.952129	3.255342	2.648916	895.6301	1800.2865	445.5698						0.912976683
0.2	0.92065	0.96815	-0.07903	-2.4926	0.2179	8.21914	0.06557	0.02105	-0.021	0.08438	0.2821	0.1081	0.30210	2.994496	3.296599	2.692393	987.4063	1979.6962	492.4852						1.006530347
0.25	0.13978	1.13068	-0.08761	-2.3382	0.20089	7.20688	0.0981	0.03919	-0.0485	0.08577	0.2871	0.099	0.30369	3.032030	3.335720	2.728340	1076.5392	2166.3045	534.9832						1.097389591
0.3	-0.84006	1.37439	-0.10349	-2.1912	0.18139	6.54299	0.12847	0.0434	-0.0555	0.09221	0.2902	0.0976	0.30617	3.055712	3.361885	2.749539	1136.8737	2300.8327	561.7452						1.158892657
0.35	-1.32207	1.47055	-0.10873	-2.1299	0.17485	6.24751	0.16213	0.06695	-0.0472	0.09003	0.2983	0.1054	0.31637	3.038572	3.354946	2.722199	1092.8800	2264.3615	527.4718						1.114046912
0.4	-1.7032	1.5593	-0.11388	-2.1272	0.17137	6.57173	0.21222	0.09201	-0.0515	0.09903	0.2998	0.1101	0.31938	3.034647	3.354025	2.715269	1083.0463	2259.5638	519.1220						1.104022721
0.45	-1.97201	1.61645	-0.11742	-2.1662	0.177	6.78082	0.24121	0.11675	-0.052	0.09943	0.3037	0.1123	0.32380	2.998707	3.322504	2.674909	997.0264	2101.3790	473.0520						1.016336778
0.5	-2.76925	1.83268	-0.12302	-2.1297	0.16877	7.17423	0.25944	0.13562	-0.0428	0.08579	0.3078	0.1163	0.32904	2.951691	3.287030	2.622652	894.7274	1908.6642	419.4227						0.912056467
0.55	-3.51672	2.02523	-0.14495	-2.0421	0.15617	6.7617	0.26498	0.14446	-0.0426	0.06945	0.307	0.1274	0.33238	2.925552	3.257937	2.593167	842.4649	1811.0764	391.8924						0.858781732
0.6	-3.92759	2.08471	-0.14648	-1.8814	0.13621	6.10103	0.27718	0.15156	-0.0385	0.05932	0.3007	0.143	0.33297	2.901961	3.234932	2.568991	797.9235	1717.6393	370.6727						0.813377678
0.65	-4.4949	2.21154	-0.15522	-1.7903	0.12916	5.19135	0.28574	0.15239	-0.0342	0.05111	0.3004	0.1546	0.33785	2.885528	3.223376	2.547680	768.2953	1672.5389	352.9231						0.783175587
0.7	-4.62925	2.21764	-0.15491	-1.7908	0.13495	4.46323	0.30348	0.15652	-0.0415	0.04661	0.2978	0.1626	0.33930	2.889495	3.228793	2.550196	775.3443	1693.5315	354.9735						0.79036115
0.75	-4.95053	2.29142	-0.15983	-1.8132	0.1392	4.27945	0.31516	0.16333	-0.0405	0.04253	0.2973	0.1602	0.33771	2.867422	3.205137	2.529707	736.9229	1603.7510	338.6158						0.751195651
0.8	-5.32863	2.38389	-0.16571	-1.7727	0.13273	4.37011	0.32153	0.17366	-0.0395	0.03373	0.2927	0.1584	0.33281	2.828887	3.161699	2.496075	674.3523	1451.1051	313.3825						0.687413129
0.85	-5.75799	2.50635	-0.17479	-1.7707	0.13096	4.62192	0.3352	0.1848	-0.0379	0.02867	0.2917	0.1543	0.33000	2.793898	3.123894	2.463902	622.1547	1330.1310	291.0063						0.634204587
0.9	-5.82689	2.50287	-0.17367	-1.763	0.13059	4.65393	0.34849	0.19061	-0.0288	0.02475	0.2915	0.1521	0.32880	2.758323	3.087118	2.429527	573.2217	1222.1327	268.8604						0.584323819
0.95	-5.90592	2.51405	-0.17417	-1.7985	0.13535	4.8454	0.35919	0.19411	-0.0221	0.02502	0.2912	0.1484	0.32683	2.722877	3.049710	2.396044	528.2957	1121.2705	248.9108						0.538527776
1	-6.17066	2.58558	-0.17938	-1.8072	0.13599	4.97596	0.36619	0.19519	-0.0227	0.02121	0.2895	0.1483	0.32527	2.692484	3.017758	2.367210	492.5880	1041.7362	232.9217						0.502128442
1.05	-6.60337	2.69584	-0.18646	-1.7384	0.12485	5.04489	0.37278	0.19461	-0.0261	0.01115	0.2888	0.1465	0.32383	2.663992	2.987825	2.340159	461.3090	972.3547	218.8563						0.470243584
1.1	-6.90379	2.77044	-0.19171	-1.7111	0.12227	5.00975	0.37756	0.19423	-0.0266	0.0014	0.2896	0.1427	0.32285	2.630818	2.953667	2.307969	427.3838	898.8082	203.2212						0.435661386
1.15	-6.9618	2.75857	-0.1889	-1.6659	0.11447	5.08902	0.38149	0.19402	-0.0209	0.00148	0.2871	0.1435	0.32097	2.605135	2.926100	2.284169	402.8419	843.5287	192.3842						0.410644149
1.2	-6.99236	2.73427	-0.18491	-1.5912	0.10265	5.03274	0.3812	0.19309	-0.0162	0.00413	0.2878	0.1439	0.32177	2.586301	2.908071	2.264530	385.7452	809.2276	183.8782						0.393216301
1.25	-6.74613	2.62375	-0.17392	-1.5289	0.09129	5.08347	0.38782	0.19392	-0.0183	0.00413	0.2863	0.1453	0.32106	2.568709	2.889770	2.247649	370.4326	775.8355	176.8678						0.377607183
1.3	-6.51719	2.51869	-0.1633	-1.4653	0.08005	5.14423	0.38662	0.19273	-0.019	-0.0037	0.2869	0.1427	0.32043	2.540640	2.861069	2.220211	347.2481	726.2126	166.0392						0.353973625
1.35	-6.55821	2.52238	-0.16307	-1.4822	0.08173	5.29006	0.38677	0.19082	-0.0184	-0.009	0.2885	0.1428	0.32191	2.509919	2.831826	2.188013	323.5337	678.9322	154.1745						0.329799851
1.4	-6.61945	2.52611	-0.16274	-1.4826	0.08213	5.3349	0.38625	0.19285	-0.0161	-0.0088	0.2875	0.1458	0.32236	2.483517	2.805873	2.161160	304.4505	639.5485	144.9305						0.310347109
1.45	-6.62737	2.49858	-0.1591	-1.4331	0.07577	5.19412	0.38285	0.19161	-0.0129	-0.0056	0.2857	0.1477	0.32162	2.463135	2.784755	2.145154	290.4924	609.1936	138.5206						0.296118652
1.5	-6.71787	2.49486	-0.15689	-1.353	0.06379	5.1575	0.37867	0.18812	-0.0121	-0.0022	0.2839	0.1468	0.31961	2.442204	2.761812	2.122596	276.8241	577.8461	132.6159						0.282185638
1.55	-6.80776	2.50291	-0.15629	-1.3123	0.05697	5.27441	0.37267	0.18568	-0.0085	-0.0005	0.2845	0.145	0.31932	2.412798	2.732118	2.093478	258.7009	539.6572	124.0161						0.263711455
1.6	-6.83632	2.51009	-0.15676	-1.3326	0.0587	5.54539	0.36952	0.18149	-0.0053	-6E-05	0.2844	0.1457	0.31955	2.382603	2.702153	2.063054	241.3256	503.6778	115.6256						0.245999596
1.65	-6.88684	2.54048	-0.15995	-1.4093	0.0686	5.93828	0.36531	0.17617	-0.0085	-0.003	0.2841	0.1503	0.32141	2.352869	2.674277	2.031461	225.3559	472.3639	107.5131						0.229720628
1.7	-6.946	2.57151	-0.16294	-1.4768	0.07672	6.36599	0.35936	0.17301	-0.012	-0.0074	0.284	0.1537	0.32292	2.320700	2.642994	1.997146	208.9632	439.5351	99.3450						0.213010422
1.75	-7.09166	2.62938	-0.16794	-1.5404	0.08428	6.82292	0.35284	0.16945	-0.0139	-0.0139	0.284	0.1558	0.32393	2.286634	2.610563	1.962706	193.4792	407.9084	91.7711						0.197226461
1.8	-7.22818	2.66824	-0.17057	-1.5427	0.08325	7.11603	0.34775	0.16743	-0.014	-0.0149	0.2834	0.1582	0.32457	2.259708	2.584273	1.935142	181.8476	383.9487	86.1276						0.185369662
1.85	-7.29772	2.67565	-0.17004	-1.5094	0.07663	7.31928	0.34561	0.1673	-0.0153	-0.0119	0.2828	0.1592	0.32453	2.239858	2.564389	1.915327	173.7234	366.7663	82.2862						0.177088065
1.9	-7.35522	2.67749	-0.16934	-1.4699	0.07065	7.25988	0.34142	0.16325	-0.0156	-0.007	0.2826	0.1611	0.32529	2.227391	2.552685	1.902998	168.8073	357.0138	79.8174						0.170276795
1.95	-7.40716	2.68206	-0.16906	-1.4382	0.06525	7.25344	0.3372	0.16171	-0.0185	-0.0035	0.2832	0.1642	0.32736	2.213006	2.540364	1.885647	163.3073	347.0280	76.8505						0.166470207
2	-7.50404	2.71004	-0.1713	-1.444	0.06602	7.26059	0.33298	0.15839	-0.0226	-0.0049	0.2835	0.1657	0.32837	2.196692	2.525065	1.868320	157.2868	335.0158	73.8447						0.16033173
2.05	-7.55598	2.72737	-0.17291	-1.4579	0.06774	7.4032	0.3301	0.15496	-0.0263	-0.0073	0.2836	0.1665	0.32886	2.173838	2.502701	1.844974	149.2236	318.2007	69.9800						0.1521138
2.1	-7.53463	2.71709	-0.17221	-1.4666	0.0694	7.46168	0.32645	0.15337	-0.0292	-0.0087	0.2832	0.1663	0.32842	2.151455	2.479872	1.823037	141.7276	301.9061	66.5330						0.144472613
2.15	-7.50811	2.71035	-0.17212	-1.4968	0.07429	7.51273	0.32439	0.15264	-0.0348	-0.0123	0.283	0.1661	0.32814	2.131211	2.459354	1.803067	135.2729	287.9747	63.5429						0.137892858
2.2	-8.09168	2.91159	-0.1892	-1.5564	0.08428	7.77062	0.31354	0.1443	-0.0399																

Tabla# 18 (c) Ecuación de Atenuación de Akkar y Bommer (2010) para la falla Cortical (TOTORAS)

$$\log(PSA) = b_1 + b_2M + b_3M^2 + (b_4 + b_5M)\log\sqrt{R_{jb}^2 + b_6^2} + b_7S_s + b_8S_A + b_9F_N + b_{10}F_R + \sigma$$

Mw	6,5	Ss	1	SA	0	FN	0	FR	1	Rjb	3,27									
Periodo T(s)	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	σ1	σ2	σ	log (Psa)	log (Psa)+σ	log (Psa)-σ	Psa (gals)	Psa+σ (gals)	Psa-σ (gals)	%g (Totoras)
0	1,04159	0,91333	-0,0814	-2,9273	0,2812	7,86638	0,08753	0,01527	-0,0419	0,08015	0,261	0,0994	0,27929	2,683823	2,963110	2,404536	482,8620	918,5658	253,8258	0,492214097
0,05	2,11528	0,72571	-0,07351	-3,332	0,33534	7,74734	0,04707	-0,0243	-0,0426	0,08649	0,272	0,1142	0,29500	2,794564	3,089565	2,499563	623,1094	1229,0383	315,9099	0,635177824
0,1	2,11994	0,75179	-0,07448	-3,1054	0,30253	8,21405	0,02667	-0,0006	-0,0491	0,0791	0,2728	0,1167	0,29671	2,887561	3,184274	2,590847	771,8994	1528,5298	389,8051	0,786849518
0,15	1,64489	0,83683	-0,07544	-2,7585	0,2549	8,31786	0,02578	0,01703	-0,0418	0,0784	0,2788	0,1192	0,30321	2,953234	3,256447	2,650022	897,9135	1804,8762	446,7058	0,915304269
0,2	0,92065	0,96815	-0,07903	-2,4926	0,2179	8,21914	0,06557	0,02105	-0,021	0,08438	0,2821	0,1081	0,30210	3,005597	3,307700	2,703494	1012,9706	2030,9513	505,2359	1,032589809
0,25	0,13978	1,13068	-0,08761	-2,3382	0,20089	7,20688	0,0981	0,03919	-0,0485	0,08577	0,2871	0,099	0,30369	3,043992	3,347681	2,740302	1106,6028	2226,8012	549,9233	1,128035511
0,3	-0,84006	1,37439	-0,10349	-2,1912	0,18139	6,54299	0,12847	0,0434	-0,0555	0,09221	0,2902	0,0976	0,30617	3,066972	3,373145	2,760799	1166,7347	2361,2661	576,5000	1,18933199
0,35	-1,32207	1,47055	-0,10873	-2,1299	0,17485	6,24751	0,16213	0,06695	-0,0472	0,09003	0,2983	0,1054	0,31637	3,052133	3,368506	2,735759	1127,5419	2336,1781	544,2011	1,149380091
0,4	-1,7032	1,5593	-0,11388	-2,1272	0,17137	6,57173	0,21222	0,09201	-0,0515	0,09903	0,2998	0,1101	0,31938	3,054862	3,374239	2,735484	1134,6494	2367,2235	543,8562	1,156625234
0,45	-1,97201	1,61645	-0,11742	-2,1662	0,177	6,78082	0,24121	0,11675	-0,052	0,09943	0,3037	0,1123	0,32380	3,024119	3,347917	2,700321	1057,1069	2228,0076	501,5580	1,077580969
0,5	-2,76925	1,83268	-0,13202	-2,1297	0,16877	7,17423	0,25944	0,13562	-0,0428	0,08579	0,3078	0,1163	0,32904	2,984480	3,313519	2,655441	964,8951	2058,3485	452,3153	0,983583203
0,55	-3,51672	2,02523	-0,14495	-2,0421	0,15617	6,7617	0,26498	0,14446	-0,0426	0,06945	0,307	0,1274	0,33238	2,958228	3,290613	2,625843	908,2972	1952,5984	422,5159	0,925889102
0,6	-3,92759	2,20847	-0,14648	-1,8814	0,13621	6,10103	0,27718	0,15156	-0,0385	0,05932	0,3007	0,143	0,33297	2,933805	3,266776	2,600834	858,6280	1848,3141	398,8727	0,875257948
0,65	-4,4949	2,21154	-0,15522	-1,7903	0,12916	5,19135	0,28574	0,15239	-0,0342	0,05111	0,3004	0,1546	0,33785	2,909858	3,247706	2,572010	812,5653	1768,9125	373,2589	0,828303058
0,7	-4,62925	2,21764	-0,15491	-1,798	0,13495	4,6323	0,30348	0,15652	-0,0415	0,04661	0,2978	0,1626	0,33930	2,906421	3,245719	2,567122	806,1591	1760,8381	369,0813	0,821772763
0,75	-4,95053	2,29142	-0,15983	-1,8132	0,1392	4,27945	0,31516	0,16333	-0,0405	0,04253	0,2973	0,1602	0,33771	2,884299	3,222014	2,546584	766,1242	1667,3011	352,0338	0,780962488
0,8	-5,32862	2,38389	-0,16571	-1,7727	0,13273	4,37011	0,32153	0,17366	-0,0395	0,03373	0,2927	0,1584	0,33281	2,849971	3,182783	2,517159	707,8992	1523,2930	328,9723	0,721609794
0,85	-5,75799	2,50635	-0,17479	-1,7707	0,13096	4,62192	0,3352	0,1848	-0,0379	0,02867	0,2917	0,1543	0,33000	2,819987	3,149983	2,489991	660,6734	1412,4817	309,0230	0,6734380091
0,9	-5,82689	2,52087	-0,17367	-1,763	0,13059	4,65393	0,34849	0,19061	-0,0288	0,02475	0,2915	0,1521	0,32880	2,787336	3,116132	2,458484	612,8244	1306,5675	287,4354	0,624693624
0,95	-5,90592	2,51405	-0,17417	-1,7985	0,13535	4,8454	0,35919	0,19411	-0,0221	0,02502	0,2912	0,1484	0,32683	2,756398	3,083231	2,429565	570,6872	1211,2435	268,8839	0,5817403
1	-6,17066	2,58558	-0,17938	-1,8072	0,13599	4,97596	0,36619	0,19519	-0,0227	0,02121	0,2895	0,1483	0,32527	2,728858	3,054132	2,403584	535,6210	1132,7435	253,2700	0,545994933
1,05	-6,60337	2,69584	-0,18646	-1,7384	0,12485	5,04489	0,37278	0,19461	-0,0261	0,01115	0,2888	0,1465	0,32383	2,703510	3,027343	2,379677	505,2546	1064,9840	239,7052	0,515040338
1,1	-6,90379	2,77044	-0,19171	-1,7111	0,12227	5,00975	0,37756	0,19423	-0,0266	0,01014	0,2896	0,1427	0,32285	2,671397	2,994246	2,348548	469,2417	986,8374	223,1247	0,478330008
1,15	-6,9618	2,75857	-0,1889	-1,6659	0,11447	5,08902	0,38149	0,19402	-0,0209	0,0148	0,2871	0,1435	0,32097	2,650271	2,971236	2,329306	446,9625	935,9148	213,4548	0,455619299
1,2	-6,99236	2,73427	-0,18491	-1,5912	0,10265	5,03274	0,3812	0,19309	-0,0162	0,00413	0,2871	0,1439	0,32177	2,634166	2,955936	2,312396	430,6913	903,5169	205,3033	0,439032949
1,25	-6,74613	2,62375	-0,17392	-1,5289	0,09129	5,08347	0,38782	0,19392	-0,0183	0,00413	0,2863	0,1453	0,32106	2,621140	2,942200	2,300079	417,9648	875,3871	199,5627	0,426059983
1,3	-6,51719	2,51869	-0,1633	-1,4653	0,08005	5,14423	0,38862	0,19273	-0,019	-0,0037	0,2869	0,1427	0,32043	2,598004	2,918434	2,277575	396,2821	828,7694	189,4852	0,403957313
1,35	-6,55821	2,52238	-0,16307	-1,4822	0,08173	5,29006	0,38677	0,19082	-0,0184	-0,009	0,2885	0,1428	0,32191	2,570527	2,892434	2,248620	371,9865	780,6101	177,2639	0,379191167
1,4	-6,61945	2,52611	-0,16274	-1,4826	0,08213	5,3349	0,38625	0,19285	-0,0161	-0,0088	0,2875	0,1458	0,32236	2,546436	2,868793	2,224800	351,9139	739,2532	167,5250	0,358729769
1,45	-6,62737	2,49858	-0,1591	-1,4331	0,07577	5,19412	0,38285	0,19161	-0,0129	-0,0056	0,2857	0,1477	0,32162	2,527439	2,849059	2,205818	336,8515	706,4137	160,6268	0,343375676
1,5	-6,71787	2,49486	-0,15689	-1,353	0,06379	5,1575	0,37867	0,18812	-0,0121	-0,0022	0,2839	0,1468	0,31961	2,509251	2,828859	2,189643	323,0362	674,3098	154,7544	0,329292776
1,55	-6,80776	2,50291	-0,15629	-1,3123	0,05697	5,27441	0,37267	0,18568	-0,0085	-0,0005	0,2845	0,145	0,31932	2,483313	2,802633	2,163993	304,3077	634,7941	145,8790	0,310201499
1,6	-6,83632	2,51009	-0,15676	-1,3326	0,0587	5,54539	0,36952	0,18149	-0,0053	-0,005	0,2844	0,1457	0,31955	2,456470	2,776020	2,136921	286,0687	597,0624	137,0632	0,291609244
1,65	-6,88684	2,54048	-0,15995	-1,4093	0,0686	5,93828	0,36531	0,17617	-0,0085	-0,003	0,2841	0,1503	0,32141	2,429934	2,751341	2,108526	269,1123	564,0808	128,3884	0,274324513
1,7	-6,946	2,57151	-0,16294	-1,4768	0,07672	6,36599	0,35936	0,17301	-0,012	-0,0074	0,284	0,1537	0,32292	2,400541	2,723465	2,077617	251,5017	529,0109	119,5686	0,256372793
1,75	-7,09166	2,62938	-0,16794	-1,5404	0,08428	6,82292	0,35284	0,16945	-0,0139	-0,0139	0,284	0,1558	0,32393	2,370493	2,694422	2,046565	234,6893	494,7909	111,3179	0,239234753
1,8	-7,22818	2,66824	-0,17057	-1,5427	0,08325	7,11603	0,34775	0,16743	-0,014	-0,0149	0,2834	0,1582	0,32457	2,346354	2,670919	2,021788	222,0003	468,7262	105,1449	0,226300038
1,85	-7,29772	2,67565	-0,17004	-1,5094	0,07663	7,31928	0,34561	0,1673	-0,0153	-0,0119	0,2828	0,1592	0,32453	2,329335	2,653866	2,004804	213,4692	450,6780	101,1123	0,217603633
1,9	-7,35522	2,67749	-0,16934	-1,4699	0,07065	7,25988	0,34142	0,16325	-0,0156	-0,007	0,2826	0,1611	0,32529	2,317599	2,642893	1,992305	207,7778	439,4330	98,2439	0,211801989
1,95	-7,40716	2,68206	-0,16906	-1,4382	0,06525	7,25344	0,3372	0,16171	-0,0185	-0,0035	0,2832	0,1642	0,32736	2,303773	2,631132	1,976414	201,2674	427,6932	94,7141	0,205165522
2	-7,50404	2,71004	-0,1713	-1,444	0,06602	7,26059	0,33298	0,15839	-0,0226	-0,0049	0,2835	0,1657	0,32837	2,287485	2,615858	1,959113	193,8587	412,9127	91,0149	0,19761339
2,05	-7,55598	2,72737	-0,17291	-1,4579	0,06774	7,4032	0,3301	0,15496	-0,0263	-0,0073	0,2836	0,1665	0,32886	2,265136	2,593999	1,936272	184,1348	392,6443	86,3520	0,187701077
2,1	-7,53463	2,71709	-0,17221	-1,4666	0,0694	7,46168	0,32645	0,15337	-0,0292	-0,0087	0,2832	0,1663	0,32842	2,243200	2,571617	1,914782	175,0651	372,9210	82,1830	0,178455738
2,15	-7,50811	2,71035	-0,17212	-1,4968	0,07429	7,51273	0,32349	0,15264	-0,0348	-0,0123	0,283	0,1661	0,32814	2,223062	2,551205	1,894918	167,1329	355,7996	78,5088	0,170369902
2,2	-8,09168	2,91159	-0,1892	-1,5564	0,08428	7,77062	0,31354	0,1443	-0,0399	-0,0193	0,283	0,1627	0,32644	2,200384	2,526820	1,873949	158,6296	336,3722	74,8081	0,161701973
2,25	-8,11057	2,92087	-0,19044	-1,5954	0,09052	7,87702	0,30997	0,1443	-0,0416	-0,0232	0,283	0,1627	0,32644	2,178350	2,504786	1,851915	150,7823	319,7320	71,1074	0,15

4.1.6.5. Modelo de Kanno (2006)

Para el desarrollo del modelo de Kanno se aplicará la ecuación (3):

4.1.6.6. Para Eventos Superficiales ($D < 30$ Km)

$$\text{Log pre} = a_1 M_w + b_1 X - \log (X + d_1 * 10^{e_1 * M_w}) + c_1 \quad (3)$$

Donde:

(pre) = es el PGA predicha en cm/seg^2 , el coeficiente

$e_1 = 0.5$ fue seleccionado para todos los periodos.

Se debe tener en cuenta que la ecuación sin corrección de sitio predice movimientos de suelo en sitios con $V_{S30} \approx 300$ m/s.

En caso que se requiera usar la corrección se deberá utilizar la fórmula:

$$G = \log (\text{obs} / \text{pre}) = p \log V_{S30} + q \quad (26)$$

$$\text{Log pre}_G = \text{log pre} + G \quad (27)$$

Donde:

Los coeficientes **p** y **q** se obtienen mediante el análisis de regresión de los residuos promediados a intervalos de cada 100 m/s en V_{S30} .

4.1.6.7. Limitaciones del Modelo

- Profundidades Focales (D) como se muestra en 4.1.6.6 es únicamente para eventos pocos profundos es decir entre 0 Km y 30 Km.

A continuación, se presenta la tabla # 19 elaborada en Microsoft Excel para el modelo de Kanno (2006) que contiene los datos y graficas de los espectros para las fallas anteriormente seleccionadas:

Tabla # 19 : Ecuación de Atenuación de Kanno (2006) para fallas Corticales

Tabla# 19 (a) Ecuación de Atenuación de KANNO (2006) para la falla cortical (HUACHI)

Evento	Cortical	• Ground-motion model is for $D \leq 30$ km: $\log \text{pre} = a_1 M_w + b_1 X - \log(X + d_1 10^{0.5 M_w}) + c_1$												Sa (Huachi)				
Mw =	6,3	X =	2,02	Vs30=	319,23	and for $D > 30$ km: $\log \text{pre} = a_2 M_w + b_2 X - \log(X) + c_2$												
EVENTOS SUPERFICIALES (Cortical)																		
Periodo T(s)	a1	b1	c1	d1	E1	p	q	G	Log (pre)	Log (pre+E1)	Log (pre-E1)	Psa	Sa (Huachi)					
0,00	0,56	-0,0031	0,26	0,0055	0,37	-0,55	1,35	-0,02725703	2,7910016	3,1610016	2,4210016	2,763744568	580,422939	0,59				
0,05	0,54	-0,0035	0,48	0,0061	0,37	-0,32	0,80	-0,00131318	2,84813211	3,2181321	2,4781321	2,846818929	702,779248	0,72				
0,06	0,54	-0,0037	0,57	0,0065	0,38	-0,26	0,65	-0,00106696	2,91525005	3,2952500	2,5352500	2,914183086	820,697454	0,84				
0,07	0,53	-0,0039	0,67	0,0066	0,38	-0,24	0,60	-0,00098489	2,94640372	3,3264037	2,5664037	2,945418837	881,898973	0,90				
0,08	0,52	-0,0040	0,75	0,0069	0,39	-0,26	0,64	-0,01106696	2,94727237	3,3372724	2,5572724	2,936205405	863,386801	0,88				
0,09	0,52	-0,0041	0,80	0,0071	0,40	-0,29	0,72	-0,00619007	2,98676664	3,3867666	2,5867666	2,980576326	956,260741	0,97				
0,10	0,52	-0,0041	0,85	0,0073	0,40	-0,32	0,78	-0,02131318	3,02670124	3,4267012	2,6267012	3,005388062	1012,48375	1,03				
0,11	0,5	-0,0040	0,96	0,0061	0,40	-0,35	0,84	-0,03643629	3,07512211	3,4751221	2,6751221	3,038685818	1093,16525	1,11				
0,12	0,51	-0,0040	0,93	0,0062	0,40	-0,39	0,94	-0,03660044	3,10239259	3,5023926	2,7023926	3,065792146	1163,56901	1,19				
0,13	0,51	-0,0039	0,91	0,0062	0,40	-0,43	1,04	-0,03676459	3,08259459	3,4825946	2,6825946	3,045829998	1111,29663	1,13				
0,15	0,52	-0,0038	0,89	0,0060	0,41	-0,53	1,28	-0,04717496	3,13733224	3,5473322	2,7273322	3,090157275	1230,71438	1,25				
0,17	0,53	-0,0037	0,84	0,0056	0,41	-0,61	1,47	-0,05750326	3,17456756	3,5845676	2,7645676	3,1170643	1309,37577	1,33				
0,20	0,54	-0,0034	0,76	0,0053	0,40	-0,68	1,65	-0,05279051	3,17711368	3,5771137	2,7771137	3,124323163	1331,44479	1,36				
0,22	0,54	-0,0032	0,73	0,0048	0,40	-0,72	1,74	-0,06295466	3,18104443	3,5810444	2,7810444	3,118089772	1312,47117	1,34				
0,25	0,54	-0,0029	0,66	0,0044	0,40	-0,75	1,82	-0,05807777	3,14046968	3,5404697	2,7404697	3,082391911	1208,90427	1,23				
0,30	0,56	-0,0026	0,51	0,0039	0,39	-0,80	1,96	-0,04328296	3,15601668	3,5460167	2,7660167	3,112733719	1296,38417	1,32				
0,35	0,56	-0,0024	0,42	0,0036	0,40	-0,85	2,09	-0,03848814	3,09157966	3,4915797	2,6915797	3,053091513	1130,03401	1,15				
0,40	0,58	-0,0021	0,26	0,0033	0,40	-0,87	2,13	-0,04857022	3,08489222	3,4848922	2,6848922	3,036322007	1087,23145	1,11				
0,45	0,59	-0,0019	0,13	0,0030	0,41	-0,89	2,18	-0,04865229	3,04675332	3,4567533	2,6367533	2,998101033	995,637013	1,01				
0,50	0,59	-0,0016	0,04	0,0022	0,41	-0,91	2,25	-0,02873437	3,04385534	3,4538553	2,6338553	3,01512097	1035,43054	1,06				
0,60	0,62	-0,0014	-0,22	0,0025	0,41	-0,92	2,30	-0,0037754	2,93877387	3,3487739	2,5287739	2,934998469	860,990716	0,88				
0,70	0,63	-0,0012	-0,37	0,0022	0,41	-0,96	2,41	0,00606045	2,88666334	3,2966633	2,4766633	2,892723785	781,130841	0,80				
0,80	0,65	-0,0011	-0,54	0,0020	0,41	-0,98	2,46	0,00597838	2,86747749	3,2774775	2,4574775	2,873455864	747,232691	0,76				
0,90	0,68	-0,0009	-0,80	0,0019	0,41	-0,97	2,44	0,01101941	2,80973118	3,2197312	2,3997312	2,820750595	661,836318	0,67				
1,00	0,71	-0,0009	-1,04	0,0021	0,41	-0,93	2,32	-0,00881644	2,73340108	3,1434011	2,3234011	2,724584645	530,376954	0,54				
1,10	0,72	-0,0007	-1,19	0,0018	0,41	-0,92	2,30	-0,0037754	2,68537669	3,0953767	2,2753767	2,681601288	480,398107	0,49				
1,20	0,73	-0,0006	-1,32	0,0014	0,41	-0,91	2,26	-0,01873437	2,67599382	3,0859938	2,2659938	2,657259452	454,212887	0,46				
1,30	0,74	-0,0006	-1,44	0,0014	0,41	-0,88	2,20	-0,00361125	2,61899382	3,0289938	2,2089938	2,615382563	412,460689	0,42				
1,50	0,77	-0,0005	-1,70	0,0017	0,40	-0,85	2,12	-0,00848814	2,50443866	2,9044387	2,1044387	2,495950514	313,292872	0,32				
1,70	0,79	-0,0005	-1,89	0,0019	0,39	-0,83	2,06	-0,01840607	2,41353918	2,8035392	2,0235392	2,395133113	248,389431	0,25				
2,00	0,8	-0,0004	-2,08	0,0020	0,39	-0,78	1,92	-0,03320088	2,27389149	2,6638915	1,8838915	2,240690603	174,056643	0,18				
2,20	0,82	-0,0004	-2,24	0,0022	0,38	-0,76	1,88	-0,02311881	2,21527934	2,5952793	1,8352793	2,192160525	155,654086	0,16				
2,50	0,84	-0,0003	-2,46	0,0023	0,38	-0,72	1,80	-0,00295466	2,10967929	2,4896793	1,7296793	2,106724628	127,857035	0,13				
3,00	0,86	-0,0002	-2,72	0,0021	0,38	-0,68	1,70	-0,00279051	1,99981508	2,3798151	1,6198151	1,997024569	99,3172233	0,10				
3,50	0,9	-0,0003	-2,99	0,0032	0,37	-0,66	1,64	-0,01270844	1,86380827	2,2338083	1,4938083	1,851099833	70,97409	0,07				
4,00	0,92	-0,0005	-3,21	0,0045	0,38	-0,62	1,54	-0,01254429	1,66193161	2,0419316	1,2819316	1,649387317	44,6053875	0,05				
4,50	0,94	-0,0007	-3,39	0,0064	0,38	-0,60	1,50	-0,00246222	1,48682144	1,8668214	1,1068214	1,484359219	30,5041705	0,03				
5,00	0,92	-0,0004	-3,35	0,0030	0,38	-0,59	1,46	-0,01742118	1,64878332	2,0287833	1,2687833	1,631362143	42,7919564	0,04				

Fuente: Jimmy A.Hurtado Noboa

Tabla# 19 (b) Ecuación de Atenuación de KANNO (2006) para la falla cortical (AMBATO)

Evento	Cortical	• Ground-motion model is for $D \leq 30$ km: $\log \text{pre} = a_1 M_w + b_1 X - \log(X + d_1 10^{0.5 M_w}) + c_1$												sa (Ambato)				
Mw =	6,5	X =	0,34	Vs30=	319,23	and for $D > 30$ km: $\log \text{pre} = a_2 M_w + b_2 X - \log(X) + c_2$												
EVENTOS SUPERFICIALES (Cortical)																		
Periodo T(s)	a1	b1	c1	d1	E1	p	q	G	Log (pre)	Log (pre+E1)	Log (pre-E1)	Psa	sa (Ambato)					
0,00	0,56	-0,0031	0,26	0,0055	0,37	-0,55	1,35	-0,02725703	2,89374245	3,2637425	2,5237425	2,86648542	735,335308	0,75				
0,05	0,54	-0,0035	0,48	0,0061	0,37	-0,32	0,80	-0,00131318	2,94007678	3,3100768	2,5700768	2,938763597	868,487551	0,89				
0,06	0,54	-0,0037	0,57	0,0065	0,38	-0,26	0,65	-0,00106696	3,00323825	3,3832382	2,6232382	3,002171284	1005,01208	1,02				
0,07	0,53	-0,0039	0,67	0,0066	0,38	-0,24	0,60	-0,00098489	3,03172773	3,4117277	2,6517277	3,030742844	1073,35367	1,09				
0,08	0,52	-0,0040	0,75	0,0069	0,39	-0,26	0,64	-0,01106696	3,02792051	3,4179205	2,6379205	3,016853546	1039,56954	1,06				
0,09	0,52	-0,0041	0,80	0,0071	0,40	-0,29	0,72	-0,00619007	3,06580722	3,4658072	2,6658072	3,059617152	1147,14192	1,17				
0,10	0,52	-0,0041	0,85	0,0073	0,40	-0,32	0,78	-0,02131318	3,10405484	3,5040548	2,7040548	3,082741654	1209,87821	1,23				
0,11	0,5	-0,0040	0,96	0,0061	0,40	-0,35	0,84	-0,03643629	3,15990678	3,5599068	2,7599068	3,123470487	1328,83325	1,35				
0,12	0,51	-0,0040	0,93	0,0062	0,40	-0,39	0,94	-0,03660044	3,18805786	3,5880579	2,7880579	3,151457418	1417,28574	1,44				
0,13	0,51	-0,0039	0,91	0,0062	0,40	-0,43	1,04	-0,03676459	3,16809186	3,5680919	2,7680919	3,13132727	1353,09182	1,38				
0,15	0,52	-0,0038	0,89	0,0060	0,41	-0,53	1,28	-0,04717496	3,22693344	3,6369334	2,8169334	3,179758483	1512,71977	1,54				
0,17	0,53	-0,0037	0,84	0,0056	0,41	-0,61	1,47	-0,05750326	3,27097373	3,6809737	2,8609737	3,213470477	1634,82201	1,67				
0,20	0,54	-0,0034	0,76	0,0053	0,40	-0,68	1,65	-0,05279051	3,27917705	3,6791771	2,8791771	3,226386536	1684,17236	1,72				
0,22	0,54	-0,0032	0,73	0,0048	0,40	-0,72	1,74	-0,06295466	3,29070737	3,6907074	2,8907074	3,227752709	1689,47865	1,72				
0,25	0,54	-0,0029	0,66	0,0044	0,40	-0,75	1,82	-0,05807777	3,25708816	3,6570882	2,8570882	3,199010388	1581,28586	1,61				
0,30	0,56	-0,0026	0,51	0,0039	0,39	-0,80	1,96	-0,04328296	3,28726571	3,6772657	2,8972657	3,24398275	1753,81084	1,79				
0,35	0,56	-0,0024	0,42	0,0036	0,40	-0,85	2,09	-0,03848814	3,23040776	3,6304078	2,8304078	3,191919614	1555,67765	1,59				
0,40	0,58	-0,0021	0,26	0,0033	0,40	-0,87	2,13	-0,04857022	3,23631176	3,6363118	2,8363118	3,187741545	1540,78324	1,57				
0,45	0,59	-0,0019	0,13	0,0030	0,41	-0,89	2,18	-0,04865229	3,21040051	3,6204005	2,8004005	3,161748223	1451,27002	1,48				
0,50	0,59	-0,0016	0,04	0,0022	0,41	-0,91	2,25	-0,02873437	3,24584082	3,6558408	2,8358408	3,21710645	1648,56642	1,68				
0,60	0,62	-0,0014	-0,22	0,0025	0,41	-0,92	2,30	-0,0037754	3,12957866	3,5395787	2,7195787	3,125803261	1335,99017	1,36				
0,70	0,63	-0,0012	-0,37	0,0022	0,41	-0,96	2,41	0,00606045	3,09597682	3,5059768	2,6859768	3,102037265	1264,84487	1,29				
0,80	0,65	-0,0011	-0,54	0,0020	0,41	-0,98	2,46	0,00597838	3,09394476	3,5039448	2,6839448	3,09992314	1258,70263	1,28				
0,90	0,68	-0,0009	-0,80	0,0019	0,41	-0,97	2,44	0,01101941	3,04929925	3,4592992	2,6392992	3,060318663	1148,99639	1,17				
1,00	0,71	-0,0009	-1,04	0,0021	0,41	-0,93	2,32	-0,00881644	2,96463175	3,3746317	2,5546317	2,955815309	903,265263					

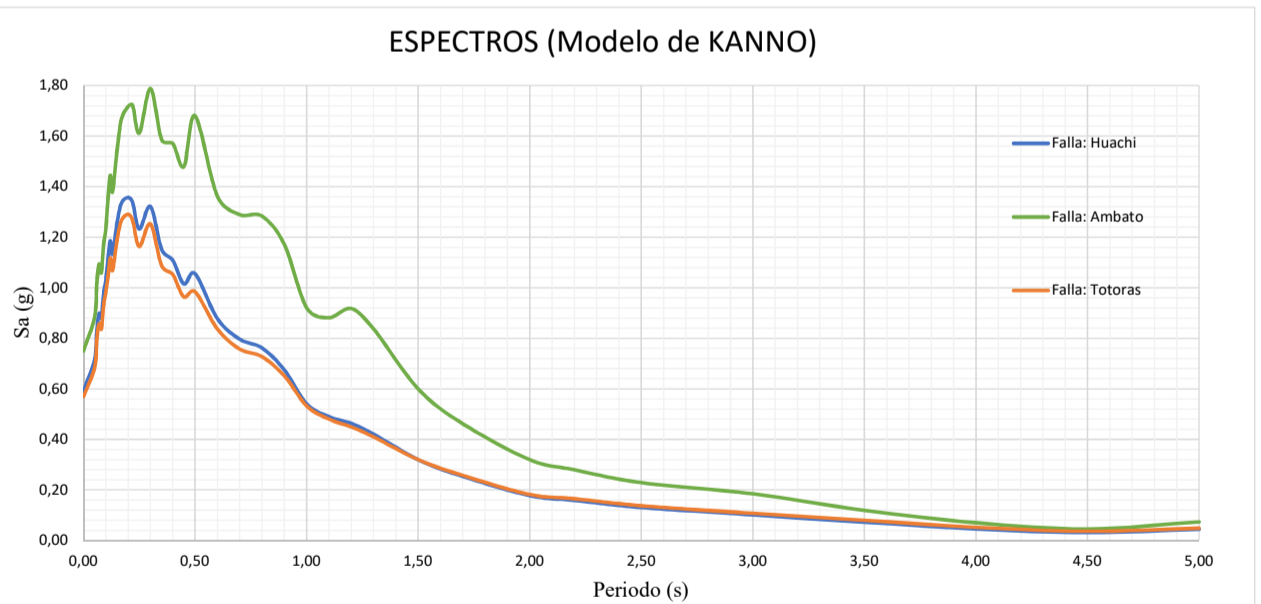
Tabla# 19 (c) Ecuación de Atenuación de KANNO (2006) para la falla cortical (TOTORAS)

Evento	Cortical	• Ground-motion model is for $D \leq 30$ km:												sa (Totoras)			
		$\log \text{pre} = a_1 M_w + b_1 X - \log(X + d_1 10^{0.5 M_w}) + c_1$															
Mw =	6,5	X =	3,27	Vs30=	319,23	and for $D > 30$ km:											
		$\log \text{pre} = a_2 M_w + b_2 X - \log(X) + c_2$															
EVENTOS SUPERFICIALES (Cortical)																	
Periodo T(s)	a1	b1	c1	d1	E1	p	q	G	Log (pre)	Log (pre+E1)	Log (pre-E1)		Psa				
0,00	0,56	-0,0031	0,26	0,0055	0,37	-0,55	1,35	-0,02725703	2,77423463	3,1442346	2,4042346	2,746977592	558,44138				
0,05	0,54	-0,0035	0,48	0,0061	0,37	-0,32	0,80	-0,00131318	2,82879707	3,1987971	2,4587971	2,827483885	672,177367				
0,06	0,54	-0,0037	0,57	0,0065	0,38	-0,26	0,65	-0,00106696	2,89679452	3,2767945	2,5167945	2,895727557	786,552213				
0,07	0,53	-0,0039	0,67	0,0066	0,38	-0,24	0,60	-0,00098489	2,92596342	3,3059634	2,5459634	2,924978529	841,353546				
0,08	0,52	-0,0040	0,75	0,0069	0,39	-0,26	0,64	-0,01106696	2,92546541	3,3154654	2,5354654	2,914398449	821,104531				
0,09	0,52	-0,0041	0,80	0,0071	0,40	-0,29	0,72	-0,00619007	2,96531105	3,3653111	2,5653111	2,95912098	910,16678				
0,10	0,52	-0,0041	0,85	0,0073	0,40	-0,32	0,78	-0,02131318	3,00570116	3,4057012	2,6057012	2,984387976	964,690443				
0,11	0,5	-0,0040	0,96	0,0061	0,40	-0,35	0,84	-0,03643629	3,04716207	3,4471621	2,6471621	3,010725774	1025,0045				
0,12	0,51	-0,0040	0,93	0,0062	0,40	-0,39	0,94	-0,03660044	3,07672574	3,4767257	2,6767257	3,040125301	1096,79459				
0,13	0,51	-0,0039	0,91	0,0062	0,40	-0,43	1,04	-0,03676459	3,05705274	3,4570527	2,6570527	3,020288153	1047,82355				
0,15	0,52	-0,0038	0,89	0,0060	0,41	-0,53	1,28	-0,04717496	3,11332131	3,5233213	2,7033213	3,066146346	1164,51838				
0,17	0,53	-0,0037	0,84	0,0056	0,41	-0,61	1,47	-0,05750326	3,15139484	3,5613948	2,7413948	3,093891585	1241,34239				
0,20	0,54	-0,0034	0,76	0,0053	0,40	-0,68	1,65	-0,05279051	3,15525337	3,5552534	2,7552534	3,102462856	1266,08498				
0,22	0,54	-0,0032	0,73	0,0048	0,40	-0,72	1,74	-0,06295466	3,15744274	3,5574427	2,7574427	3,09448808	1243,04852				
0,25	0,54	-0,0029	0,66	0,0044	0,40	-0,75	1,82	-0,05807777	3,11541203	3,5154120	2,7154120	3,057334256	1141,12772				
0,30	0,56	-0,0026	0,51	0,0039	0,39	-0,80	1,96	-0,04328296	3,13267266	3,5226727	2,7426727	3,089389704	1228,54114				
0,35	0,56	-0,0024	0,42	0,0036	0,40	-0,85	2,09	-0,03848814	3,06664443	3,4666444	2,6666444	3,028156286	1066,98002				
0,40	0,58	-0,0021	0,26	0,0033	0,40	-0,87	2,13	-0,04857022	3,06226654	3,4622665	2,6622665	3,013696323	1032,03951				
0,45	0,59	-0,0019	0,13	0,0030	0,41	-0,89	2,18	-0,04865229	3,02404429	3,4340443	2,6140443	2,975391999	944,91338				
0,50	0,59	-0,0016	0,04	0,0022	0,41	-0,91	2,25	-0,02873437	3,01350962	3,4235096	2,6035096	2,984775251	965,551074				
0,60	0,62	-0,0014	-0,22	0,0025	0,41	-0,92	2,30	-0,0037754	2,91804675	3,3280467	2,5080467	2,914271348	820,864261				
0,70	0,63	-0,0012	-0,37	0,0022	0,41	-0,96	2,41	0,00606045	2,86481762	3,2748176	2,4548176	2,870878066	742,810555				
0,80	0,65	-0,0011	-0,54	0,0020	0,41	-0,98	2,46	0,00597838	2,84720116	3,2572012	2,4372012	2,853179539	713,147788				
0,90	0,68	-0,0009	-0,80	0,0019	0,41	-0,97	2,44	0,01101941	2,79431825	3,2043182	2,3843182	2,805337659	638,759921				
1,00	0,71	-0,0009	-1,04	0,0021	0,41	-0,93	2,32	-0,00881644	2,72668688	3,1366869	2,3166869	2,717870442	522,240372				
1,10	0,72	-0,0007	-1,19	0,0018	0,41	-0,92	2,30	-0,0037754	2,67674611	3,0867461	2,2667461	2,672970712	470,945566				
1,20	0,73	-0,0006	-1,32	0,0014	0,41	-0,91	2,26	-0,01873437	2,66264634	3,0726463	2,2526463	2,643911977	440,465581				
1,30	0,74	-0,0006	-1,44	0,0014	0,41	-0,88	2,20	-0,00361125	2,60764634	3,0176463	2,1976463	2,604035088	401,823274				
1,50	0,77	-0,0005	-1,70	0,0017	0,40	-0,85	2,12	-0,00848814	2,50450209	2,9045021	2,1045021	2,496013949	313,338637				
1,70	0,79	-0,0005	-1,89	0,0019	0,39	-0,83	2,06	-0,01840607	2,42062625	2,8106262	2,0306262	2,402220176	252,476044				
2,00	0,8	-0,0004	-2,08	0,0020	0,39	-0,78	1,92	-0,03320088	2,28449016	2,6744902	1,8944902	2,251289279	178,356639				
2,20	0,82	-0,0004	-2,24	0,0022	0,38	-0,76	1,88	-0,02311881	2,23243362	2,6124336	1,8524336	2,209314806	161,925336				
2,50	0,84	-0,0003	-2,46	0,0023	0,38	-0,72	1,80	-0,00295466	2,13213867	2,5121387	1,7521387	2,129184007	134,64307				
3,00	0,86	-0,0002	-2,72	0,0021	0,38	-0,68	1,70	-0,00279051	2,02397588	2,4039759	1,6439759	2,021185367	104,999049				
3,50	0,9	-0,0003	-2,99	0,0032	0,37	-0,66	1,64	-0,01270844	1,90668704	2,2766870	1,5366870	1,893978601	78,3391041				
4,00	0,92	-0,0005	-3,21	0,0045	0,38	-0,62	1,54	-0,01254429	1,7163541	2,0963541	1,3363541	1,703809812	50,5603198				
4,50	0,94	-0,0007	-3,39	0,0064	0,38	-0,60	1,50	-0,00246222	1,55184408	1,9318441	1,1718441	1,549381862	35,4308737				
5,00	0,92	-0,0004	-3,35	0,0030	0,38	-0,59	1,46	-0,01742118	1,69394929	2,0739493	1,3139493	1,676528108	47,4819021				

Fuente: Jimmy A.Hurtado Noboa

Tabla # 19 (d) Datos y Gráficas de espectros por falla

Periodo T(s)	Sa (Huachi)	sa (Ambato)	sa (Totoras)
0,00	0,59	0,75	0,57
0,05	0,72	0,89	0,69
0,06	0,84	1,02	0,80
0,07	0,90	1,09	0,86
0,08	0,88	1,06	0,84
0,09	0,97	1,17	0,93
0,10	1,03	1,23	0,98
0,11	1,11	1,35	1,04
0,12	1,19	1,44	1,12
0,13	1,13	1,38	1,07
0,15	1,25	1,54	1,19
0,17	1,33	1,67	1,27
0,20	1,36	1,72	1,29
0,22	1,34	1,72	1,27
0,25	1,23	1,61	1,16
0,30	1,32	1,79	1,25
0,35	1,15	1,59	1,09
0,40	1,11	1,57	1,05
0,45	1,01	1,48	0,96
0,50	1,06	1,68	0,98
0,60	0,88	1,36	0,84
0,70	0,80	1,29	0,76
0,80	0,76	1,28	0,73
0,90	0,67	1,17	0,65
1,00	0,54	0,92	0,53
1,10	0,49	0,88	0,48
1,20	0,46	0,92	0,45
1,30	0,42	0,84	0,41
1,50	0,32	0,60	0,32
1,70	0,25	0,46	0,26
2,00	0,18	0,32	0,18
2,20	0,16	0,28	0,17
2,50	0,13	0,23	0,14
3,00	0,10	0,18	0,11
3,50	0,07	0,12	0,08
4,00	0,05	0,07	0,05
4,50	0,03	0,05	0,04
5,00	0,04	0,07	0,05



Fuente: Jimmy A.Hurtado Noboa

4.1.7. Ecuaciones de Atenuación para Falla de Subducción

Para el presente estudio de peligro sísmico determinista en la falla de subducción seleccionada (Nazca) se utilizarán las ecuaciones de predicción de Youngs (1997) y Zhao (2006), que son ecuaciones validadas por el Global Earthquake Model.

Se establecerá una profundidad de 125 km para el proyecto, ya que en eventos registrados la profundidad supera los 100 km.

4.1.7.1. Modelo de Youngs (1997)

Para el desarrollo del modelo de Youngs se aplica la ecuación (5):

$$\ln(y) = -0.6687 + 1.438M + C_1 + C_2 (10 - M)^3 + C_3 \ln(R + 1.097e^{0.617M}) + 0.00648H + 0.3643Z_T \quad (5)$$

Donde:

y = Valor de PGA y está expresada en g (gravedad m/s²).

M = Magnitud de Momento.

C₁, C₂, C₃ = Coeficientes de regresión para eventos de subducción (Anexo E-1).

R = Distancia Fuente-Sitio (km).

H = Profundidad Focal (km).

Z_T = Tipo de falla Tectónico.

4.1.7.2. Determinación el valor de Z_T, Youngs

4.1.7.2.1. Mecanismo de Tipo Tectónico:

- Interfase Z_T = 0
- Intraplaca Z_T = 1

4.1.7.3. Limitaciones del Modelo

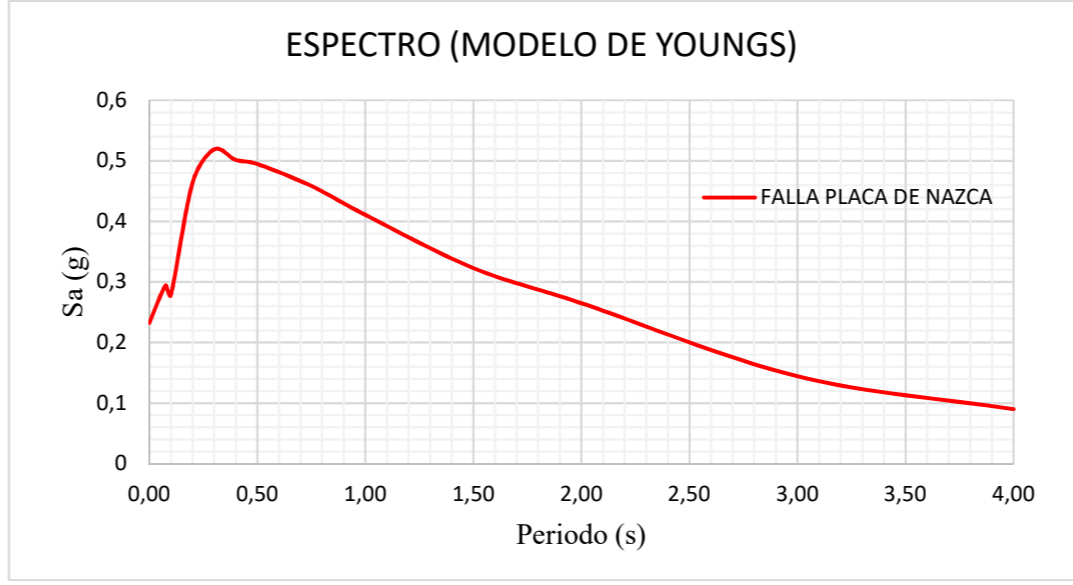
- La distancia R desde 10Km hasta un máximo de 500 km
- Magnitud de momento desde Mw 5.0
- Profundidades focales desde 10Km hasta un máximo de 229 km

A continuación, se presenta la tabla # 20 elaborada en Microsoft Excel para el modelo de Youngs (1997) que contiene los datos y graficas de los espectros para la falla de subducción (Nazca):

Tabla# 20 Ecuación de Atenuación de YOUNGS (1997) para la falla de subducción, datos y Gráfica del espectro

For Soil													
$\ln(y) = -0.6687 + 1.438M + C_1 + C_2(10 - M)^3 + C_3 \ln(R + 1.097e^{0.617M}) + 0.00648H + 0.364 \ln Z_T$													
Standard Deviation = $C_4 + C_5M$													
M =		8,9	R =		299,90	H =		125	Zt =		1		
Periodo T(s)	c1	c2	c3	c4	c5	desviacion estandar	ln(y)	ln(y+Δ)	Psa				
0,00	0,000	0	-2,329	1,45	-0,1	0,65	-1,45879328	-0,81	0,23251669	0,44539521	0,0002	-2,11	0,12138436
0,075	2,400	-0,0019	-2,67	1,45	-0,1	0,65	-1,22278388	-0,57	0,29440942	0,56395327	0,0003	-1,87	0,1536952
0,10	2,516	-0,0019	-2,697	1,45	-0,1	0,65	-1,27792601	-0,63	0,27861455	0,53369754	0,0003	-1,93	0,14544955
0,20	1,549	-0,0019	-2,464	1,45	-0,1	0,65	-0,76803282	-0,12	0,46392479	0,88866688	0,0005	-1,42	0,24218998
0,30	0,793	-0,002	-2,327	1,45	-0,1	0,65	-0,65577808	-0,01	0,51903805	0,99423858	0,0005	-1,31	0,27096162
0,40	0,144	-0,002	-2,23	1,45	-0,1	0,65	-0,68993414	-0,04	0,50160911	0,96085272	0,0005	-1,34	0,26186292
0,50	-0,438	-0,0035	-2,14	1,45	-0,1	0,65	-0,70345687	-0,05	0,49487163	0,94794682	0,0005	-1,35	0,25834565
0,75	-1,704	-0,0048	-1,952	1,45	-0,1	0,65	-0,77953087	-0,13	0,45862111	0,87850747	0,0005	-1,43	0,23942122
1,00	-2,870	-0,0066	-1,785	1,45	-0,1	0,65	-0,88938091	-0,24	0,41091007	0,78711501	0,0004	-1,54	0,21451386
1,50	-5,101	-0,0114	-1,47	1,50	-0,1	0,70	-1,13011154	-0,43	0,32299723	0,65043654	0,0003	-1,83	0,16039568
2,00	-6,433	-0,0164	-1,29	1,55	-0,1	0,75	-1,32781901	-0,58	0,26505471	0,56112083	0,0003	-2,08	0,12520298
3,00	-6,672	-0,0221	-1,347	1,65	-0,1	0,85	-1,93570576	-1,09	0,14432238	0,33766339	0,0001	-2,79	0,06168554
4,00	-7,618	-0,0235	-1,272	1,65	-0,1	0,85	-2,40817436	-1,56	0,08997942	0,21052006	0,0001	-3,26	0,03845855

Período T (s)	Sa (g)
0,00	0,23
0,08	0,29
0,10	0,28
0,20	0,46
0,30	0,52
0,40	0,50
0,50	0,49
0,75	0,46
1,00	0,41
1,50	0,32
2,00	0,27
3,00	0,14
4,00	0,09



Fuente: Jimmy A.Hurtado Noboa

4.1.7.4. Modelo de Zhao (2006)

Para el desarrollo del modelo de Zhao se aplica la ecuación (6):

$$\text{Log } Y = aM_w + bX - \log(r) + e(h - h_c) \delta_h + F_R + S_I + S_S + S_{SL} \log(X) + C_k \quad (6)$$

Donde:

Y = Valor de PGA (Aceleración Máxima en el suelo) expresada en cm/seg^2 .

a, b, = Coeficientes de regresión para el suelo de subducción (Tabla# 21).

e = Base de logaritmo natural.

h = Profundidad focal (km).

h_c = Coeficiente de profundidad (km).

δ_h = Variable en función de h y h_c .

F_R = Coeficiente para Fallas inversas.

S_L = Coeficiente para Eventos de Interface.

S_S = Coeficiente para Eventos de Intraplaca.

S_{SL} = Término de modificación de ruta independiente de la magnitud para eventos de Intraplaca.

C_K = Clase de sitio.

$$r = X + c \exp(d M_w) \quad (28)$$

Donde:

r = Coeficiente de amplificación en función de la distancia.

X = Distancia Fuente – Sitio (km).

c, d = Coeficientes de regresión para el suelo de subducción (Tabla# 21).

M_w = Magnitud de momento

4.1.7.4.1. Profundidades Focales (h)

- Para eventos Corticales (h) debes estar entre 0 y 25 km
- Para eventos Interfase (h) debe estar alrededor de 15 y 50 km
- Para eventos Intraplaca (h) debe estar ente 10 y 162 km
- Para eventos sísmicos con $h > 125$ km, se usará $h = 125$ km

4.1.7.4.2. Valor de h_c (coeficiente de profundidad)

- Para Eventos Superficiales $h_c = 15$ km.
- Para Eventos Profundos $h_c = 0$ km.

4.1.7.4.3. Variable δ_h (variable en función de h y h_c)

- Si $h \geq h_c$, entonces $\delta_h = 1$
- Si $h < h_c$, entonces $\delta_h = 0$

4.1.7.4.4. Clasificación de los Eventos

- Para eventos de Interfase usar el valor de S_1 (Tabla# 21)
- Para eventos de Intraplaca usar los valores de S_S y S_{SL} (Tabla# 21)

4.1.7.4.5. El parámetro C_k se usa en basa a las 5 clases de sitio definidas en el estudio de Zhao:

- Roca Dura denominada clase A, donde $V_{S30} > 1100$ m/s. Usar datos de C_H
- Roca con clase de sitio A + B, donde $V_{S30} > 600$ m/s. Usar datos de C_1
- Suelo Duro con clase de sitio C, donde $300 < V_{S30} \leq 600$ m/s. Usar datos de C_2
- Suelo Medio de clase D, donde $200 < V_{S30} \leq 300$ m/s. Usar datos de C_3
- Suelo Suave de clase E + F, donde $V_{S30} \leq 200$ m/s. Usar datos de C_3

A continuación, se presenta la tabla # 21 elaborada en Microsoft Excel para el modelo de Zhao (2006) que contiene los datos y graficas de los espectros para las fallas anteriormente seleccionadas:

Tabla# 21 Ecuación de Atenuación de ZHAO (2006) para la falla de subducción, datos y Gráfica del espectro

Evento	Intraplaca
Falla	Inversa

$$\log_e(y) = aM_w + bx - \log_e(r) + e(h - h_c)\delta_h + F_R + S_I + S_S + S_{SL} \log_e(x) + C_k$$

where $r = x + c \exp(dM_w)$

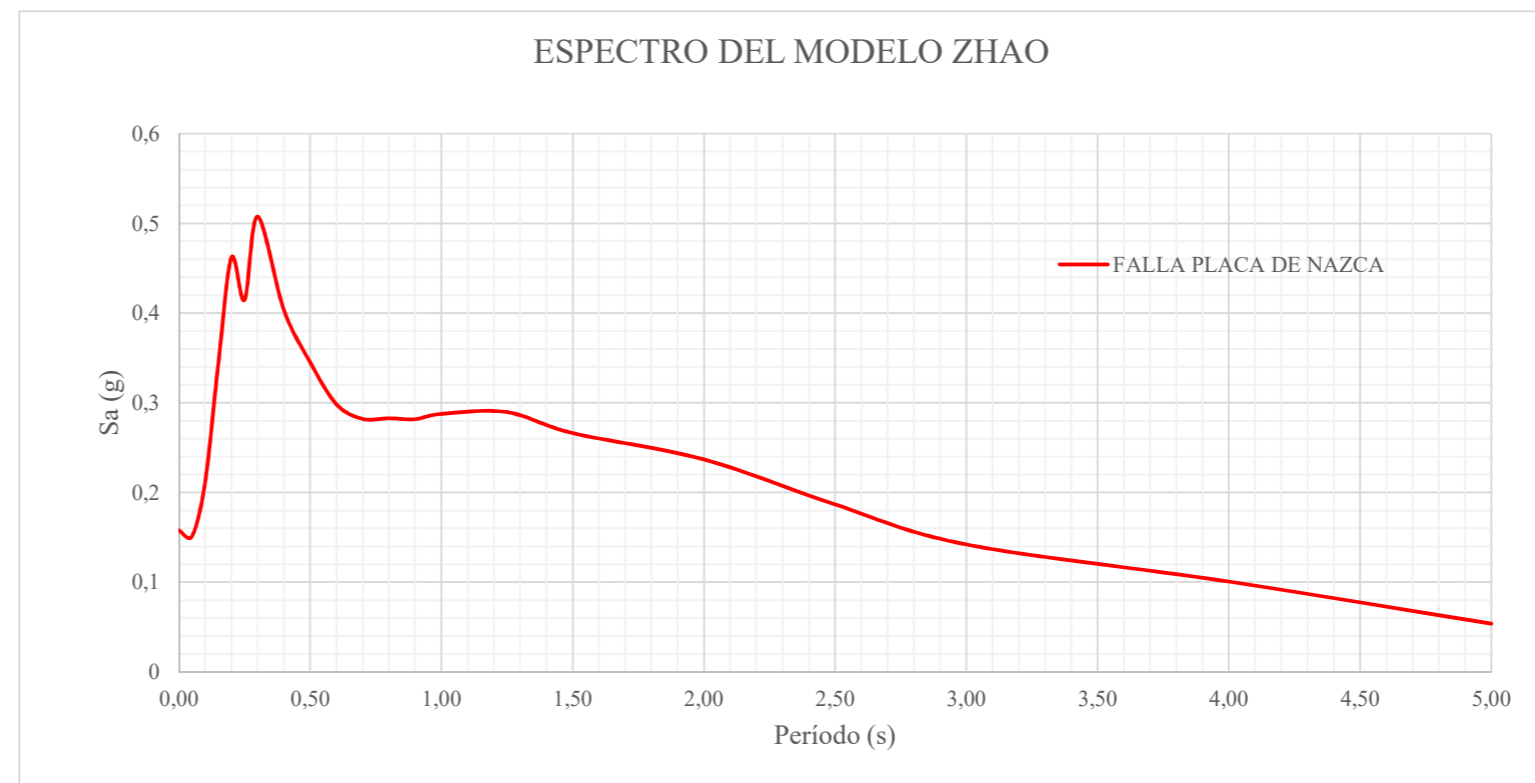
Site Class Definitions Used in the Present Study and the Approximately Corresponding NEHRP Site Classes

Site Class	Description	Natural Period	V ₃₀ Calculated from Site Period	NEHRP Site Classes
Hard rock			V ₃₀ > 1100	A
SC I	Rock	T < 0.2 sec	V ₃₀ > 600	A + B
SC II	Hard soil	0.2 = T < 0.4 sec	300 < V ₃₀ = 600	C
SC III	Medium soil	0.4 = T < 0.6 sec	200 < V ₃₀ = 300	D
SC IV	Soft soil	T = 0.6 sec	V ₃₀ = 200	E + F

Mw	8,9	x (km)	307,4	h (km)	125	hc (km)	0	Suelo	C2	δh	1
----	-----	--------	-------	--------	-----	---------	---	-------	----	----	---

Periodo T(s)	a	b	c	d	e	SR	SI	Ss	SsL	CH	C1	C2	C3	C4	Ck	σ	τ	σT	r	ln(Psa)	ln(Psa+σ)	ln(Psa-σ)	Psa (gals)	Psa+σ (gals)	Psa-σ (gals)
0,00	1,101	-0,00564	0,0055	1,080	0,01412	0,251	0,000	2,607	-0,528	0,239	1,111	1,344	1,355	1,420	1,344	0,604	0,398	0,723	389,587	5,043	5,766	4,319	154,87	319,24	75,13
0,05	1,076	-0,00671	0,0075	1,060	0,01463	0,251	0,000	2,764	-0,551	0,939	1,684	1,793	1,747	1,814	1,793	0,640	0,444	0,779	401,198	5,000	5,779	4,221	148,39	323,36	68,09
0,10	1,118	-0,00787	0,0090	1,083	0,01423	0,240	0,000	2,156	-0,420	1,499	2,061	2,135	2,031	2,082	2,135	0,694	0,490	0,849	445,526	5,336	6,185	4,487	207,60	485,23	88,82
0,15	1,134	-0,00722	0,0100	1,053	0,01509	0,251	0,000	2,161	-0,431	1,462	1,916	2,168	2,052	2,113	2,168	0,702	0,460	0,839	424,911	5,819	6,658	4,979	336,54	778,99	145,39
0,20	1,147	-0,00659	0,0120	1,014	0,01462	0,260	0,000	1,901	-0,372	1,280	1,669	2,085	2,001	2,030	2,085	0,692	0,423	0,811	407,059	6,116	6,927	5,305	453,14	1019,69	201,37
0,25	1,149	-0,00590	0,0140	0,966	0,01459	0,027	0,000	1,814	-0,360	1,121	1,468	1,942	1,941	1,937	1,942	0,682	0,391	0,786	383,246	6,008	6,794	5,222	406,78	892,84	185,33
0,30	1,163	-0,00520	0,0150	0,934	0,01458	0,259	0,000	2,181	-0,450	0,852	1,172	1,683	1,808	1,770	1,683	0,670	0,379	0,770	368,523	6,211	6,980	5,441	497,97	1075,26	230,62
0,40	1,2	-0,00422	0,0100	0,959	0,01257	0,248	-0,041	2,432	-0,506	0,365	0,655	1,127	1,482	1,397	1,127	0,659	0,390	0,766	358,303	5,981	6,747	5,215	395,91	851,46	184,09
0,50	1,25	-0,00338	0,0060	1,008	0,01114	0,247	-0,053	2,629	-0,554	-0,207	0,071	0,515	0,934	0,955	0,515	0,653	0,389	0,760	354,638	5,825	6,585	5,065	338,66	724,21	158,37
0,60	1,293	-0,00282	0,0030	1,088	0,01019	0,233	-0,103	2,702	-0,575	-0,705	-0,429	-0,003	0,394	0,559	-0,003	0,653	0,401	0,766	355,537	5,679	6,446	4,913	292,73	629,90	136,04
0,70	1,336	-0,00258	0,0025	1,084	0,00979	0,220	-0,146	2,654	-0,572	-1,144	-0,866	-0,449	-0,111	0,188	-0,449	0,652	0,408	0,769	346,111	5,623	6,392	4,854	276,66	597,01	128,21
0,80	1,386	-0,00242	0,0022	1,088	0,00944	0,232	-0,164	2,480	-0,540	-1,609	-1,325	-0,928	-0,620	-0,246	-0,928	0,647	0,418	0,770	342,701	5,625	6,396	4,855	277,39	599,27	128,40
0,90	1,433	-0,00232	0,0020	1,109	0,00972	0,220	-0,206	2,332	-0,522	-2,023	-1,732	-1,349	-1,066	-0,643	-1,349	0,653	0,411	0,771	346,087	5,622	6,393	4,851	276,37	597,50	127,84
1,00	1,479	-0,00220	0,0020	1,115	0,01005	0,211	-0,239	2,233	-0,509	-2,451	-2,152	-1,776	-1,523	-1,084	-1,776	0,657	0,410	0,775	348,209	5,643	6,418	4,868	282,21	612,56	130,01
1,25	1,551	-0,00207	0,0020	1,083	0,01003	0,251	-0,256	2,029	-0,469	-3,243	-2,923	-2,542	-2,327	-1,936	-2,542	0,660	0,402	0,773	338,095	5,650	6,422	4,877	284,15	615,41	131,20
1,50	1,621	-0,00224	0,0020	1,091	0,00928	0,248	-0,306	1,589	-0,379	-3,888	-3,548	-3,169	-2,979	-2,661	-3,169	0,664	0,408	0,779	340,360	5,565	6,345	4,786	261,22	569,46	119,82
2,00	1,694	-0,00201	0,0025	1,055	0,00833	0,263	-0,320	0,966	-0,248	-4,783	-4,410	-4,039	-3,871	-3,640	-4,039	0,669	0,414	0,787	337,305	5,448	6,235	4,662	232,39	510,37	105,81
2,50	1,748	-0,00187	0,0028	1,052	0,00776	0,262	-0,337	0,789	-0,221	-5,444	-5,049	-4,698	-4,496	-4,341	-4,698	0,671	0,411	0,786	340,011	5,210	5,996	4,424	183,18	402,00	83,47
3,00	1,759	-0,00147	0,0032	1,025	0,00644	0,307	-0,331	1,037	-0,263	-5,839	-5,431	-5,089	-4,893	-4,758	-5,089	0,667	0,396	0,776	336,709	4,937	5,713	4,162	139,42	302,84	64,19
4,00	1,826	-0,00195	0,0040	1,044	0,00590	0,353	-0,390	0,561	-0,169	-6,598	-6,181	-5,882	-5,698	-5,588	-5,882	0,647	0,382	0,751	350,786	4,593	5,345	3,842	98,81	209,47	46,61
5,00	1,825	-0,00237	0,0050	1,065	0,00510	0,248	-0,498	0,225	-0,120	-6,752	-6,347	-6,051	-5,873	-5,798	-6,051	0,643	0,377	0,745	372,778	3,965	4,710	3,220	52,73	111,10	25,02

Periodo T(s)	Sa (g)
0,00	0,16
0,05	0,15
0,10	0,21
0,15	0,34
0,20	0,46
0,25	0,41
0,30	0,51
0,40	0,40
0,50	0,35
0,60	0,30
0,70	0,28
0,80	0,28
0,90	0,28
1,00	0,29
1,25	0,29
1,50	0,27
2,00	0,24
2,50	0,19
3,00	0,14
4,00	0,10
5,00	0,05



Fuente: Jimmy A.Hurtado Noboa

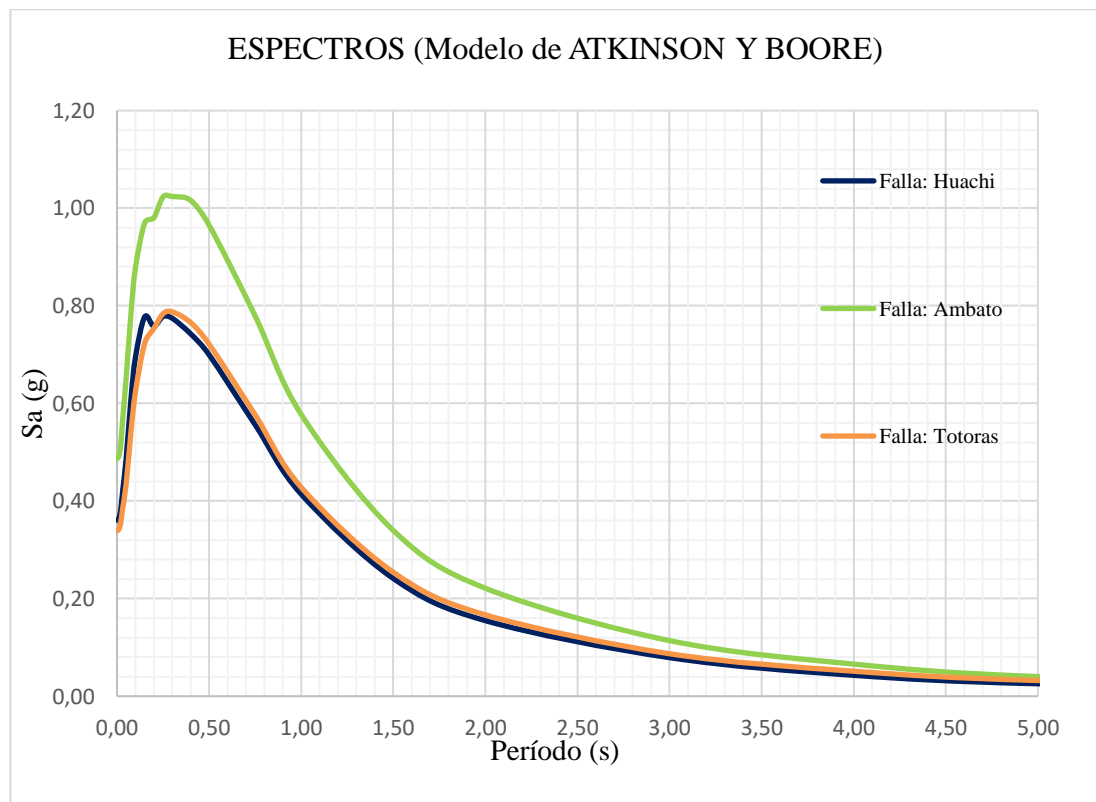
4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.2.1. Cálculo de los Espectros por modelo matemático

Gráficas de los espectros determinados en la zona de estudio (Huachi Chico - Barrio “Solís”), espectros por fallas (Huachi, Ambato, Totoras, y Subducción).

4.2.1.1. Espectros de aceleración calculados y graficados con el Modelo de Atkinson y Boore para fallas corticales.

Figura# 12. Espectro de aceleración obtenida con el modelo de Atkinson y Boore para fallas corticales



Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la Figura # 12 se puede apreciar que los valores máximos de aceleración por cada falla ocurren en un período entre **0.2seg** y **0.3 seg** (ver datos numéricos tabla# 17 d); los valores de aceleración para cada falla van descendiendo hasta llegar a una

tendencia casi lineal a partir de **5.0 seg** hasta los 10 segundos. En la gráfica solo se muestra hasta los 5 segundos para mejorar la interpretación visual de resultados, para visualizar la gráfica completa hasta un periodo de 10 segundos ver la tabla #17 (d).

Los valores máximos de aceleración por cada falla son los siguiente:

Huachi = 0,78g.

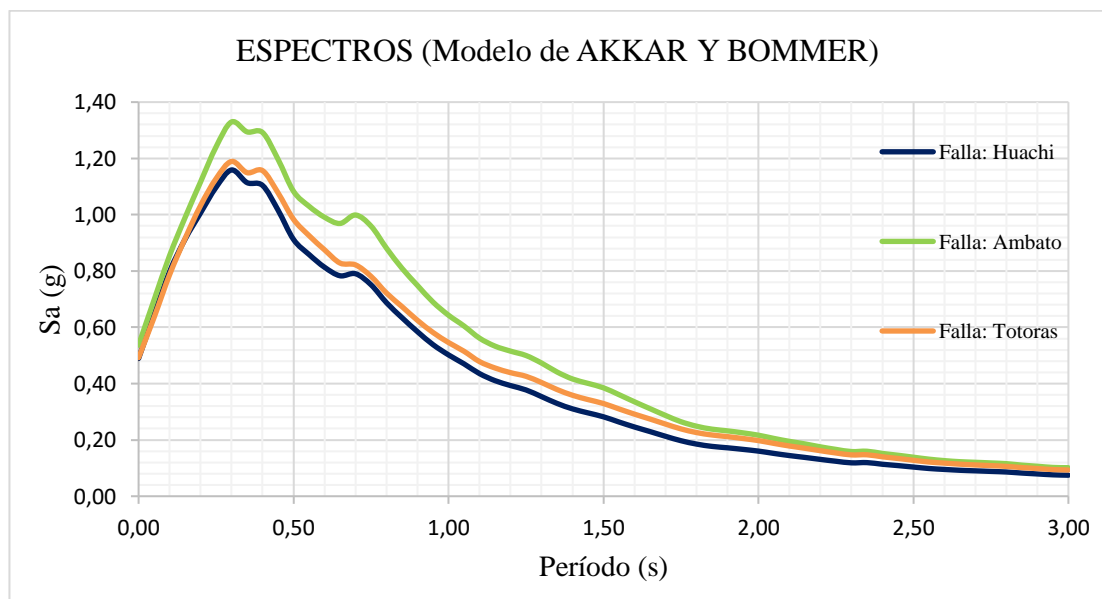
Ambato = 1,02g.

Totoras = 0,79g.

Teniendo como resultado que la **falla de Ambato** es la que predomina al utilizar el modelo de Atkinson y Boore.

4.2.1.2. Espectros de aceleración calculados y graficados con el Modelo de Akkar y Bommer para fallas corticales.

Figura# 13. Espectro de aceleración obtenidos con el modelo de Akkar y Bommer para fallas corticales



Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la Figura # 13 se puede apreciar que los valores máximos de aceleración por cada falla ocurren en el período **0.3 seg** (ver datos numéricos tabla #18 d); los valores de aceleración para cada falla van descendiendo.

Los valores máximos de aceleración por cada falla son los siguiente:

Huachi = 1,16g.

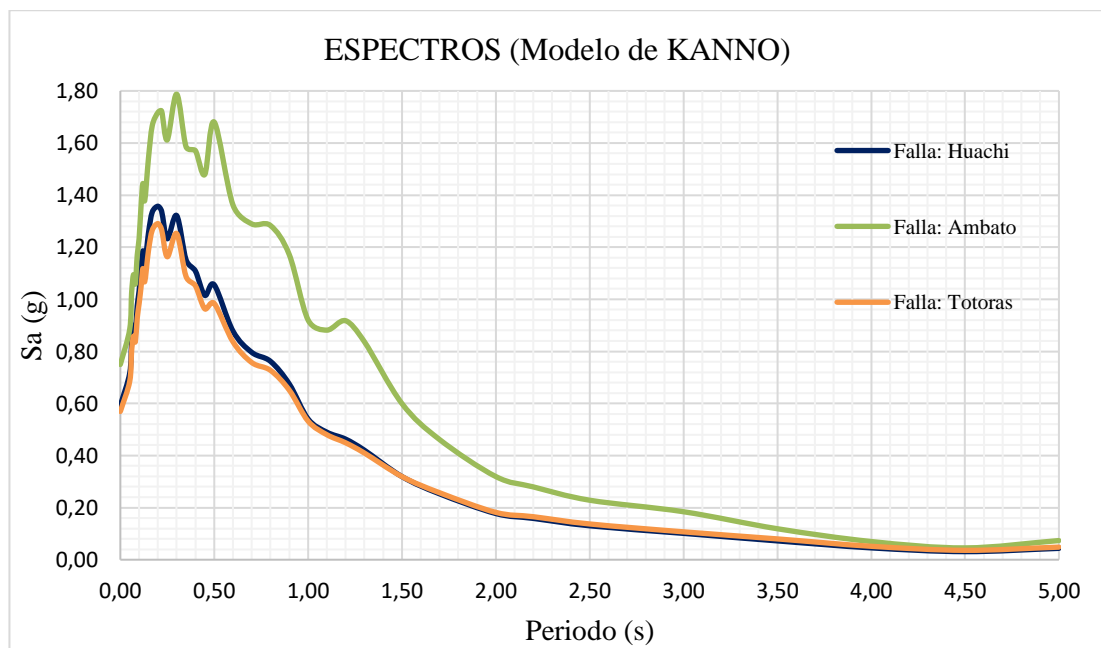
Ambato = 1,33g.

Totoras = 1,19g.

Teniendo como resultado que la **falla de Ambato** es la que predomina al utilizar el modelo de Akkar y Bommer.

4.2.1.3. Espectros de aceleración calculados y graficados con el Modelo de Kanno para fallas corticales.

Figura# 14. Espectro de aceleración obtenidos con el modelo de Kanno para fallas corticales



Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la Figura # 14 se puede apreciar que los valores máximos de aceleración por cada falla ocurren en el período **0.3 seg** (ver datos numéricos tabla #19 d); los valores de aceleración para cada falla van descendiendo.

Los valores máximos de aceleración por cada falla son los siguientes:

Huachi = 1,32g.

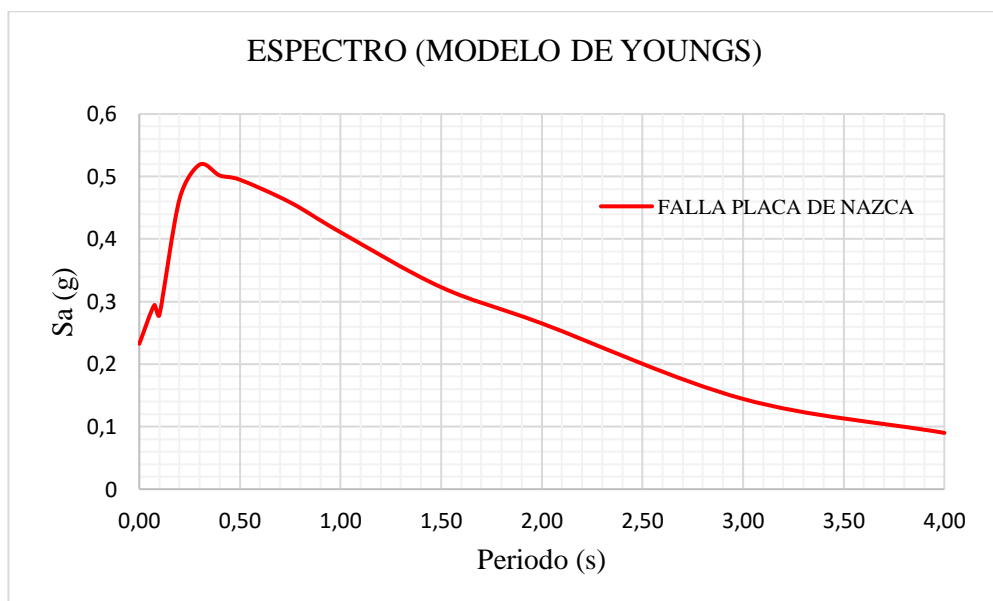
Ambato = 1,78g.

Totoras = 1,25g.

Teniendo como resultado que la **falla de Ambato** es la que predomina al utilizar el modelo de Kanno.

4.2.1.4. Espectros de aceleración calculados y graficados con el Modelo de Youngs para la falla de subducción (Nazca).

Figura# 15. Espectro de aceleración obtenidos con el modelo de Youngs para la falla de subducción (Nazca).

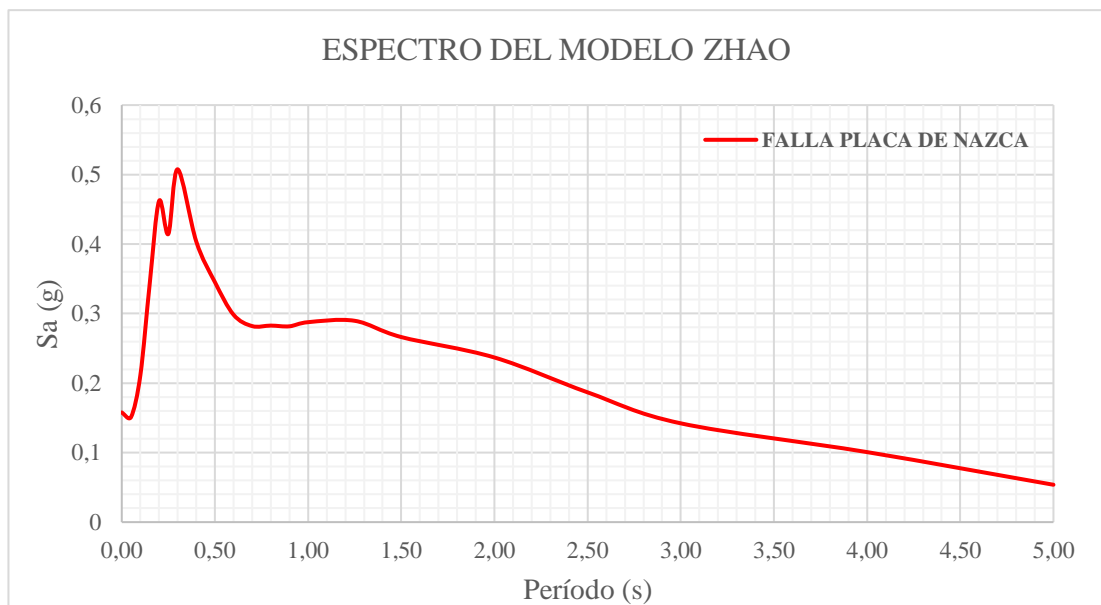


Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la Figura # 15 se puede apreciar tres picos notables: en período 0,20s = 0,46g; 0,30s = 0,52g y 0,40s = 0,50g donde en el período **0.3s** se tiene el mayor valor de aceleración y a partir de 1,25s la curva es decreciente, todos los valores numéricos se los puede ver en la tabla #20.

4.2.1.5. Espectros de aceleración calculados y graficados con el Modelo de Zhao para la falla de subducción (Nazca).

Figura# 16. Espectro de aceleración obtenidos con el modelo de Zhao para la falla de subducción (Nazca).



Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la Figura # 16 se puede apreciar dos picos notables: en período 0,20s = 0,46g y 0,30s = 0,51g donde en el período **0.3s** se tiene el mayor valor de aceleración y a partir de 1,25s la curva es decreciente, todos los valores numéricos se los puede ver en la tabla #21.

En comparación con las 2 figuras (figura#15 y figura#16) se puede apreciar que tiene 2 picos muy similares los cuales nos demuestra que a pesar de haber aplicado modelos diferentes los resultados son similares y nos da la confianza NECesaria para poder proceder con el análisis de las 3 estructuras a ser modeladas.

4.2.1.6. Valores máximos de aceleración por período, por modelo matemático utilizado y para cada falla.

A continuación, se muestra una tabla resumen con los valores máximos de aceleración obtenidos por cada modelo y por falla en los sus períodos correspondiente

Tabla # 22 Valores máximos de aceleración por período, por modelo matemáticos utilizado y para cada falla

Modelo de Atkinson y Boore		
Falla	Período T (seg)	Aceleración Sa (g)
Huachi	0,25	0,78
Ambato	0,30	1,02
Totoras	0,30	0,79
Modelo de Akkar y Bommer		
Huachi	0,30	1,16
Ambato	0,30	1,33
Totoras	0,30	1,19
Modelo de Kanno		
Huachi	0,30	1,32
Ambato	0,30	1,79
Totoras	0,30	1,25
Modelo de Youngs		
Nazca	0,30	0,52
Modelo de Zhao		
Nazca	0,30	0,51

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

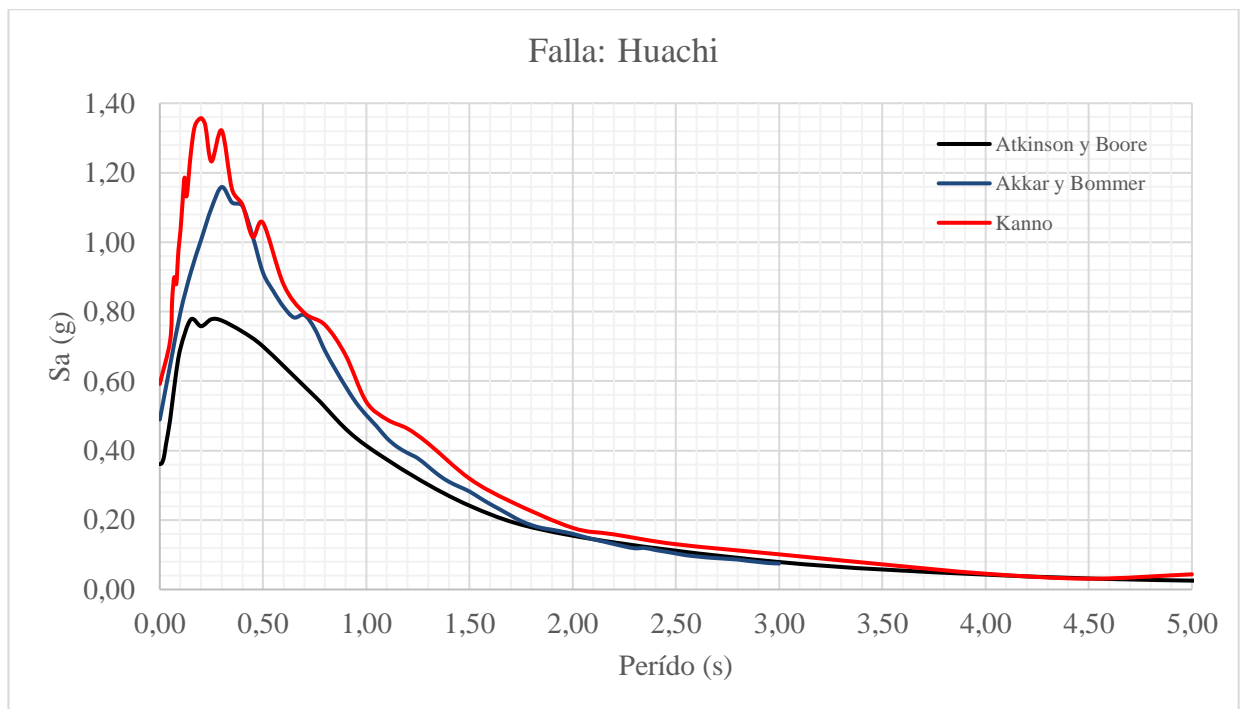
En la tabla#22 se puede notar que la aceleración máxima es la producida en el período **0,3s** utilizando el modelo de Kanno, además se puede ver que la falla: Ambato es la que presenta mayores valores de aceleración.

4.2.2. Cálculo de los Espectros por Falla

Se mostrará las figuras correspondientes a cada falla con los espectros obtenidos por cada modelo matemático utilizado.

4.2.2.1. Espectros de aceleración calculados y graficados para la falla Huachi (cortical) con los 3 modelos elegidos.

Figura# 17. Espectro de aceleración obtenidos para la falla Huachi (cortical) utilizando los 3 modelos elegidos.

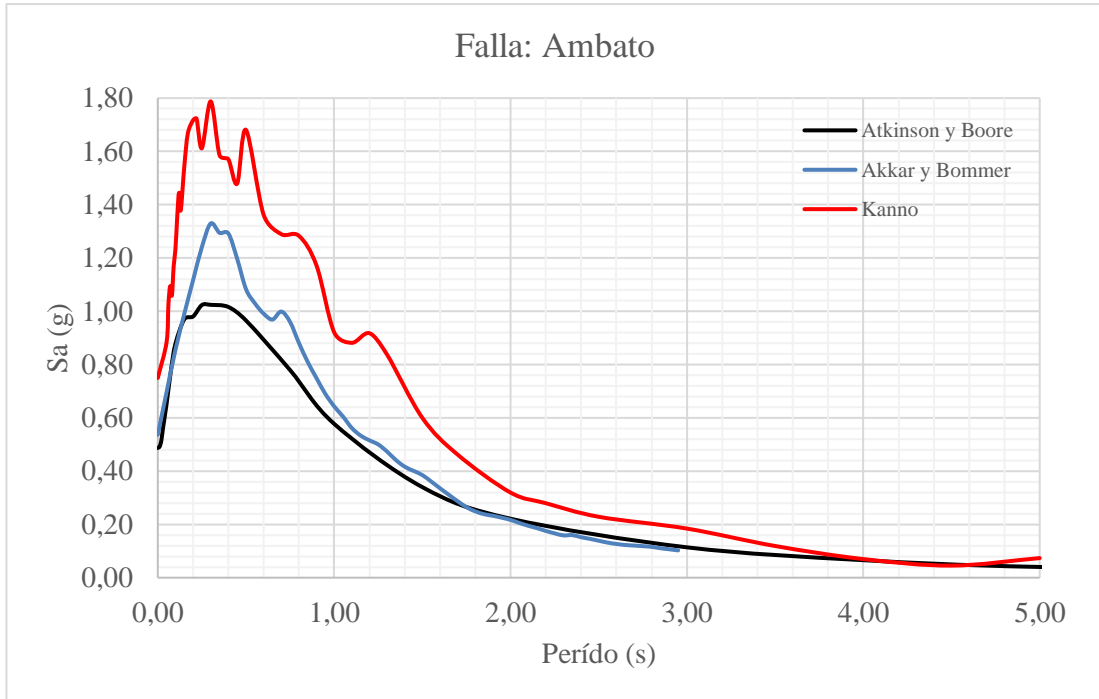


Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la Figura # 17 se puede ver que el espectro crítico para esta falla es el obtenido con el modelo de Kanno el cual tiene su pico en el período **0,3s** con una aceleración de **1,32g** (tabla#19 d), el espectro con menores aceleraciones es el obtenido con el modelo de Atkinson y Boore con una laceración pico de **0,78g** en el período **0,25s** (tabla# 17d).

4.2.2.2. Espectros de aceleración calculados y graficados para la falla Ambato (cortical) con los 3 modelos elegidos.

Figura# 18. Espectro de aceleración obtenidos para la falla Ambato (cortical) utilizando los 3 modelos elegidos.

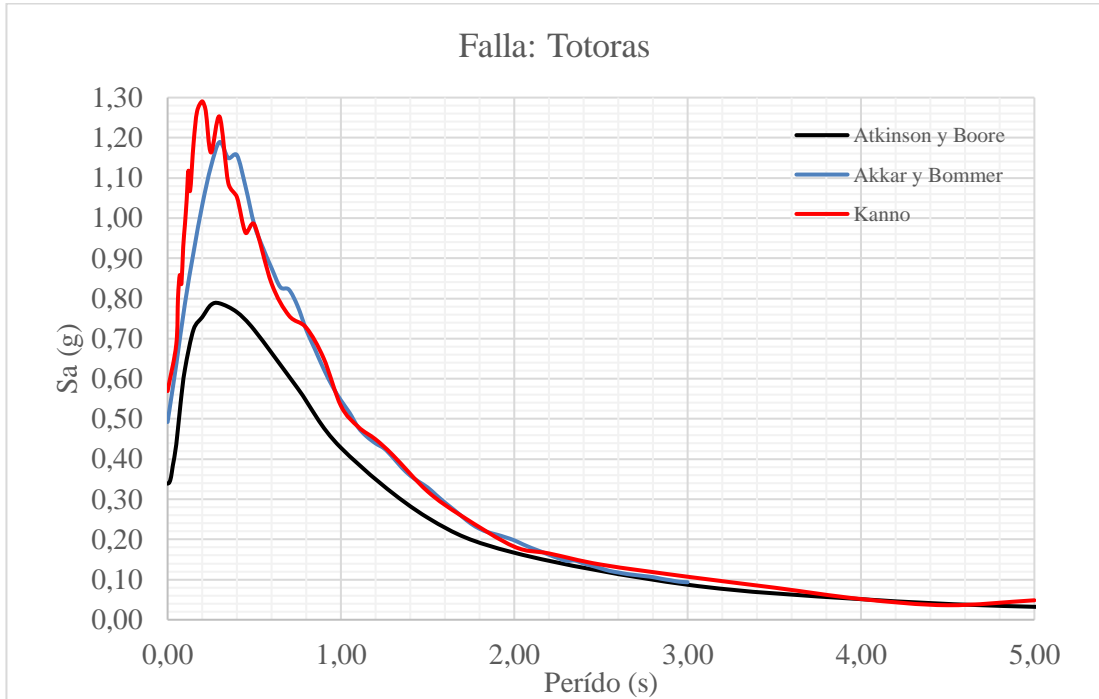


Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la Figura # 18 se puede ver que el espectro crítico para esta falla es el obtenido con el modelo de Kanno el cual tiene su pico en el período 0.3s con una aceleración de **1,79g** (tabla#19 d), el espectro con menores aceleraciones es el obtenido con el modelo de Atkinson y Boore con una laceración pico de **1,02g** en el período **0,3s** (tabla# 17d).

4.2.2.3. Espectros de aceleración calculados y graficados para la falla Totoras (cortical) con los 3 modelos elegidos.

Figura# 19. Espectro de aceleración obtenidos para la falla Totoras (cortical) utilizando los 3 modelos elegidos.

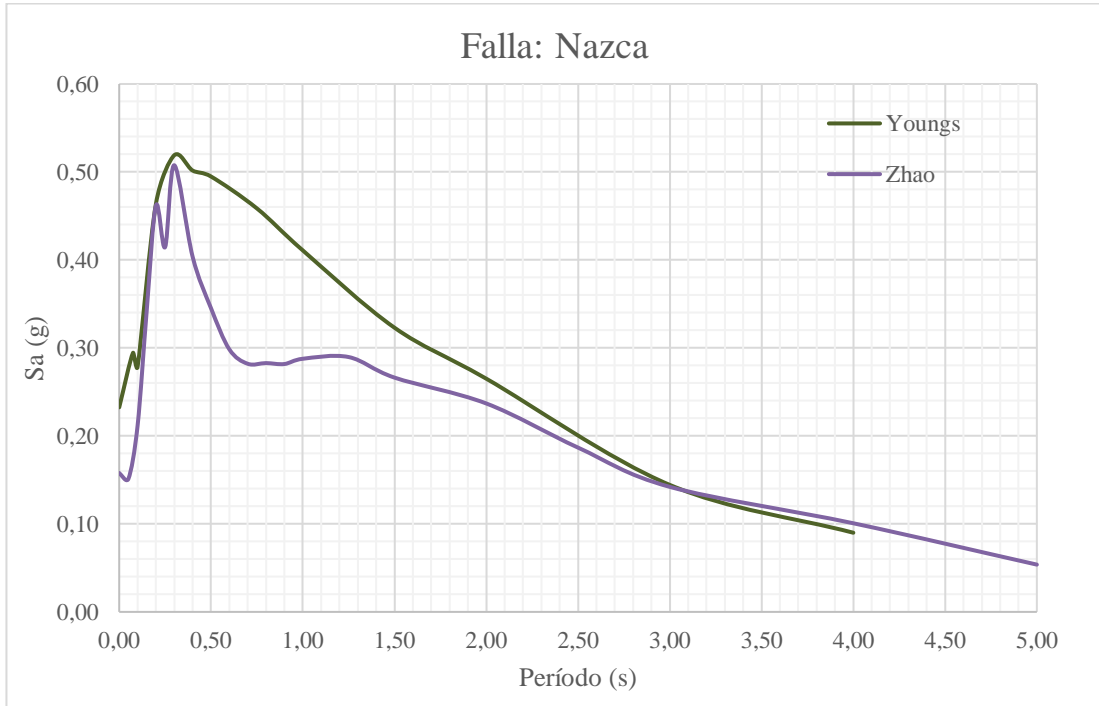


Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la Figura # 19 se puede ver que el espectro crítico para esta falla es el obtenido con el modelo de Kanno el cual tiene su pico en el período 0,3s con una aceleración de **1,25g** (tabla#19 d), el espectro con menores aceleraciones es el obtenido con el modelo de Atkinson y Boore con una laceración pico de **0,79g** en el período **0,3s** (tabla# 17d).

4.2.2.4. Espectros de aceleración calculados y graficados para la falla Nazca (Subducción) con los 2 modelos elegidos.

Figura# 20. Espectro de aceleración obtenidos para la falla Nazca (Subducción) utilizando los 2 modelos elegidos.



Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la Figura # 20 se puede ver que los 2 espectros casi coinciden en su pico de aceleración teniendo así que el espectro crítico para esta falla es el obtenido con el modelo de Youngs el cual tiene su pico en el período 0,3s con una aceleración de **0,52g** (tabla#20), mientras que en el espectro obtenido con el modelo de Zhao laceración pico es de **0,51g** en el período **0,3s** (tabla# 21).

4.2.2.5. Valores máximos de aceleración por período, por falla y para cada modelo matemático utilizado.

A continuación, se muestra una tabla resumen con los valores máximos de aceleración obtenidos por cada modelo y por falla con sus períodos correspondientes.

Tabla # 23 Valores máximos de aceleración por período, por falla y para cada modelo matemático utilizado.

Falla Huachi		
Modelo Matemático	Período T (seg)	Aceleración Sa (g)
Atkinson y Boore	0,25	0,78
Akkar y Bommer	0,30	1,16
Kanno	0,30	1,32
Falla Ambato		
Atkinson y Boore	0,30	1,02
Akkar y Bommer	0,30	1,33
Kanno	0,30	<u>1,79</u>
Falla Totoras		
Atkinson y Boore	0,30	0,79
Akkar y Bommer	0,30	1,19
Kanno	0,30	1,25
Falla Nazca		
Youngs	0,30	0,52
Zhao	0,30	0,51

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la tabla#23 se puede notar que la aceleración máxima es **1,79g** la cual se produce en el período **0,3s** con el modelo de Kanno, además se puede ver que la falla de Ambato es la que presenta mayores valores de aceleración.

4.2.3. Espectro obtenido con NEC-SE-DS

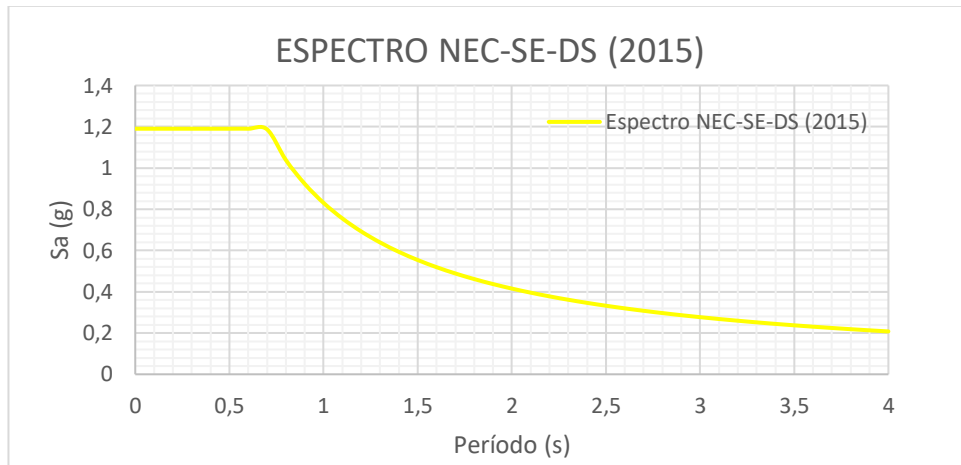
Tabla #24 Datos para generar el espectro utilizando NEC-SE-DS.

Período T (s)	Sa (g)
0,00	1,19
0,10	1,19
0,20	1,19
0,30	1,19
0,40	1,19
0,50	1,19
0,60	1,19
0,70	1,18
0,80	1,03
0,90	0,92
1,00	0,83
1,10	0,75
1,20	0,69
1,30	0,63
1,40	0,59
1,50	0,55
1,60	0,51
1,70	0,48
1,80	0,46

1,90	0,43
2,00	0,41
2,10	0,39
2,20	0,37
2,30	0,36
2,40	0,34
2,50	0,33
2,60	0,31
2,70	0,30
2,80	0,29
2,90	0,28
3,00	0,27
3,10	0,26
3,20	0,25
3,30	0,25
3,40	0,24
3,50	0,23
3,60	0,23
3,70	0,22
3,80	0,21
3,90	0,21
4,00	0,20

En la tabla# 24 se puede ver que el valor máximo de aceleración es **1,19 g** entre el periodo **0,00s** y **0,60s**, los cuales son resultados del uso de la ecuación # 29 y los datos de la tabla # 27.

Figura# 21 Espectro de aceleración generado con NEC-SE-DS.



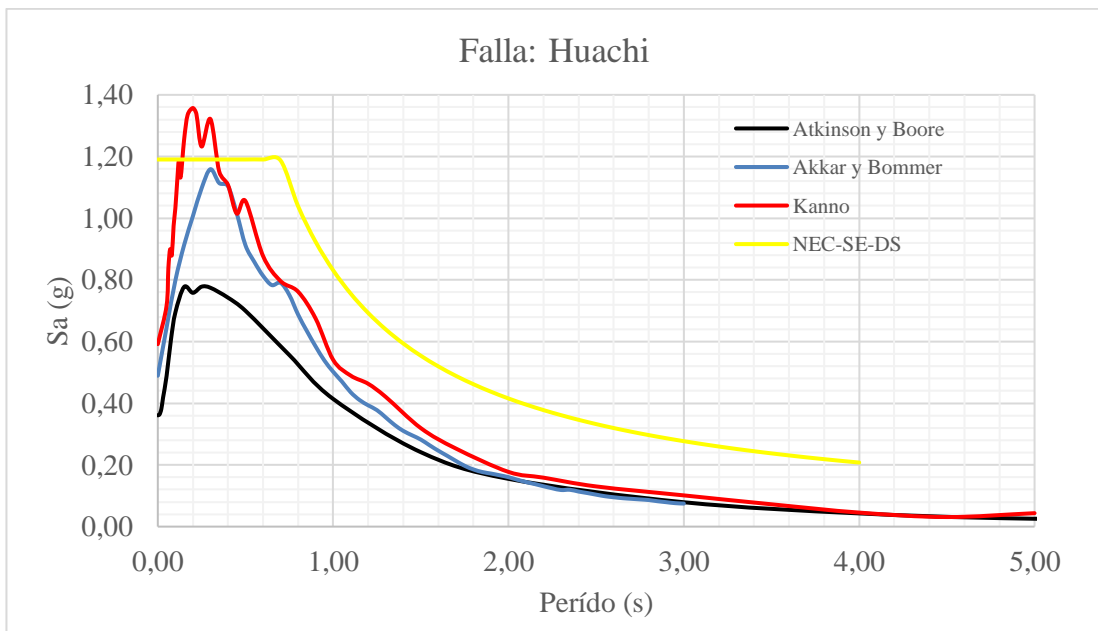
La figura#21 nos muestra la gráfica del espectro generado con los valores propuestos por la NEC-SE-DS, para la provincia de Tungurahua que es donde se encuentra nuestra área de estudio, sector Huachi Chico - Barrio “Solís”.

4.2.4. Comparación de los espectros obtenidos con los espectros de la NEC-SE-DS 2015 por cada falla.

Con los espectros obtenidos se realizará una comparación gráfica con el espectro que nos presenta la NES-SE-DS 2015.

4.2.4.1. Falla: Huachi (cortical)

Figura# 22. Espectros de aceleración obtenidos para la falla Huachi (Cortical) utilizando los 3 modelos elegidos y el generado al utilizar la NEC-SE-DS 2015.

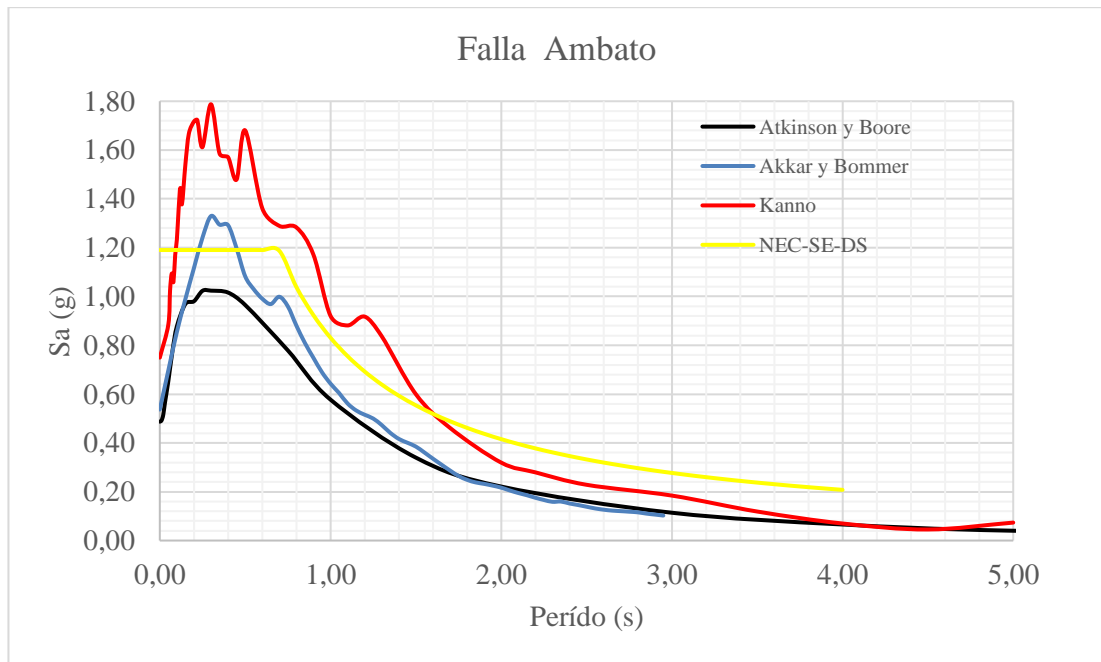


Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la figura# 22 se puede ver que el espectro generado con la NEC-SE-DS posee un pico de aceleración (**1,19g** tabla# 24) el cual es menor al pico de la aceleración del espectro generado por el modelo de Kanno (**1,32g** Tabla# 19 d).

4.2.4.2. Falla: Ambato (Cortical)

Figura# 23. Espectros de aceleración obtenidos para la falla Ambato (Cortical) utilizando los 3 modelos elegidos y el generado al utilizar la NEC-SE-DS 2015.

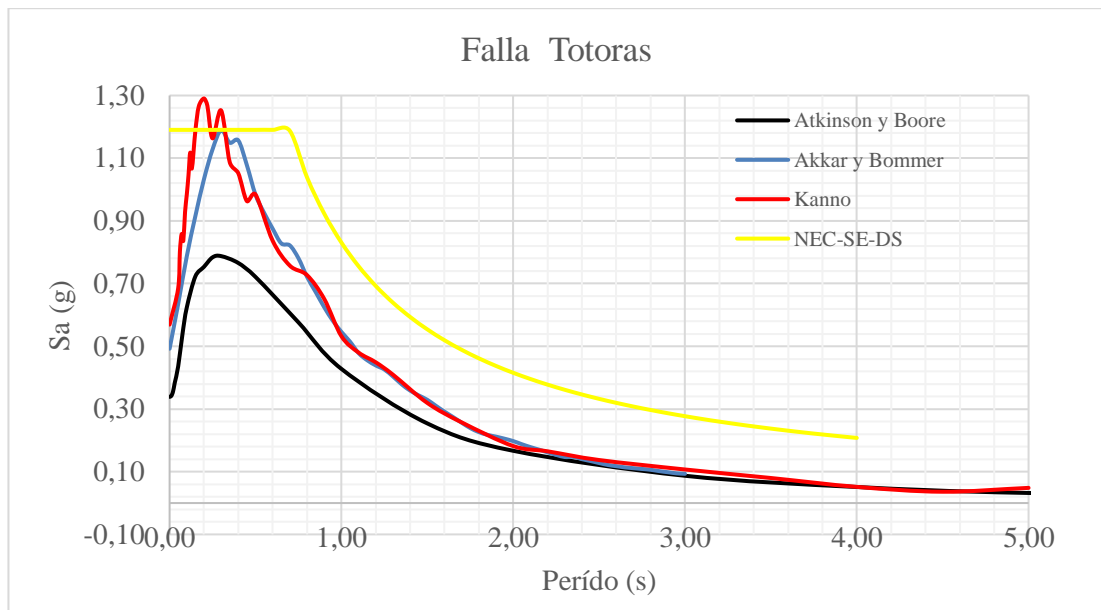


Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la figura# 23 se puede ver que el espectro generado con la NEC-SE-DS posee un pico de aceleración (**1,19g** tabla# 24) el cual es menor al pico de la aceleración del espectro generado por el modelo de Kanno (**1,79g** Tabla# 19 d).

4.2.4.3. Falla: Totoras (cortical).

Figura# 24. Espectro de aceleración obtenidos para la falla Totoras (Cortical) utilizando los 3 modelos elegidos y el generado al utilizar la NEC-SE-DS 2015.

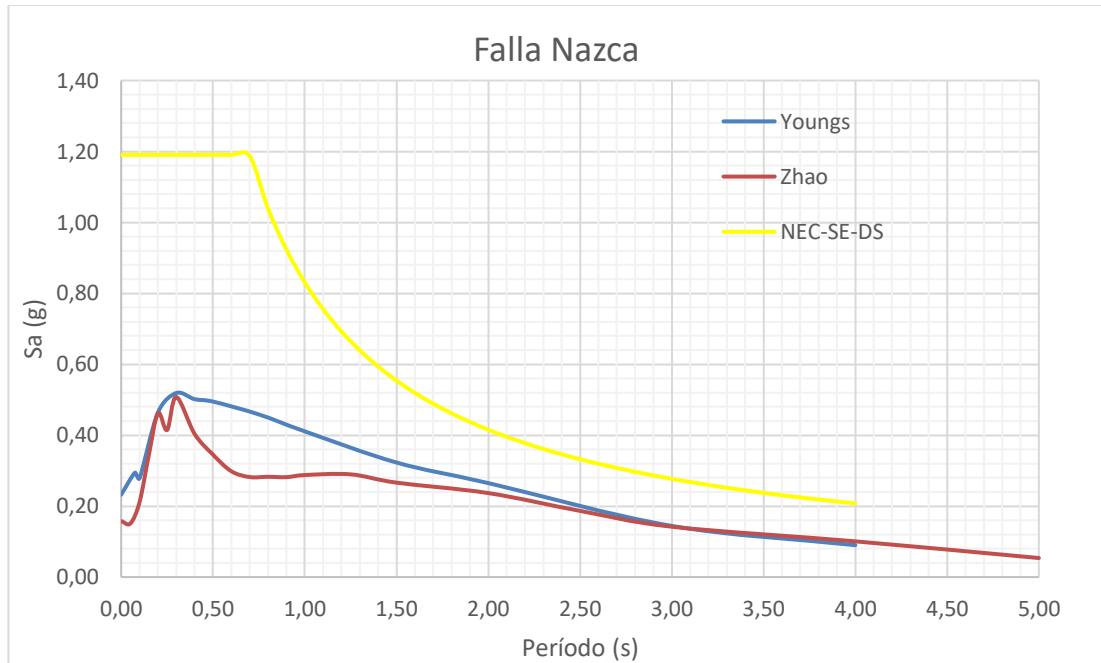


Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la figura# 24 se puede ver que el espectro generado con la NEC-SE-DS posee un pico de aceleración (**1,19g** tabla# 24) el cual es menor al pico de la aceleración del espectro generado por el modelo de Kanno (**1,25g** Tabla# 19 d).

4.2.4.4. Falla: Nazca (subducción)

Figura# 25. Espectro de aceleración obtenidos para la falla Nazca (Subducción) utilizando los 2 modelos elegidos y el generado al utilizar la NEC-SE-DS 2015.

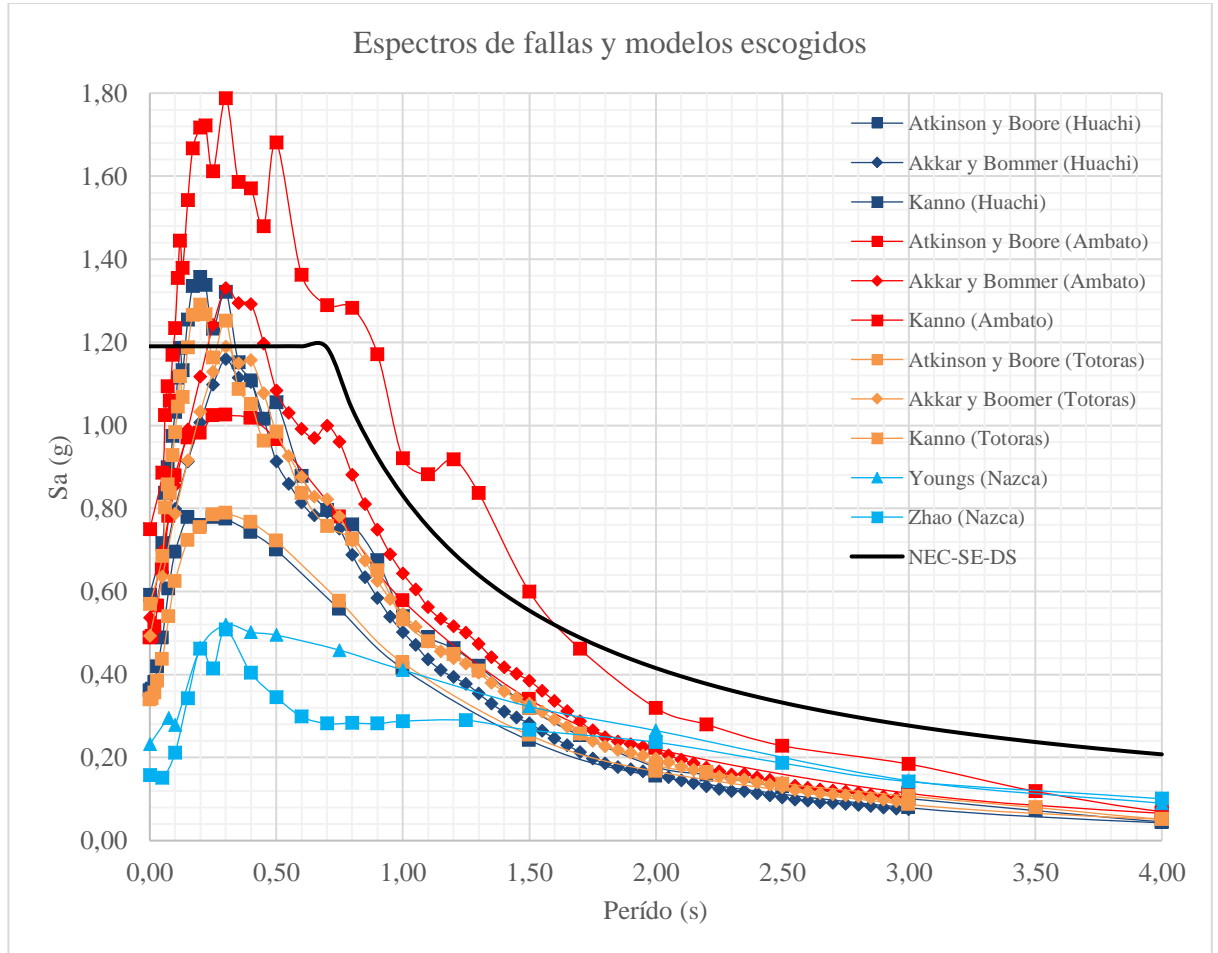


Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la figura# 25 se puede ver que el espectro generado con la NEC-SE-DS posee un pico de aceleración (**1,19g** tabla# 24) el cual es mayor al pico de la aceleración de los espectros generado por los modelos de Youngs (**0,52g** tabla#20) Zhao (**0,51g** Tabla# 21).

4.2.5. Espectros para las fallas utilizando todos los modelos matemáticos elegidos incluido NEC-SE-DS 2015.

Figura# 26 Espectros para las fallas utilizando todos los modelos matemáticos elegidos incluido NEC-SE-DS 2015.



En la figura # 26 se aprecias los 12 espectros generados, donde el modelo de Kanno para la falla Ambato (cortical) es la que predomina al tener un el valor más alto de entre los 12 espectros incluyendo el espectro generado con lo que nos propone la NEC-SE-DS 2015, con los espectros para las fallas corticales se puede ver que predominan en periodos cortos mientras que los espectros generados para la falla de subducción predomina en períodos largos, con este grafico se puede establecer que el espectro crítico para nuestro estudio de peligro sísmico determinista va a ser el obtenido por el modelo matemático de Kanno para la falla Ambato.

4.2.6. Espectro Crítico para el estudio de peligro sísmico determinista

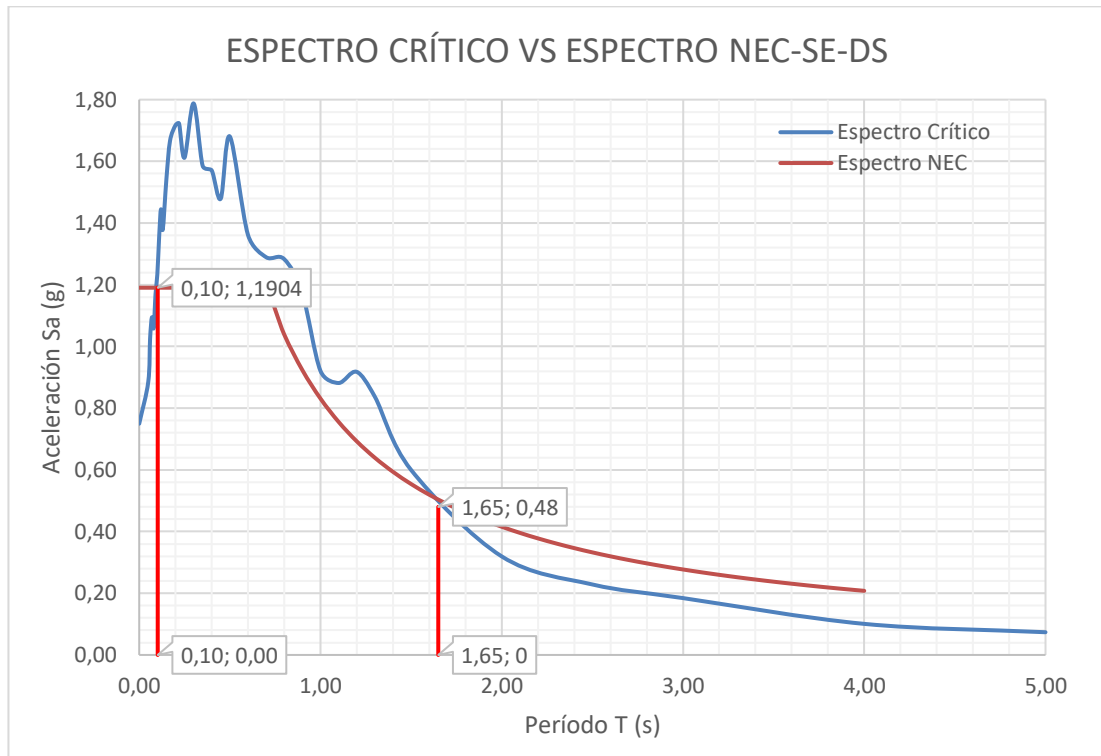
Para determinar el espectro crítico de aceleración de la zona del proyecto se trabajó con la envolvente de los 14 espectros generados en esta investigación, seleccionando el valor máximo en cada periodo, obteniendo los valores de la siguiente tabla:

Tabla 25. Valores de aceleraciones y periodos para el espectro crítico

Periodo T(s)	Sa g
0,00	0,75
0,10	1,23
0,20	1,72
0,30	1,79
0,40	1,57
0,50	1,68
0,60	1,36
0,70	1,29
0,80	1,28
0,90	1,17
1,00	0,92
1,10	0,88
1,20	0,92
1,30	0,84
1,50	0,60
1,60	0,34
1,70	0,46
1,80	0,25
1,90	0,23
2,00	0,32
2,20	0,28
2,50	0,23
3,00	0,18
3,50	0,12
4,00	0,07
4,50	0,05
5,00	0,07

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

Figura# 27 Espectro crítico para el área en estudios.



Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

La grafica# 27 muestra al espectro crítico obtenido para el área de estudio, el cual tiene un valor de aceleración máximo de **1.79 g** en un periodo de **0.3 seg**, también muestra al espectro de la NEC-15 que tiene un valor **Sa** máximo de **1.19 g** durante un periodo de **0.0 seg** a **0.6seg**, además en la gráfica se aprecia que el espectro critico predomina al espectro de la NEC-SE-DS 2015 en un rango de período de **0,10 < T < 1,65**.

4.2.7. Comportamiento estructural de 3 edificaciones tipo del sitio de estudio.

En el área de estudio se realizó un análisis del comportamiento estructural para 3 edificaciones con diferentes niveles (1, 2 y 3 pisos) mediante la modelación de cada una de ellas en un programa especializado (Etabs 16.1.2), en el cual se introdujo el espectro determinístico de la zona.

4.2.7.1. Datos estructurales recolectados de las 3 edificaciones.

Tras la visita a cada una de las casas y la medición de elementos estructurales y no estructurales se procedió a realizar planos.

A continuación, se muestran las dimensiones de los elementos estructurales de las 3 viviendas seleccionadas:

Tabla# 26. Datos de columnas, vigas y losas de las 3 edificaciones

	EDIFICACIÓN DE 1 PISO	EDIFICACIÓN DE 2 PISOS	EDIFICACIÓN DE 3 PISOS
COLUMNA	25x30 cm	30x30 cm	30x30 cm
VIGAS	20x20 cm	20x20 cm	25x25 cm
LOSA	20 cm	20 cm	20 cm
ALTURA TOTAL	2.72 m	4.80 m	10.00 m

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

4.2.7.2. Cálculo de los periodos de vibración de las estructuras tipo.

4.2.7.2.1. Periodo Fundamental de Vibración

El periodo de vibración aproximado para las estructuras se determina con la ecuación del método 1 descrita en la sección 6.3.3 de la NEC_SE_DS 2015 y que se presenta a continuación:

$$T = C_t * h_n^\alpha \quad (30)$$

Donde:

T = Periodo de vibración

C_t = Coeficiente que depende del tipo de edificio

h_n = Altura máxima de la edificación de n pisos, medida en metros

Los valores de C_t y α que se utilizaron para el cálculo del periodo fundamental también se especifican en la sección 6.3.3 de la NEC_SE_DS 2015, los cuales se muestran a continuación:

Tabla# 27. Valores C_t y α

Tipo de estructura	C _t	α
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadores	0.055	0.9

Fuente: NEC_SE_DS 2015

4.2.7.2.1.1. Cálculo de T_1 para la edificación de 1 piso

$$T_1 = 0.055 * 2.72^{0.9}$$

$$T_1 = 0.135 \text{ seg}$$

4.2.7.2.1.2. Cálculo de T_1 para la edificación de 2 piso

$$T_1 = 0.055 * 4.80^{0.9}$$

$$T_1 = 0.225 \text{ seg}$$

4.2.7.2.1.3. Cálculo de T_1 para la edificación de 3 piso

$$T_1 = 0.055 * 10^{0.9}$$

$$T_1 = 0.436 \text{ seg}$$

4.2.7.2.2. Periodos Límites de Vibración

Los límites para el periodo de vibración T_o y T_c se encuentran en la sección 3.3 de la NEC_SE_DS 2015, y se obtienen de las siguientes ecuaciones:

$$T_o = 0.1 * F_s * \frac{F_d}{F_a} \quad (31)$$

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a} \quad (32)$$

Donde:

F_a = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto.

F_d = Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamiento para diseño en roca.

F_s = Comportamiento no lineal de los suelos.

T_o y T_c = Periodos límite de vibración en el espectro sísmico de aceleración que representa el sismo de diseño.

Los valores de los coeficientes Fa, Fd y Fs mostrados en la siguiente tabla, se obtuvieron tomando en cuenta la zona sísmica, el factor de zona Z y el tipo de perfil del suelo.

Tabla# 28. Valores de Fa, Fd y Fs considerando los efectos de sitio

Zona Sísmica	V
Valor factor Z	0.40
Tipo de Perfil	D
Fa	1.2
Fd	1.19
Fs	1.28

Fuente: NEC_SE_DS 2015

4.2.7.2.2.1. Cálculo del periodo T_o

$$T_o = 0.1 * 1.28 * \frac{1.19}{1.20}$$

$$T_o = 0.127 \text{ seg}$$

4.2.7.2.2.2. Cálculo del periodo T_c

$$T_c = 0.55 * 1.28 * \frac{1.19}{1.20}$$

$$T_c = 0.698 \text{ seg}$$

4.2.7.2.3. Verificación del Comportamiento Estructural

Se modelaron las 3 edificaciones utilizando el espectro determinístico y el espectro de la NEC-15 y se realizaron las siguientes verificaciones; periodo de vibración, modo de vibración de la estructura, modos NECesarios para acumulación el 90% de la masa, derivas inelásticas y validación del análisis dinámico de la estructura.

4.2.7.2.4. Periodo de Vibración

El periodo fundamental T2 se determinó mediante un análisis modal como sugiere el método 2 de la sección 6.3.3 de la NEC_SE_DS 2015.

En la siguiente tabla se muestra una comparativa del valor calculado del periodo T1 con el método 1 de la NEC-15 y el periodo T2 obtenido con el programa. Además, se verificó si estos 2 periodos se encuentran dentro de los periodos limites T_o y T_c .

Tabla# 29. Valores de Periodos T1 y T2

EDIFICACIONES TIPO	Periodos		Método 1	Método 2	Diferencia % entre T ₁ y T ₂
	T _o	T _c	T ₁	T ₂	
Edificación de 1 piso	0.127	0.698	0.135	0.195	30,77 %
Edificación de 2 pisos	0.127	0.698	0.225	0.259	13,13%
Edificación de 3 pisos	0.127	0.698	0.436	0.517	15,67 %

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

La sección 6.3.3 – Literal (b) de la NEC_SE_DS 2015 establece que el valor calculado T₂ según el método 2 no debe ser mayor en un 30% al valor de T₁ calculado con el método 1, cumpliendo la siguiente expresión:

$$T_1 \leq T_2 \leq 1.3T_1 \quad (33)$$

4.2.7.2.4.1. Estructura de 1 piso

$$T_1 \leq T_2 \leq 1.3T_1$$

$$0.135 < 0.195 < 0.176$$

El valor de T_2 está dentro del rango establecido

4.2.7.2.4.2. Estructura de 2 pisos

$$T_1 \leq T_2 \leq 1.3T_1$$

$$0.225 < 0.259 < 0.293$$

El valor de T_2 está dentro del rango establecido

4.2.7.2.4.3. Estructura de 3 pisos

$$T_1 \leq T_2 \leq 1.3T_1$$

$$0.436 < 0.517 < 0.567$$

El valor de T_2 está dentro del rango establecido

En tanto para cálculo de futuras estructuras (Nuevas) en el caso de que de T_2 sea mayor al rango establecido, se deberá realizar una reevaluación del cortante basal junto con las secciones de la estructura hasta que la variación de periodos sea menor o igual al 10%.

4.2.7.2.5. Cálculo del coeficiente sísmico

Para analizar el comportamiento de las estructuras se requiere ingresar el espectro reducido de la NEC-15 y del espectro determinístico, este proceso se lo realizó utilizando la siguiente ecuación:

$$C = \frac{I * S_a}{R * \phi_P * \phi_E} \quad (29)$$

Donde:

C = Coeficiente de reducción.

I = Factor de importancia.

S_a = Espectro de respuesta elástico de aceleración (expresado como fracción de aceleración de la gravedad).

R = Factor de reducción de resistencia sísmica.

ϕ_P = Coeficiente de configuración en planta.

ϕ_E = Coeficiente de configuración en elevación.

Tabla # 30. Factores y Coeficientes obtenidos para la reducción de los espectros elásticos.

	I	R	ϕ_P	ϕ_E
Edificación de 1 piso	1	8	0.9	1
Edificación de 2 pisos	1	8	0.9	1
Edificación de 3 pisos	1	8	1	1

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

Los coeficientes ϕ_P y ϕ_E en la estructura 3 pisos tienen un valor de 1 debido a q no existe irregularidades o diferencias entre las plantas de los diferentes niveles, ni tampoco variación entre sus alturas.

4.2.7.2.5.1. Estructura de 1 piso

Determinista

NEC-Se-Ds 15

$$T_2=0.195s \rightarrow Sa=1,696 \text{ g}$$

$$Sa=1,1904 \text{ g}$$

$$C = \frac{1 * 1,696}{8 * 0,9 * 1} = 0,236$$

$$C = \frac{1 * 1,1904}{8 * 0,9 * 1} = 1,1653$$

4.2.7.2.5.2. Estructura de 2 pisos

Determinista

NEC-Se-Ds 15

$$T_2=0.259 \text{ s} \rightarrow Sa=1,761 \text{ g}$$

$$C = \frac{1 * 1,1904}{8 * 0,9 * 1} = 1,1653$$

$$C = \frac{1 * 1,761}{8 * 0,9 * 1} = 0,245$$

NEC-Se-Ds 15

4.2.7.2.5.3. Estructura de 3 pisos

Determinista

NEC-Se-Ds 15

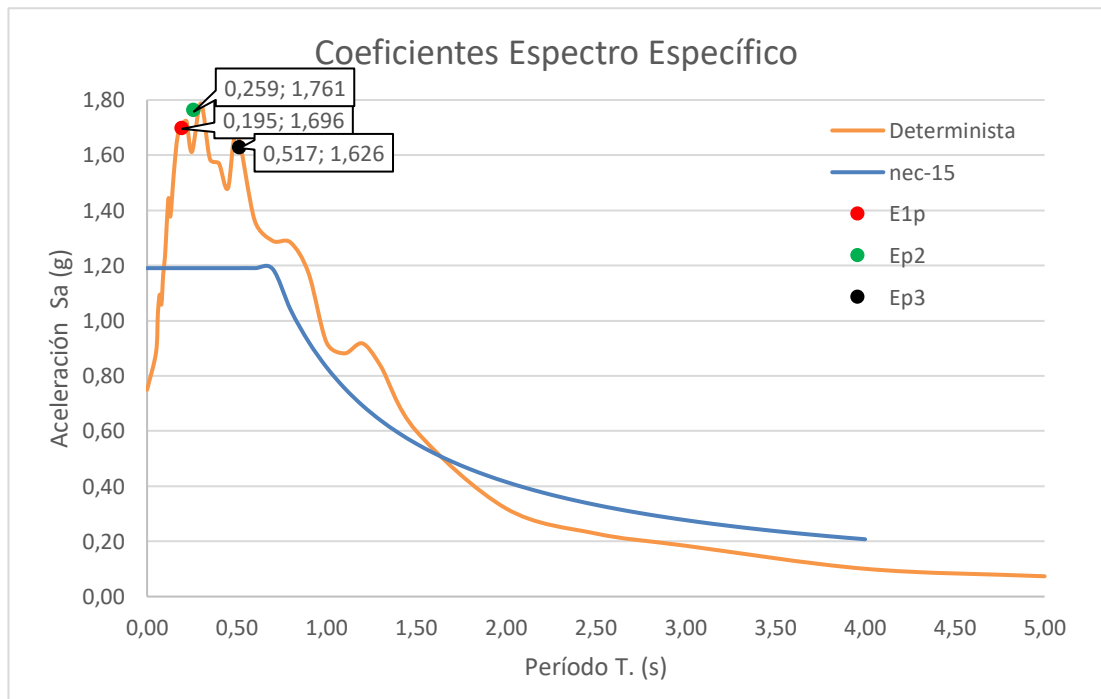
$$T_2=0.517 \text{ s} \rightarrow Sa=1,626 \text{ g}$$

$$Sa=1,1904 \text{ g}$$

$$C = \frac{1 * 1,626}{8 * 1 * 1} = 0,203$$

$$C = \frac{1 * 1,1904}{8 * 1 * 1} = 1,488$$

Figura # 28 Coeficientes Sísmicos



Elaborado: Jimmy A. Hurtado N

Tabla# 31 tabla resumen con los coeficientes sísmicos

Coeficiente Sísmico		
	NEC-Se-Ds. 15	Determinístico (g)
Estructura de 1 piso	0,1653	0,236
Estructura de 2 pisos	0,1653	0,245
Estructura de 3 pisos	0,1488	0,203

4.2.7.2.6. Modos de Vibración de la Estructura

Tabla#31. Valores de U_x , U_y y R_z para la estructura de un piso

Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period sec	U_x	U_y	R_z
Modal	1	0,195	0,9954	3,007E-05	0,0047
Modal	2	0,175	0,0045	0,057	0,9395
Modal	3	0,166	0,0001	0,943	0,0558

Fuente: ETBAS 2016

Tabla# 32. Valores de U_x , U_y y R_z para la estructura de dos pisos

Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period sec	U_x	U_y	R_z
Modal	1	0,259	0,0937	0,6842	0,1404
Modal	2	0,239	0,3243	0,22	0,3642
Modal	3	0,183	0,4117	0,0004	0,3849

Fuente: ETBAS 2016

Tabla# 33. Valores de U_x , U_y y R_z para la estructura de tres pisos

Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period sec	U_x	U_y	R_z
Modal	1	0,517	0,0947	0,5066	0,2602
Modal	2	0,44	0,5497	0,2414	0,0553
Modal	3	0,381	0,1972	0,1057	0,5244

Fuente: ETABS 2016

Para comprobar si un modo de vibración es traslacional o rotacional se emplea la siguiente expresión:

$$\frac{R_z}{U_x; U_y} * 100 < 30\% \quad (34)$$

Si el resultante es menor al 30% significa que el modo de vibración es traslacional, por otro lado, si es mayor el modo sería rotacional.

A continuación, se presenta un cuadro de las tres estructuras donde se especifica si los primeros modos de vibración son traslacionales o rotacionales.

Tabla#34. Modos de vibración de las 3 estructuras

	Modo	Dirección Horizontal	Rz	%	Tipo
Estructura de 1 piso	1	$U_x = 0.9954$	0.0047	0.47	Traslacional
	2	$U_y = 0.0570$	0.9395	164.8	Rotacional
	3	$U_y = 0.9430$	0.0558	5.92	Traslacional
	Modo	Dirección Horizontal	Rz	%	Tipo
Estructura de 2 pisos	1	$U_y = 0.6842$	0.1404	20.52	Traslacional
	2	$U_x = 0.3243$	0.3642	112.30	Rotacional
	3	$U_x = 0.4117$	0.3849	93.49	Rotacional
	Modo	Dirección Horizontal	Rz	%	Tipo
Estructura de 3 pisos	1	$U_y = 0.5066$	0.2602	51.36	Rotacional
	2	$U_x = 0.5497$	0.0553	10.06	Traslacional
	3	$U_x = 0.1972$	0.5244	265.92	Rotacional

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

En la tabla# 34 se verifica ninguna de las tres estructuras cumplen con los parámetros establecidos, es decir, que los dos primeros modos de vibración son traslacionales y tan solo el tercero es rotacional.

Estas estructuras presentan una ineficiente disipación de energía y por ende un desempeño estructural malo.

Cabe mencionar que, estos resultados son idénticos tanto para el espectro de la NEC15 como para el espectro crítico.

4.2.7.2.7. Modos NECesarios para acumular el 90% de la masa en las direcciones Horizontales

Esta verificación se lo realiza para cumplir con lo especificado en la sección 6.2.2 – Literal (e) de la NEC_SE_DS 2015, donde especifica que, se debe considerar en el análisis:

- 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. [11]

Las tablas 35 – 37, muestran los modos de vibración NECesarios para acumular el 90% de la masa de las 3 edificaciones obtenidas del programa especializado.

Tabla# 35. Modos de Vibración NECesarios para acumular el 90% de la masa en la estructura de un piso

Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Period sec	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.195	0.9954	3,007E-05
Modal	2	0.175	0.9999	0,057
Modal	3	0.166	1	1

Fuente: ETABS 2016

Tabla# 36. Modos de Vibración NECesarios para acumular el 90% de la masa en la estructura de dos pisos

Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Period sec	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0,259	0,0937	0,6842
Modal	2	0,239	0,4181	0,9042
Modal	3	0,183	0,8298	0,9046
Modal	4	0,099	0,8314	0,989
Modal	5	0,093	0,9314	0,9953

Fuente: Etabs 2016

Tabla# 37. Modos de Vibración NECesarios para acumular el 90% de la masa en la estructura de tres pisos

Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Period sec	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0,517	0,0947	0,5066
Modal	2	0,44	0,6444	0,748
Modal	3	0,381	0,8416	0,8537
Modal	4	0,165	0,8486	0,94
Modal	5	0,153	0,9131	0,9533

Fuente: ETABS 2016

En el siguiente cuadro, se presenta en qué modo de vibración se acumuló al menos el 90% de la masa en las dos direcciones horizontales de cada estructura.

Tabla# 38. Modos de Vibración NECesarios para acumular el 90% de la masa en las direcciones horizontales X y Y, para cada edificación

EDIFICACIÓN DE 1 PISO		Espectros Empleados
MODO	3	<ul style="list-style-type: none"> • Espectro de la NEC-15 reducido • Espectro determinista reducido
Sum UX %	100%	
Sum UY %	100%	
EDIFICACIÓN DE 2 PISOS		Comentario
MODO	5	En cada una de las tres estructuras se cumplió la acumulación del 90% de la masa en el modo de vibración indicado.
Sum UX %	93.13%	
Sum UY %	99.53%	
EDIFICACIÓN DE 5 PISOS		
MODO	5	
Sum UX %	91.31%	
Sum UY %	95.33%	

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

4.2.7.2.8. Derivas de Piso (Derivas Estáticas)

Se verifica si la estructura presentará deformaciones inelásticas controlables en las direcciones horizontales, según lo dispuesto en la sección 6.3.9 de la NEC_SE_DS 2015.

La deriva máxima inelástica para cada estructura se calculó mediante la ecuación:

$$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E \quad (35)$$

Donde:

Δ_M = Deriva máxima inelástica.

Δ_E = Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas.

R = Factor de reducción de resistencia.

Se debe comprobar que, la deriva máxima para cualquier piso no exceda los límites de deriva inelástica establecido en la siguiente tabla:

Tabla# 39. Valores de Δ_M máximos

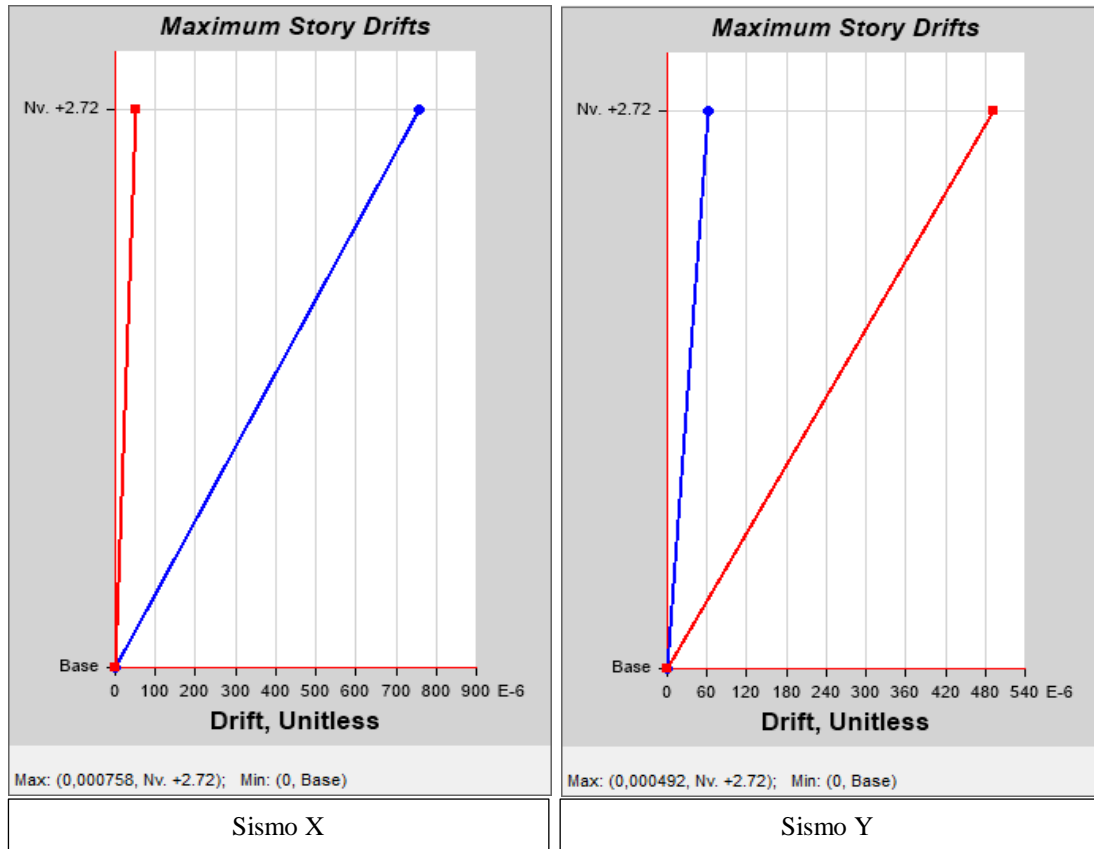
Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	2%

Fuente: NEC_SE_DS 2015

Los valores de las derivas estáticas obtenidas en el programa para cada estructura, se muestran en las siguientes gráficas y tablas.

4.2.7.2.8.1. Derivas Elásticas Estáticas (NEC-15)

Figura# 29 Valores máximos de Δ_E para la estructura de un piso



Fuente: ETABS 2016

Tabla# 40. Valores de las derivas estáticas en las direcciones X y Y para la edificación de un piso

Story Drifts			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Nv. +2.72	Sx 2	X	0,000758
Nv. +2.72	Sy 3	Y	0,000492

Fuente: ETABS 2016

Figura# 30 Valores máximos de Δ_E para la estructura de dos pisos



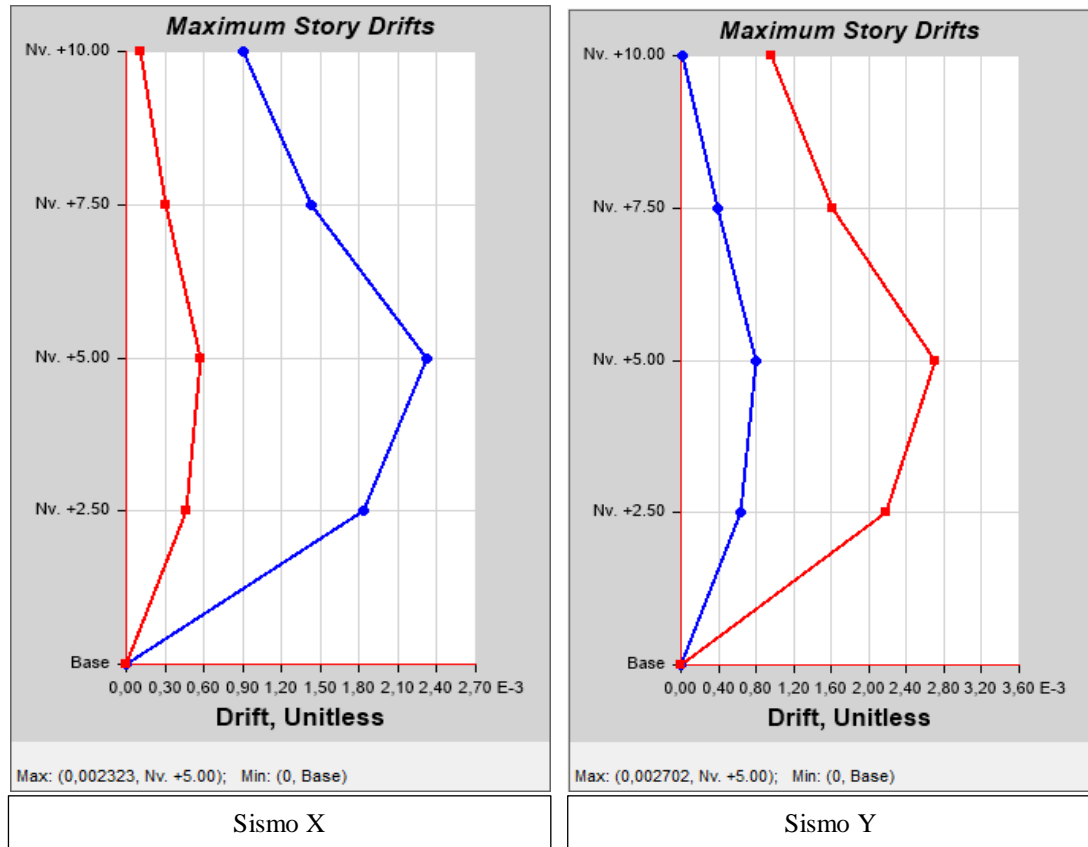
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 41. Valores de las derivas estáticas en las direcciones X y Y para la edificación de dos pisos

Story Drifts			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Nv. +4.80	Sx 3	X	0,000698
Nv. +4.80	Sy 2	Y	0,0008
Nv. +2.40	Sx 3	X	0,000772
Nv. +2.40	Sy 2	Y	0,000934

FUENTE: ETABS 2016

Figura# 31 Valores máximos de Δ_E para la estructura de tres pisos.



Fuente: ETABS 2016

Tabla# 42. Valores de las derivas estáticas en las direcciones X y Y para la edificación de tres pisos

Story Drifts			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Nv. +10.00	Sx 2	X	0,000866
Nv. +10.00	Sy 3	Y	0,000906
Nv. +7.50	Sx 2	X	0,00143
Nv. +7.50	Sy 3	Y	0,001618
Nv. +5.00	Sx 2	X	0,002323
Nv. +5.00	Sy 3	Y	0,002702

FUENTE: ETABS 2016

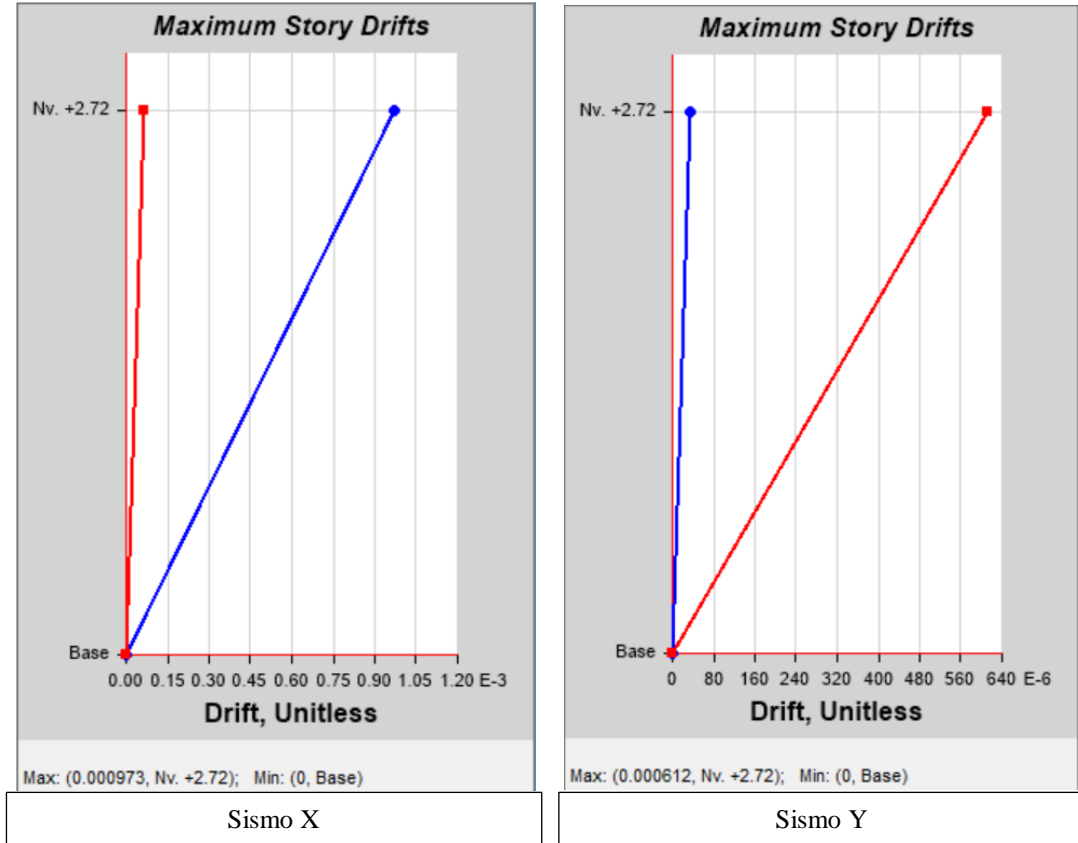
Tabla# 43. Resumen de los valores de las derivas estáticas y derivas inelásticas calculadas en los niveles más críticos de cada estructura

EDIFICACIÓN DE 1 PISO				ESPECTROS
NIVEL	SISMO	Δ_E	$\Delta_M \%$	<ul style="list-style-type: none"> • Espectro de la NEC-15 reducido • Espectro determinista reducido
2.72 m	X	0.000758	0.455	
	Y	0.000492	0.295	
EDIFICACIÓN DE 2 PISOS				COMENTARIO
NIVEL	SISMO	Δ_E	$\Delta_M \%$	<p>Las derivas elásticas de cada una de las estructuras están dentro de los rangos tolerables establecidos en NEC-SE-DS 2015 cap. 4.2.2 [1].</p>
2.40 m	X	0.000772	0.463	
	Y	0.000934	0.560	
EDIFICACIÓN DE 3 PISOS				
NIVEL	SISMO	Δ_E	$\Delta_M \%$	
5.00	X	0.002323	1.394	
	Y	0.002702	1.621	

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

4.2.7.2.8.2. Derivas Elásticas Estáticas (DETERMINISTICO)

Figura# 32 Valores máximos de Δ_E para la estructura de un piso



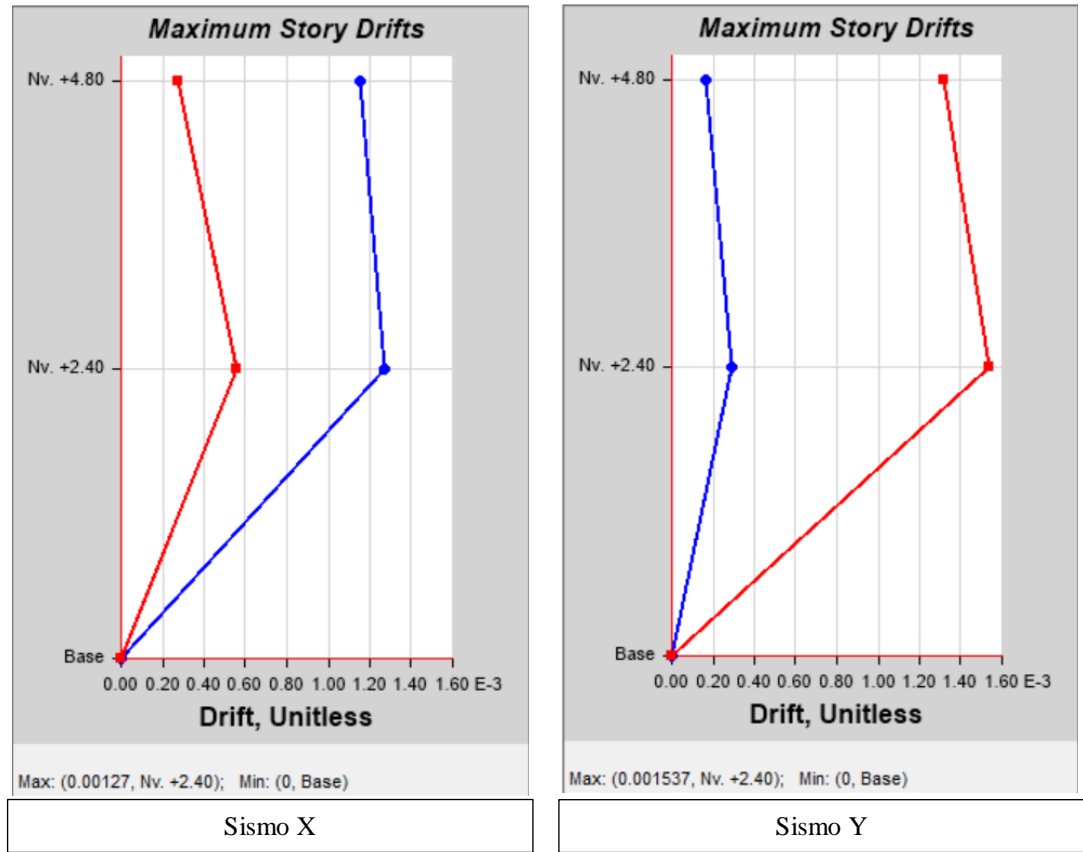
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 43 Valores de las derivas estáticas en las direcciones X y Y para la edificación de un piso

Story Drifts			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Nv. +2.72	Sx 2	X	0.000973
Nv. +2.72	Sy 3	Y	0.000632

Fuente: ETABS 2016

Figura# 33 Valores máximos de Δ_E para la estructura de dos pisos



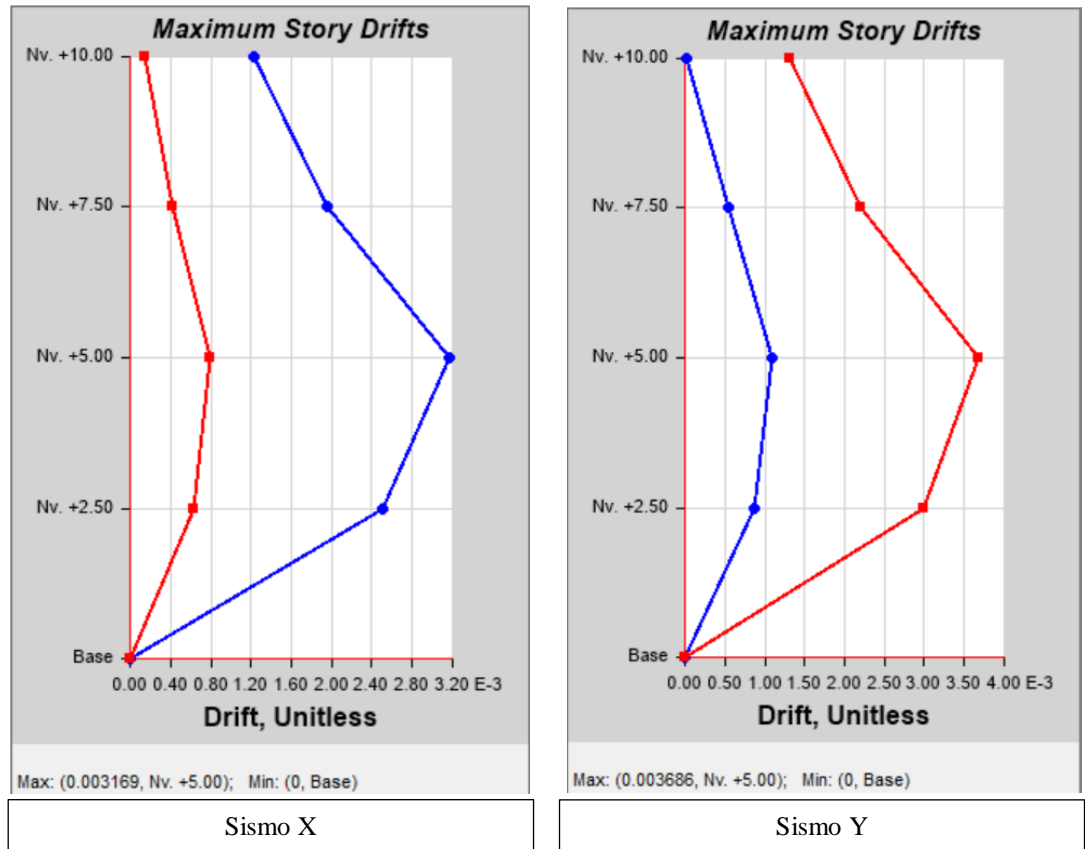
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 44. Valores de las derivas estáticas en las direcciones X y Y para la edificación de dos pisos

Story Drifts			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Nv. +4.80	Sx 2	X	0.000968
Nv. +4.80	Sy 3	Y	0.001207
Nv. +2.40	Sx 2	X	0.001027
Nv. +2.40	Sy 3	Y	0.001295

Fuente: ETABS 2016

Figura# 34 Valores máximos de Δ_E para la estructura de tres pisos.



Fuente: ETABS 2016

Tabla# 45. Valores de las derivas estáticas en las direcciones X y Y para la edificación de tres pisos

Story Drifts			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Nv. +10.00	Sx 2	X	0.001181
Nv. +10.00	Sy 3	Y	0.001237
Nv. +7.50	Sx 2	X	0.001951
Nv. +7.50	Sy 3	Y	0.002207
Nv. +5.00	Sx 2	X	0.003169
Nv. +5.00	Sy 3	Y	0.003686

FUENTE: ETABS 2016

Tabla# 46. Resumen de los valores de las derivas estáticas y derivas inelásticas calculadas en los niveles más críticos de cada estructura

ESTRUCTURA DE 1 PISO					
NIVEL	SISMO	NEC-15		DETERMINÍSTICO	
		ΔE	$\Delta M \%$	ΔE	$\Delta M \%$
2.72 m	X	0,000758	0,455	0,000973	0,584
	Y	0,000492	0,295	0,000612	0,367
ESTRUCTURA DE 2 PISOS					
NIVEL	SISMO	NEC-15		DETERMINÍSTICO	
		ΔE	$\Delta M \%$	ΔE	$\Delta M \%$
2.40 m	X	0,000772	0,463	0,00127	0,762
	Y	0,000934	0,560	0,001537	0,922
ESTRUCTURA DE 3 PISOS					
NIVEL	SISMO	NEC-15		DETERMINÍSTICO	
		ΔE	$\Delta M \%$	ΔE	$\Delta M \%$
5.00 m	X	0,002323	1,394	0,003169	1,901
	Y	0,002702	1,621	0,003683	2,209

En la tabla # 46 la estructura de 3 pisos presenta deformaciones inelásticas incontrolables en la dirección horizontal Y puesto que supera el 2% de lo establecido en la NEC-SE-DS 2015 cap. 4.2.2.

4.2.7.2.9. Análisis Dinámico

A continuación, se mostrará mediante tablas y figuras obtenidas de etabs16 la validación de los análisis dinámicos de las estructuras.

4.2.7.2.9.1. Validación del Análisis Dinámico

El valor del cortante dinámico total en la base, obtenido por cualquier método de análisis dinámico, no debe ser:

- < 80% del cortante basal V obtenido por el método estático (estructuras regulares).
- < 85% del cortante basal V obtenido por el método estático (estructuras irregulares).

Los valores de los cortantes estáticos y dinámicos obtenidos en el programa para la estructura de un piso se muestran en las siguientes gráficas y tablas.

4.2.7.2.9.2. CORTANTES ESTÁTICOS (NEC-15)

Figura# 35 Cortante estático en las direcciones X y Y para la estructura de un piso



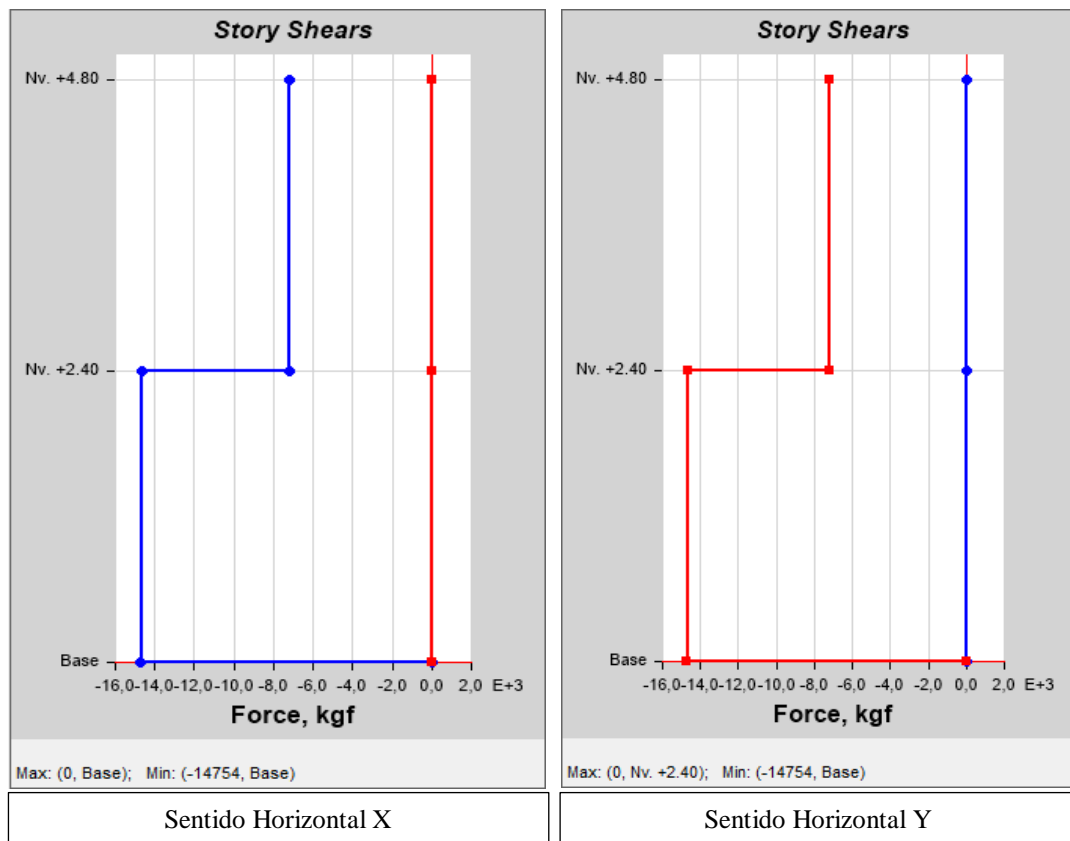
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 47. Valores máximos de los cortantes estáticos para la estructura de un piso

Story Stiffness			
Story	Load Case	Shear X kgf	Shear Y kgf
Nv. +2.72	Sx 1	8746,79	0
Nv. +2.72	Sy 1	0	8746,79

Fuente: ETABS 2016

Figura#36 Cortante estático en las direcciones X y Y para la estructura de dos pisos



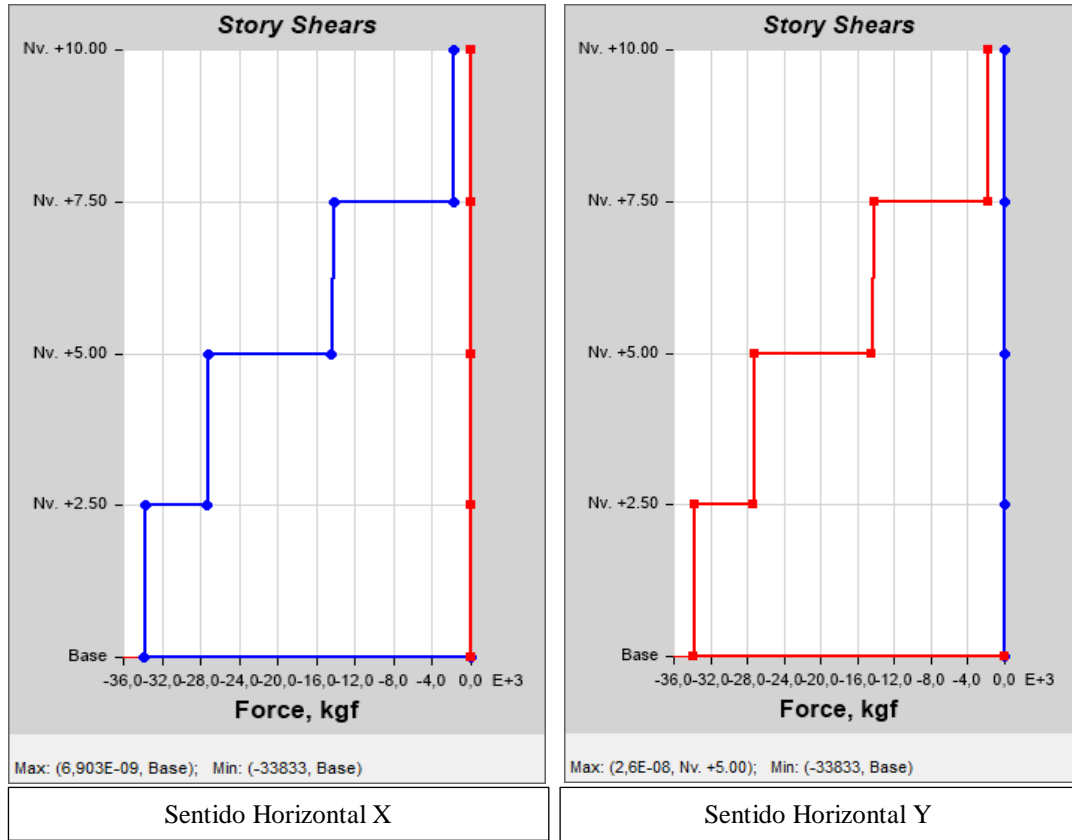
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 48. Valores máximos de los cortantes estáticos para la estructura de dos pisos

Story Stiffness			
Story	Load Case	Shear X kgf	Shear Y kgf
Nv. +2.40	Sx 3	14754,35	0
Nv. +2.40	Sy 2	0	14754,35

Fuente: ETABS 2016

Figura# 37 Cortante estático en las direcciones X y Y para la estructura de tres pisos.



Fuente: ETABS 2016

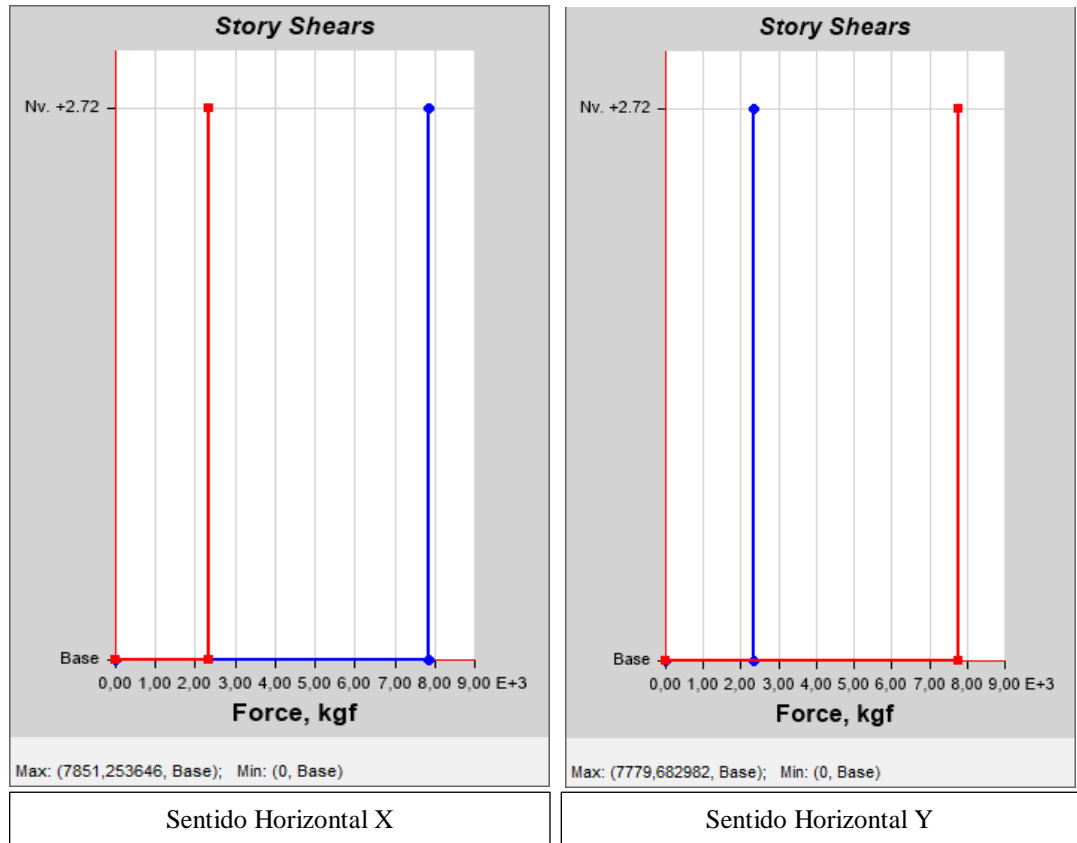
Tabla# 49. Valores máximos de los cortantes estáticos para la estructura de tres pisos

Story Stiffness			
Story	Load Case	Shear X kgf	Shear Y kgf
Nv. +2.50	Sx 1	33833,07	0
Nv. +2.50	Sy 1	0	33833,07

Fuente: ETABS 2016

4.2.7.2.9.3. CORTANTES DINÁMICOS (NEC-15)

Figura# 38 Cortante Dinámico en las direcciones X y Y empleando el espectro reducido de la NEC-15 para la estructura de un piso



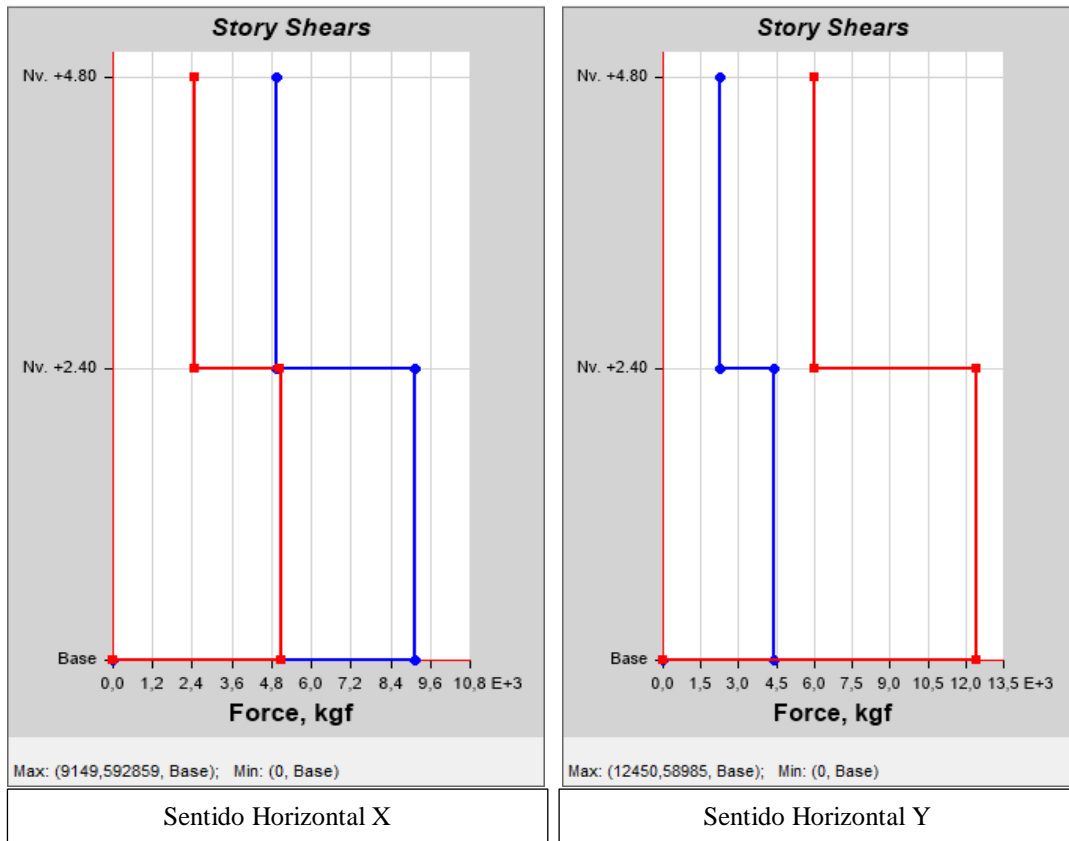
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 50. Valores máximos de los cortantes dinámicos utilizando el espectro de la NEC-15 reducido, para la estructura de un piso

Story Forces				
Story	Load Case/Combo	Location	VX kgf	VY kgf
Nv. +2.72	Spectro X Max	Top	7851,25	2335
Nv. +2.72	Spectro X Max	Bottom	7851,25	2335
Nv. +2.72	Spectro Y Max	Top	2356,46	7779,68
Nv. +2.72	Spectro Y Max	Bottom	2356,46	7779,68

Fuente: ETABS 2016

Figura# 39 Cortante Dinámico en las direcciones X y Y empleando el espectro reducido de la NEC-15 para la estructura de dos pisos



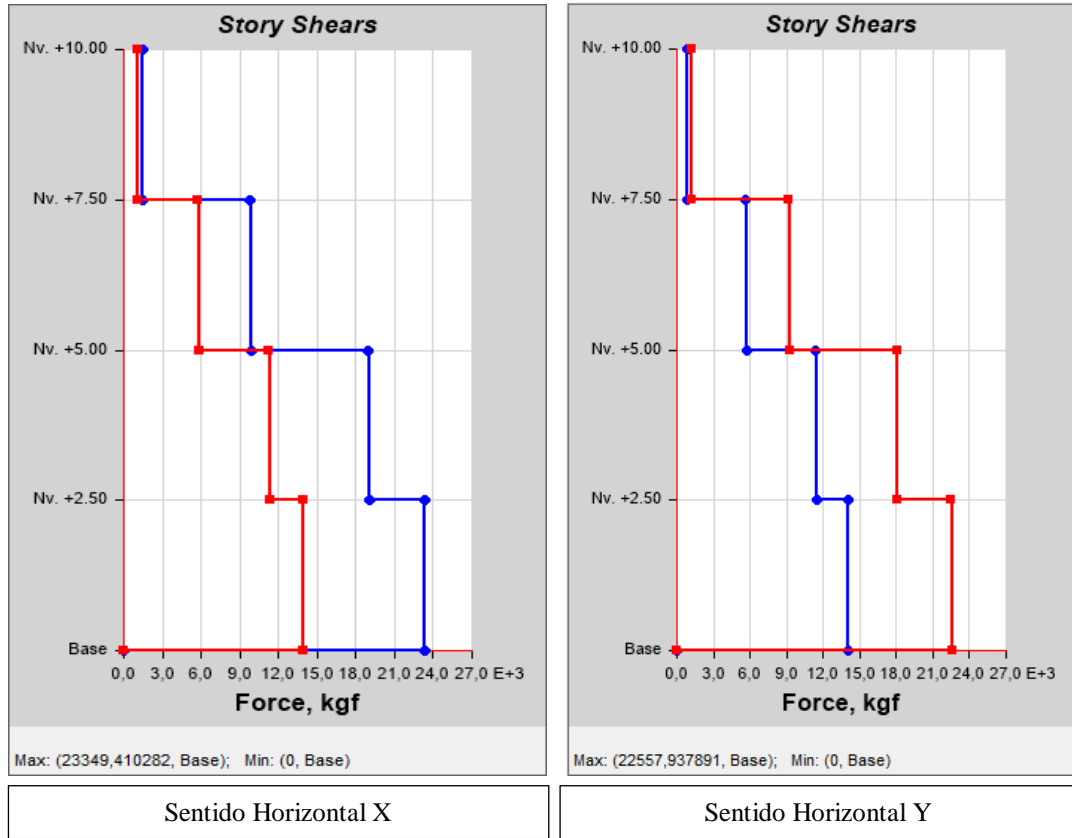
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 51. Valores máximos de los cortantes dinámicos utilizando el espectro de la NEC-15 reducido, para la estructura de dos pisos

Story Forces				
Story	Load Case/Combo	Location	VX kgf	VY kgf
Nv. +2.40	Spectro X Max	Top	9131,38	5047,66
Nv. +2.40	Spectro X Max	Bottom	9149,59	5066,97
Nv. +2.40	Spectro Y Max	Top	4384,22	12409,99
Nv. +2.40	Spectro Y Max	Bottom	4388,27	12450,59

Fuente: ETABS 2016

Figura# 40 Cortante Dinámico en las direcciones X y Y empleando el espectro reducido de la NEC-15 para la estructura de tres pisos



Fuente: ETABS 2016

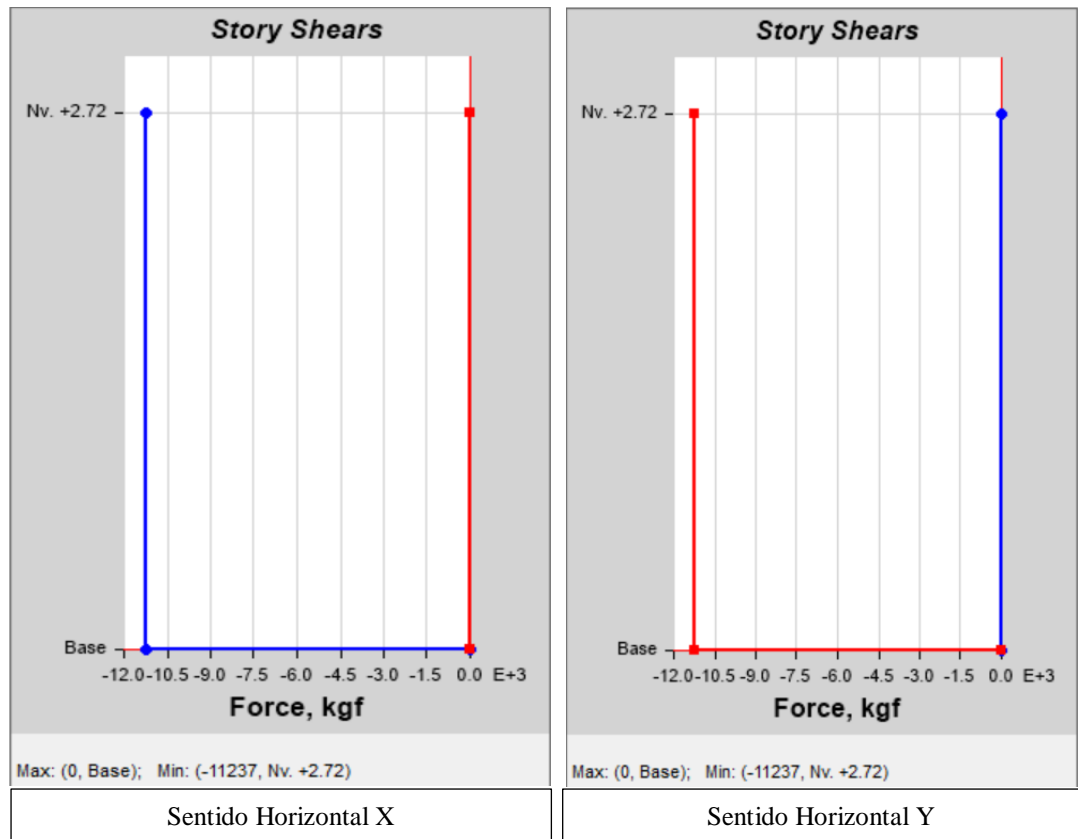
Tabla# 52. Valores máximos de los cortantes dinámicos utilizando el espectro de la NEC-15 reducido, para la estructura de tres pisos.

Story Forces				
Story	Load Case/Combo	Location	VX kgf	VY kgf
Nv. +2.50	Spectro X Max	Top	23329,43	13878,29
Nv. +2.50	Spectro X Max	Bottom	23349,41	13901,52
Nv. +2.50	Spectro Y Max	Top	14009,2	22532,7
Nv. +2.50	Spectro Y Max	Bottom	14018,64	22557,94

Fuente: ETABS 2016

4.2.7.2.9.4. CORTANTES ESTÁTICOS (DETERMINÍSTICO)

Figura# 41 Cortante estático en las direcciones X y Y para la estructura de un piso



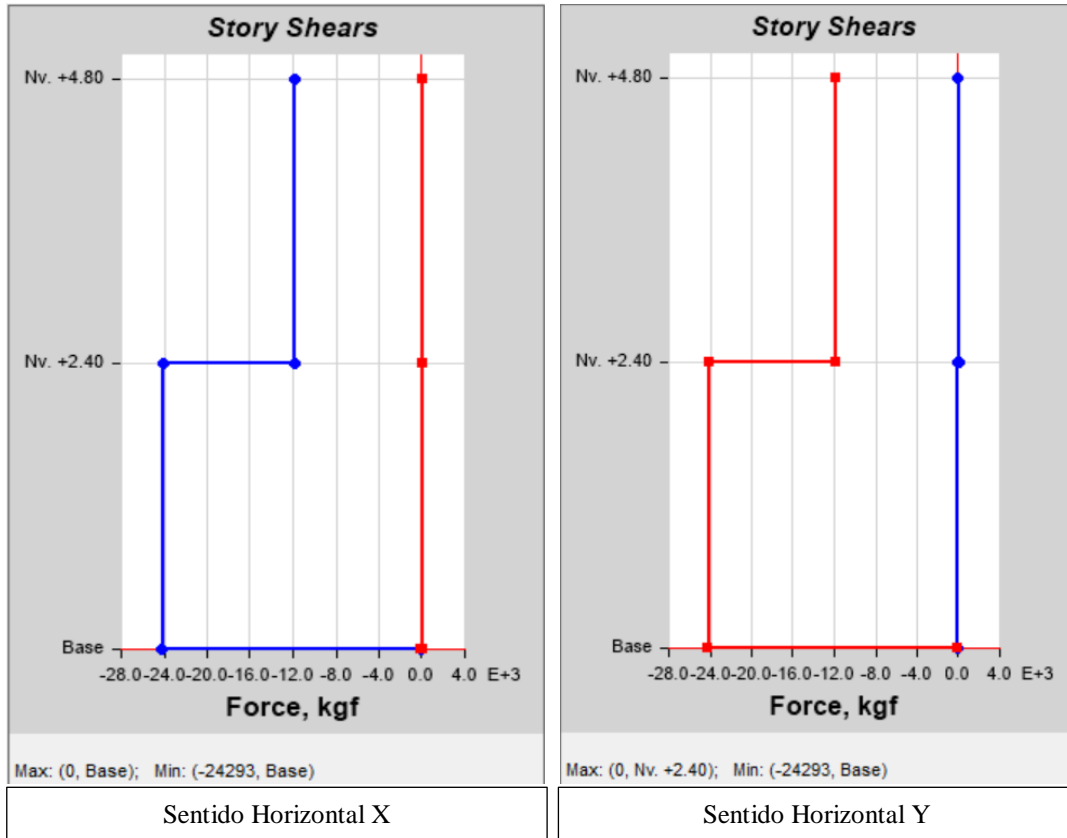
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 53. Valores máximos de los cortantes estáticos para la estructura de un piso

Story Stiffness			
Story	Load Case	Shear X kgf	Shear Y kgf
Nv. +2.72	Sx 1	11237.03	0
Nv. +2.72	Sy 1	0	11237.03

Fuente: ETABS 2016

Figura# 42. Cortante estático en las direcciones X y Y para la estructura de dos pisos



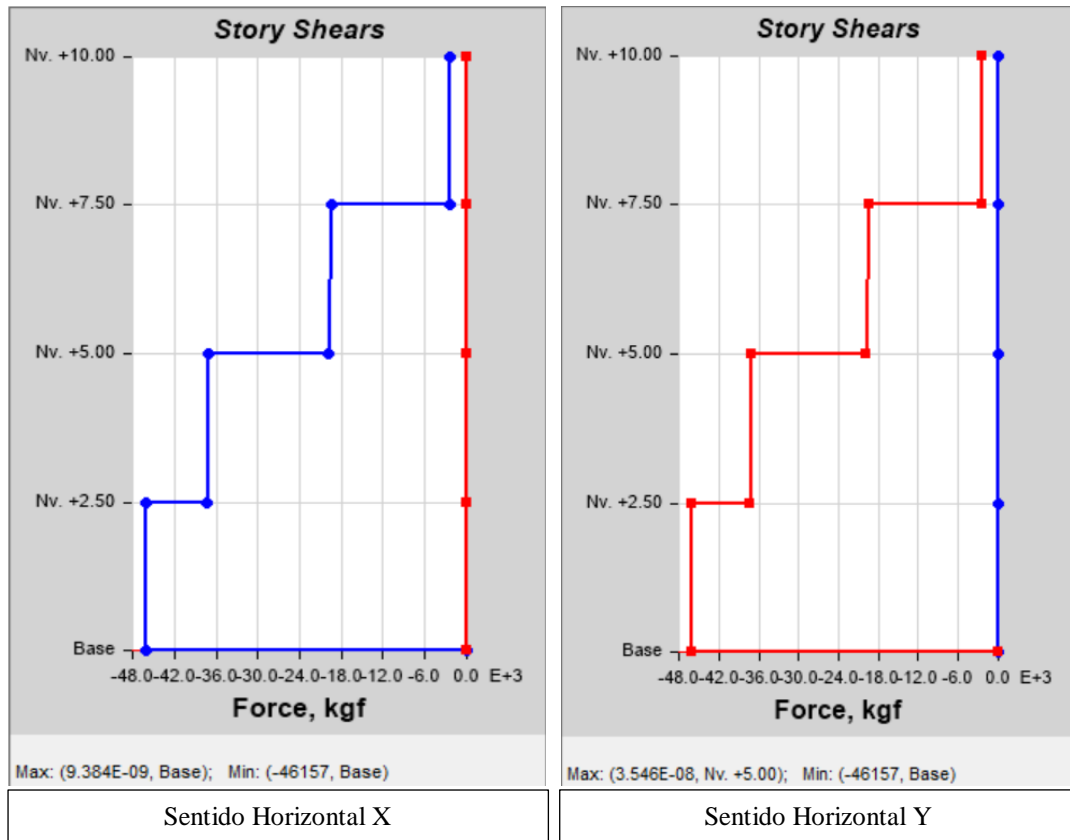
FUENTE: ETABS 2016

Tabla# 54. Valores máximos de los cortantes estáticos para la estructura de un piso

Story Stiffness			
Story	Load Case	Shear X kgf	Shear Y kgf
Nv. +2.40	Sx 1	24293.11	0
Nv. +2.40	Sy 1	0	24293.11

Fuente: ETABS 2016

Figura# 43 Cortante estático en las direcciones X y Y para la estructura de tres pisos.



Fuente: ETABS 2016

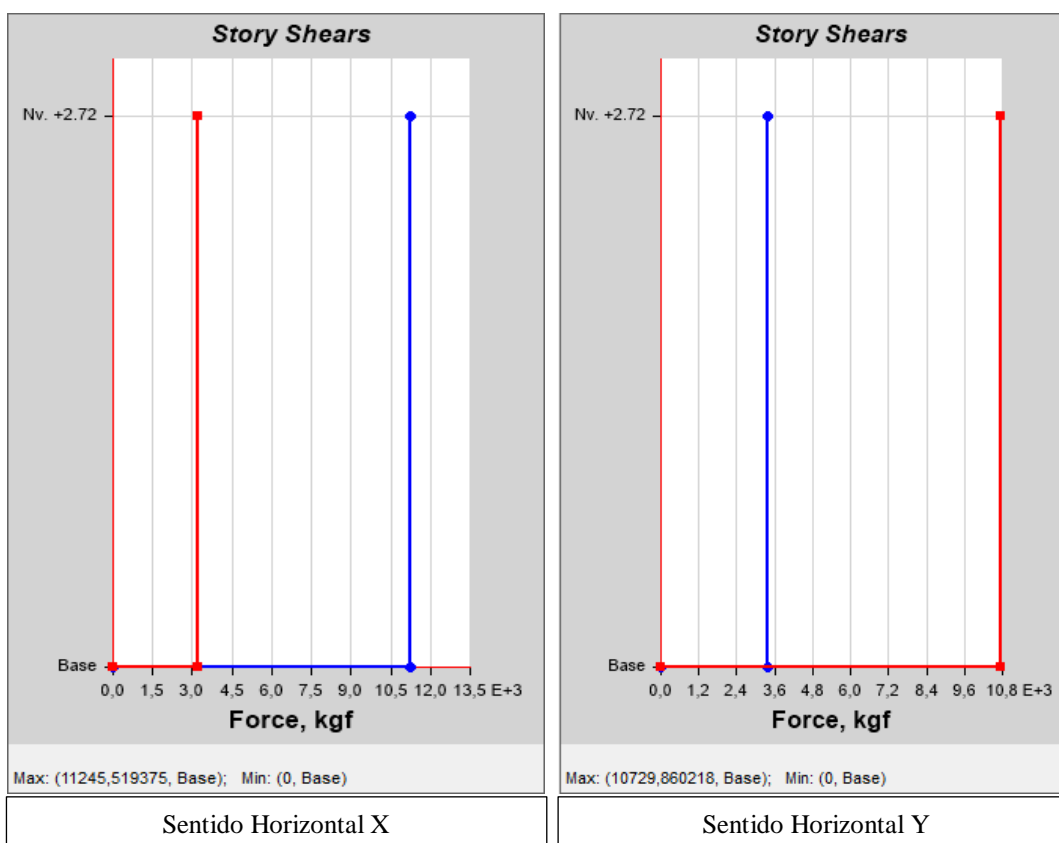
Tabla# 55. Valores máximos de los cortantes estáticos para la estructura de tres pisos

Story Stiffness			
Story	Load Case	Shear X kgf	Shear Y kgf
Nv. +2.50	Sx 1	46156.68	0
Nv. +2.50	Sy 1	0	46156.68

Fuente: ETABS 2016

4.2.7.2.9.5. CORTANTES DINÁMICOS (DETERMINÍSTICO)

Figura# 44 Cortante Dinámico en las direcciones X y Y empleando el espectro determinístico reducido, para la estructura de un piso



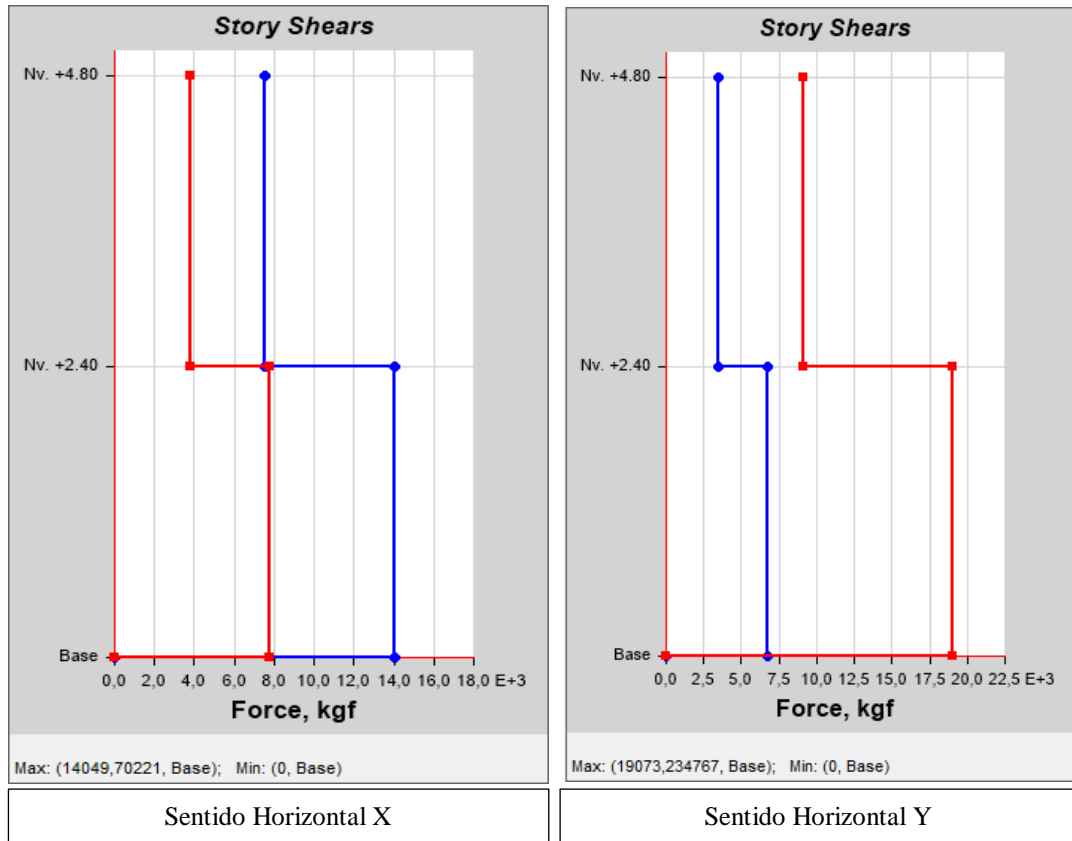
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 56. Valores máximos de los cortantes dinámicos utilizando el espectro determinístico reducido, para la estructura de un piso

Story Forces				
Story	Load Case/Combo	Location	VX kgf	VY kgf
Nv. +2.72	Spectro X Max	Top	11245,52	3220,53
Nv. +2.72	Spectro X Max	Bottom	11245,52	3220,53
Nv. +2.72	Spectro Y Max	Top	3375,15	10729,86
Nv. +2.72	Spectro Y Max	Bottom	3375,15	10729,86

Fuente: ETABS 2016

Figura# 45 Cortante Dinámico en las direcciones X y Y empleando el espectro determinístico reducido para la estructura de dos pisos



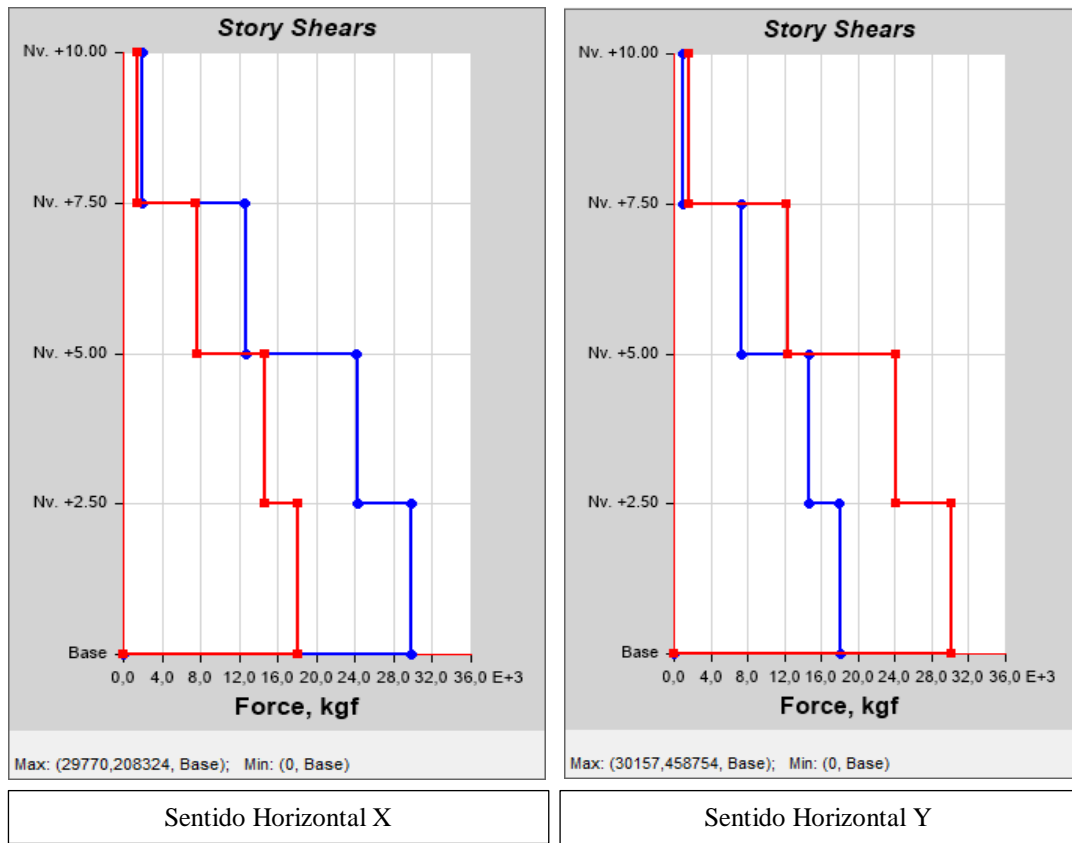
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 57. Valores máximos de los cortantes dinámicos utilizando el espectro determinístico reducido, para la estructura de dos pisos

Story Forces				
Story	Load Case/Combo	Location	VX kgf	VY kgf
Nv. +2.40	Spectro X Max	Top	14024,18	7744,23
Nv. +2.40	Spectro X Max	Bottom	14049,7	7773,36
Nv. +2.40	Spectro Y Max	Top	6735,96	19012,17
Nv. +2.40	Spectro Y Max	Bottom	6741,63	19073,23

Fuente: ETABS 2016

Figura# 46 Cortante Dinámico en las direcciones X y Y empleando el espectro reducido determinístico para la estructura de tres pisos



Fuente: ETABS 2016

Tabla# 58 Valores máximos de los cortantes dinámicos utilizando el espectro determinístico reducido, para la estructura de tres pisos

Story Forces				
Story	Load Case/Combo	Location	VX kgf	VY kgf
Nv. +2.50	Spectro X Max	Top	29745,01	18031,04
Nv. +2.50	Spectro X Max	Bottom	29770,21	18059,74
Nv. +2.50	Spectro Y Max	Top	17989,94	30125,51
Nv. +2.50	Spectro Y Max	Bottom	18001,81	30157,46

Fuente: ETABS 2016

Para realizar la verificación del análisis dinámico se utilizó la siguiente relación:

$$\frac{V_{\text{Dinámico}}}{V_{\text{Estático}}} * 100 \geq 85\% \quad (36)$$

Esta expresión debe ser mayor al 85% debido a que las tres estructuras presentan formas irregulares en sus planas.

A continuación, se muestra un cuadro con los valores obtenidos de la relación V_D/V_E de los dos espectros, para cada estructura.||

Tabla# 59. Valores de V_D/V_E de las tres estructuras

ESTRUCTURA DE 1 PISO						
Sentido	Espectro NEC – 15			Espectro Determinístico		
	$V_{\text{Estático}}$	$V_{\text{Dinámico}}$	$V_{\text{Din}} / V_{\text{Est}}$	$V_{\text{Estático}}$	$V_{\text{Dinámico}}$	$V_{\text{Din}} / V_{\text{Est}}$
X	8746,79	7851,253	89,76%	11237,03	11245,519	100,08%
Y	8746,79	7779,683	88,94%	11237,03	10729,860	95,49%
ESTRUCTURA DE 2 PISOS						
Sentido	Espectro NEC – 15			Espectro Determinístico		
	$V_{\text{Estático}}$	$V_{\text{Dinámico}}$	$V_{\text{Din}} / V_{\text{Est}}$	$V_{\text{Estático}}$	$V_{\text{Dinámico}}$	$V_{\text{Din}} / V_{\text{Est}}$
X	14754,35	9149,593	62,01%	24293,11	14049,702	57,83%
Y	14754,35	12450,59	84,38%	24293,11	19073,235	78,51%
ESTRUCTURA DE 3 PISOS						
Sentido	Espectro NEC – 15			Espectro Determinístico		
	$V_{\text{Estático}}$	$V_{\text{Dinámico}}$	$V_{\text{Din}} / V_{\text{Est}}$	$V_{\text{Estático}}$	$V_{\text{Dinámico}}$	$V_{\text{Din}} / V_{\text{Est}}$
X	33833,07	23349,41	69,01%	46156,68	29770,208	64,50%
Y	33833,07	22557,94	66,67%	46156,68	30157,458	65,34%

En la tabla #59 para las estructuras de dos y tres pisos los valores obtenidos de la relación V_D/V_E , son inferiores al 85% establecidos En la NEC-SE-DS 2015 razón por la cual se debe hacer un ajuste al factor de la gravedad teniendo así:

Tabla # 60 Valores de V_D/V_E de las tres estructuras con el ajuste de un factor en la gravedad

ESTRUCTURA DE 1 PISO								
Sentido	Espectro NEC – 15				Espectro Determinístico			
	Factor de ajuste	$V_{Estático}$	$V_{Dinámico}$	V_{Din} / V_{Est}	Factor de ajuste	$V_{Estático}$	$V_{Dinámico}$	V_{Din} / V_{Est}
X	0.00	8746,79	7851,25	89,76%	0.00	11237,03	11245,51	100,08%
Y	0.00	8746,79	7779,68	88,94%	0.00	11237,03	10729,86	95,49%
ESTRUCTURA DE 2 PISOS								
Sentido	Espectro NEC – 15				Espectro Determinístico			
	Factor de ajuste	$V_{Estático}$	$V_{Dinámico}$	V_{Din} / V_{Est}	Factor de ajuste	$V_{Estático}$	$V_{Dinámico}$	V_{Din} / V_{Est}
X	1.40	14754,35	12809,51	86,82%	1.55	24293,11	21777,16	89,64%
Y	1.02	14754,35	12699,62	86,02%	1.10	24293,11	20980,72	86,36%
ESTRUCTURA DE 3 PISOS								
Sentido	Espectro NEC – 15				Espectro Determinístico			
	Factor de ajuste	$V_{Estático}$	$V_{Dinámico}$	V_{Din} / V_{Est}	Factor de ajuste	$V_{Estático}$	$V_{Dinámico}$	V_{Din} / V_{Est}
X	1.25	33833,07	29186,96	86,26%	1.35	46156,68	40189,84	87,07%
Y	1.30	33833,07	29325,68	86,86%	1.32	46156,68	39807,91	86,24%

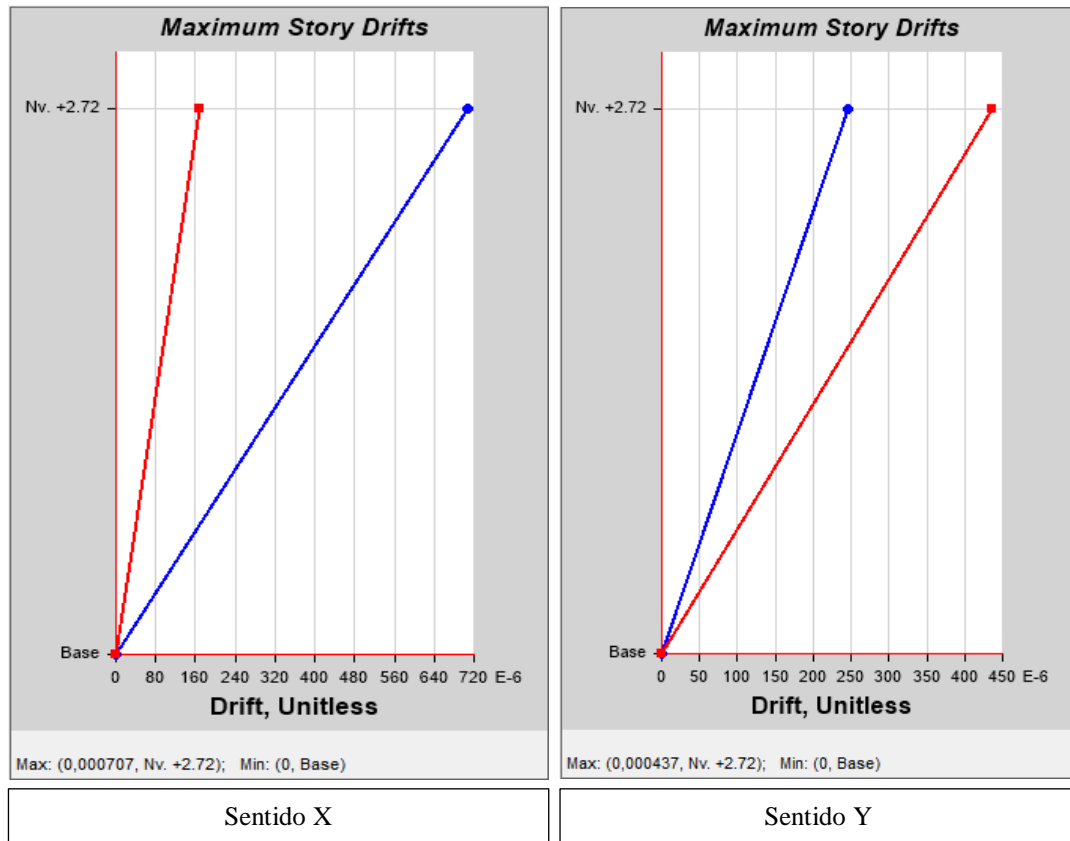
En la tabla# 60 los valores obtenidos entre la relación V_D/V_E , son superiores al 85%

4.2.7.2.10. Derivas de Piso (Derivas Dinámicas)

Se compara las derivas dinámicas obtenidas con los dos espectros reducidos para las tres edificaciones.

Los valores de las derivas dinámicas obtenidas en el programa para cada estructura, se muestran en las siguientes gráficas y tablas.

Figura#47 Valores máximos de Δ_E con el espectro de la NEC-15, para la estructura de un piso



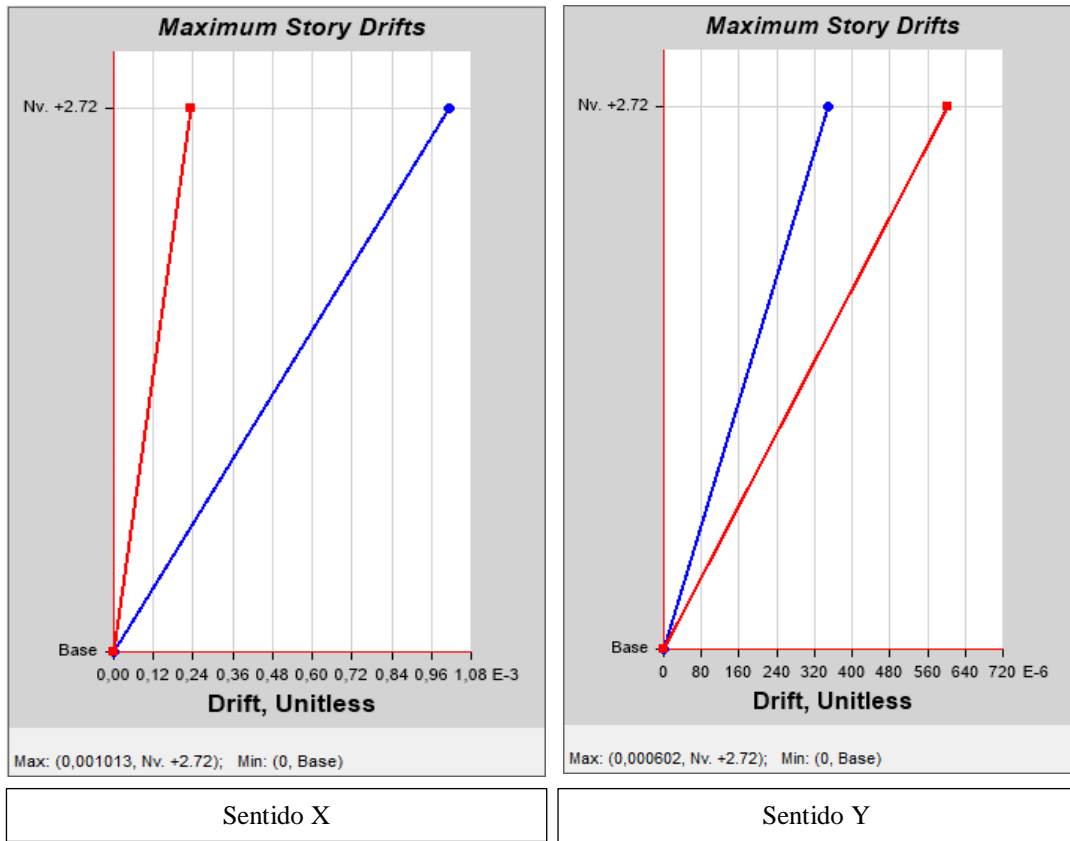
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 61. Derivas elásticas dinámicas obtenidas con el espectro de la NEC-15, para la estructura de un piso

Story Response				
Story	Elevation m	Location	X-Dir	Y-Dir
Nv. +2.72	2.72	Top	0,000707	0,000437

Fuente: ETABS 2016

Figura# 48 Valores máximos de Δ_E con el espectro determinístico, para la estructura de un piso



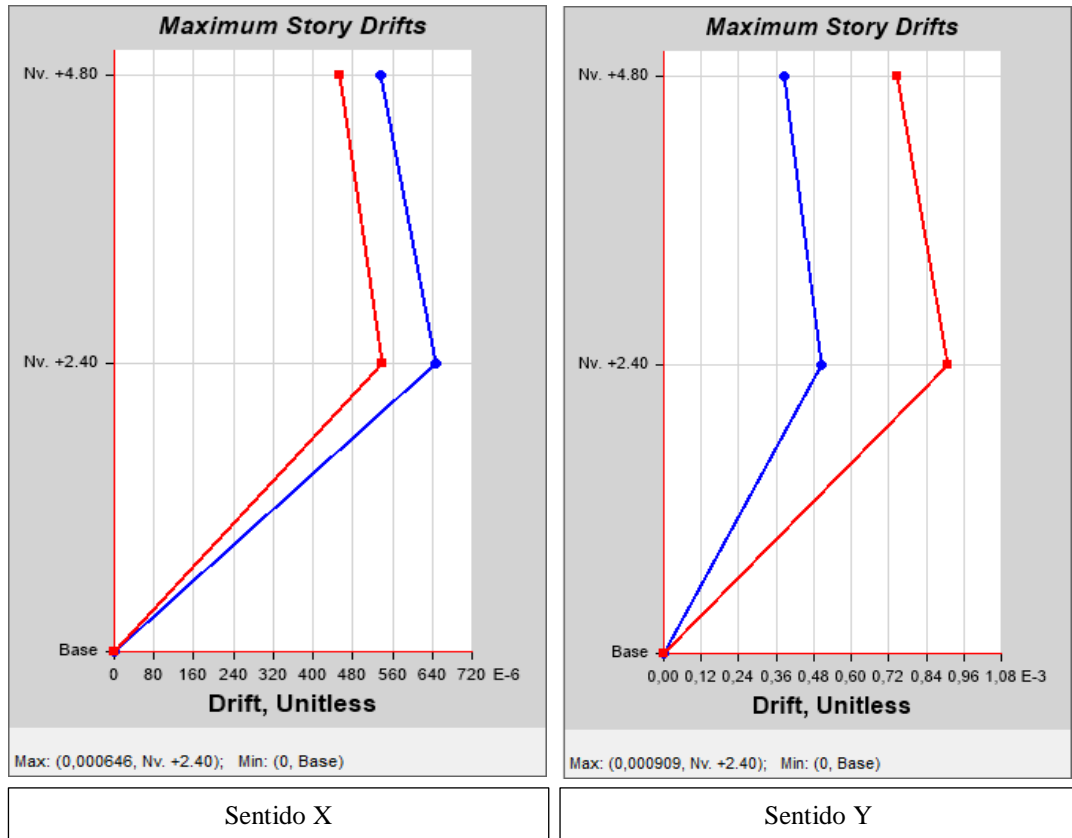
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 62. Derivas elásticas dinámicas obtenidas con el espectro determinístico, para la estructura de un piso

Story Response				
Story	Elevation m	Location	X-Dir	Y-Dir
Nv. +2.72	2,72	Top	0,001013	0,000601562...

Fuente: ETABS 2016

Figura# 49 Valores máximos de Δ_E con el espectro de la NEC-15, para la estructura de dos pisos.



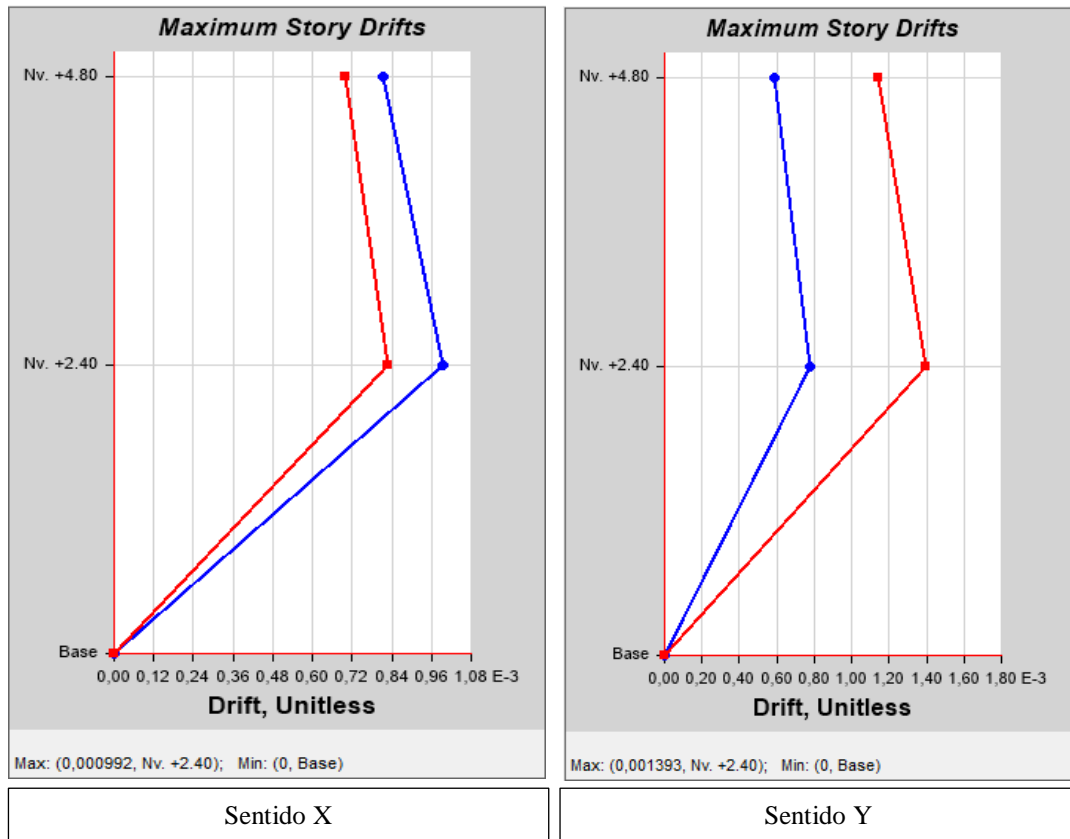
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 53. Derivas elásticas dinámicas obtenidas con el espectro de la NEC-15, para la estructura de dos pisos

Story Response				
Story	Elevation m	Location	X-Dir	Y-Dir
Nv. +4.80	4,8	Top	0,000535	0,000747
Nv. +2.40	2,4	Top	0,000646	0,000909

Fuente: ETABS 2016

Figura# 50 Valores máximos de Δ_E con el espectro determinístico, para la estructura de dos pisos.



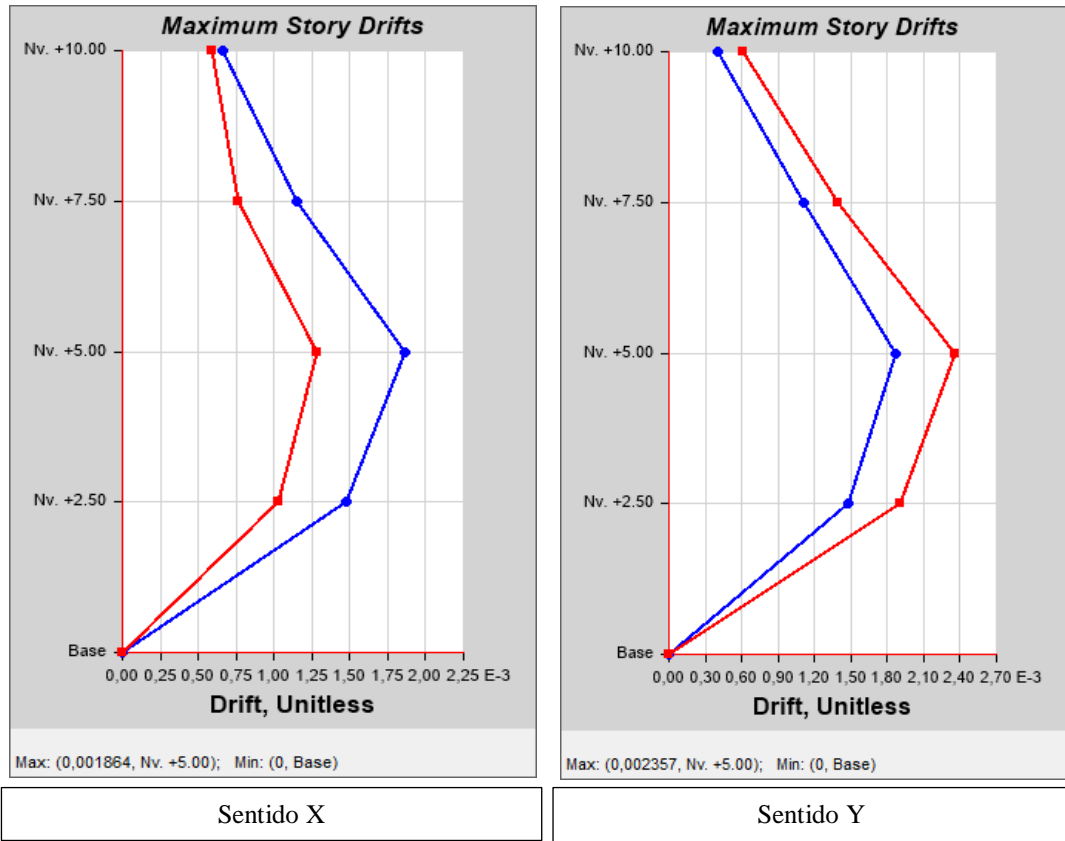
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 64. Derivas elásticas dinámicas obtenidas con el espectro determinístico, para la estructura de dos pisos

Story Response				
Story	Elevation m	Location	X-Dir	Y-Dir
Nv. +4.80	4,8	Top	0,000815	0,00114
Nv. +2.40	2,4	Top	0,000992	0,001393

Fuente: ETABS 2016

Figura# 51 Valores máximos de Δ_E con el espectro de la NEC-16, para la estructura de tres pisos.



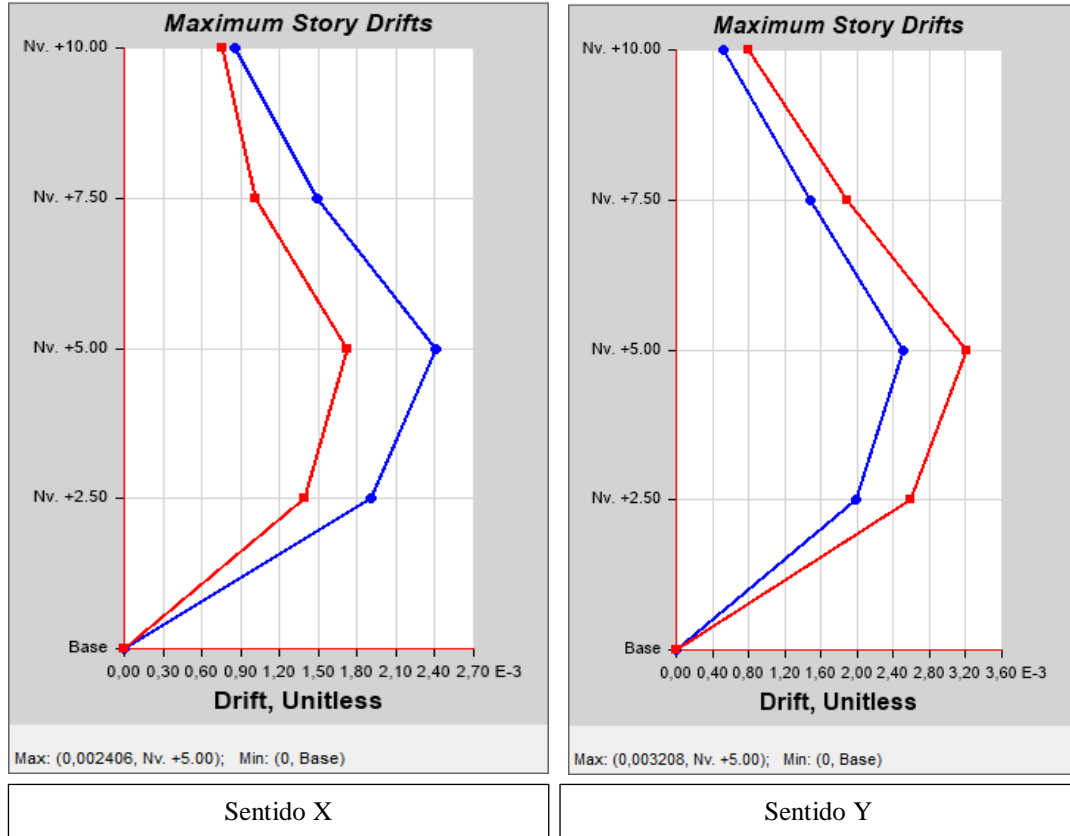
Fuente: ETABS 2016

Tabla# 65. Derivas elásticas dinámicas obtenidas con el espectro de la NEC-15, para la estructura de tres pisos

Story Response				
Story	Elevation m	Location	X-Dir	Y-Dir
Nv. +10.00	10	Top	0,000663	0,000613
Nv. +7.50	7,5	Top	0,001153	0,001391
Nv. +5.00	5	Top	0,001864	0,002357
Nv. +2.50	2,5	Top	0,001473	0,001905

Fuente: ETABS 2016

Figura# 52 Valores máximos de Δ_E con el espectro determinístico, para la estructura de tres pisos.



Fuente: ETABS 2016

Tabla# 66. Derivas elásticas dinámicas obtenidas con el espectro determinístico, para la estructura de tres pisos

Story Response				
Story	Elevation m	Location	X-Dir	Y-Dir
Nv. +10.00	10	Top	0,000852	0,000797
Nv. +7.50	7,5	Top	0,001487	0,001893
Nv. +5.00	5	Top	0,002406	0,003208
Nv. +2.50	2,5	Top	0,001902	0,002593

Fuente: ETABS 2016

A continuación, se presenta una tabla resumen con los valores de las derivas dinámicas obtenidas con el espectro de la NEC-15 y con el espectro determinístico, además de la diferencia porcentual entre estos valores.

Tabla# 67. Derivas elásticas dinámicas obtenidas con los dos espectros reducidos, para cada estructura

ESTRUCTURA DE 1 PISO				
NIVEL	Dirección Horizontal	NEC-15	Determinístico	Diferencia %
		Δ_D	Δ_D	
2.72 m	Dirección X	0.000707	0.001013	30.21%
	Dirección Y	0.000437	0.000602	27.41%
ESTRUCTURA DE 2 PISOS				
NIVEL	Dirección Horizontal	NEC-15	Determinístico	Diferencia %
		Δ_D	Δ_D	
2.40 m	Dirección X	0.000646	0.000992	34.88%
	Dirección Y	0.000909	0.001393	34.75%
ESTRUCTURA DE 3 PISOS				
NIVEL	Dirección Horizontal	NEC-15	Determinístico	Diferencia %
		Δ_D	Δ_D	
5.00 m	Dirección X	0.001864	0.002406	22.53%
	Dirección Y	0.002357	0.003208	26.53%

Elaborado: Jimmy A. Hurtado N.

Las tres estructuras presentan una diferencia notable entre los valores de las derivas dinámicas obtenidas con los dos espectros.

4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

De acuerdo a la hipótesis planteada en ésta investigación, “Al realizar un estudio de peligro sísmico de tipo determinista influye en el comportamiento estructural de las construcciones edificadas en el sector Huachi Chico Barrio “Solís”, si tiene incidencia directa en el comportamiento estructural puesto que se verifica que la envolvente de los espectros de aceleración obtenida mediante el uso de los diferentes modelos de cálculo utilizados tiene mayores valores de aceleración que los valores proporcionados por la NEC-SE-DS 2015, además esto se ve reflejado en el comportamiento estructural de las edificaciones modeladas mismas que se verían afectadas ante un evento sísmico.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El espectro determinístico obtenido es más crítico que el espectro NEC-SE-DS 2015 en el rango de período $0,10 < T < 1,65$, puesto que en este rango de periodo los valores de **Sa** son superiores a los valores obtenida con la NEC-SE-DS 2015.
- El espectro determinístico genera mayor sollicitación sísmica que el de la NEC-SE-DS 2015 a las estructuras de uno, dos y tres pisos en el sector Huachi Chico barrio “Solís” por lo que las derivas resultan mayores.
- Las fallas activas Huachi, Ambato, Totoras y Subducción (Nazca) fueron elegidas por sus diferentes grados de afectación con respecto al área en estudio, siendo la falla Ambato la que presenta la mayor aceleración en comparación a las otras fallas, lo cual provoca que en el análisis de las estructuras éstas se vean mayormente afectadas ante un evento sísmico
- La cercanía entre las estructuras del lugar de estudio y la falla geológica tiene una relación directa puesto que mientras más cerca se encuentre un lugar de estudio con respecto a una falla cortical se verá más afectado es así que la falla Ambato es al estar a 0.34km de distancia de nuestra área de estudio es la falla que causaría mayor impacto en relación a las otras fallas corticales como son Huachi a 2.02Km de distancia, Totoras a 3.27 km y la falla no tomada en cuenta en este estudio Samanga a más de 10km de distancia.

- De los modelos matemáticos utilizados para la obtención de espectros el modelo que presentó mayores valores de aceleración fue el de Kanno, teniendo así: 1.32g para la falla Huachi, 1.79g para la falla Ambato, 1.25g para la falla Totoras, teniendo que la falla Ambato la que se superpone por sus valores de aceleración a las otras fallas inclusive tiene un valor de aceleración mayor al calculado y obtenido con lo recomendado por la NEC-SE-DS 2015 (1.19g).
- El área en estudio posee un suelo homogéneo ya que en los 5 pozos perforados con el Ensayo de Penetración Estándar la profundidad de rechazo fue entre 2.00m y 2.50m que es hasta dónde se pudo llegar sin que el equipo sufriera daño alguno.
- El tipo de suelo presente en esta área de estudio al ser de tipo D (Según NES-SE-DS) es más benéfico para la construcción ya que en el cálculo su valor promedio de V_{s30} es de 319.23 m/s y esto nos demuestra están cercanos a un tipo de suelo C (Roca más blanda) en cual debe tener un V_{s30} se mayo a 360m/s.

5.2. RECOMENDACIONES

- Considerar al espectro crítico obtenido en la presente investigación como un espectro de diseño para las futuras edificaciones que estén dentro del período crítico.
- Realizar una evaluación de desempeño estructural a las edificaciones actualmente construidas dentro del área en estudio para obtener datos numéricos que establezcan la vulnerabilidad o no de estas estructuras.
- Realizar estudios de microzonificación de suelos para lograr cubrir la ciudad Ambato puesto que hay fallas geológicas corticales que atraviesan la ciudad en diferentes direcciones (Huachi, Ambato, Totoras, Samanga, Quizapincha) y esto genera un peligro latente para sus habitantes.
- Antes de realizar un estudio de SPT verificar el estado de los materiales y equipos a utilizarse para evitar accidentes en especial con el martinete, el motor y el trípode que son los elementos de mayor peso.
- Realizar una prueba al motor un día antes a ser utilizado y verificar los niveles de combustible y aceite para su correcto funcionamiento.

1. BIBLIOGRAFÍA

[1] Norma ecuatoriana de la construcción, 2015. NEC_SE_DS_ (Peligro Sísmico)

[2] Geo Enciclopedia. Cinturón de Fuego del Pacífico. Actividad. En línea Disponible:

Link:

<http://www.geoenciclopedia.com/cinturon-de-fuego-del-pacifico/>

[3] [4] [5] [6] Digital El Heraldo (domingo 22 de mayo del 2016) Tungurahua rodeada de fallas tectónicas:

Link:

<http://www.elheraldo.com.ec/index.php?fecha=2016-05-22&seccion=Ciudad¬icia=69560>

[7] [8] [9] [10] Diario digital El Telégrafo (sábado 23 de agosto 2014) Ecuador se asienta sobre 10 fallas geológicas

Link:

<http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-centro/1/ecuador-se-asienta-sobre-10-fallas-geologicas>

[11] Documento pdf: G. H. Ortiz, “Conceptos básicos sobre terremotos y las causas que lo originan”, tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2012.

Link:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/12146/1/gerardohernandezortiz.2012.pdf>

[12] Documento pdf: G. Sagripanti, A. Bettioli y C. Seitz, Terremotos: nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía, 1ra ed. Córdoba, Agencia Córdoba Ciencia S.E., 2007.

Link:

<https://www.researchgate.net/publication/312187650>

[13] Documento pdf: O. C. Ortiz Panchi, “Sismotectónica y peligrosidad sísmica en Ecuador”, Maestría, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Geológicas, 2013.

Link:

<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1221/1/T-SENESCYT-000352.pdf>.

[14] Documento pdf: Z. Aguilar Bardales, “Análisis de peligro sísmico y estimado del movimiento sísmico de diseño”, CISMID, Universidad Nacional de Ingeniería, 2002.

Link:

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

[15] Documento pdf: L. M. Taipe Acosta, “Análisis de las ecuaciones de predicción de movimientos de suelo para el Ecuador utilizando datos registrados durante el periodo 2000 – 2011 en estaciones sísmicas de banda ancha y acelerógrafos”, Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2013.

Link:

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6447/1/CD-4961.pdf>

[16] Documento pdf: D. Boore y G. Atkinson, “Ground-motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5%-damped PSA at spectral periods between 0.01 s and 10.0 s”, Earthquake Spectra, vol. 24, no. 1, pp. 108-406, 2008.

Link:

<http://studylib.net/doc/12040508/nehrrp-recommended-seismic-provisions-fema-for-new-buildin>

[17] Página web: S. Akkar y J. Bommer, “Empirical equations for the prediction of PGA, PGV and spectral accelerations in Europe, the Mediterranean region and the Middle East”, *Seismological Research Letters*, vol. 81, no. 2, pp. 1, 2010.

Link:

<https://pubs.geoscienceworld.org/ssa/srl/article-abstract/81/2/195/143661/empirical-equations-for-the-prediction-of-pga-pgv?redirectedFrom=fulltext>

[18] Página web: T. Kanno, “A new attenuation relation for strong ground motion in Japan based on recorded data”, *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 96, no. 3, pp. 879-897, 2006.

Link:

<https://kyushu-u.pure.elsevier.com/en/publications/a-new-attenuation-relation-for-strong-ground-motion-in-japan-base>

[19] Documento Pdf: R. Youngs y otros, “Strong ground motion attenuation relationships for subduction zone earthquakes”, *Seismological Research Letters*, vol. 68, no. 1, pp. 58-73, 1997.

Link:

http://www.ce.memphis.edu/7137/PDFs/attenuations/1997%20SRL/Young_Chiou_Silva_Humphrey_1997.pdf

[20] Documento Pdf: J. Zhao, “Attenuation relations of strong ground motion in Japan using site classification based on predominant period”, *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 96, no. 3, pp. 898-913, 2006.

Link:

https://www.researchgate.net/profile/Paul_Somerville2/publication/237638182_Bounds_on_the_distribution_of_amplitudes_in_ground_motion_prediction_models/links/0046352cf2ac242d06000000/Bounds-on-the-distribution-of-amplitudes-in-ground-motion-prediction-models.pdf?origin=publication_detail

[21] página web: Instituto geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador.

Link:

<http://www.igepn.edu.ec/mapas/mapa-catalogo-homogenizado>

[22] Página web: E. Juárez y A. Rico, Mecánica de suelos, 3ra ed. México: Limusa, 1976, pp. 112-119.

Link:

<http://www.bibvirtual.ucb.edu.bo/opac/Author/Home?author=JUAREZ+BADILLO%2C+EULALIO>.

[23] Documento Pdf: Mecánica de Suelos. Ensayo de penetración estándar, NTE INEN 0689, 1982

Link:

<https://ia801903.us.archive.org/5/items/ec.nte.0689.1982/ec.nte.0689.1982.pdf>

[24] Documento Pdf: INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS SOCIALES; Tercera Edición; Buenos Aires, marzo 2006; Autor: Pablo Cazau

Link:

<http://alcazaba.unex.es/asg/400758/MATERIALES/INTRODUCCI%C3%93N%20A%20LA%20INVESTIGACI%C3%93N%20EN%20CC.SS..pdf>

[25] Documento Pdf: El Plan De Análisis; Patricio Suárez Gil y Julio Alonso Lorenzo; La Fresneda-Asturias 2011

Link:

http://udocente.sespa.princast.es/documentos/Metodologia_Investigacion/Presentaciones/5_plan_analisis.pdf

[26] Documento Pdf: Mapeo Vs30 en Taiwan de Leey Tesai

Link:

https://www.researchgate.net/profile/Chyi-Tyi_Lee/publication/250211755_Mapping_Vs30_in_Taiwan/links/557fa82608aeb61eae262086/Mapping-Vs30-in-Taiwan.pdf

2. ANEXOS

2.1. Anexo A (fotografías).



Fotografía# 1 equipo utilizado para realizar el ensayo de SPT.



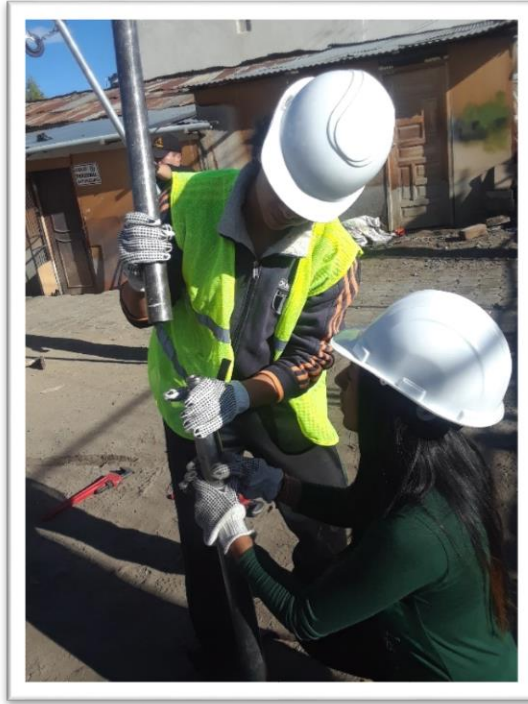
Fotografía# 2 motor horizontal utilizado realizar el ensayo de SPT.



Fotografía# 3 levantamiento del trípode para realizar el ensayo de SPT.



Fotografía# 4 Equipo armado para realizar el ensayo de SPT.



Fotografía# 5 unión de los acoples a la cucharilla para realizar el ensayo de SPT.



Fotografía# 6 muestra de suelo extraída tras realizar el ensayo de SPT.



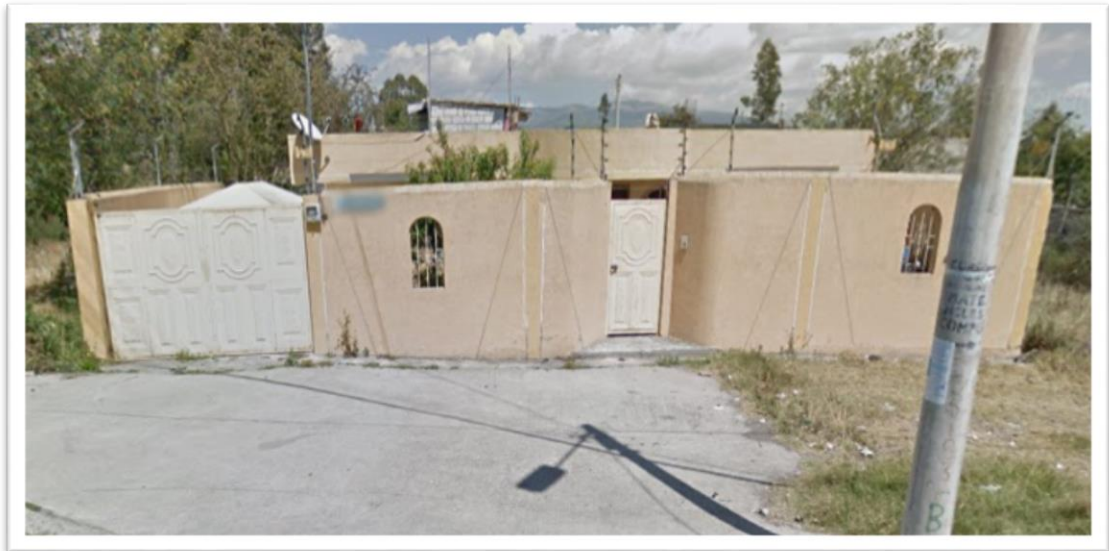
Fotografía# 7 numeración y profundidad del pozo ensayado.



Fotografía# 8 muestras de suelo a ser analizadas.



Fotografía# 9 tamizado de muestras.



Fotografía# 10 Casa de 1 piso a ser analizada



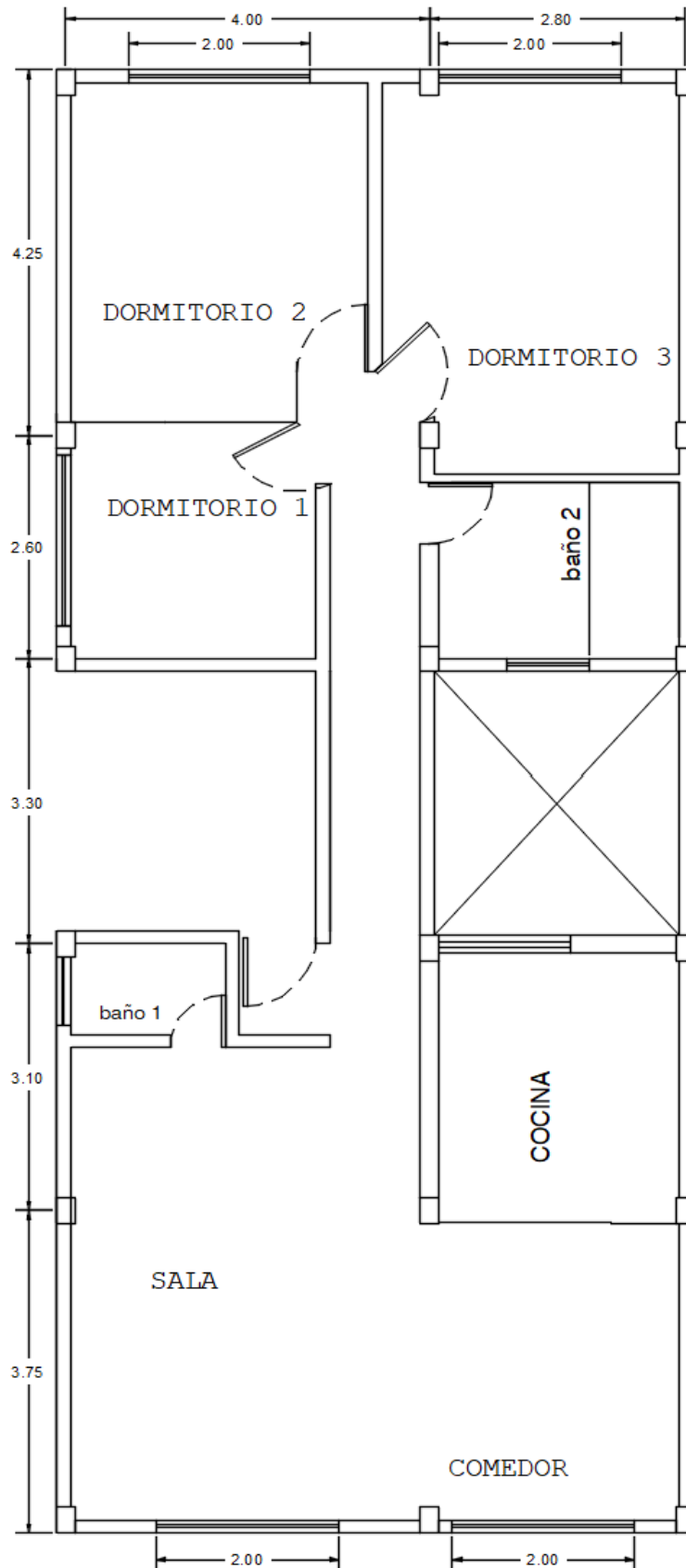
Fotografía# 11 casa de 2 pisos a ser analizada.



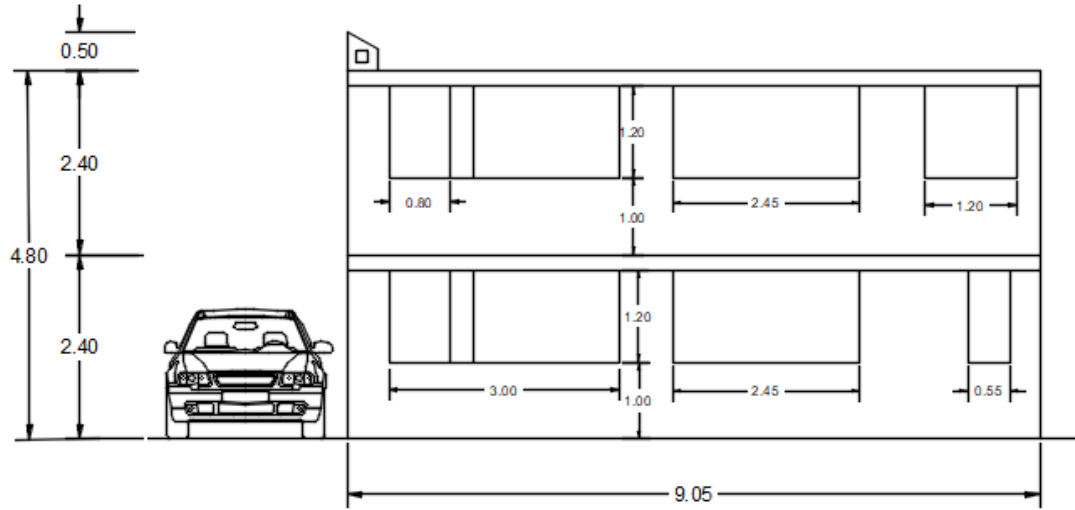
Fotografía# 12 casa de 3 pisos a ser analizada.

2.2. Anexo B (estructuras analizadas)

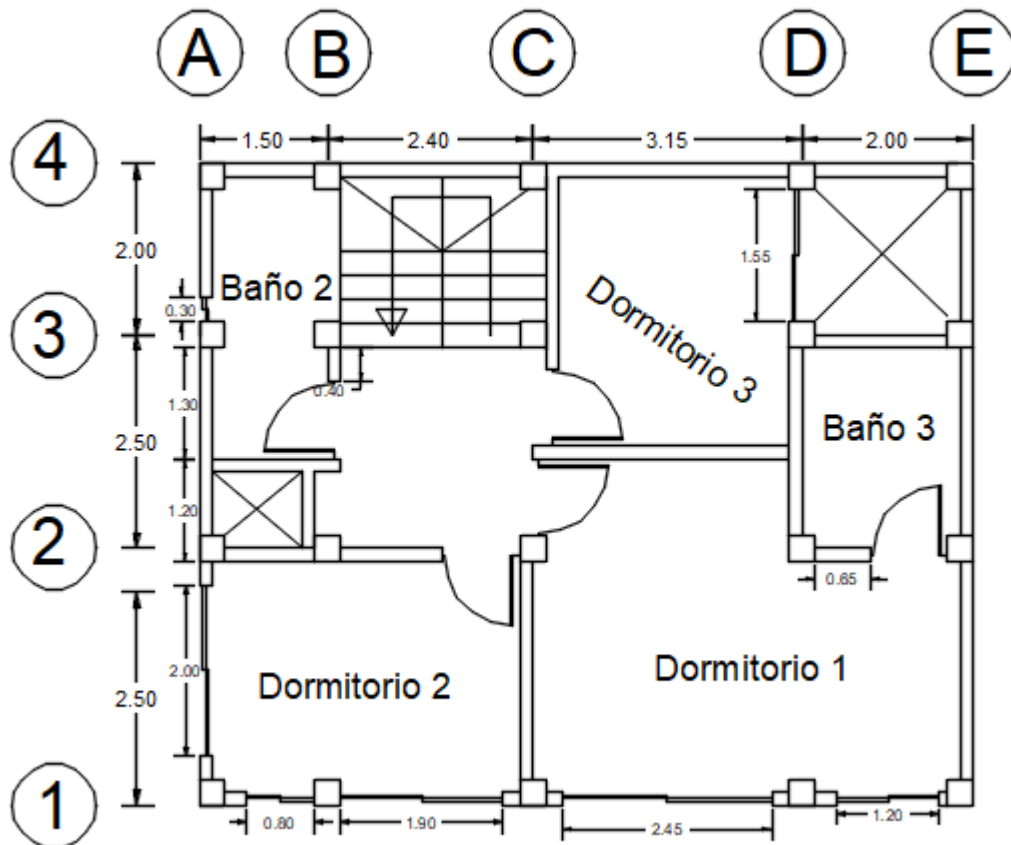
2.2.1. Plano arquitectónico de la casa de 1 piso



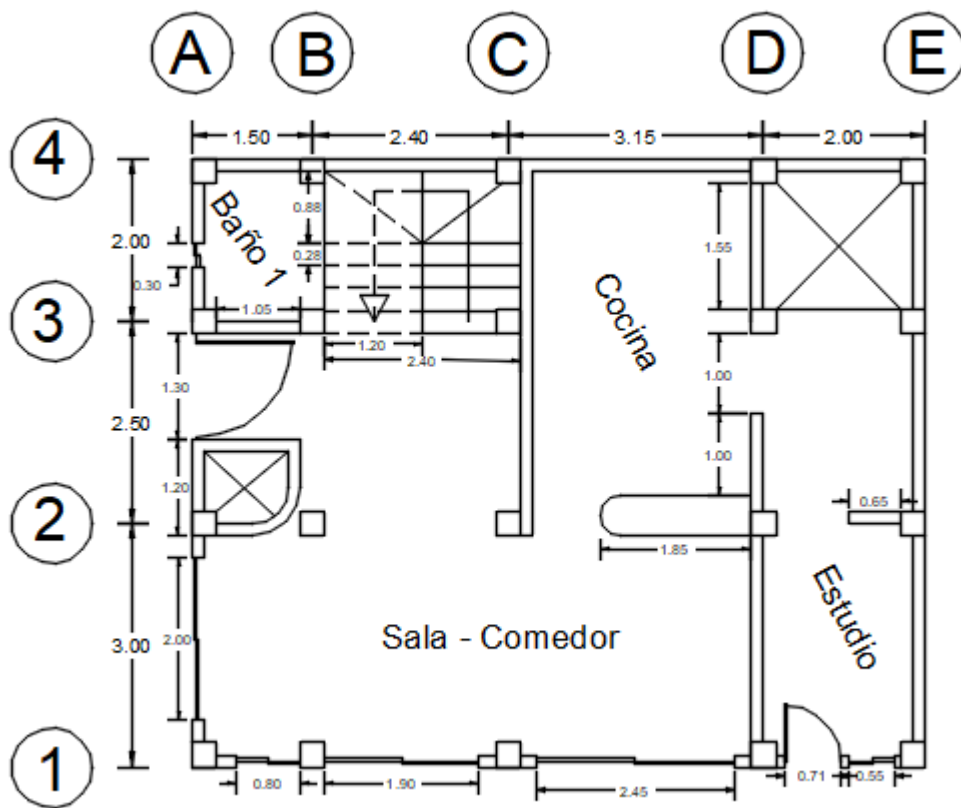
2.2.2. Planos arquitectónicos de la casa de 2 pisos.



Fachado frontal

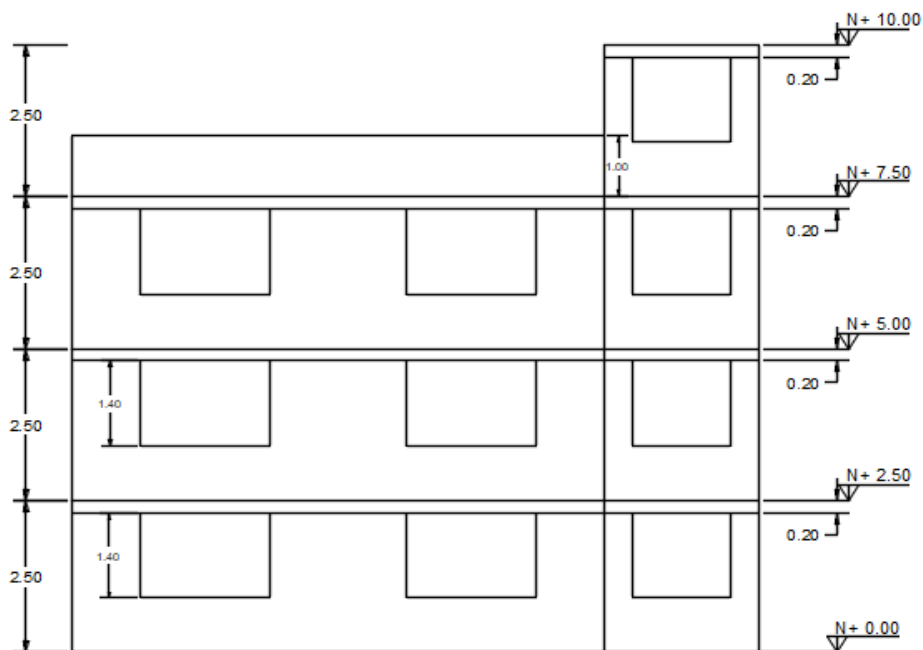


Distribución arquitectónica del 2do piso

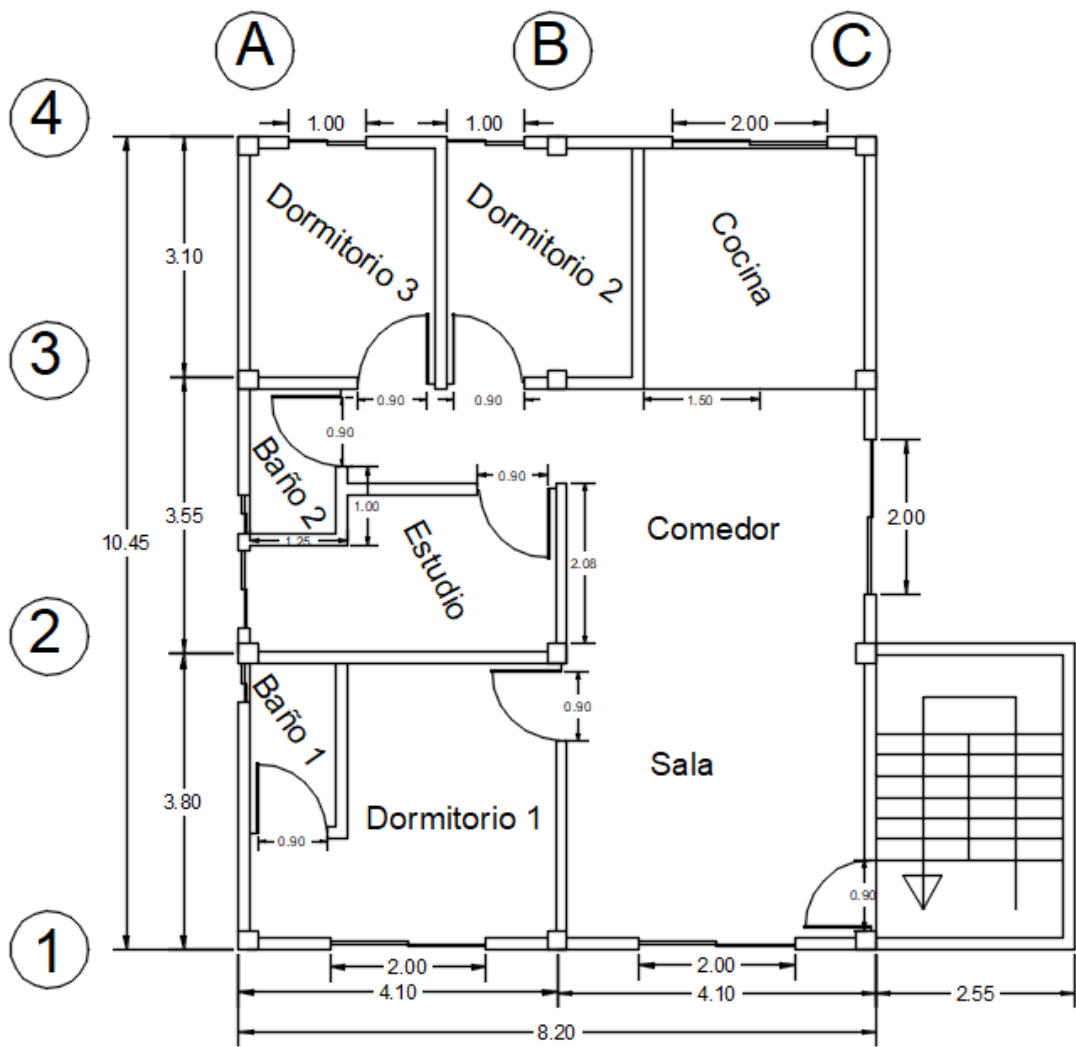


Distribución arquitectónica del 1er piso

2.2.3. Planos arquitectónicos de la casa de 3 pisos.



Fachada frontal



Planta tipo de la distribución arquitectónica de los 3 pisos.