



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**

**CENTRO DE POSGRADOS**

MAESTRÍA DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL  
CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS

**“PELIGROSIDAD SISMICA DEL ÁREA URBANA Y RURAL DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

**AUTOR: ING. PAOLA CAROLINA SERRANO MORETA.**

**DIRECTOR: ING. AGUIAR FALCONÍ, ROBERTO RODRIGO, PhD.**

**SANGOLQUÍ, FEBRERO - 2023**



# ÍNDICE

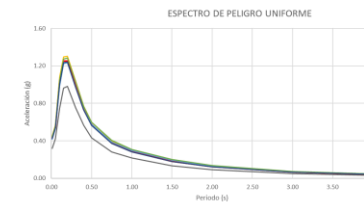
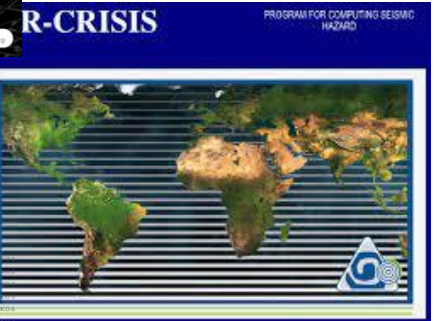
1.-JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.-MARCO TEÓRICO

3.-METODOLOGÍA

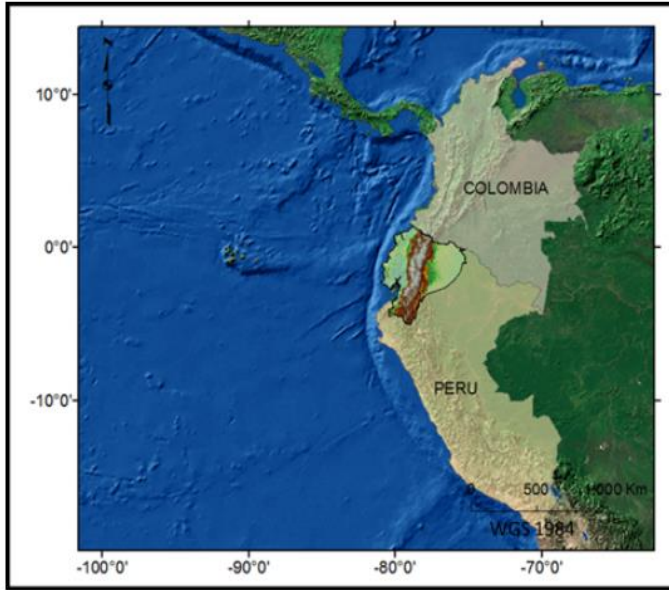
4.-RESULTADOS

5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

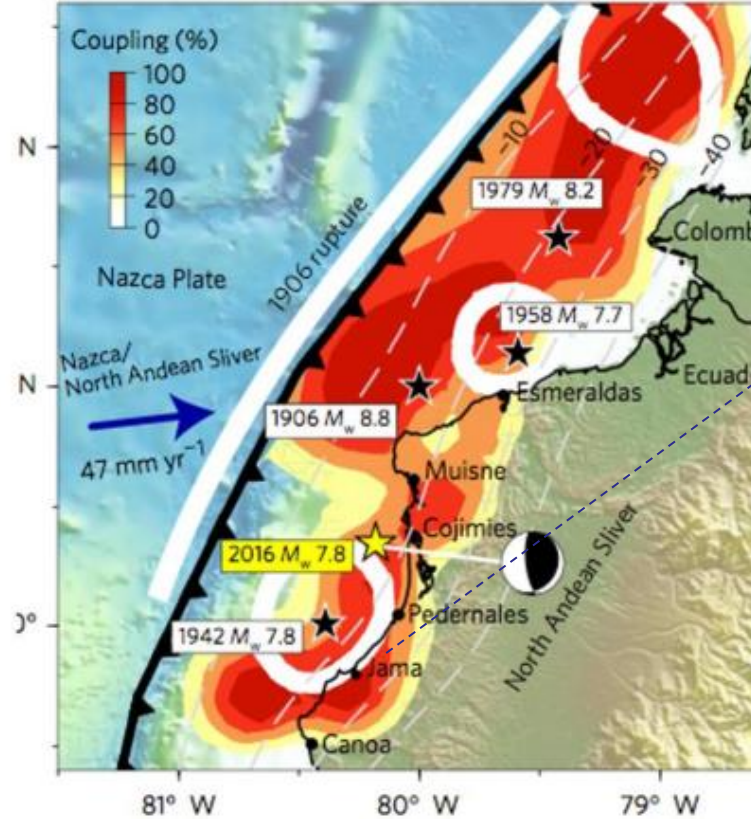


**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

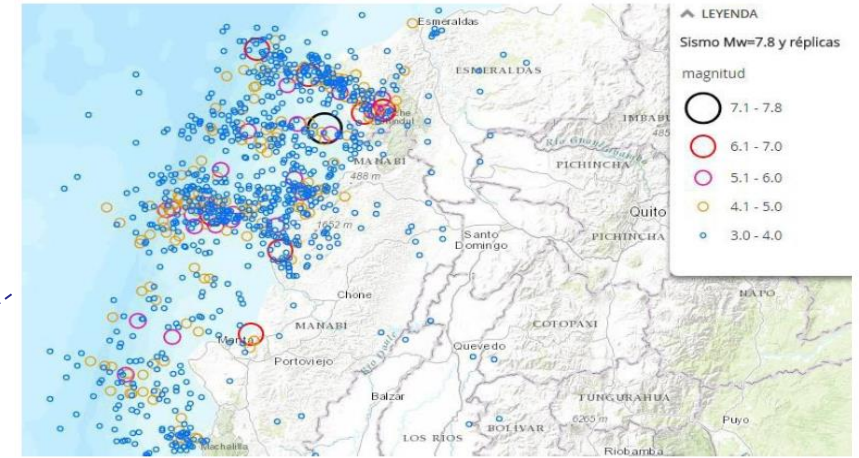
# 1.-JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS



Ubicación regional del Ecuador



Sismos en la zona norte del Ecuador



*Antecedentes de estudios de amenaza sísmica en Ecuador continental*



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# 1.-JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS



Iglesia Adobe-Ladrillo



Hospital Ambato



Viviendas Adobe

## Sismicidad Histórica-Ambato



Terremoto  
1949  
Mw=6.8



## OBJETIVO GENERAL



Determinar los espectros de control, con el fin de cuantificar la peligrosidad sísmica de la ciudad de Ambato – Ecuador, mediante un estudio Determinístico y Probabilístico.



Seleccionar las fallas geológicas activas que engloban el Régimen Tectónico con relación al área de influencia.



Seleccionar las ecuaciones de atenuación que mejor se ajusten en la determinación del peligro sísmico.



Desarrollar un programa en Matlab para la determinación de espectros de aceleración para la componente horizontal.



Determinar las curvas y desagregación de la Peligrosidad sísmica.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS



# ÍNDICE

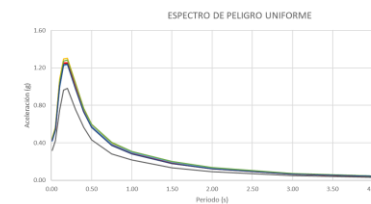
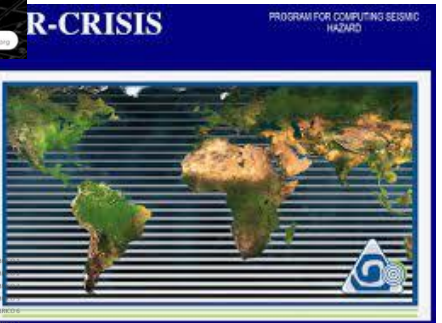
1.-JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.-MARCO TEÓRICO

3.-METODOLOGÍA

4.-RESULTADOS

5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

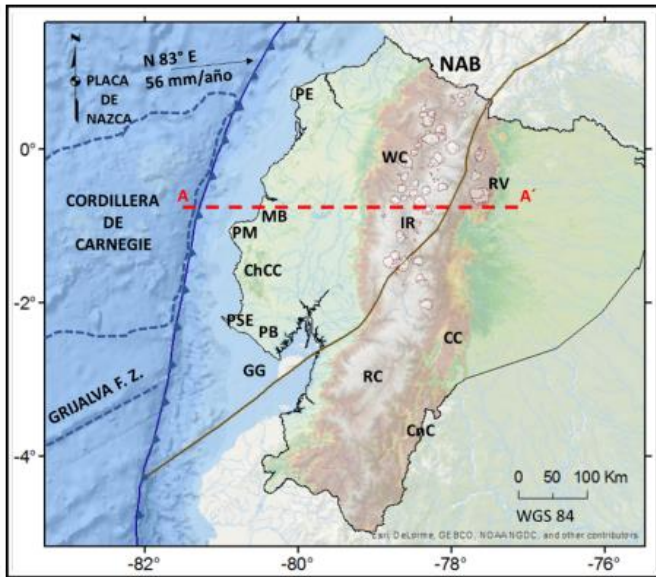
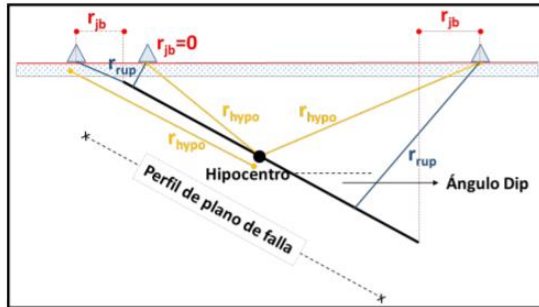


**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## 2.- MARCO TEÓRICO



Atenuación de las ondas sísmicas



### Fuentes sísmicas

#### Fuentes sísmica In-slab

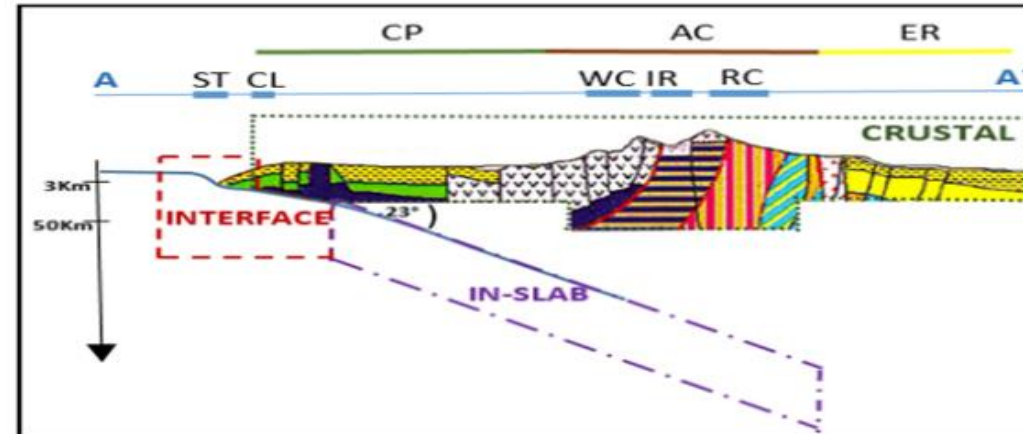
- El ángulo de inmersión del techo de la placa oceánica es menor al de la subducción más profunda (100-120kmE)
- Profundidad 40-70 km

#### Fuentes sísmica Interfase

- Extiende hasta 400-500 kmE
- Profundidad 200km
- Ángulo varía en el rango 17-35°

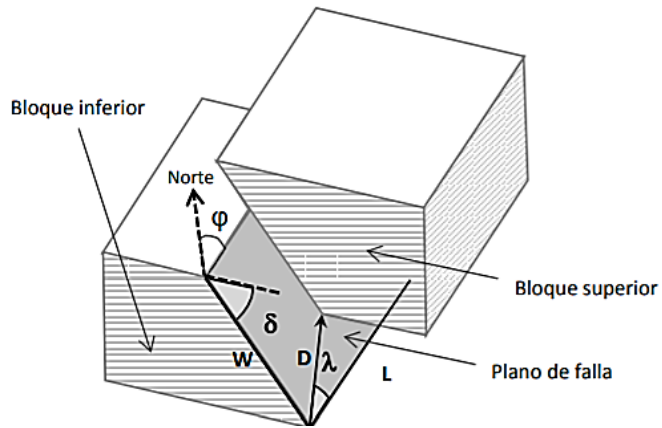
#### Fuente sísmica Corteza Continental

- Zona costera: profundidad 40km
- Zona de cordillera: profundidad 50-70km
- Zona oriental





### Geometría y parámetros de la Falla



#### Donde:

$L$ : es el largo de la falla

$W$ : es el ancho

$D$ : es el desplazamiento co-sísmico

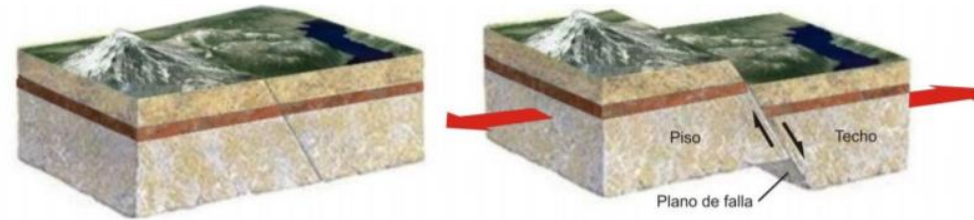
$\theta$ : el azimut que varía entre 0 y 360°

$\delta$ : el ángulo de buzamiento es el ángulo que forma el plano de falla con la horizontal y varía entre 0 y 90°

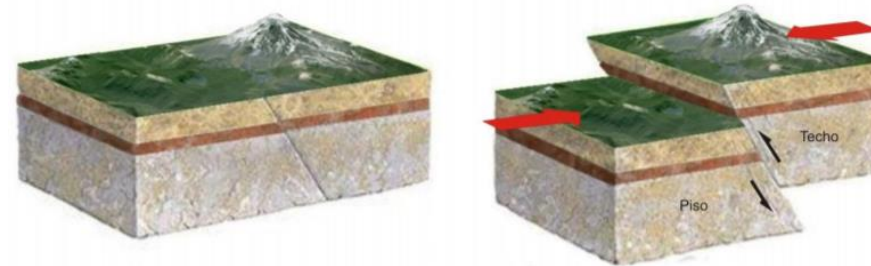
$\lambda$ : es el vector de deslizamiento que se encuentra entre 0 y 360°

### Falla Geológica

#### Falla Normal



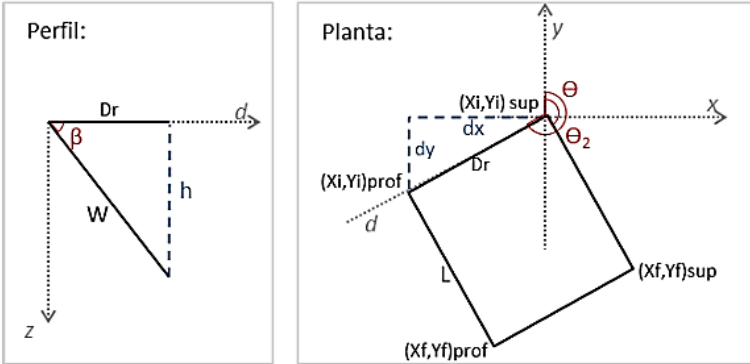
#### Falla Inversa



#### Falla Strike-Slip



## 2.- MARCO TEÓRICO



## Falla Geológica

Falla capaz	tipo	Longitud de falla (Km)	Prof. falla (Km)	Distancia más cercana falla - Ambato (Km)	Azimet	Buz. Aparen	Rake	Ancho de falla	Posicion estructural de falla	Máximo desplaz. (m) desde Well & Coppermish, 1994	Magnitud estimada desde Leonard, 2010	Magnitud desde distancia focal de falla	Magnitud desde Wesnousky (2008)	PGA desde Fukushima & Tanaka, 1994	Niveles de confiabilidad desde análisis sísmológicos y morfológicos	Bibliografía, referencia citada
F-01	Cizalla dextral	26	9	47	40	85	+180	9	right-lateral	1,1	6,5	6,5	6,8	0,37	Deducida	Eguez et al., 2003
F-02	Inversa	19	9	36	25	45	-90	8	Footwall	0,9	6,4	6,3	6,7	0,35	Cierta	Eguez et al., 2003
F-03	Normal	14	9	35	13	45	-90	7	Hangingwall	0,8	6,1	6,0	6,7	0,32	Deducida	Eguez et al., 2003
F-04	Normal	17	9	32	20	45	-90	8	Hangingwall	0,9	6,3	6,2	6,7	0,34	Cierta	Eguez et al., 2003
F-05	Inversa	19	10	31	355	45	+90	8	Hangingwall	0,9	6,3	6,3	6,5	0,32	Cierta	Chunga, 2010
F-06	Inversa	23	10	32	62	45	+90	9	Hangingwall	1,0	6,4	6,4	6,7	0,34	Deducida	Chunga, 2010
F-07	Cizalla dextral	38	10	31	50	85	+180	10	right-lateral	1,3	6,7	6,7	6,9	0,38	Cierta	Eguez et al., 2003
F-08	Cizalla dextral	14	8	31	150	85	+180	7	right-lateral	0,8	6,2	6,1	6,6	0,34	Cierto	Chunga, 2010
F-09	Inversa	22	9	22	185	45	+90	8	Hangingwall	1,0	6,4	6,4	6,6	0,36	Cierto	Chunga, 2010
F-10	Inversa	15	10	20	32	45	+90	8	Footwall	0,8	6,1	6,1	6,3	0,30	Cierto	Eguez et al., 2003
F-11	Inversa	31	11	8	5	45	90	9	Footwall	1,2	6,7	6,6	6,8	0,36	Cierto	Eguez et al., 2003
F-12	Normal	11	8	22	95	45	-90	7	Footwall	0,7	6,0	5,9	6,6	0,32	Cierto	Chunga, 2010
F-13	Inversa	12	8	25	30	45	+90	7	Footwall	0,8	6,1	6,0	6,2	0,33	Cierto	Chunga, 2010
F-14	Cizalla dextral	16	10	21	100	85	+180	8	right-lateral	0,9	6,2	6,2	6,6	0,32	Cierta	Chunga, 2010
F-15	Inversa	16	11	22	20	45	+90	8	Footwall	0,9	6,2	6,2	6,4	0,29	Cierto	Chunga, 2010
F-16	Cizalla sinistral	18	12	7	91	85	+5	8	left-lateral	0,9	6,2	6,2	6,6	0,28	Cierto	Chunga, 2010
F-17	Inversa	15	9	35	80	45	+90	8	Footwall	0,8	6,2	6,1	6,3	0,33	Cierto	Chunga, 2010
F-18	Inversa	12	10	41	355	45	+90	7	Footwall	0,8	6,0	6,0	6,2	0,28	Cierto	Chunga, 2010
F-19	Cizalla sinistral	31	12	39	110	85	+5	9	left-lateral	1,1	6,7	6,6	6,9	0,34	Cierto	Chunga, 2010
F-20	Inversa	13	10	38	50	45	+90	7	Footwall	0,8	6,1	6,0	6,2	0,30	Cierta	Chunga, 2010

- Tipo, geometría, y longitud de la falla,
- Cinemática y profundidad asociada al plano de falla
- Forma y tendencia estructural y morfológica sobre el terreno

$$W = \frac{Z_{max} - Z_{min}}{\text{sen } \delta}$$

$$\theta = \text{arctag} \left( \frac{X_f - X_i}{Y_f - Y_i} \right)$$

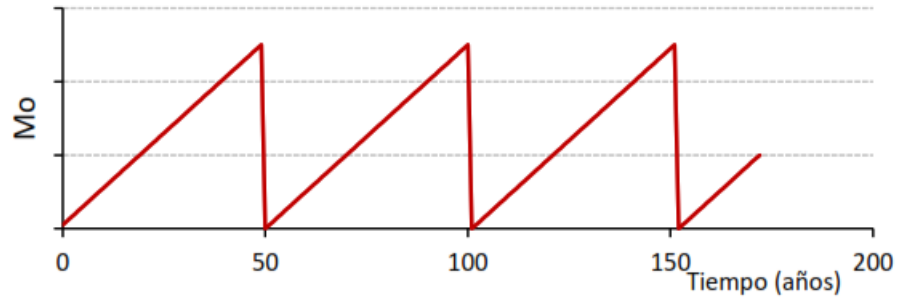
$$D_r = W * \cos(\beta)$$

$$\theta_2 = \theta + 90^\circ$$

$$dx = D_r * \text{sen}(\theta_2)$$

$$dy = D_r * \cos(\theta_2)$$

#### Modelo del terremoto característico



Hanks y Kanamori (1979)

$$M_W = \frac{2}{3} \log(M_0) - 10.7 \quad \rightarrow \quad M_0 = 10^{\frac{(M_W + 10.7) \cdot 3}{2}}$$

Brune (1968)

$$\dot{M}_0 = \mu \dot{u} A$$

$$T_r = \frac{M_0}{\dot{M}_0}$$

#### Modelo del Gutenberg y Richter modificado

Anderson (1979)

$$M_0 = \int_{M_{min}}^{M_{max}} \dot{n}(m) * M_0(m) dm$$

$$\dot{n}(m) = \dot{N}_{M_{min}} * \beta * \left[ \frac{e^{-\beta(m)}}{e^{-\beta(M_{min})} - e^{-\beta(M_{max})}} \right]$$

$$\dot{M}_0 = \int_{M_{min}}^{M_{max}} \dot{N}_{M_{min}} * \beta * \left[ \frac{e^{-\beta(m)}}{e^{-\beta(M_{min})} - e^{-\beta(M_{max})}} \right] * M_0(m) dm$$

$$M_0(m) = e^{(\bar{c} + \bar{d}m)}$$

$$\dot{N}(m) = \dot{N}_{M_{min}} * \left[ \frac{e^{-\beta(m)} - e^{-\beta(M_{max})}}{e^{-\beta(M_{min})} - e^{-\beta(M_{max})}} \right]$$

$$M_0(M_{min}) = e^{(\bar{c} + \bar{d} M_{min})}$$

$$M_0(M_{max}) = e^{(\bar{c} + \bar{d} M_{max})}$$

### ESPECTROS DE ACELERACIÓN HORIZONTAL

#### Selección GMPE'S

Algunas de las condiciones que debe presentar un modelo pueden ser:

- El modelo debe obtenerse de un régimen tectónico característico.
- El conjunto de datos utilizados para determinar el modelo se presente en forma accesible para su uso.
- Base de datos suficiente.
- El rango de aplicabilidad del modelo sea lo suficientemente amplio como para no tener que realizar extrapolaciones.

### Ecuaciones de Atenuación

#### Parámetros

#### Parámetros de fuente

$M_w$

$W$

$Dip (\delta)$

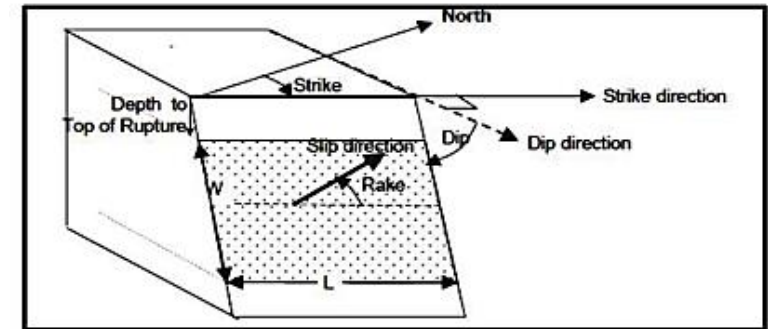
$Rake (\lambda)$

$Z_{TOR}$

$Z_{hyp}$

$F_{RV}$

$F_{NM}$



#### NEC -SE-DE

#### RELACIONES V/H

- Aceleraciones
- Desplazamientos
- Velocidad máxima del terreno
- Magnitud, distancia epicentral, frecuencia y periodo

Referencia	Características de los registros	V/H
Newmark et al., 1973	33 registros EE. UU.	2/3
Kawashima et al 1985	Registros del Japón	1/5
Ambrasays y Simpson, 1995	104 registros mundiales R<15Km, M>6, v>0.1g	1.75
Boomer y Martinez 1996	130 registros	1.00
Mohammadioun 1996	Suelos aluviales cercanos a la falla	0.75

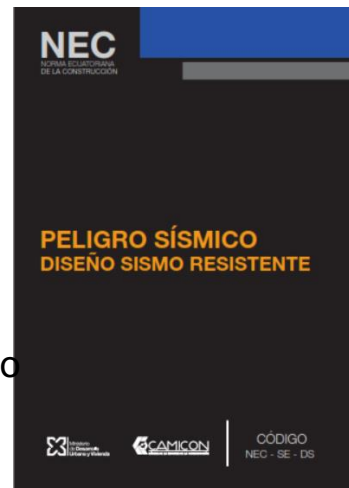
Relaciones de aceleración vertical a horizontal

$$E_V = \frac{2}{3} * E_H$$

Donde:

Ev: Componente vertical del sismo

Eh: Componente horizontal del sismo



Terremoto de Pedernales (2016)



### ESPECTROS DE ACELERACIÓN HORIZONTAL

*Ecuaciones de Atenuación*

#### Parámetros

##### Parámetros de sitio

$V_{s30}$ : Velocidad de onda de corte a los 30 metro del suelo (m/s)

$A_{1100}$  (g): Valor previsto de PGA sobre roca a una velocidad media de onda de corte.

$Z_{2.5}$ : Profundidad debajo del sitio de interés a la cual se halla una velocidad de onda de corte  $V_s = 2.5 \text{ km/s}$

$Z_{1.0}$ : Profundidad a la que la velocidad de onda de cortes  $V_s = 1.0 \text{ km/s}$

##### Parámetros de Trayectoria

$R_{rup}$ : Distancia más cercana del sitio al plano de ruptura

$R_{jb}$ : Distancia horizontal más cercana a la proyección del plano de ruptura en la superficie.

$R_x$ : Distancia horizontal más cercana al borde superior del plano de ruptura medio perpendicularmente desde la dirección del rumbo promedio.



Uno de los criterios del diseño sismorresistente se basa en métodos probabilísticos que asumen la intensidad y frecuencia de ocurrencia de un evento sísmico, resulta difícil contar con una base de datos lo suficientemente amplio para estimar con exactitud la ocurrencia de eventos sísmicos, es necesario recurrir a la teoría de probabilidades para considerar las incertidumbres en la estimación de su ocurrencia

$$H = P[x(s) \geq x_o; t]$$

$$\lambda(y > Y) = \sum_{i=1}^N \lambda_i(y > Y) = \sum_{i=1}^N v_i \iiint P_i[y > Y | m, r, \mathcal{E}] f_{M_i}(m) f_{M_i}(r) f_{\mathcal{E}_i}(\mathcal{E}) dm dr d\mathcal{E}$$

$$P(x > x_o \text{ en } t \text{ años}) = 1 - e^{-(x > x_o)t} = 1 - e^{-t/T}$$

- Análisis de sismicidad y tectónica del área de estudio
- Elaboración del catálogo sísmico
- Definición de fuentes sísmicas
- Elaboración del modelo de atenuación
- Cálculo de la peligrosidad
- Desagregación e identificación de los sismos de control

# ÍNDICE

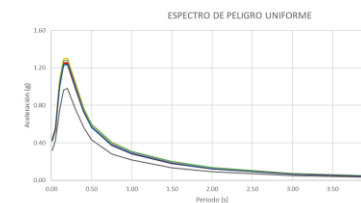
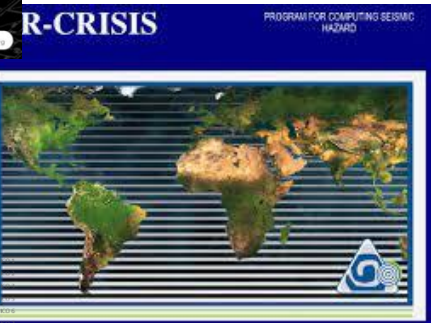
1.-JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.-MARCO TEÓRICO

3.-METODOLOGÍA

4.-RESULTADOS

5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

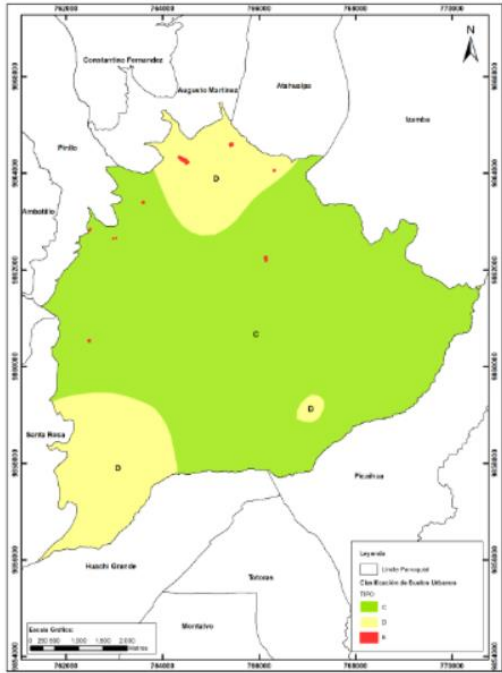


**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA



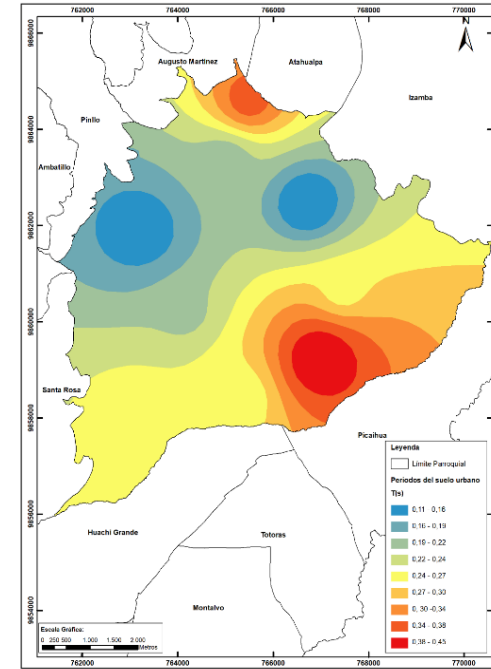
# 3.-METODOLOGÍA

## Clasificación de los suelos de la ciudad de Ambato

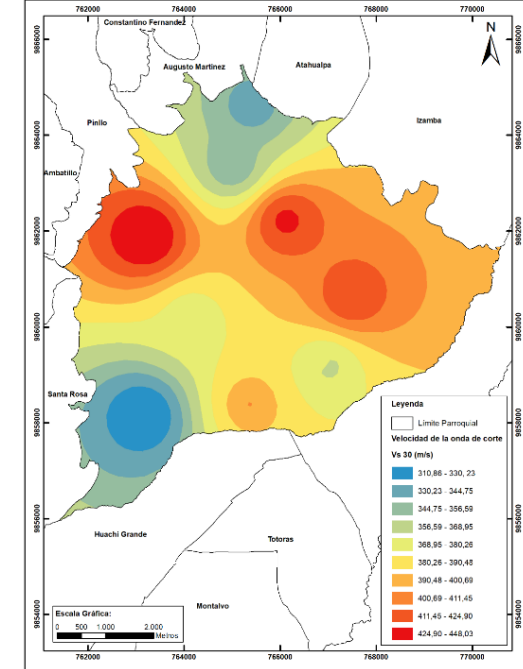


- Velocidad de la onda de corte
- Periodo de vibración del suelo
- Numero de golpes del ensayo SPT
- Valores de cohesión
- Ángulo de fricción interna
- Cortante de suelo

## Estudios Geofísicos y Geotécnicos



Períodos de vibración del suelo



Velocidad de onda de corte en los 30 primeros metros

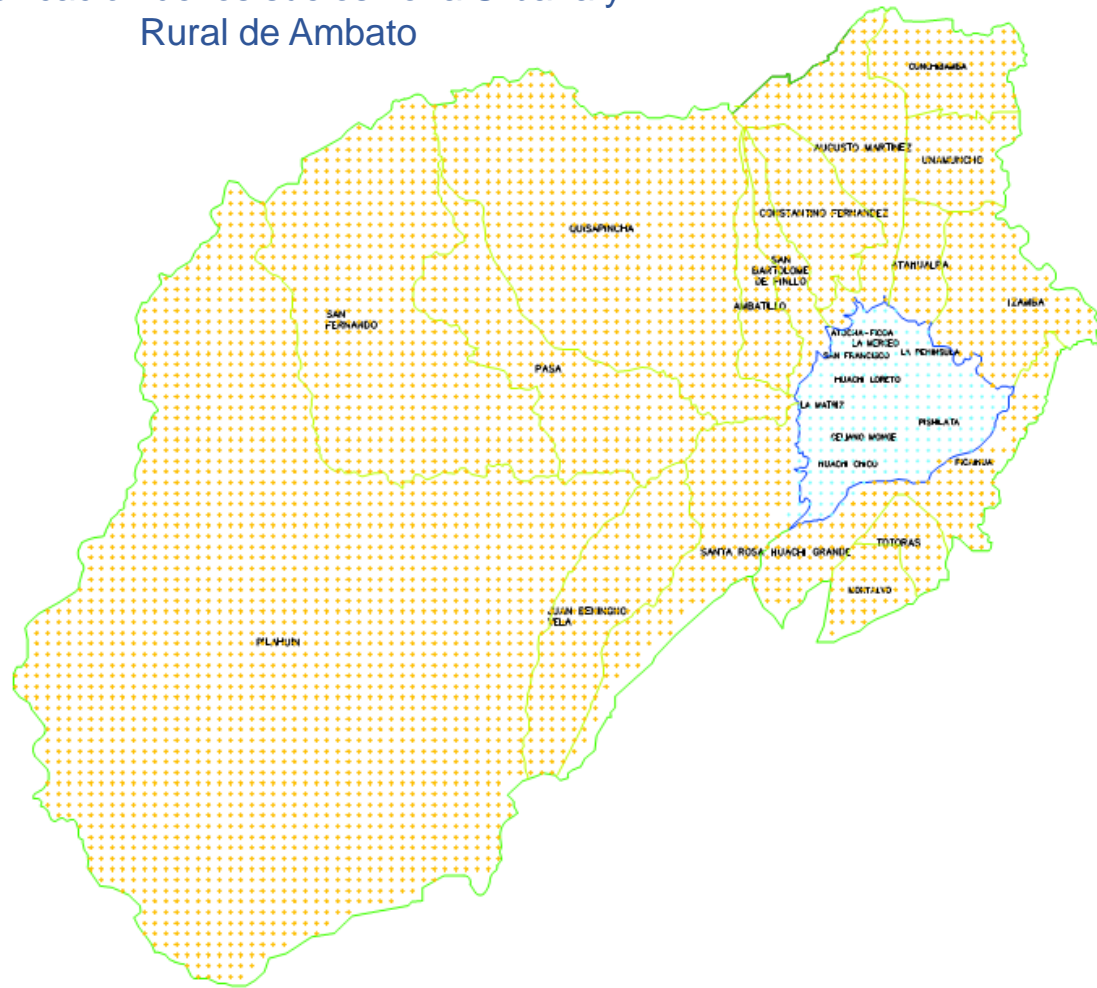
## Clasificación de los Suelos NEC-15

Perfil de Suelo	$V_{s30}$
A	$V_{s30} > 1500 \text{ m/s}$
B	$760 \frac{\text{m}}{\text{s}} < V_{s30} \leq 1500 \text{ m/s}$
C	$360 \frac{\text{m}}{\text{s}} < V_{s30} \leq 760 \text{ m/s}$
D	$180 \frac{\text{m}}{\text{s}} < V_{s30} \leq 360 \text{ m/s}$
E	$V_{s30} \leq 180 \text{ m/s}$

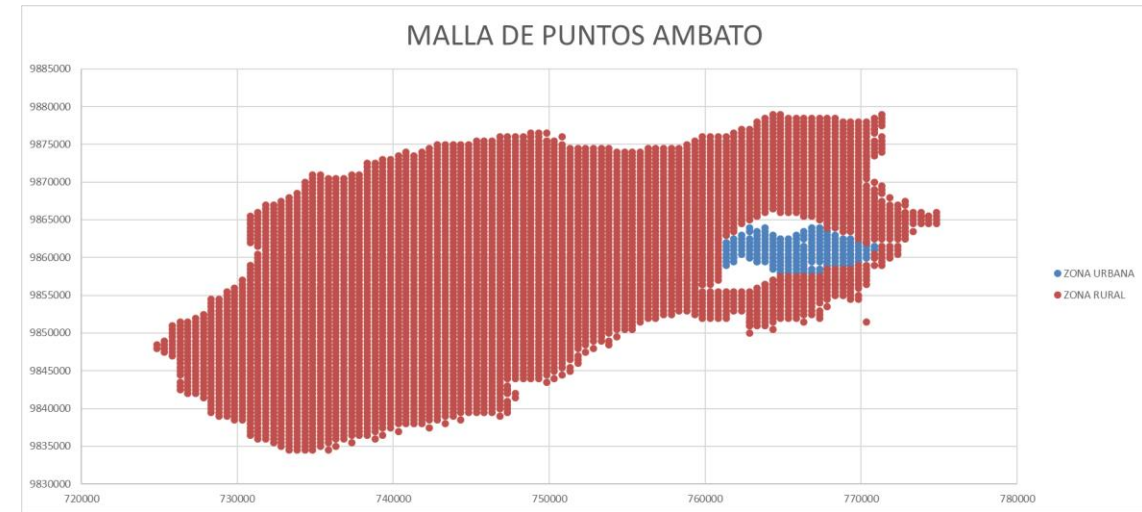


**E S P E**  
 ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
 CAMINO A LA EXCELENCIA

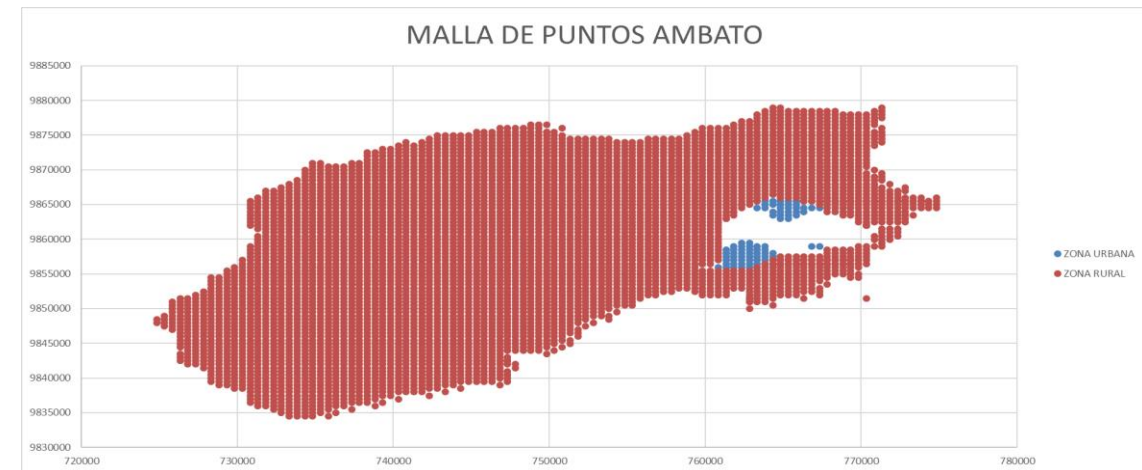
#### Clasificación de los suelos zona Urbana y Rural de Ambato



Malla de puntos Ambato

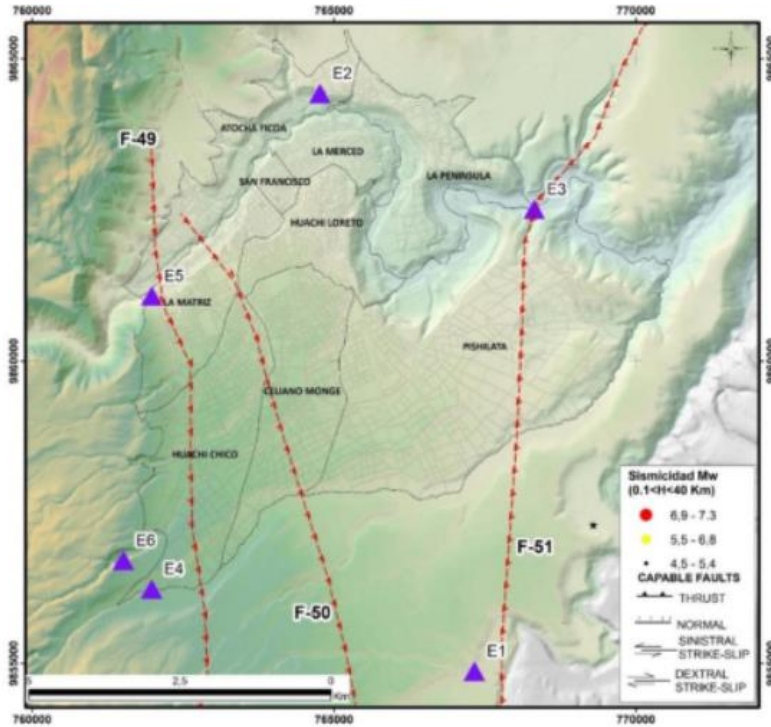


Malla de puntos Ambato suelo tipo "C"

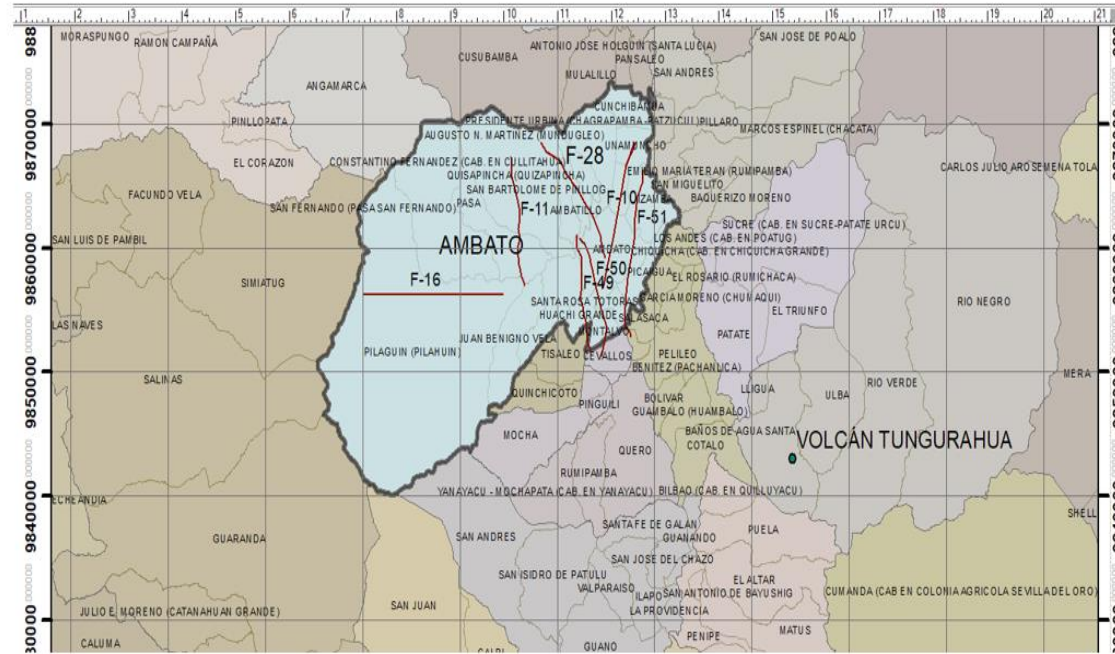


Malla de puntos Ambato suelo tipo "D"

## Microzonificación sísmica de Ambato



## Fallas activas



Catalogo sísmico

Fallas geológicas seleccionadas en el estudio de peligrosidad sísmica del área urbana y rural de Ambato

FALLA	$\delta$	$\lambda$	M	L (Km)	A (Km <sup>2</sup> )	W (Km)	TIPO
Ambato	45	90	6.5	16.3	97.80	6	Inversa Ciega
Huachi	45	90	6.3	12.04	72.24	6	Inversa Ciega
Totoras	45	90	6.5	17.65	105.90	6	Transcurrentes Inversa Ciega
F-10	45	90	6.1	15.0	120	8	Inversa
F11	45	90	6.6	11.0	99	9	Inversa
F-16	85	5	6.2	18.0	144	8	Cizalla Dextral
F-28	45	90	6.0	13.0	91	7	Normal

Falla opcit	tipo	Longitud (Km)	Prof. falla (Km)	Distancia más cercana falla Ambato (Km)	Admit.	Buz. Acero	Rake	Ancho de falla	Posicion estructural de falla	Máximo desplaz. (cm) desde Wel & Coppersmith, 1994	Magitud estimada desde Leonard, 2010	Magitud desde análisis de falla	Magitud desde Wesnousky (2006)	PGA desde Fukushima & Tanaka, 1994	Niveles de confiabilidad desde análisis geomorfológicos y morfológicos	Bibliografía referenciada
F-01	Cizalla dextral	28	9	47	40	85	+180	9	right-lateral	1.1	6.5	6.5	6.8	0.37	Defectuoso	Eguez et al., 2003
F-02	Inversa	19	9	36	25	45	-90	8	Footwall	0.9	6.4	6.3	6.7	0.26	Cierto	Eguez et al., 2003
F-03	Normal	14	9	35	13	45	-90	7	Hangingwall	0.8	6.1	6.0	6.7	0.32	Defectuoso	Eguez et al., 2003
F-04	Normal	17	9	32	20	45	-90	8	Hangingwall	0.9	6.3	6.2	6.7	0.34	Cierto	Eguez et al., 2003
F-05	Inversa	19	10	31	305	45	+90	8	Hangingwall	0.9	6.3	6.3	6.5	0.32	Cierto	Chunga, 2010
F-06	Inversa	23	10	32	62	45	+90	9	Hangingwall	1.0	6.4	6.4	6.7	0.34	Defectuoso	Chunga, 2010
F-07	Cizalla dextral	38	10	31	70	85	+180	10	right-lateral	1.3	6.7	6.7	6.9	0.38	Cierto	Eguez et al., 2003
F-08	Cizalla dextral	14	8	31	105	85	+180	7	right-lateral	0.8	6.2	6.1	6.8	0.34	Cierto	Chunga, 2010
F-09	Inversa	22	9	22	185	45	+90	8	Hangingwall	1.0	6.4	6.4	6.8	0.36	Cierto	Chunga, 2010
F-10	Inversa	15	10	20	32	45	+90	8	Footwall	0.8	6.1	6.1	6.3	0.30	Cierto	Eguez et al., 2003
F-11	Inversa	31	11	8	5	45	90	9	Footwall	1.2	6.7	6.6	6.8	0.36	Cierto	Eguez et al., 2003
F-12	Normal	11	8	22	95	45	-90	7	Footwall	0.7	6.0	5.9	6.6	0.32	Cierto	Chunga, 2010
F-13	Inversa	12	8	25	38	45	-90	7	Footwall	0.8	6.1	6.0	6.6	0.33	Cierto	Chunga, 2010
F-14	Cizalla dextral	16	10	21	100	85	+180	8	right-lateral	0.9	6.2	6.2	6.6	0.32	Cierto	Chunga, 2010
F-15	Inversa	16	11	22	20	45	+90	8	Footwall	0.9	6.2	6.2	6.4	0.29	Cierto	Chunga, 2010
F-16	Cizalla sinistral	18	12	7	91	85	+5	8	left-lateral	0.9	6.2	6.2	6.6	0.28	Cierto	Chunga, 2010
F-17	Inversa	15	9	35	80	45	+90	8	Footwall	0.8	6.2	6.1	6.3	0.33	Cierto	Chunga, 2010
F-18	Inversa	15	10	41	205	45	+90	7	Footwall	0.8	6.0	6.0	6.2	0.28	Cierto	Chunga, 2010
F-19	Cizalla sinistral	31	12	38	110	85	+5	9	left-lateral	1.1	6.7	6.6	6.9	0.34	Cierto	Chunga, 2010
F-20	Inversa	13	10	38	30	45	+90	7	Footwall	0.8	6.1	6.0	6.2	0.30	Cierto	Chunga, 2010



### MODELOS UTILIZADOS 2018

- Campbell y Borzognia Y, 2013.
- Chiou y Youngs, 2013
- Abrahamson et al., 2013

Parámetro	C&B -14	C&Y -14	ASK -14	Zha o-16	B&A -08	Idris -14
$M$	X	X	X	X	X	X
$Z_{TOR}$	X	X	X	---	---	---
$F_{RV}, F_{NM}, SS$	X	X	X	X	X	X
$R_{rup}$	X	X	X	X	---	X
$R_{JB}$	X	X	X	X	X	---
$R_x$	X	X	X	X	---	X
$R_{yo}$	---	---	X	---	---	---
$F_{HW}$	X	X	X	---	X	---
$V_{s30}$	X	X	X	X	---	X
$Z_{1.5}(X); Z_1(XX)$	X	XX	XX	---	XX	---
$Z_{hyp}$	X	X	---	X	---	X
$X^v$	---	---	---	X	---	---

### MODELOS UTILIZADOS 2022

- Campbell y Borzognia Y, 2013.
- Chiou y Youngs, 2013
- Abrahamson et al., 2013
- Zhao et al., 2016
- Atkinson y Boore, 2008
- Akkar y Bommer 2014

Parámetro	C&B -2014	C&Y -2014	ASK -2014	Z et al. -2016	B&A -2008	I -2014
Magnitud Mínima	3.30	3.50	3.00	x	5.00	5.00
Magnitud Máxima	8.50	8.00	8.50	x	8.50	8.50
Magnitud máxima falla transcurrente	8.50	8.50	8.50	x	8.50	8.50
Magnitud máxima falla inversa	8.00	8.00	8.50	x	8.50	8.00
Magnitud máxima falla normal	7.50	8.00	8.50	x	7.00	8.00
Número de registros de fallas Normales	8313	12,244	26	1658	x	70
Número de registros de fallas Inversas	322	2,587	79	3117	x	1490
Número de registros de fallas transcurrentes	1561	x	221	1182	x	899
Datos de Sismos	California, worldwide earthquakes	California	California, Japón, China, Taiwan	J, USA, Iran	California	California, Taiwan, USA, Canada, Georgia, Greece, Iran, Italy Mexico, Turkey
$R_{rup}$ (Km)	(0 - 300)	(0 - 300)	(0 - 300)	x	(0 - 400)	(0.2 - 175)
$V_{s30}$ (m/s)	(150-1500)	(180-1500)	(180-1500)	$200 \leq V_{s30} > 600$	$180 \leq V_{s30} > 1300$	$450 \leq V_{s30} > 1200$
$Z_{TOR}$ (Km)	$\leq 20$	$\leq 20$	$\leq 20$	x	x	x
$Z_{HYP}$ (Km)	$\leq 20$	x	x	x	x	x
$Z_{2.5} - Z_{10}$ (Km)	(0 - 10)	(0 - 10)	x	x	(0 - 3)	x

## COMPONENTE VERTICAL DE MOVIMIENTOS FUERTES DEL TERRENO

## Selección GMPE'S

- Modelo de Campbell y Bozorgnia (2016)

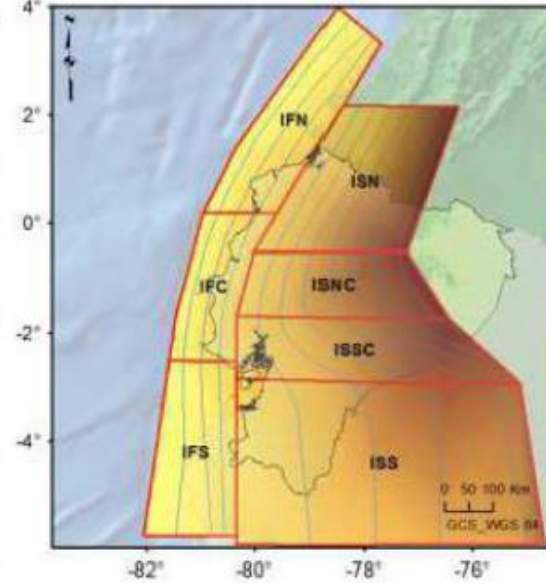
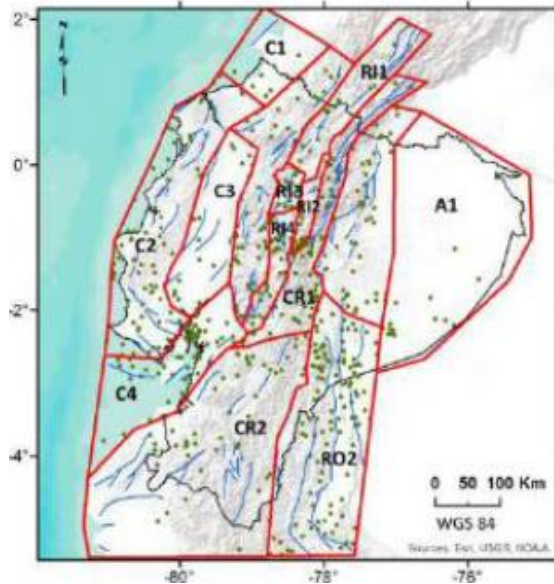
$$\ln Y_V = f_{mag} + f_{dis} + f_{flt} + f_{hng} + f_{site} + f_{sed} + f_{hyp} + f_{dip} + f_{atn}$$

- Modelo de Gülerce et al. (2017)

$$\begin{aligned} \ln Sa_{(g)} &= f_1(M, R_{RUP}) + F_{RV}f_7(M) + F_Nf_8(M) + F_{AS}f_{11}(CR_{jb}) + f_5(V_{S30}) \\ &+ F_{HW}f_4(R_{jb}, R_{rup}, R_x, R_{y0}, W, dip, Z_{TOR}, M) + f_6(Z_{TOR}) + Regional(V_{S30}, R_{rup}) \end{aligned}$$

### ZONAS FUENTE

### PARRA 2016



ÁREA FUENTE	CÓD.	ÁREA	$m_0$	$M_{max}$	$\Delta$	$\alpha$	$\beta$	$\sigma_\beta$	$\dot{N}(m_0)$	$\dot{N}(m_0)/\text{ÁREA}$
<b>Sismicidad Cortical</b>										
Costa 1	C1	12950	4.0	5.9	1.2	10.74	1.99	1.65	0.32	2.47E-05
Costa 2A *	C2A	41619	4.0	4.8	0.0	17.42	2.96	0.29	2.54	6.10E-05
Costa 2B *	C2B	41619	4.9	6.8	0.4	10.96	1.59	0.70	0.27	6.44E-06
Costa 3	C3	19402	4.0	7.0	0.2	15.65	3.03	0.95	0.68	3.49E-05
Costa 4A *	C4A	24492	4.0	4.6	0.0	17.85	3.33	0.43	1.82	7.44E-05
Costa 4B *	C4B	24492	4.7	6.9	0.3	13.29	2.30	1.14	0.24	9.60E-06
Western Cordillera	CO1	24433	4.0	6.7	0.5	15.72	2.88	0.52	1.31	5.35E-05
Región Interandina 1	RI1	14389	4.0	6.9	0.4	7.96	0.98	0.31	0.26	1.79E-05
Región Interandina 2	RI2	3035	4.0	5.8	0.8	18.52	3.77	0.95	0.62	2.04E-04
Región Interandina 3	RI3	2778	4.0	6.6	0.3	9.41	1.47	0.47	0.34	1.20E-04
Región Interandina 4	RI4	6200	4.0	6.7	0.9	11.29	1.60	0.27	0.60	9.71E-05
Cordillera Real 1	CR1	18107	4.0	6.8	0.6	13.25	1.86	0.21	1.51	8.36E-05
Cordillera Real 2	CR2	74991	4.0	6.9	0.4	18.16	3.45	0.54	1.55	2.07E-05
Región Oriental 1	RO1	27569	4.0	6.8	0.3	15.59	2.83	0.46	1.40	5.07E-05
Región Oriental 2	RO2	47101	4.0	7.1	0.4	15.09	2.15	0.19	2.95	6.25E-05
Región Amazónica	A1	60682	4.0	5.0	0.2	12.68	2.43	1.21	0.38	6.23E-06
<b>Sismicidad Interfase</b>										
Interfase Norte A *	IFN_A	59914	4.0	5.9	0.0	14.06	1.87	0.10	6.61	1.10E-04
Interfase Norte B *	IFN_B	59914	6.0	8.8	0.7	8.74	1.00	0.37	0.14	2.37E-06
Interfase Centro A *	IFC_A	39396	4.0	5.3	0.0	14.55	2.09	0.14	4.48	1.14E-04
Interfase Centro B *	IFC_B	39396	5.4	7.9	0.1	10.29	1.30	0.39	0.24	6.12E-06
Interfase Sur	IFS	59122	4.0	7.5	0.4	13.99	1.87	0.11	6.21	1.05E-04
<b>Sismicidad In-Slab</b>										
In-slab Norte	ISN	81870	4.0	7.2	0.4	10.49	1.54	0.29	0.69	8.43E-06
In-slab Norte Centro	ISNC	49806	4.0	7.0	0.5	12.18	1.64	0.17	2.65	5.33E-05
In-slab Sur Centro	ISSC	66315	4.0	7.5	0.1	13.47	1.82	0.12	4.44	6.70E-05
In-slab Sur	ISS	202155	4.0	7.7	0.2	13.21	1.67	0.09	6.41	3.17E-05

BEAUVAI et al. (2018)

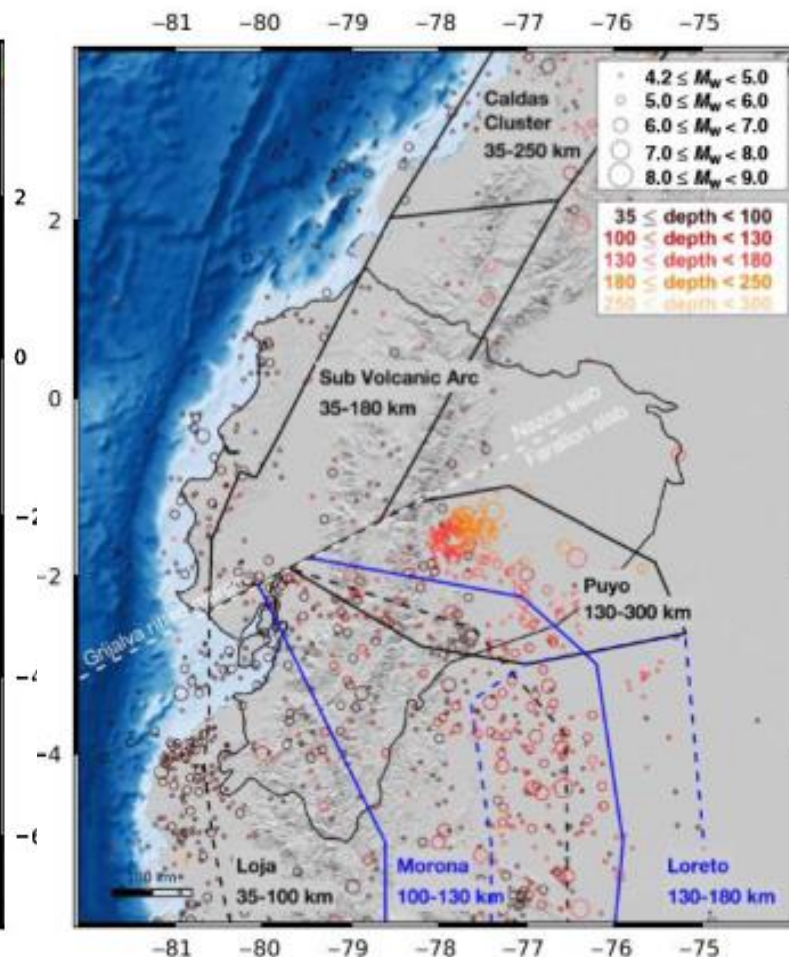
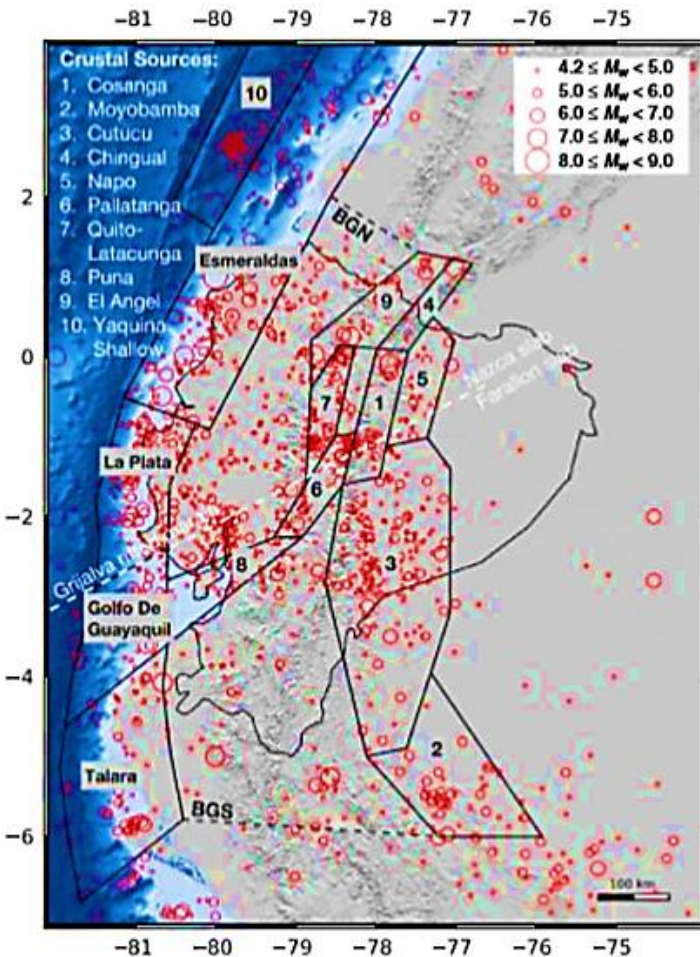


Table 3

Area Model, Parameters of Magnitude–Frequency Distributions, and Supplementary Information for Each Source Zone (relying on the BSSA2013 catalog)

Zone	<i>a</i>	<i>b</i>	$\lambda_{M_w \geq 4.5}$	$M_0$ for GR	Number of Events $\geq M_0$	$M_{maxobs}$	$M_{max}$	Depth Range
Cosanga	2.7701	0.71	0.3866	4.8	13	7.1	7.8	0–35*
Moyobamba	4.4484	0.98	1.082	4.8	28	6.9	7.7	0–35*
Cutucu	5.4443	1.17	1.436	4.5	69	7.0	7.8	0–35*
Chingual	3.0831	0.98 <sup>i</sup>	0.046	4.2	3	7.4	7.6	0–35*
Napo	3.4369	0.98 <sup>i</sup>	0.106	4.5	5	5.6	7.8	0–35*
Pallatanga	2.8012	0.73	0.341	4.5	18	7.6	7.9	0–35*
Quito Latacunga	2.6797	0.70	0.336	4.5	17	6.4	7.3	0–35*
Puna	3.5830	0.98 <sup>i</sup>	0.149	4.5	7	5.2	7.5	0–35*
El Angel	3.4503	0.98 <sup>i</sup>	0.127	4.5	9	7.2	7.7	0–35*
Yaquina Shallow	6.7516	1.39	3.012	4.8	55	6.1	6.6	0–50*
Esmeraldas	4.0002	0.81	2.341	4.8	74	8.8(8.4 <sup>†</sup> )	8.8	3–50 <sup>§</sup>
La Plata	3.5598	0.80	0.915	4.5	46	6.7	8.0	3–40 <sup>§</sup>
Golfo de Guaya	3.4765	0.84	0.492	4.5	25	7.5	7.8	3–40 <sup>§</sup>
Talara	4.3639	0.91	1.916	4.8	53	7.1	8.2	3–40 <sup>§</sup>
Loja	6.8273	1.33	6.718	4.8	130	7.2	7.7	35–100*
Morona	4.4742	0.89	2.958	4.8	84	7.3	7.8	100–130*
Puyo	5.3015	1.05	3.6	4.8	88	7.5	8.0	130–300*
Subvolcanic arc	5.0710	1.11	1.141	4.5	55	6.7	7.2	35–180*
Caldas cluster	4.7058	1.05	0.987	4.8	24	6.7	7.2	35–250*
Loreto	7.3757	1.62	1.279	4.8	20	7.5	8.0	130–180*
BGN <sup>l</sup>	4.5245	1.09	0.428	4.8	10	6.4	7.0	0–35*
BGS <sup>l</sup>	4.5428	1.04	0.697	4.5	36	7.2	7.5	0–35*

*a*- and *b*-values of the Gutenberg–Richter (GR) model using the BSSA2013 catalog, annual exceedance rate of  $M_w$  4.5, minimum magnitude used in the recurrence modeling, number of events to derive the model (inside periods of completeness), maximum observed magnitude, and maximum magnitude bounding the recurrence model.

<sup>†</sup>A probability density function for the depth is built from the depths of earthquakes belonging to each source, distributing earthquakes between the minimum and maximum depths.



### NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures

Volume I: Part 1 Provisions, Part 2 Commentary  
FEMA P-1050-1/2015 Edition

#### Factores de Amplificación para el PGA

Suelo	$\leq 0.1$	$PGA = 0.2$	$PGA = 0.3$	$PGA = 0.4$	$PGA = 0.5$	$PGA \geq 0.6$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
C	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
D	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1
E	2.4	4.9	1.6	1.4	1.2	1.1

#### Factores de Amplificación para periodos cortos

Suelo	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$	$S_s \geq 1.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
C	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
D	1.6	1.4	1.2	1.2	1.0	1.0
E	2.4	4.9	1.3	-	-	-

#### Factores de Amplificación para periodos largos

Suelo	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 = 0.5$	$S_1 \geq 0.6$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
C	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
D	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
E	4.2	-	-	-	-	-





# ÍNDICE

1.-JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.-MARCO TEÓRICO

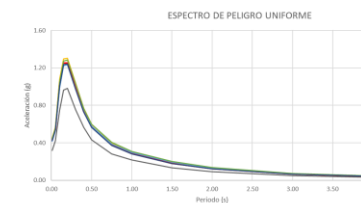
3.-METODOLOGÍA

4.-RESULTADOS

5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



R-CRISIS PROGRAM FOR COMPUTING SEISMIC HAZARD



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## Modelo del Terremoto Característico

Falla	$M_0$ (Dyn*cm)	$M_0$ (N*m)	$A=L*w$ ( $m^2$ )	$\dot{M}_0$ (kgf m/año)	$\dot{M}_0$ (N m /año)	$T_r$ (años)
Huachi	$3.16*10^{25}$	$3.16*10^{18}$	$72.24*10^6$	$7.585*10^{15}$	$7.585*10^{16}$	425.1
Ambato	$6.3*10^{25}$	$6.3*10^{18}$	$97.8*10^6$	$1.027*10^{15}$	$1.027*10^{16}$	626.5
Totora	$6.3*10^{25}$	$6.3*10^{18}$	$105.9*10^6$	$1.112*10^{15}$	$1.112*10^{16}$	578.6
F10	$4.47*10^{25}$	$4.47*10^{18}$	$120*10^6$	$1.260*10^{15}$	$1.260*10^{16}$	361.5
F11	$3.16*10^{25}$	$3.16*10^{18}$	$99*10^6$	$1.040*10^{15}$	$1.040*10^{16}$	310.2
F16	$6.31*10^{25}$	$6.31*10^{18}$	$144*10^6$	$1.512*10^{15}$	$1.512*10^{16}$	425.5
F28	$3.16*10^{25}$	$3.16*10^{18}$	$91*10^6$	$9.555*10^{15}$	$9.555*10^{16}$	337.4

Falla de Huachi				Falla de Totoras			
$m$	$\dot{N}_{(m)}$	$\tilde{N}_{(m)}$	$T_r$	$m$	$\dot{N}_{(m)}$	$\tilde{N}_{(m)}$	$T_r$
4.5	0.0510	0.0305	32.82	4.5	0.0530	0.0312	32.04
5.0	0.0205	0.0131	76.05	5.0	0.0218	0.0135	74.25
5.5	0.0074	0.0057	176.24	5.5	0.0083	0.0058	172.06
6.0	0.0017	0.0017	276.43	6.0	0.0025	0.0025	398.73
6.3	0.0000	0.0000	336.54	6.5	0.0000	0.0000	625.40

Falla F16				Falla F28			
$m$	$\dot{N}_{(m)}$	$\tilde{N}_{(m)}$	$T_r$	$m$	$\dot{N}_{(m)}$	$\tilde{N}_{(m)}$	$T_r$
4.5	0.0720	0.0424	23.58	4.5	0.0650	0.0388	25.75
5.0	0.0296	0.0183	54.65	5.0	0.0262	0.0168	59.67
5.5	0.0113	0.0079	126.66	5.5	0.0094	0.0072	138.28
6.0	0.0034	0.0034	293.51	6.0	0.0022	0.0022	216.89
6.5	0.0000	0.0000	460.37	6.3	0.0000	0.0000	295.50

Falla F10				Falla F11			
$m$	$\dot{N}_{(m)}$	$\tilde{N}_{(m)}$	$T_r$	$m$	$\dot{N}_{(m)}$	$\tilde{N}_{(m)}$	$T_r$
4.5	0.0720	0.0427	23.43	4.5	0.0700	0.0418	23.91
5.0	0.0293	0.0184	54.30	5.0	0.0282	0.0180	55.41
5.5	0.0109	0.0079	125.82	5.5	0.0101	0.0078	128.40
6.0	0.0030	0.0030	338.63	6.0	0.0023	0.0023	201.40
6.4	0.0000	0.0000	551.44	6.3	0.0000	0.0000	274.40

- Modelo de Gutenberg y Richter modificado

M	TASA ANUAL ACUMULADA	TASA ANUAL NO ACUMULADA	PERÍODO DE RECURRENCIA
	$\dot{N}_{(m)}$	$\tilde{N}_{(m)}$	A
4.5	0.0490	0.0289	34.65
5.0	0.0201	0.0125	80.31
5.5	0.0077	0.0054	186.11
6.0	0.0023	0.0023	431.28
6.5	0.0000	0.0001	676.45

## Periodo de Recurrencia

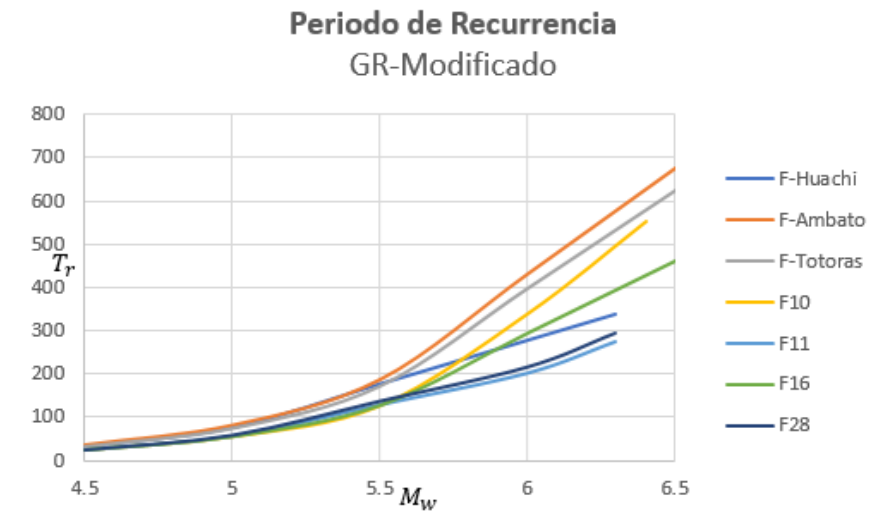
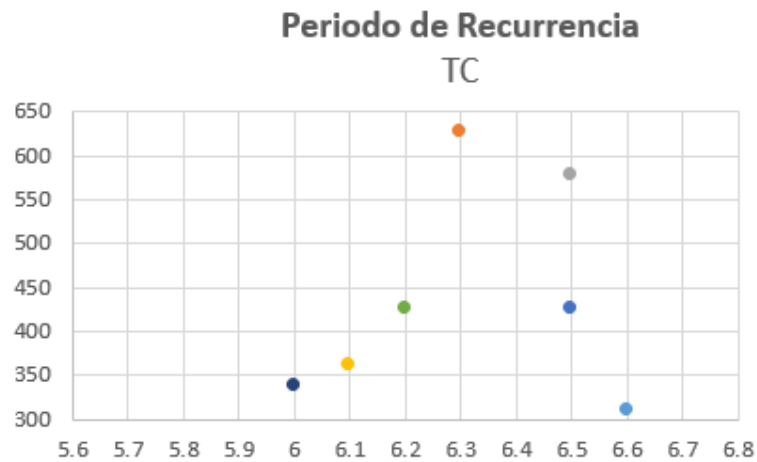
Para conocer el período de recurrencia de estos sismos de magnitud máxima se tienen dos formas:

- Modelo del Terremoto Característico

Falla	$T_r$ (años)
Huachi	425.1
Ambato	626.5
Totora	578.6
F10	361.5
F11	310.2
F16	425.5
F28	337.4

- Modelo de Gutenberg y Richter modificado

FALLA							
Magnitud	F-Huachi	F-Ambato	F-Totoras	F10	F11	F16	F28
$m$	$T_r$	$T_r$	$T_r$	$T_r$	$T_r$	$T_r$	$T_r$
4.5	32.82	34.65	32.04	23.43	23.91	23.58	25.75
5	76.05	80.31	74.25	54.3	55.41	54.65	59.67
5.5	176.24	186.11	172.06	125.82	128.4	126.66	138.28
6	276.43	431.28	398.73	338.63	201.4	293.51	216.89
6.5	336.54	676.45	625.4	551.44	274.4	460.37	295.5



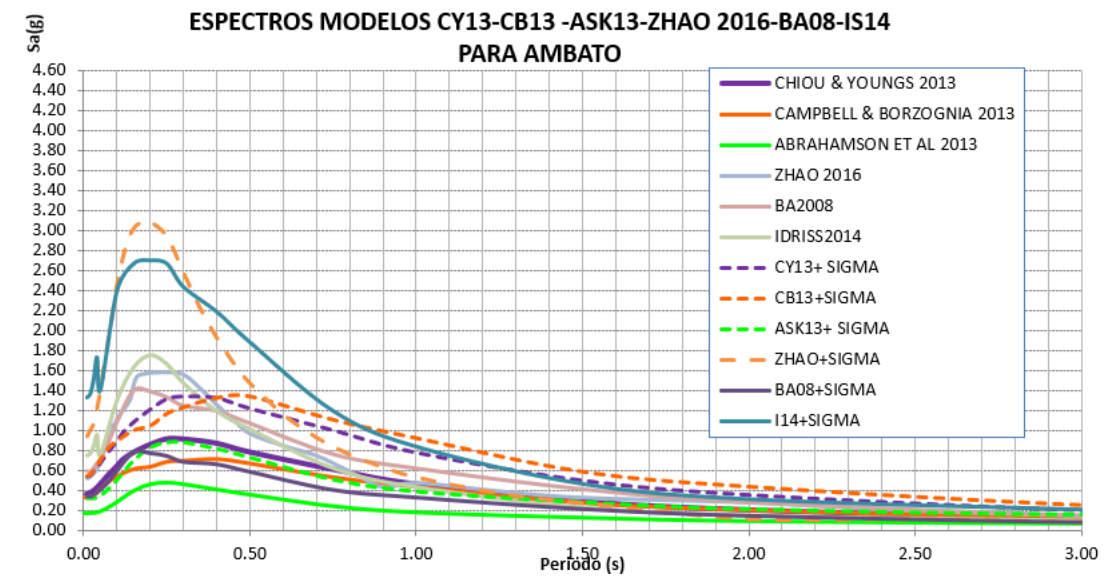
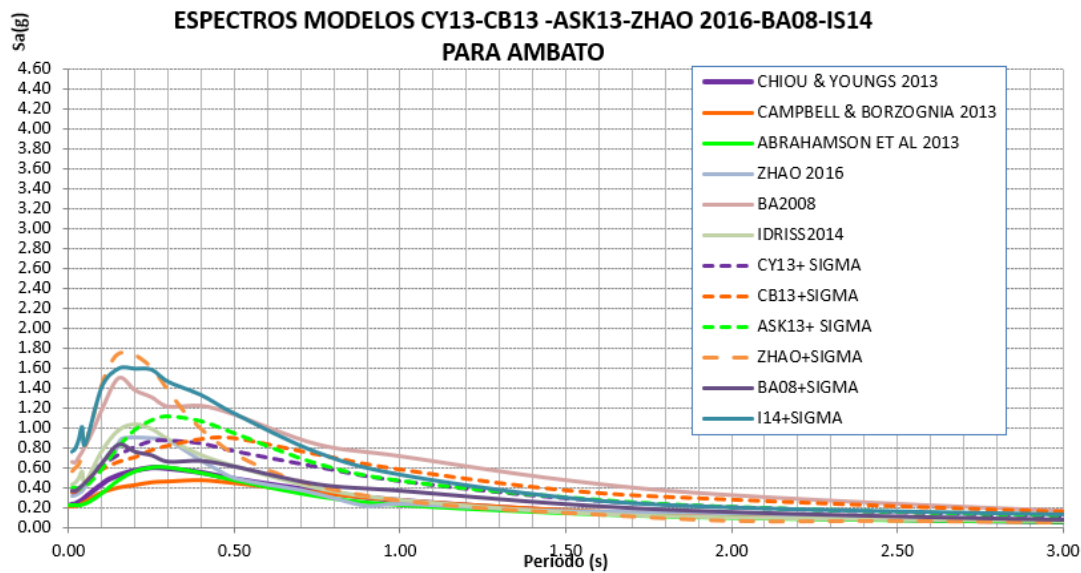
Espectros Promedio

SUELO TIPO C

ESPECTROS DE ACELERACIÓN HORIZONTAL

Sismo de magnitud máxima (M=6.5) falla de Ambato ZR

Sismo de magnitud máxima (M=6.5) falla de Ambato

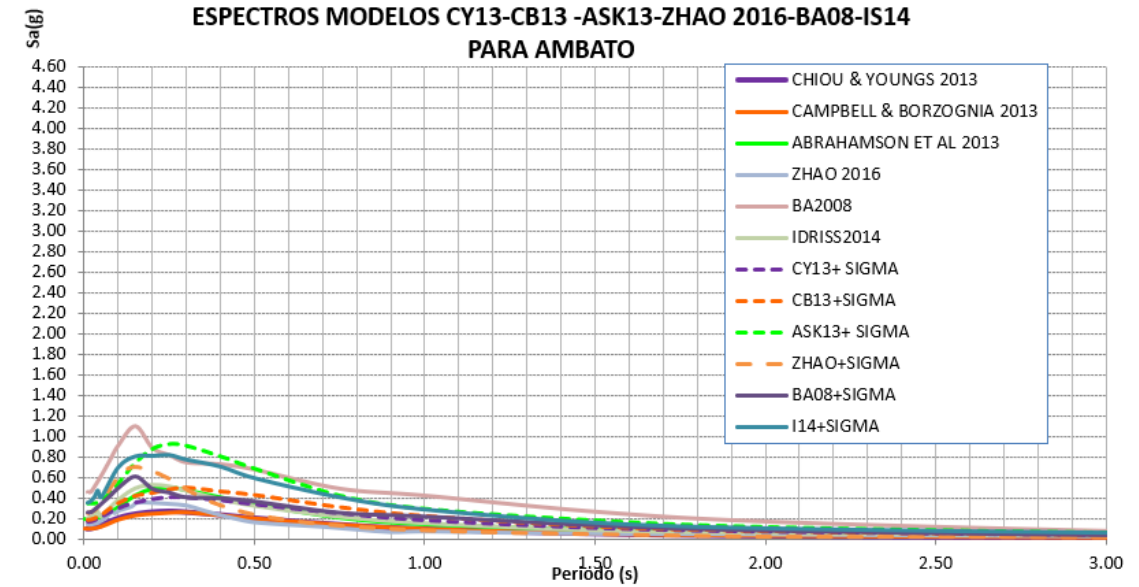
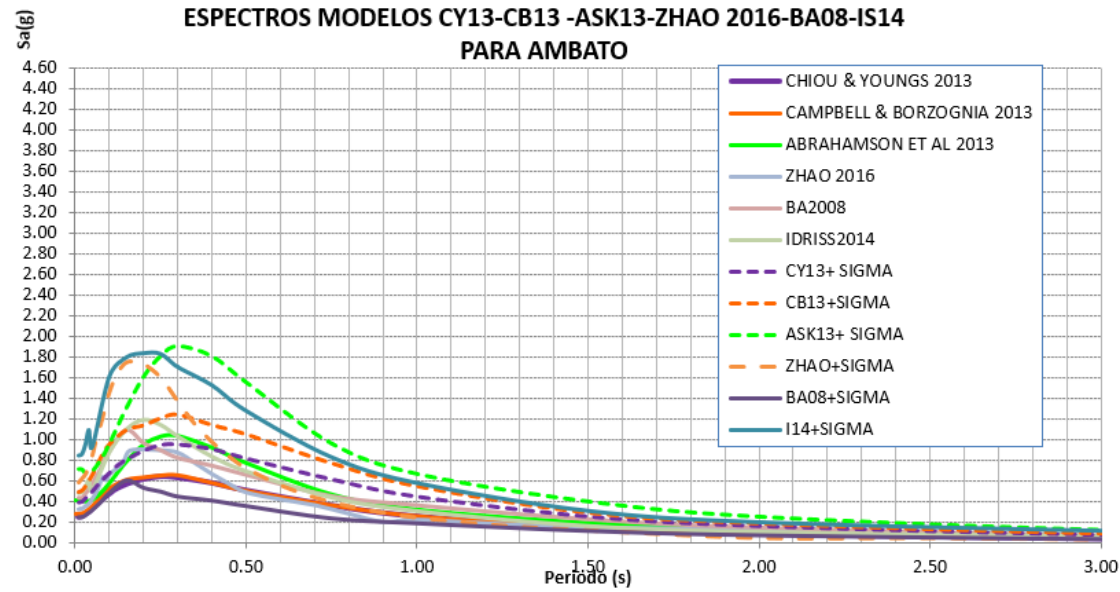


Espectros Promedio

SUELO TIPO C

Sismo de magnitud máxima (M=6.3) falla de Huachi ZU

Sismo de magnitud máxima (M=6.3) falla de Huachi

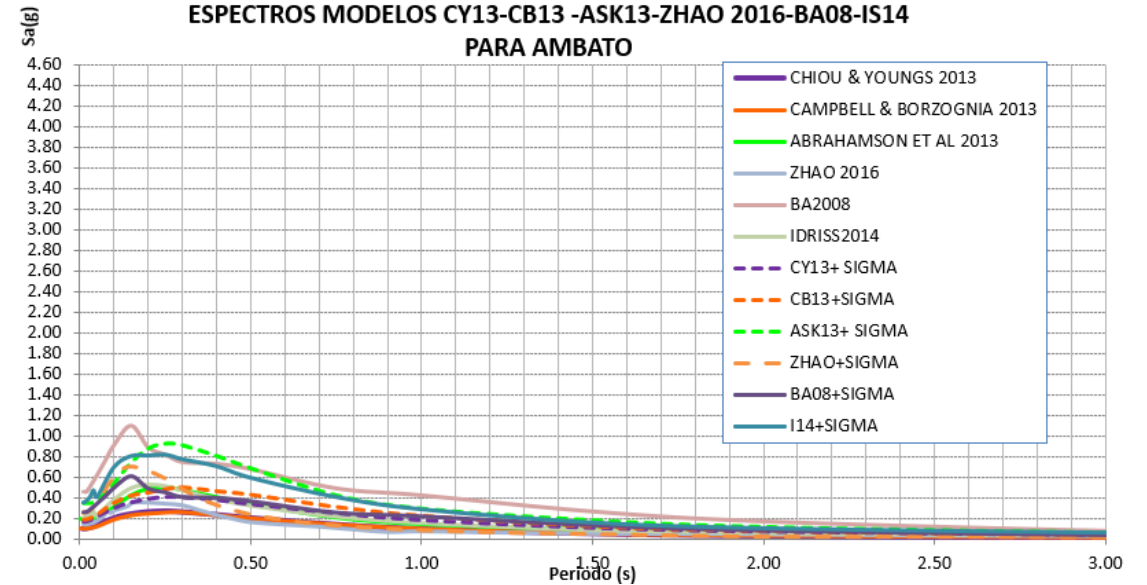
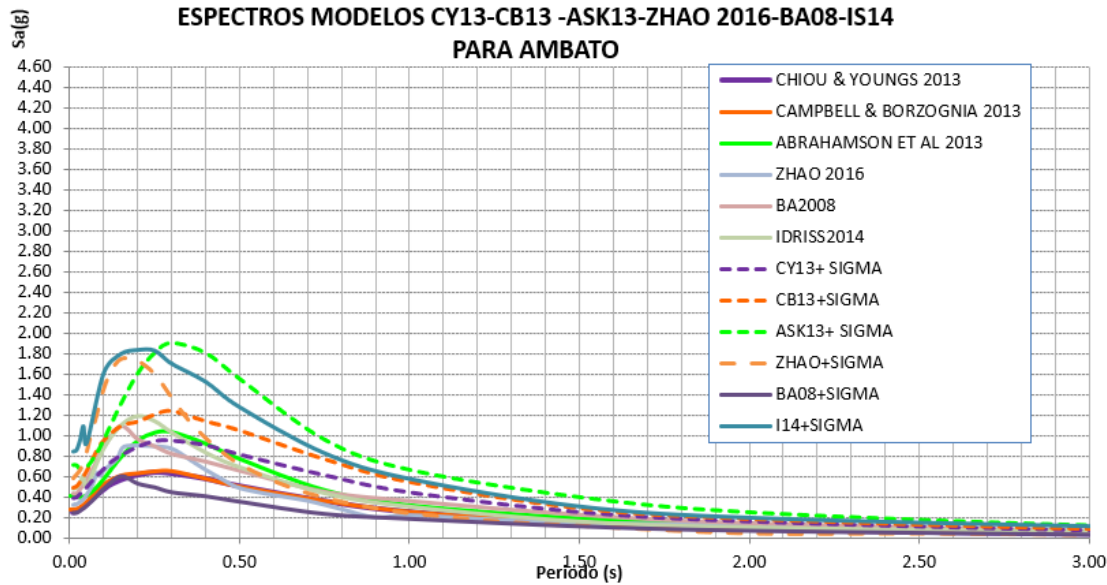


Espectros Promedio

SUELO TIPO C

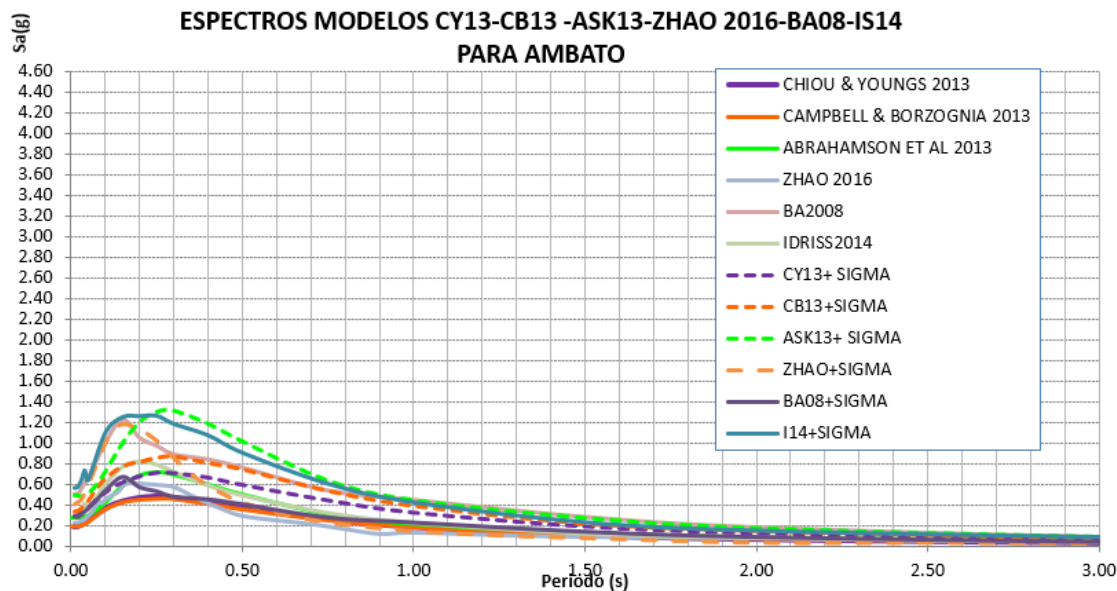
Sismo de magnitud máxima (M=6.5) falla de Totoras ZU

Sismo de magnitud máxima (M=6.5) falla de Totoras



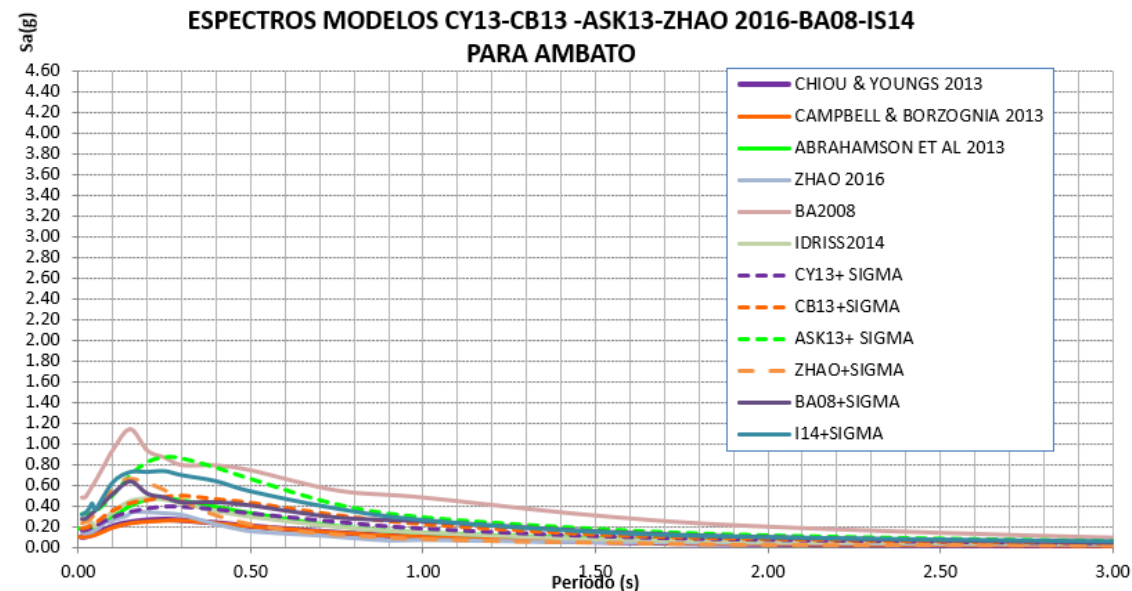
Espectros Promedio

Sismo de magnitud máxima (M=6.1) F-10 ZU



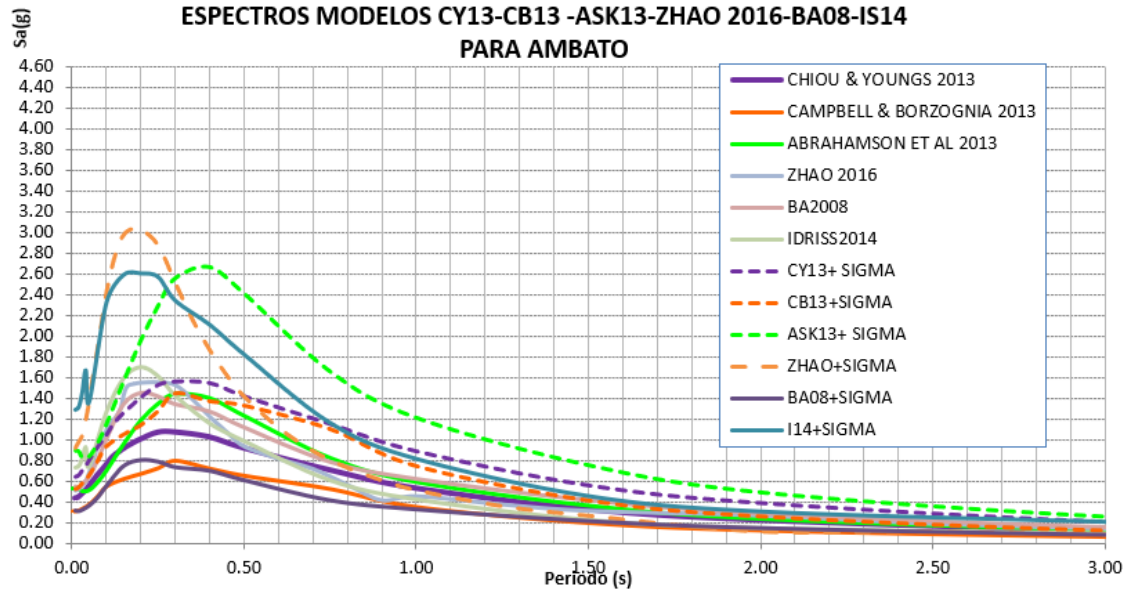
SUELO TIPO C

Sismo de magnitud máxima (M=6.1) F-10



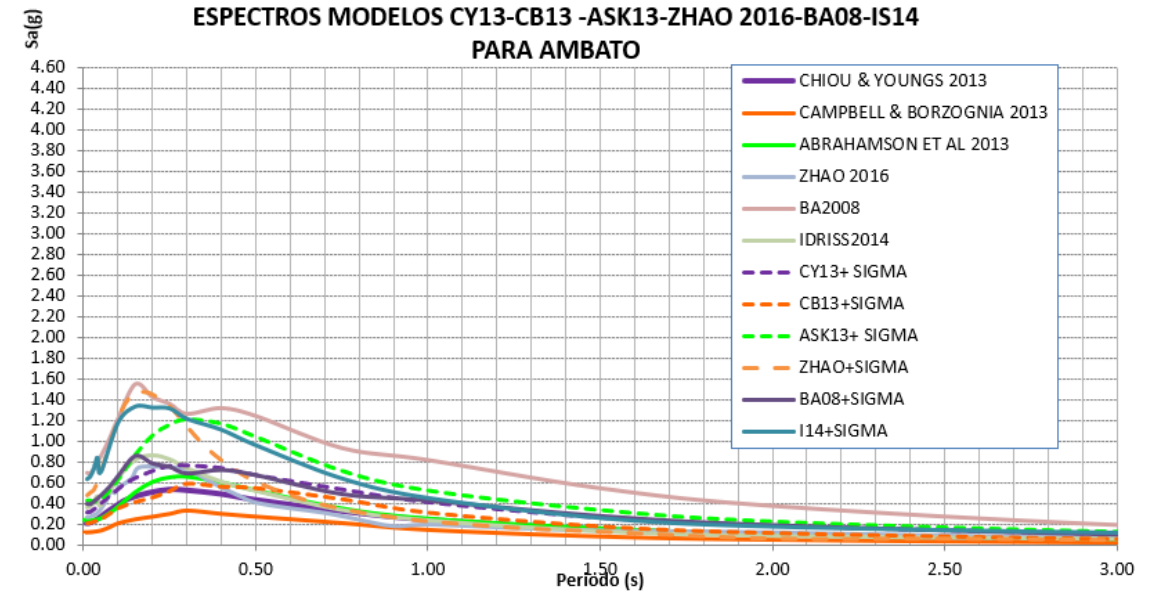
## Espectros Promedio

Sismo de magnitud máxima (M=6.6) F-11 ZU



## SUELO TIPO C

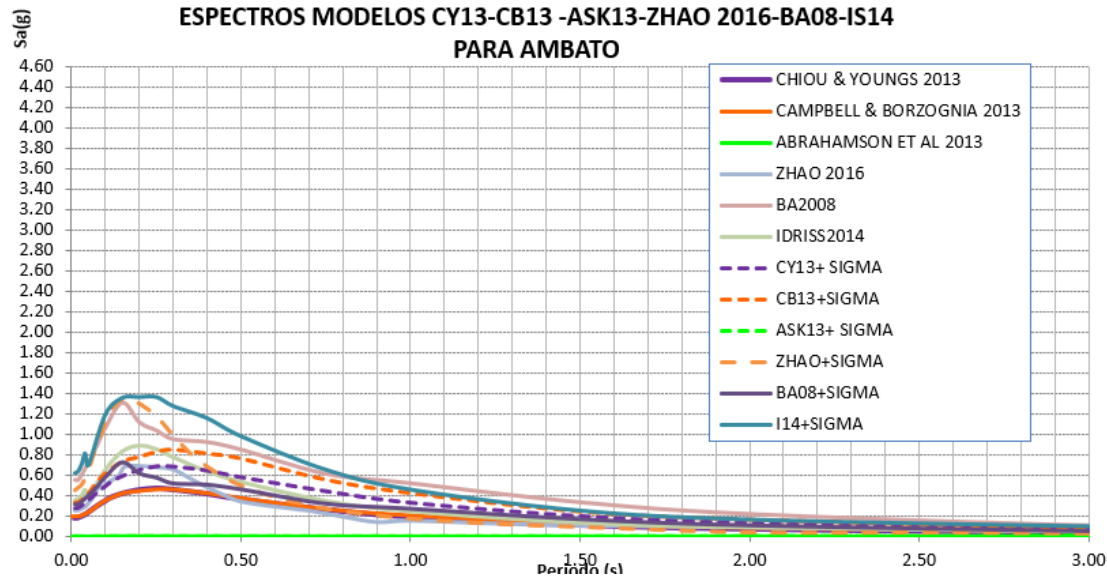
Sismo de magnitud máxima (M=6.6) F-11





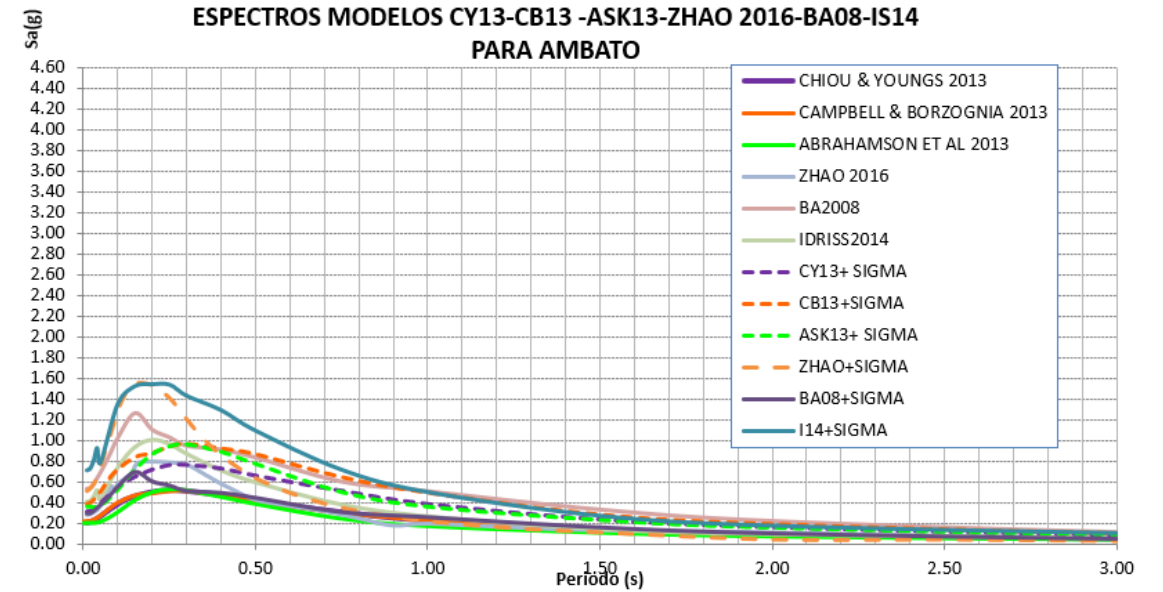
## Espectros Promedio

Sismo de magnitud máxima (M=6.2) falla F-16 ZU



## SUELO TIPO C

Sismo de magnitud máxima (M=6.2) falla F-16

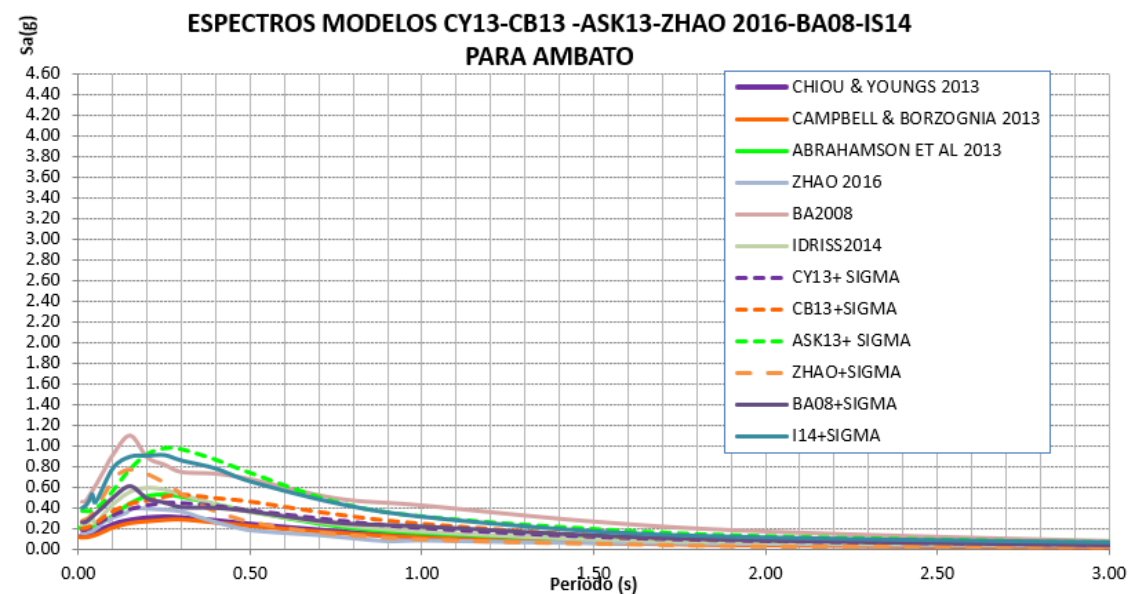
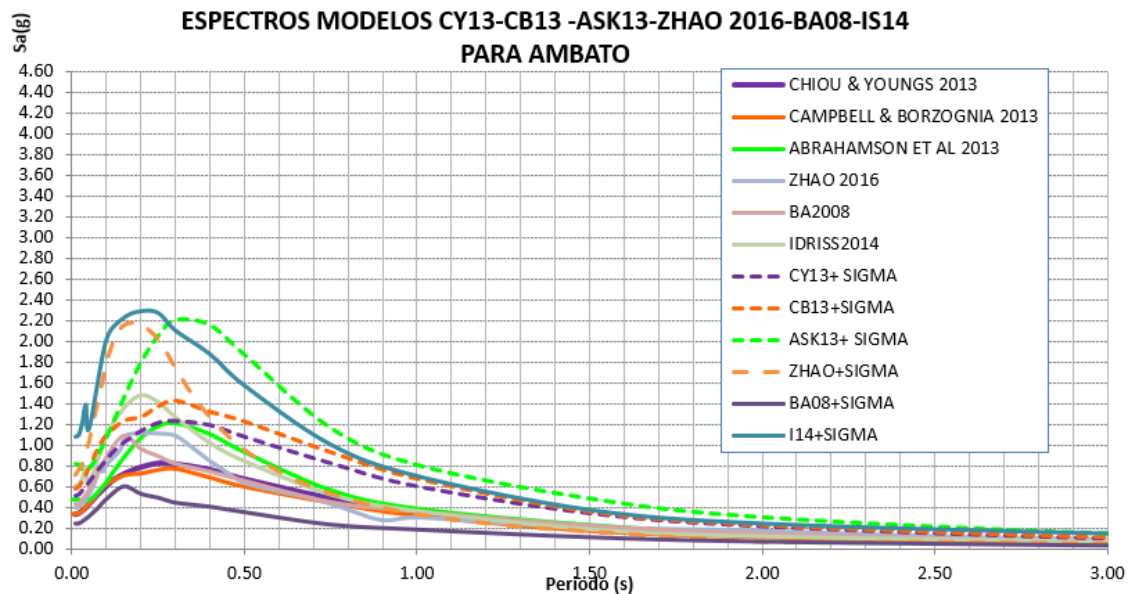


## Espectros Promedio

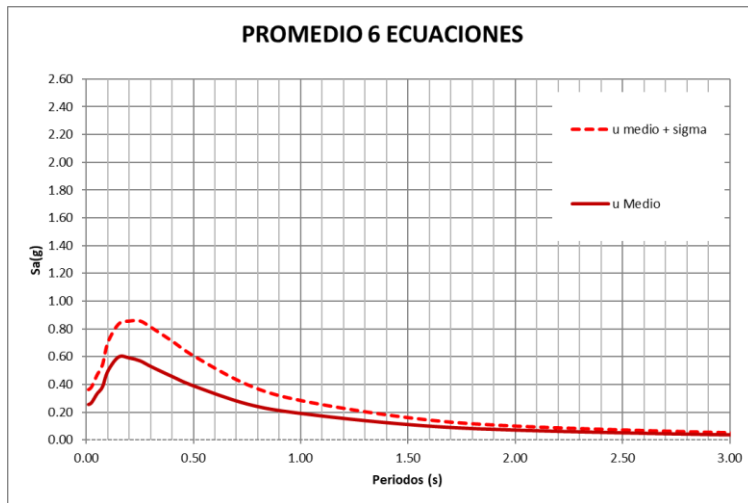
## SUELO TIPO C

Sismo de magnitud máxima (M=6.0) F-28 ZU

Sismo de magnitud máxima (M=6.0) F-28



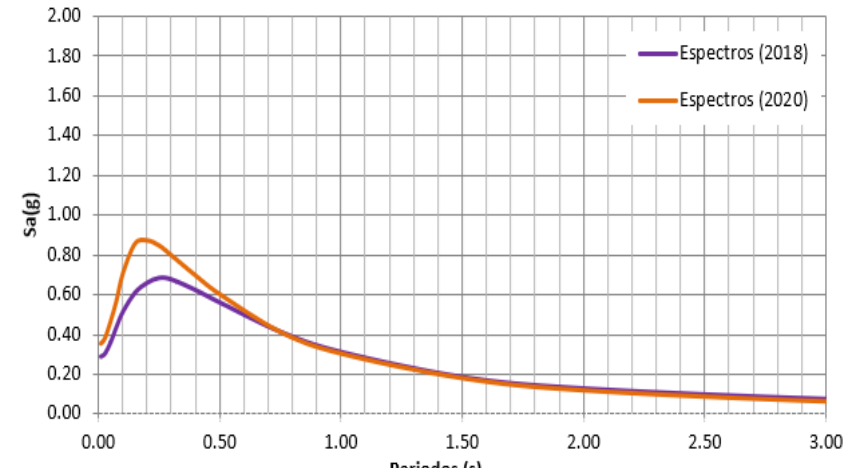
SUELO TIPO C



PERIODO(S)	Espectros de Control	
	DBE (g)	MCE (g)
0.01	0.393	0.5663
0.02	0.404	0.5850
0.03	0.432	0.6265
0.05	0.509	0.7411
0.075	0.576	0.8416
0.1	0.743	1.0905
0.15	0.906	1.2983
0.2	0.931	1.3503
0.25	0.910	1.3634
0.3	0.853	1.2970
0.4	0.763	1.1773
0.5	0.662	1.0294
0.75	0.458	0.7134
1	0.343	0.5244
1.5	0.210	0.3157
2	0.143	0.2094
3	0.080	0.1229
4	0.050	0.0796
5	0.029	0.0342
7.5	0.015	0.0184
10	0.008	0.0106

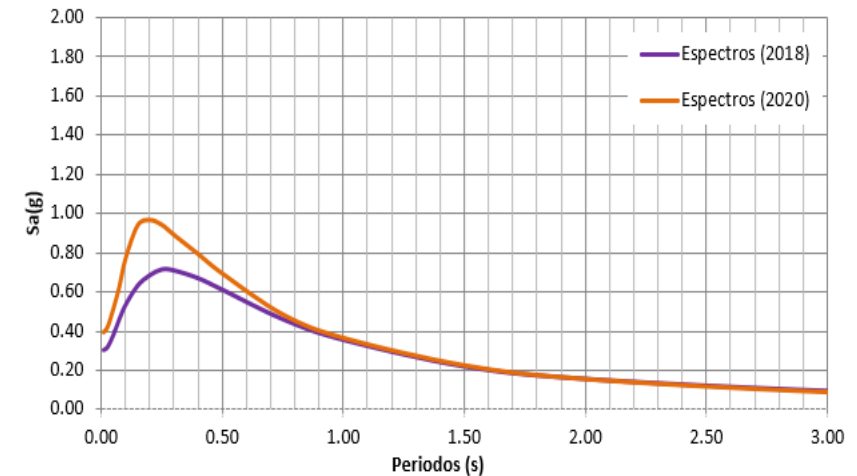
Promedio de los espectros – Espectros 2022

PROMEDIO VALOR MEDIO DE LAS ECUACIONES



Falla Huachi

PROMEDIO VALOR MEDIO DE LAS ECUACIONES



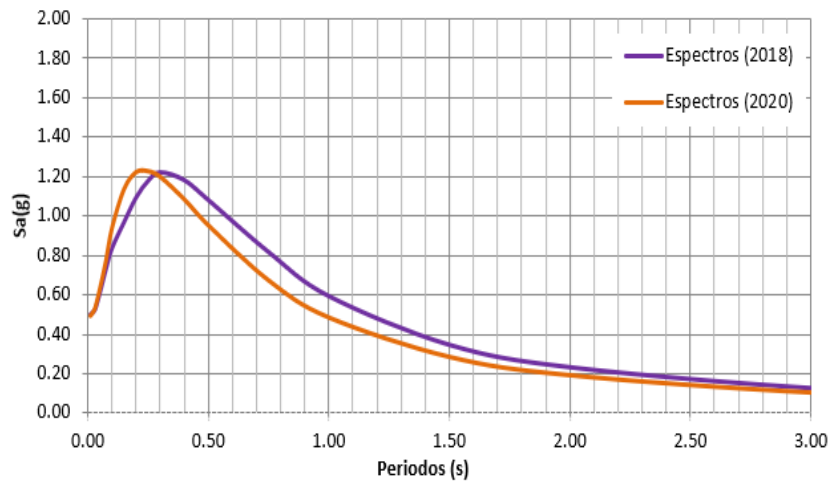
Falla Ambato

Espectros de Control DBE y MCE para un perfil sísmico C



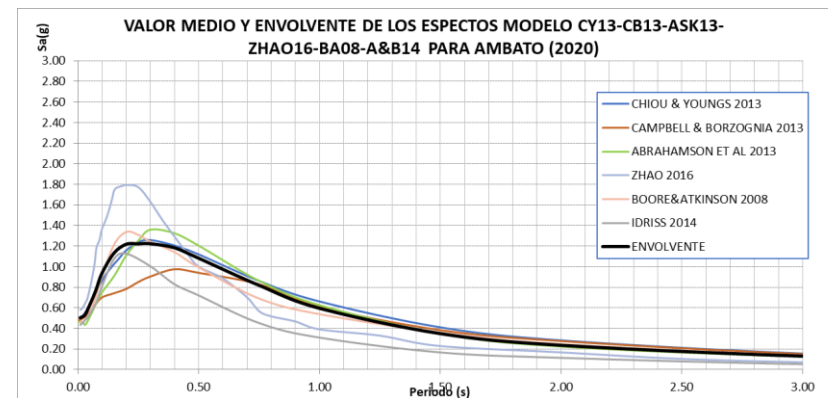
## Promedio de los espectros – Espectros 2022

### PROMEDIO VALOR MEDIO DE LAS ECUACIONES



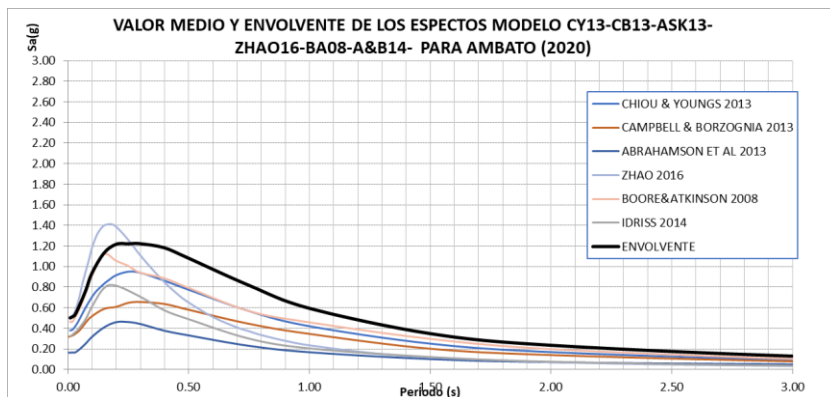
Falla Totoras

## SUELO TIPO C

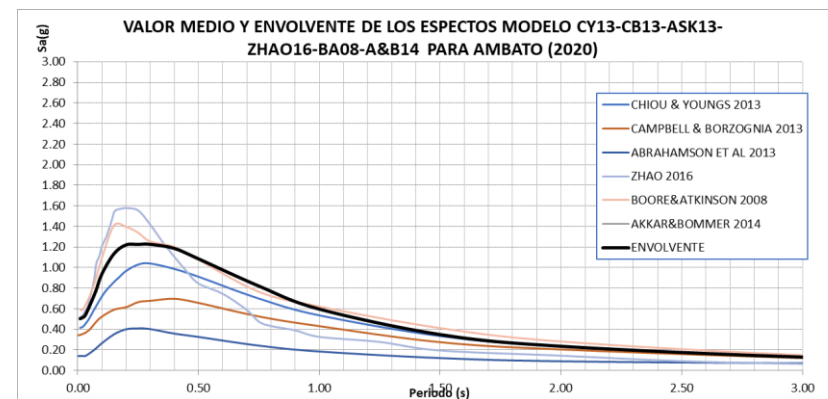


Falla Ambato

## Espectro Envolvente



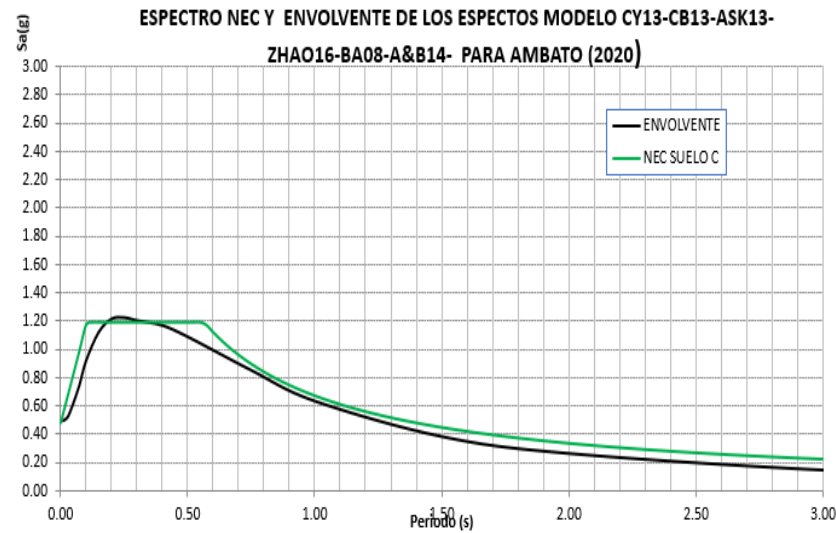
Falla Huachi



Falla Totoras

## SUELO TIPO C

Comparación de “Espectro Envolvente” con los espectros que reporta la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15

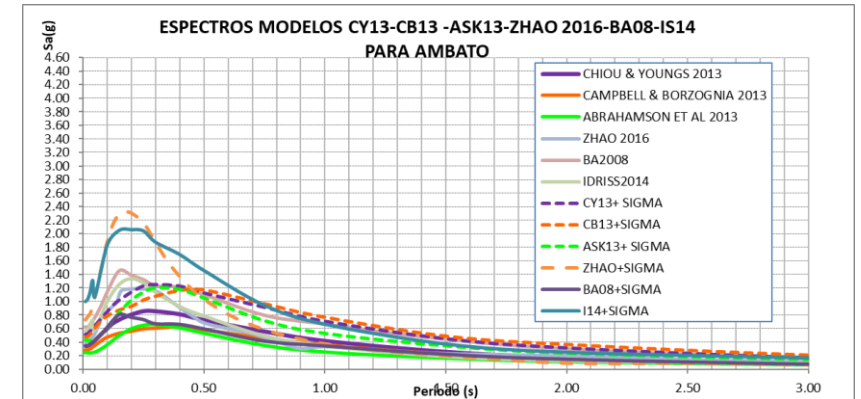


## ESPECTROS DE ACELERACIÓN HORIZONTAL

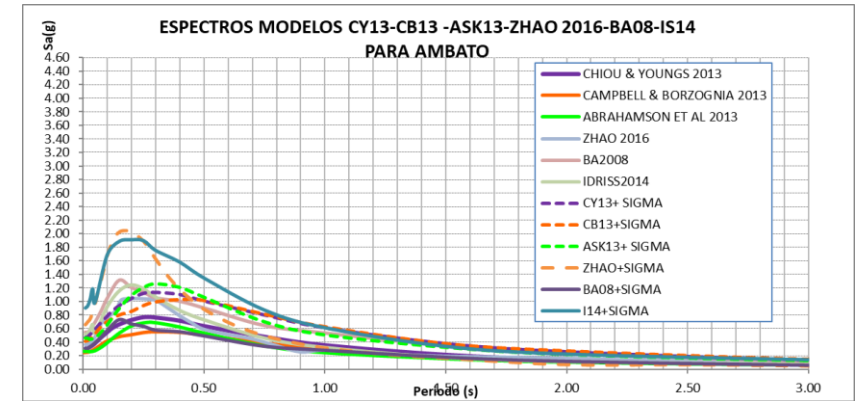
Espectros Promedio

SUELO TIPO D

Sismo de magnitud máxima (M=6.5) falla de Ambato



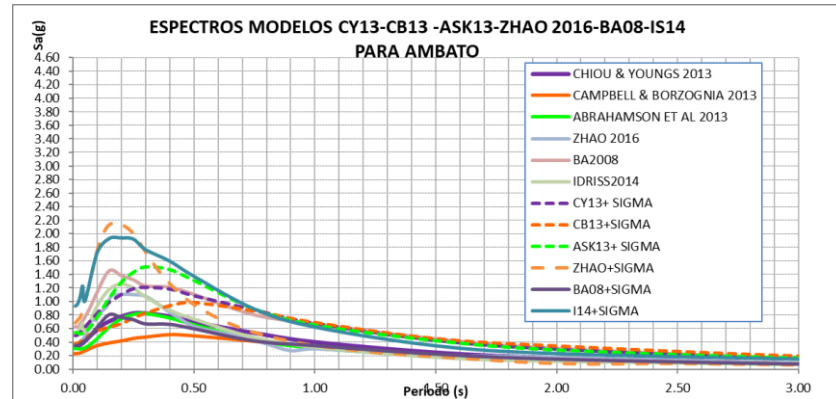
Sismo de magnitud máxima (M=6.3) falla de Huachi



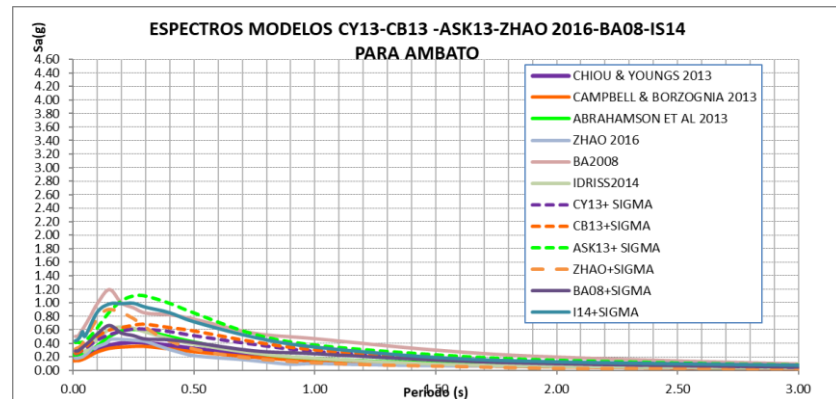
## ESPECTROS DE ACELERACIÓN HORIZONTAL

Espectros Promedio SUELO TIPO D

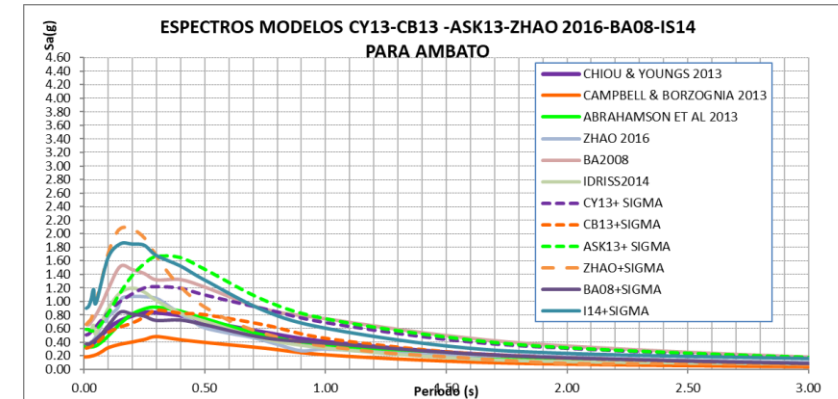
Sismo de magnitud máxima (M=6.5) falla de Totoras



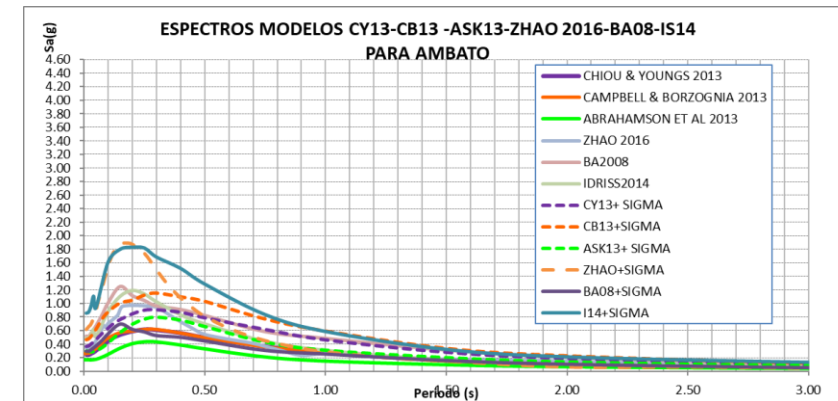
Sismo de magnitud máxima (M=6.1) F-10



Sismo de magnitud máxima (M=6.6) F-11



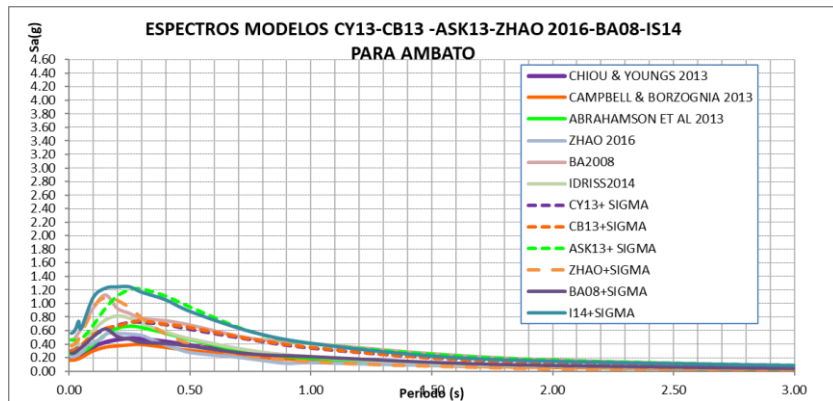
Sismo de magnitud máxima (M=6.2) falla F-16



## ESPECTROS DE ACELERACIÓN HORIZONTAL

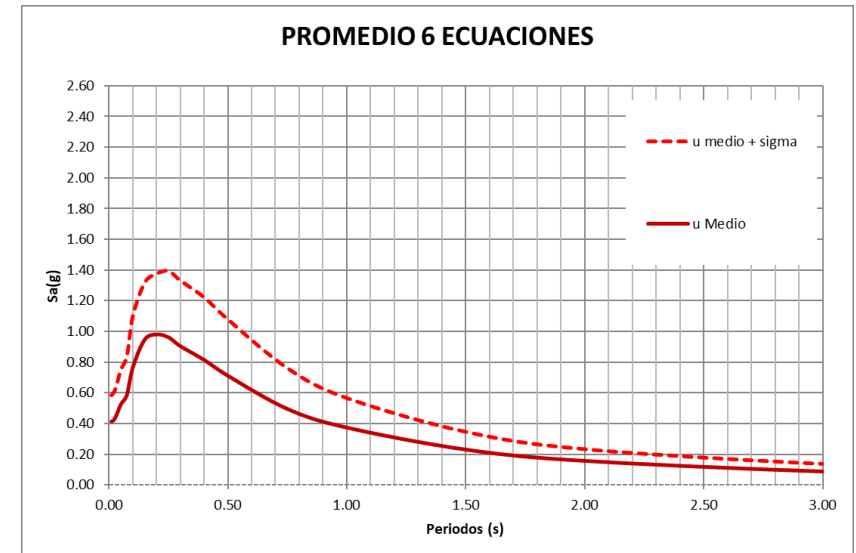
Espectros Promedio SUELO TIPO D

Sismo de magnitud máxima (M=6.0) F-28



PERIODO(S)	Espectros de Control	
	DBE (g)	MCE (g)
0.01	0.413	0.5836
0.02	0.422	0.6010
0.03	0.450	0.6406
0.05	0.525	0.7512
0.075	0.585	0.8384
0.1	0.765	1.1003
0.15	0.946	1.3189
0.2	0.979	1.3760
0.25	0.960	1.3944
0.3	0.903	1.3319
0.4	0.813	1.2223
0.5	0.710	1.0778
0.75	0.494	0.7600
1	0.373	0.5650
1.5	0.230	0.3448
2	0.157	0.2318
3	0.088	0.1358
4	0.055	0.0873
5	0.031	0.0370
7.5	0.016	0.0200
10	0.009	0.0115

Promedio seis ecuaciones suelo tipo "D", en la Falla Ambato, Vs30=300 m/s



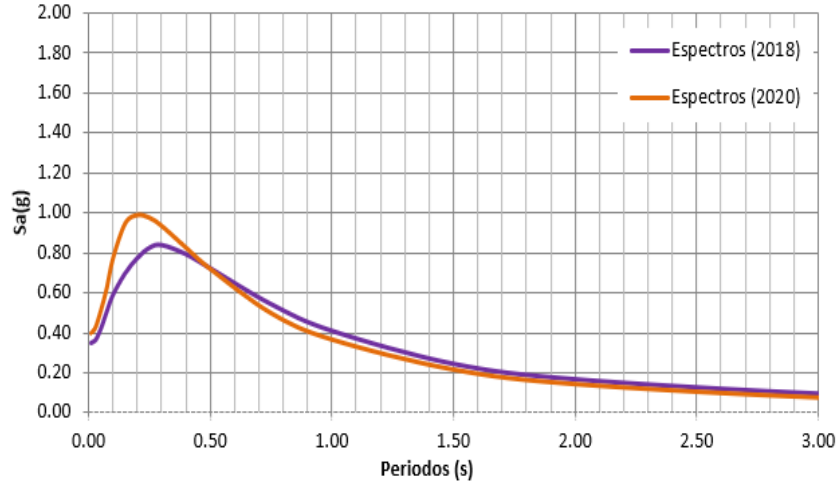
Espectros de Control DBE y MCE para un perfil sísmico D



**ESPECTROS DE ACELERACIÓN HORIZONTAL**

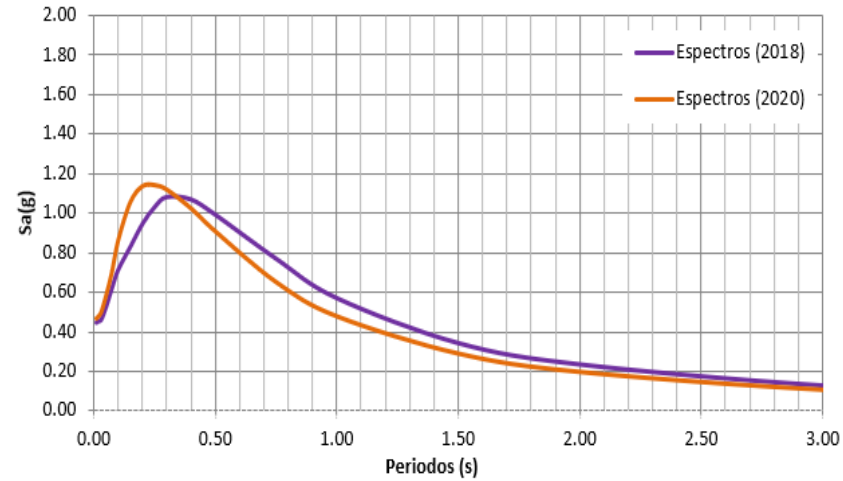
Promedio de los espectros – Espectros 2022

**PROMEDIO VALOR MEDIO DE LAS ECUACIONES**



Falla  
Huachi

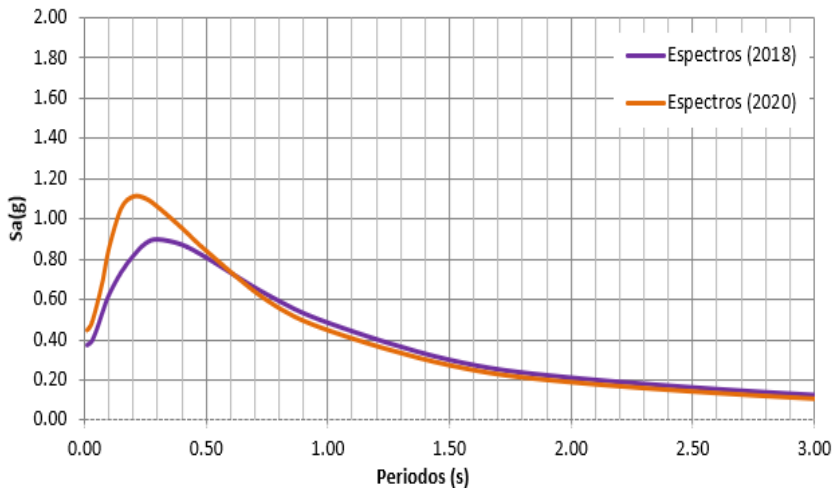
**PROMEDIO VALOR MEDIO DE LAS ECUACIONES**



Falla  
Totoras

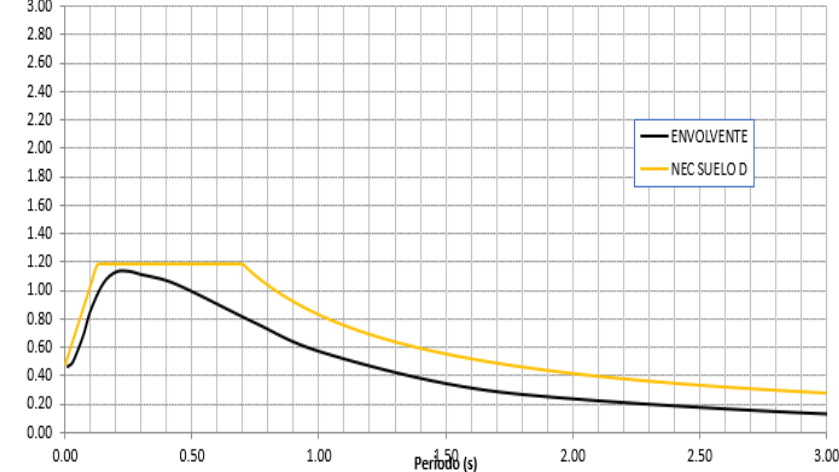
Comparación de “Espectro Envolvente” con los espectros que reporta la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15

**PROMEDIO VALOR MEDIO DE LAS ECUACIONES**



Falla  
Ambato

**ESPECTRO NEC Y ENVOLVENTE DE LOS ESPECTROS MODELO CY13-CB13-ASK13-ZHAO16-BA08-A&B14- PARA AMBATO (2020)**



SUELO TIPO D

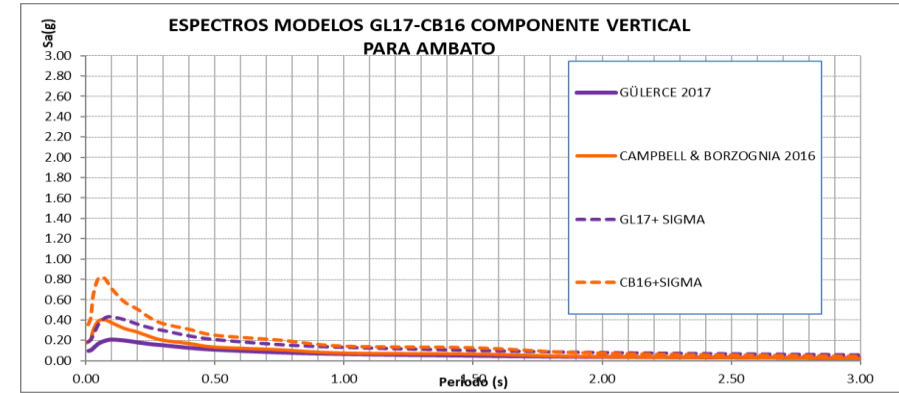
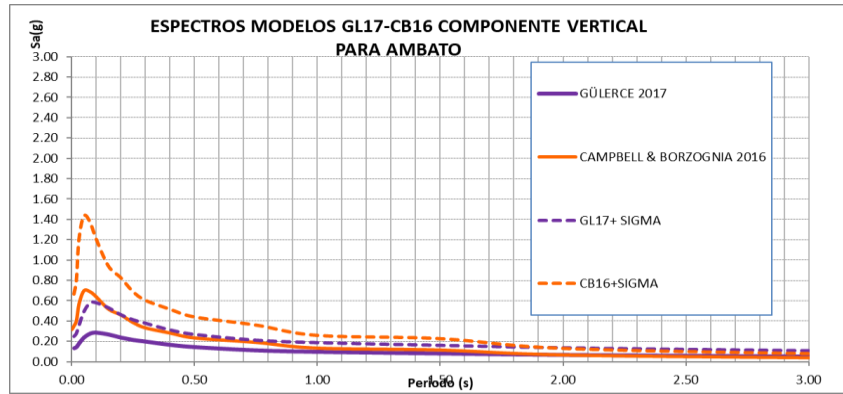




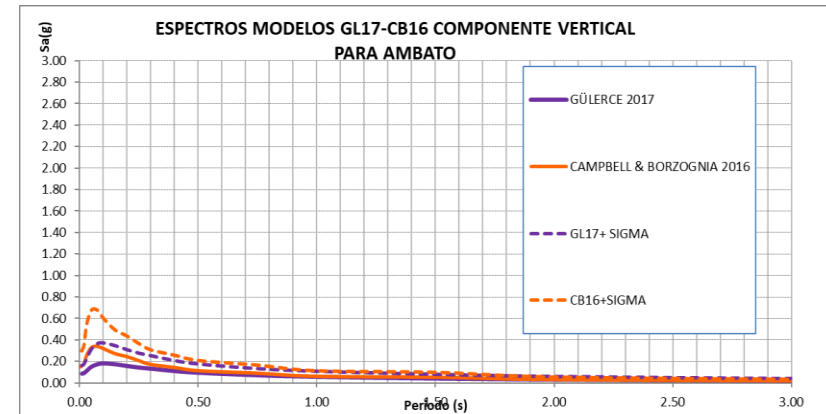
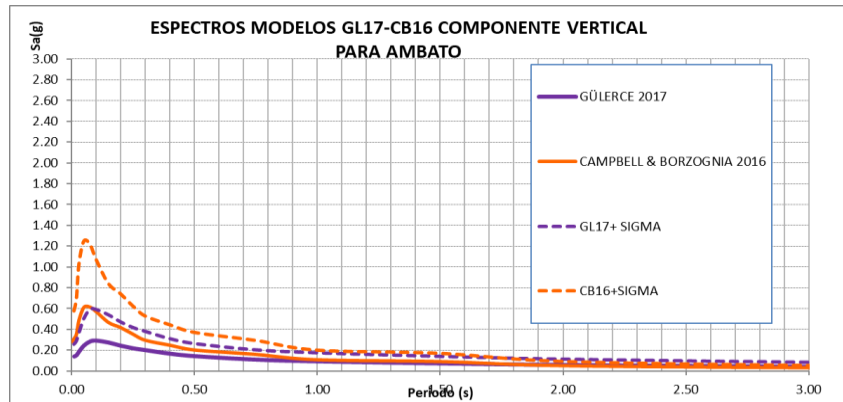
ESPECTROS COMPONENTE VERTICAL DE MOVIMIENTOS FUERTES DEL TERRENO

Espectros Promedio

SUELO TIPO C



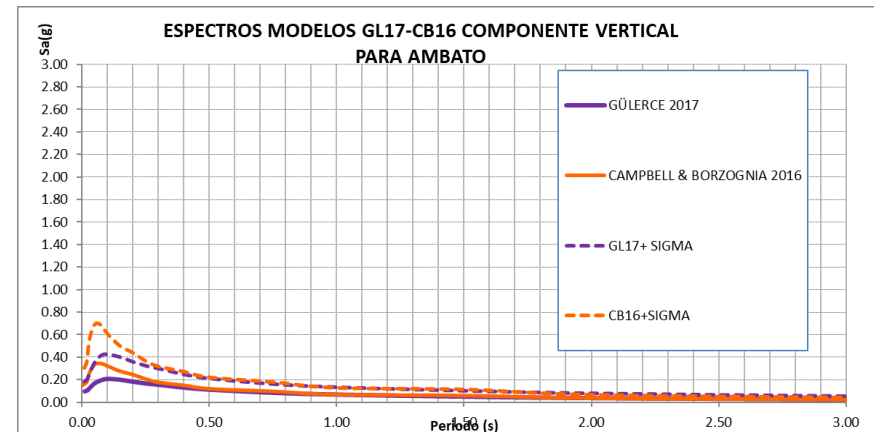
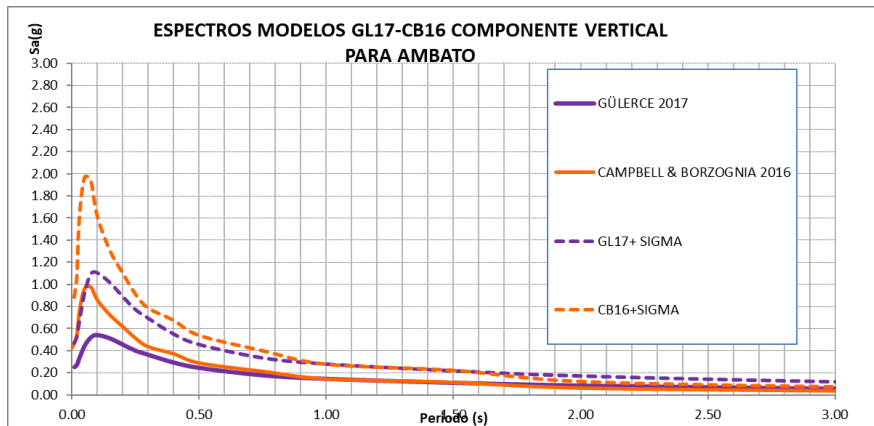
Sismo de magnitud máxima (M=6.5) falla de Ambato



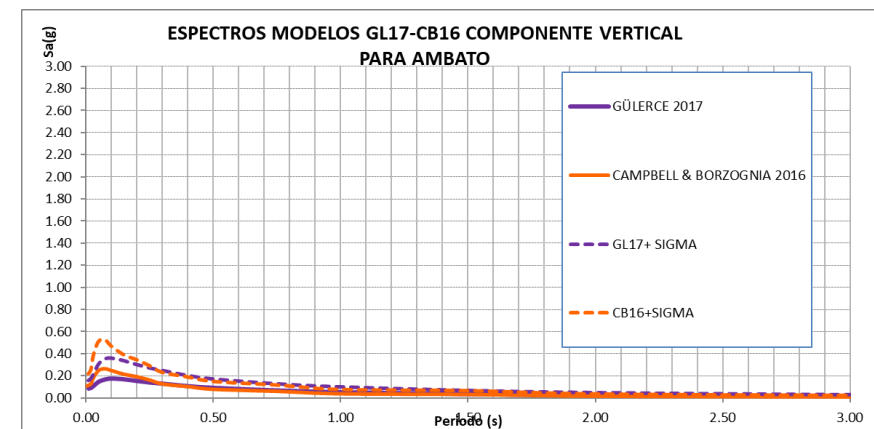
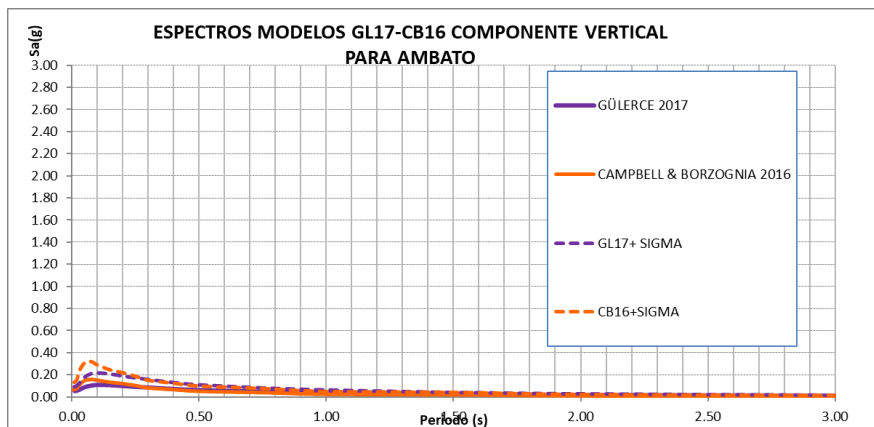
Sismo de magnitud máxima (M=6.3) falla de Huachi



ESPECTROS COMPONENTE VERTICAL DE MOVIMIENTOS FUERTES DEL TERRENO



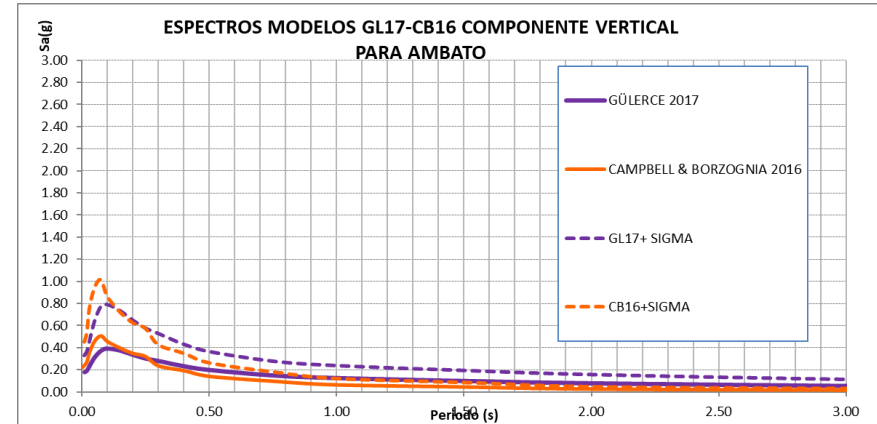
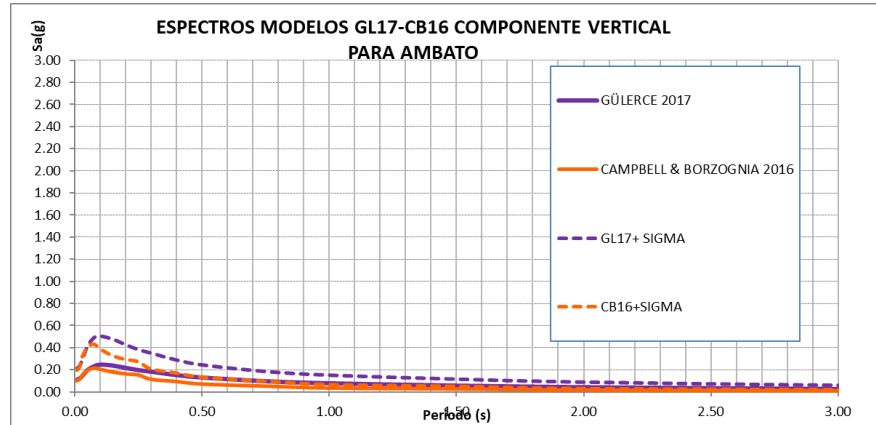
Sismo de magnitud máxima (M=6.5) falla de Totoras



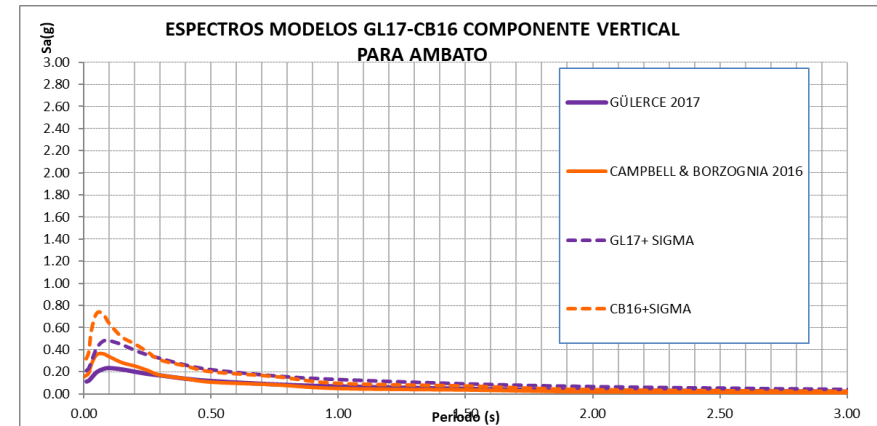
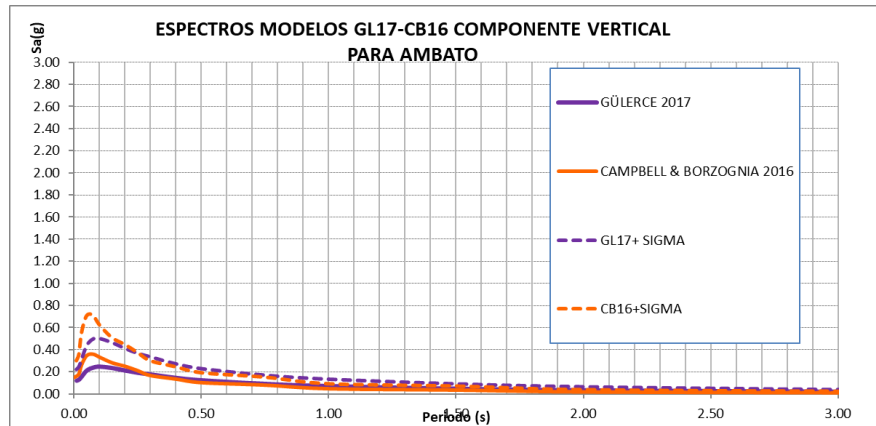
Sismo de magnitud máxima (M=6.1) falla F-10



ESPECTROS COMPONENTE VERTICAL DE MOVIMIENTOS FUERTES DEL TERRENO



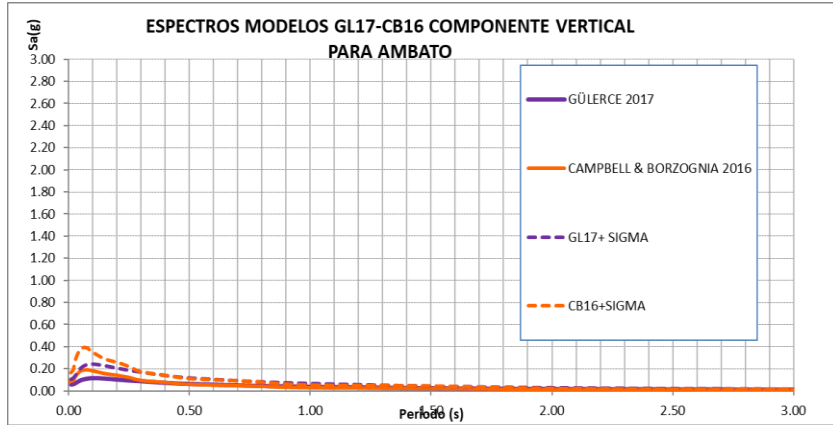
Sismo de magnitud máxima (M=6.6) falla F-11



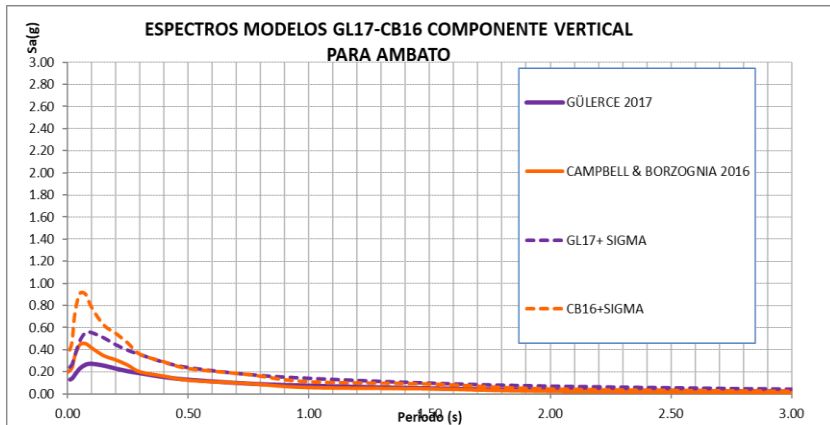
Sismo de magnitud máxima (M=6.2) falla F-16



ESPECTROS COMPONENTE VERTICAL DE MOVIMIENTOS FUERTES DEL TERRENO



Sismo de magnitud máxima (M=6.0) falla F-28

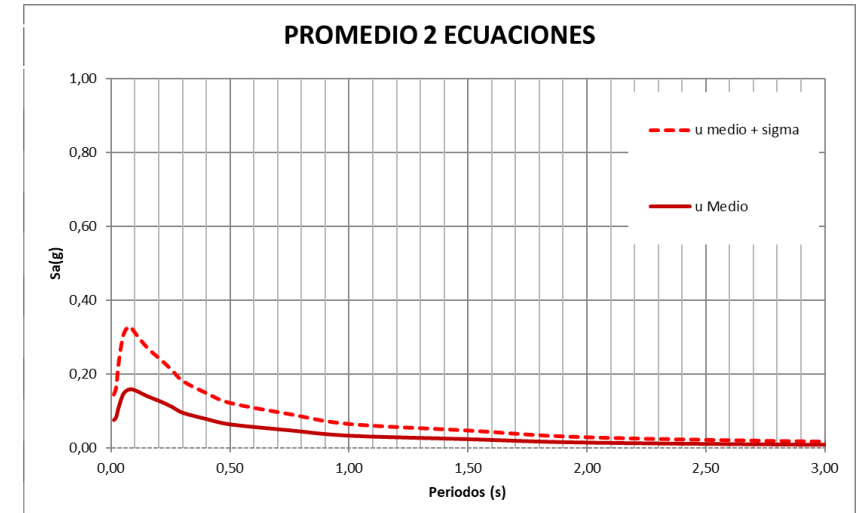


PERIODO(S)

- 0,010
- 0,020
- 0,030
- 0,050
- 0,075
- 0,100
- 0,150
- 0,200
- 0,250
- 0,300
- 0,400
- 0,500
- 0,750
- 1,000
- 1,500
- 2,000
- 3,000
- 4,000
- 5,000
- 7,500

Espectros de Control

DBE (g)	MCE (g)
0,076	0,1439
0,084	0,1660
0,110	0,2297
0,147	0,3054
0,159	0,3278
0,156	0,3097
0,141	0,2704
0,128	0,2421
0,113	0,2127
0,096	0,1805
0,078	0,1474
0,064	0,1210
0,048	0,0909
0,033	0,0643
0,024	0,0467
0,014	0,0285
0,008	0,0167
0,005	0,0107
0,003	0,0055
0,001	0,0023

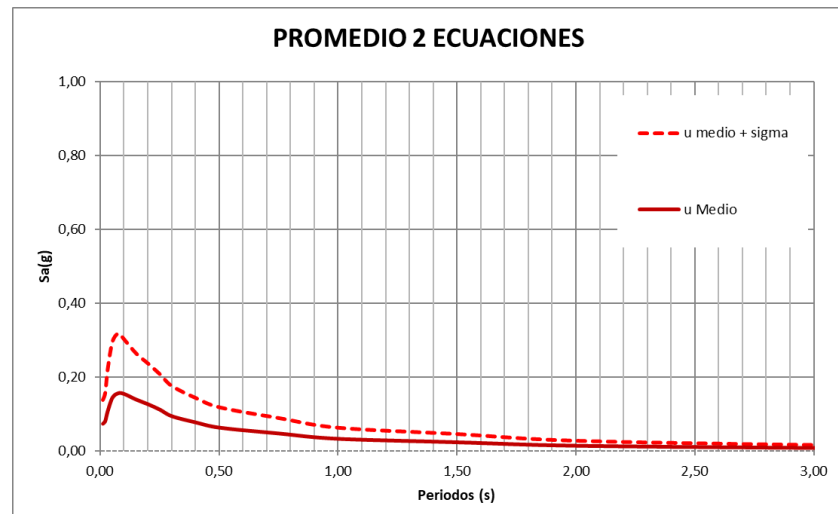


Espectros de Control DBE y MCE para un perfil sísmico C



ESPECTROS COMPONENTE VERTICAL DE MOVIMIENTOS FUERTES DEL TERRENO

*Espectros de Control DBE y MCE para un perfil sísmico D*

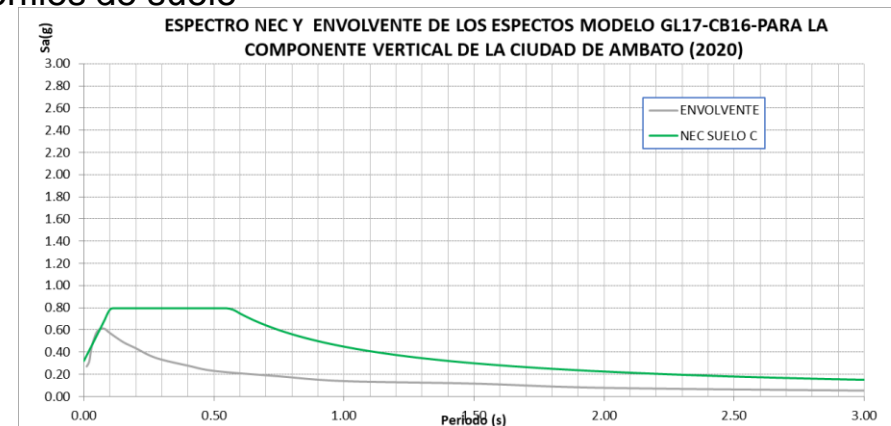
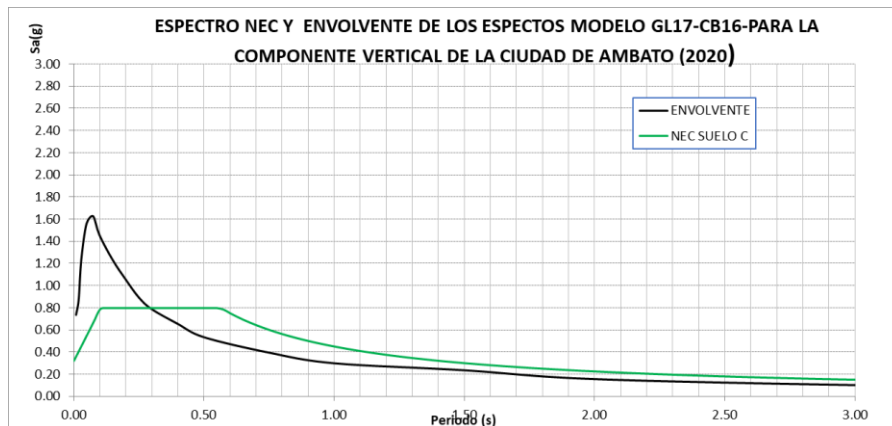


PERIODO(S)	Espectros de Control	
	DBE (g)	MCE (g)
0,010	0,073	0,1379
0,020	0,081	0,1581
0,030	0,107	0,2202
0,050	0,144	0,2956
0,075	0,156	0,3180
0,100	0,154	0,3013
0,150	0,139	0,2637
0,200	0,126	0,2363
0,250	0,112	0,2074
0,300	0,094	0,1756
0,400	0,077	0,1434
0,500	0,063	0,1180
0,750	0,047	0,0888
1,000	0,033	0,0628
1,500	0,023	0,0456
2,000	0,014	0,0275
3,000	0,008	0,0160
4,000	0,005	0,0101
5,000	0,003	0,0051
7,500	0,001	0,0021
10,000	0,041	0,0746

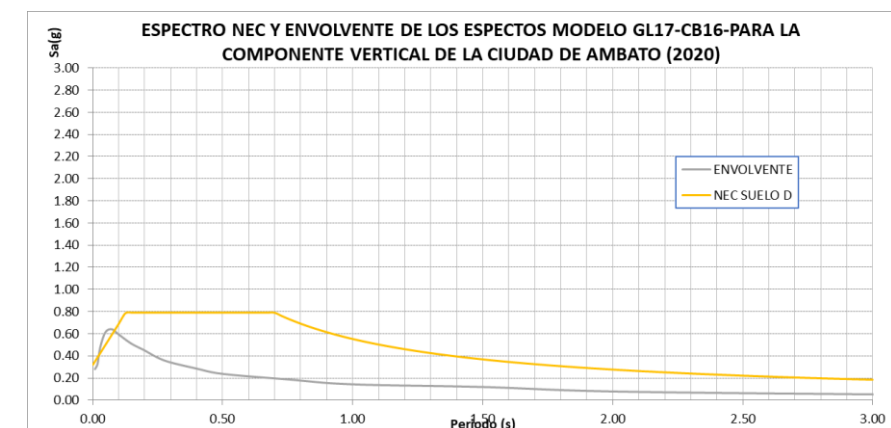
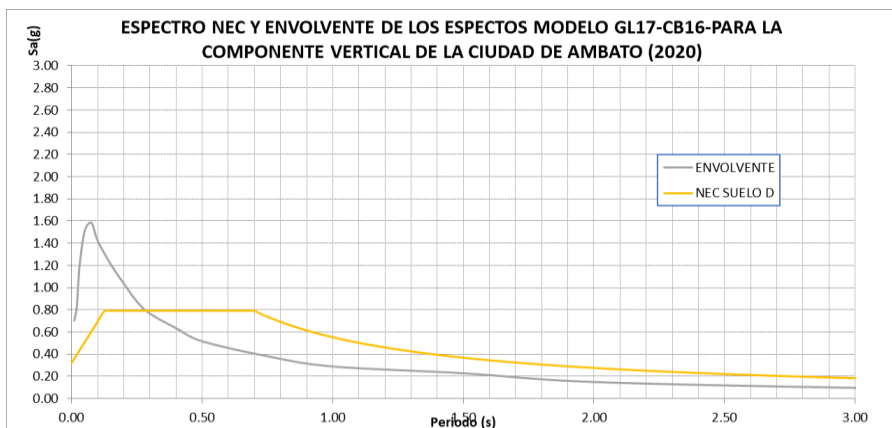


## ESPECTROS COMPONENTE VERTICAL DE MOVIMIENTOS FUERTES DEL TERRENO

Comparación de los “Espectros Envoltentes” con los espectros que reporta la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15, para los tres perfiles de suelo



Perfil de suelo sísmico “C”

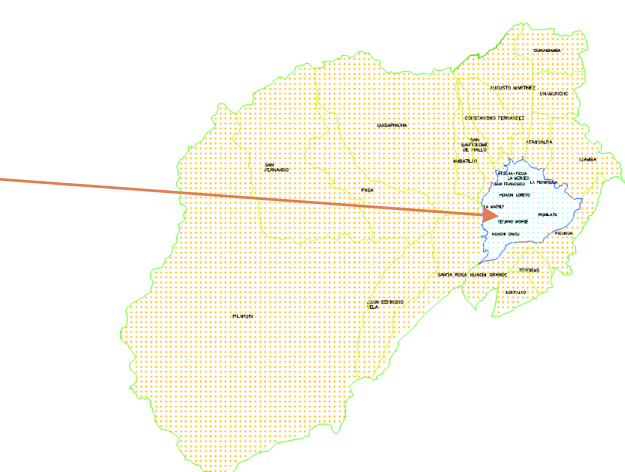
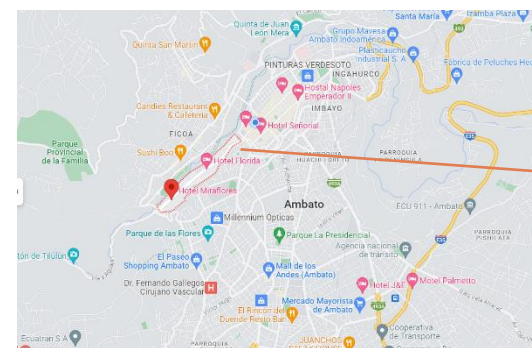
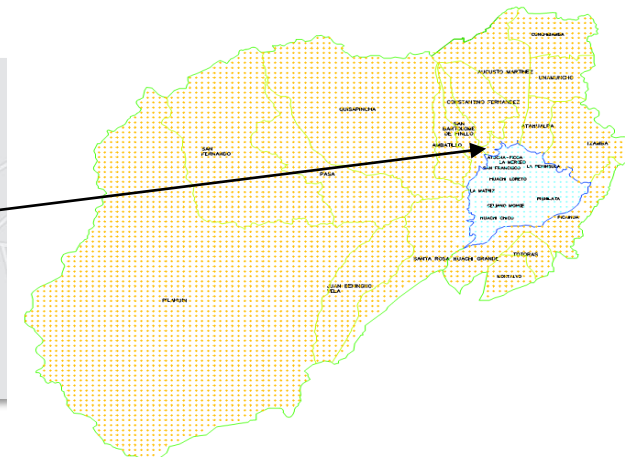
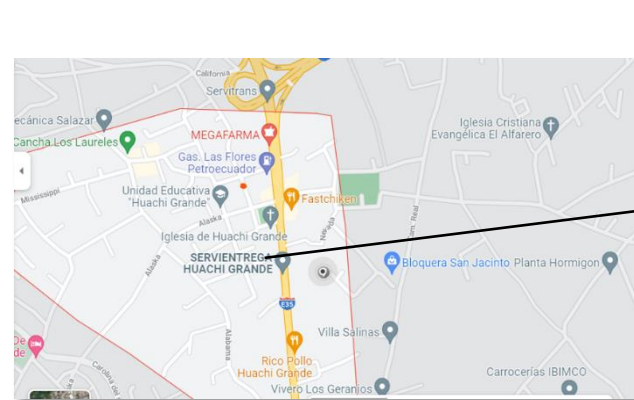


Perfil de suelo sísmico “D”

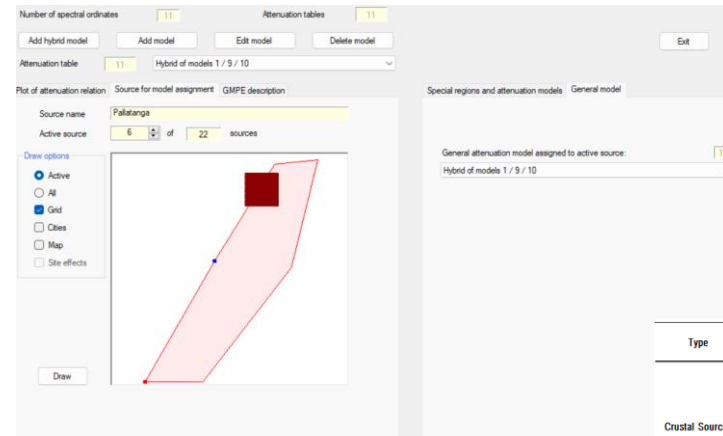
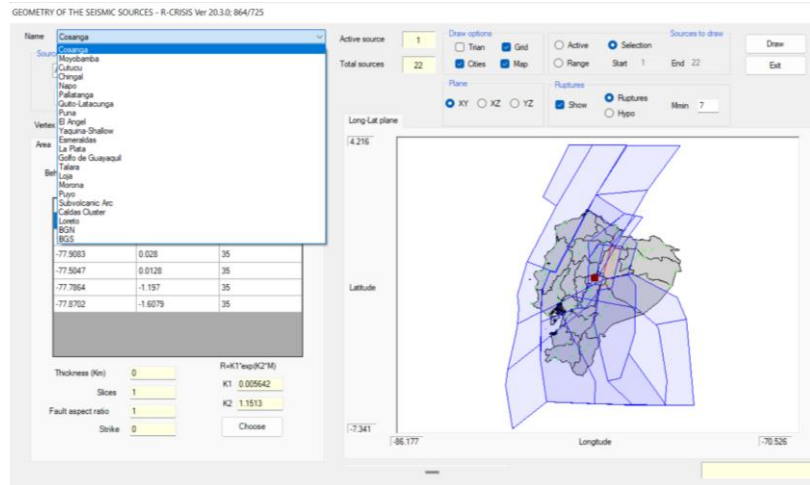
### R-CRISIS

#### DETERMINAR LUGAR DE ESTUDIO

PARROQUIA	LATITUD	LINGITUD	UBICACIÓN	POBLACIÓN (INEC)
Huachi	-78.635	-1.308	Carolina del	10614
Magdalena			Sur y Alaska	habitantes
Miraflores	-78.6427	-1.2534	Av. Miraflores 15-27	8456 habitantes



## DESARROLLO –ZONAS FUENTES



Type	Nro.	Zone	a	b	$\lambda$	$M_w \geq 4.5$	Mo for GR	Number of Events $\geq M_o$	Mmax Obs	Mmax	Depth Range	$\alpha$	$\beta$
Crustal Sources	1	Cosanga	2.7701	0.71	0.3886	4.80	13	7.10	7.80	0.00	35.00	6.378	1.835
	2	Moyobamba	4.4484	0.98	1.052	4.80	28	6.90	7.70	0.00	35.00	10.243	2.257
	3	Cutucu	5.443	1.17	1.436	4.50	69	7.00	7.80	0.00	35.00	12.533	2.694
	4	Chingal	3.0831	0.98	0.046	4.20	3	7.40	7.60	0.00	35.00	7.099	2.257
	5	Napo	3.4369	0.98	0.106	4.50	5	5.60	7.80	0.00	35.00	7.914	2.257
	6	Palatanga	2.8012	0.73	0.341	4.50	18	7.00	7.90	0.00	35.00	6.450	1.681
	7	Guito Latacunga	2.6797	0.70	0.336	4.50	17	6.40	7.30	0.00	35.00	6.170	1.612
	8	Puna	3.583	0.98	0.149	4.50	7	5.20	7.50	0.00	35.00	8.250	2.257
	9	El Angel	3.4503	0.98	0.127	4.50	9	7.20	7.70	0.00	35.00	7.945	2.257
Interfase Sources	10	Yaquina Shallow	6.7516	1.39	3.012	4.80	55	6.10	6.60	0.00	50.00	15.546	3.201
	11	Esmeraldas	4.0002	0.81	2.341	4.80	74	8.8 (8.4)	8.80	3.00	50.00	9.211	1.865
	12	La Plata	3.5598	0.80	0.915	4.50	46	6.70	8.00	3.00	40.00	8.197	1.842
	13	Golfo de Guayaquil	3.4765	0.84	0.492	4.50	25	7.50	7.80	3.00	40.00	8.005	1.934
Intraslab Sources	14	Talara	4.9639	0.91	1.916	4.80	53	7.10	8.20	3.00	40.00	10.048	2.095
	15	Loja	6.8273	1.33	6.718	4.80	130	7.20	7.70	35.00	100.00	15.720	3.062
	16	Morona	4.4742	0.98	2.958	4.80	84	7.30	7.80	100.00	130.00	10.302	2.257
	17	Puyo	5.3015	1.05	3.6	4.80	88	7.50	8.00	130.00	300.00	12.207	2.418
	18	Subvolcanic Arc	5.071	1.11	1.141	4.50	55	6.70	7.20	35.00	180.00	11.676	2.556
Crustal Sources	19	Caldas Cluster	4.7058	1.05	0.987	4.80	24	6.70	7.20	35.00	250.00	10.836	2.418
	20	Loreto	7.3757	1.62	1.279	4.80	20	7.50	8.00	130.00	180.00	16.983	3.730
	21	BGN	4.5245	1.09	0.428	4.80	10	6.40	7.00	0.00	35.00	10.418	2.510
	22	BGS	4.5428	1.04	0.697	4.50	36	7.20	7.50	0.00	35.00	10.460	2.395

MODELO DE CAMPBELL Y BOZORGNIA (2016)

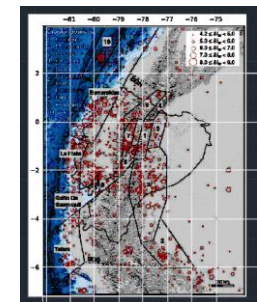
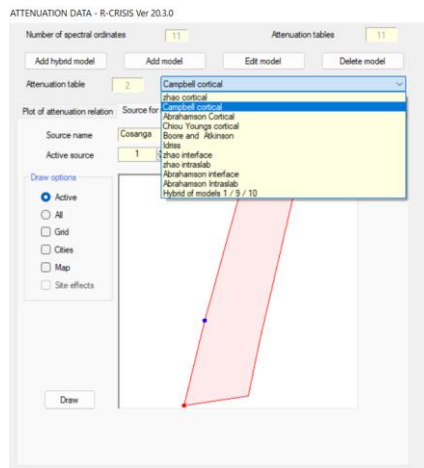
MODELO DE ABRAHAMSON (2014)

MODELO DE CHIOU Y YOUNGS (2014)

MODELO DE ZHAO (2016)

MODELO DE BOORE Y ATKINSON (2008)

MODELO DE IDRISSE (2014)



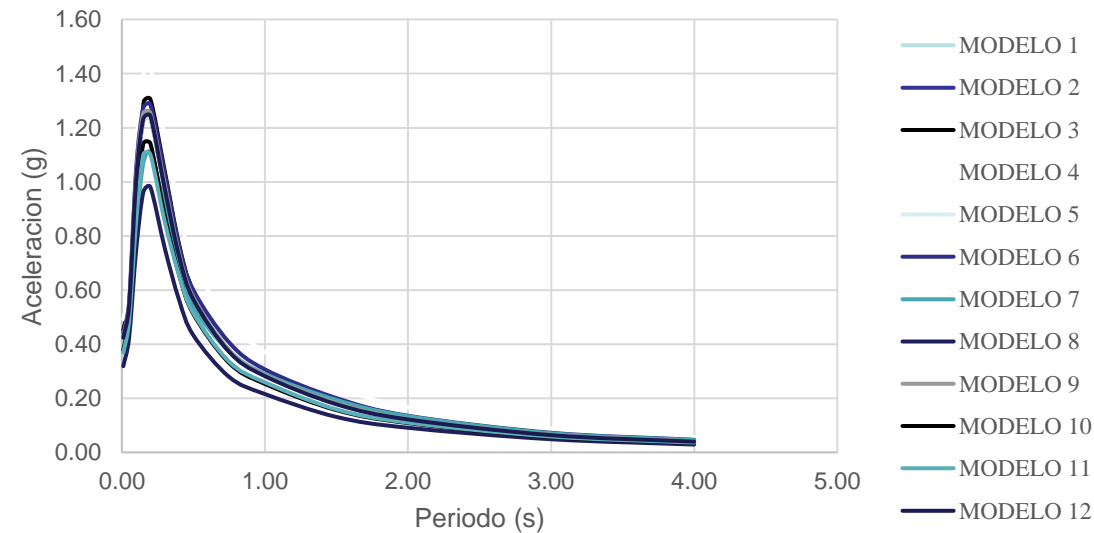


	MODELO	PESO	PESO CRISIS		PESO	PESO CRISIS
1	ZHAO CORTICAL	0.3	1.20	7	0.4	1.60
	CAMPBELL CORTICAL	0.3	1.20		0.6	2.40
	ABRAHANSON CORTICAL	0.2	0.80		0.2	0.80
	CHIOUYOUNG CORTICAL	0.2	0.80		0.2	0.80
2	ZHAO CORTICAL	0.25	1.00	8	0.5	2.00
	CAMPBELL CORTICAL	0.25	1.00		0.1	0.40
	ABRAHANSON CORTICAL	0.25	1.00		0.2	0.80
	CHIOUYOUNG CORTICAL	0.25	1.00		0.1	0.40
3	ZHAO CORTICAL	0.25	1.00	9	0.1	0.40
	BOORE ATKINSON	0.25	1.00		0.4	1.60
	IDRISS	0.25	1.00		0.4	1.60
	CHIOUYOUNG CORTICAL	0.25	1.00		0.1	0.40
4	ZHAO CORTICAL	0.3	1.20	10	0.3	1.20
	BOORE ATKINSON	0.3	1.20		0.3	1.20
	IDRISS	0.2	0.80		0.2	0.80
	CHIOUYOUNG CORTICAL	0.2	0.80		0.2	0.80
5	ZHAO CORTICAL	0.25	1.00	11	0.2	0.80
	CAMPBELL CORTICAL	0.25	1.00		0.1	0.40
	BOORE ATKINSON	0.25	1.00		0.5	2.00
	CHIOUYOUNG CORTICAL	0.25	1.00		0.2	0.80
6	ZHAO CORTICAL	0.3	1.20	12	0.2	0.80
	CAMPBELL CORTICAL	0.3	1.20		0.2	0.80
	BOORE ATKINSON	0.2	0.80		0.2	0.80
	CHIOUYOUNG CORTICAL	0.2	0.80		0.4	1.60

## RESULTADOS-ESPECTROS DE PELIGRO UNIFORME Suelo Tipo "C" Vs30=380

Periodo (T seg)	Aceleraciones para Ambato suelo tipo "C"											
	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4	MODELO 5	MODELO 6	MODELO 7	MODELO 8	MODELO 9	MODELO 10	MODELO 11	MODELO 12
0.01	0.43	0.42	0.45	0.49	0.42	0.44	0.38	0.32	0.43	0.38	0.37	0.42
0.05	0.54	0.53	0.56	0.61	0.53	0.55	0.47	0.42	0.54	0.49	0.48	0.54
0.10	1.03	0.99	1.08	1.14	0.99	1.05	0.83	0.75	1.03	0.89	0.85	1.01
0.15	1.25	1.22	1.29	1.40	1.22	1.27	1.07	0.96	1.25	1.14	1.10	1.23
0.20	1.25	1.23	1.30	1.42	1.23	1.28	1.11	0.98	1.25	1.14	1.10	1.24
0.30	0.99	0.97	1.04	1.16	0.98	1.03	0.91	0.76	0.99	0.88	0.85	0.97
0.40	0.74	0.73	0.77	0.89	0.73	0.76	0.69	0.56	0.74	0.66	0.65	0.73
0.50	0.57	0.58	0.60	0.70	0.58	0.60	0.54	0.43	0.57	0.51	0.51	0.57
0.75	0.38	0.39	0.40	0.49	0.39	0.41	0.37	0.28	0.38	0.33	0.34	0.37
1.00	0.29	0.30	0.30	0.37	0.30	0.31	0.29	0.22	0.29	0.25	0.26	0.28
1.50	0.18	0.19	0.19	0.24	0.19	0.20	0.19	0.13	0.18	0.16	0.16	0.18
2.00	0.12	0.13	0.13	0.17	0.13	0.14	0.13	0.09	0.12	0.11	0.11	0.12
3.00	0.07	0.07	0.07	0.09	0.07	0.07	0.07	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06
4.00	0.04	0.04	0.04	0.06	0.04	0.05	0.05	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04

Aceleraciones para Ambato suelo tipo "C"

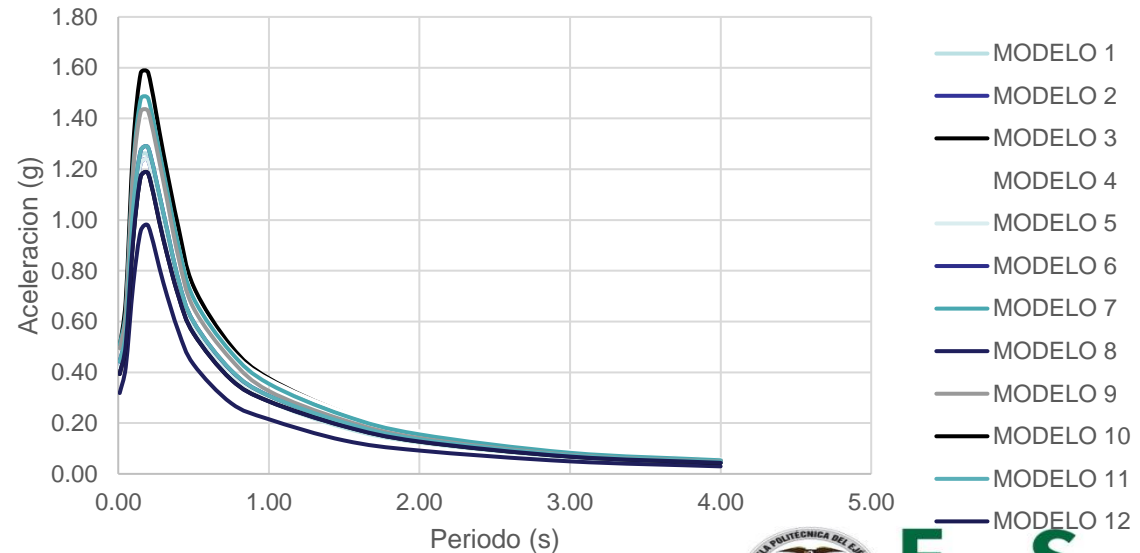


• **RESULTADOS-ESPECTROS DE PELIGRO UNIFORME**  
**Suelo Tipo "D" Vs30=300 m/s**

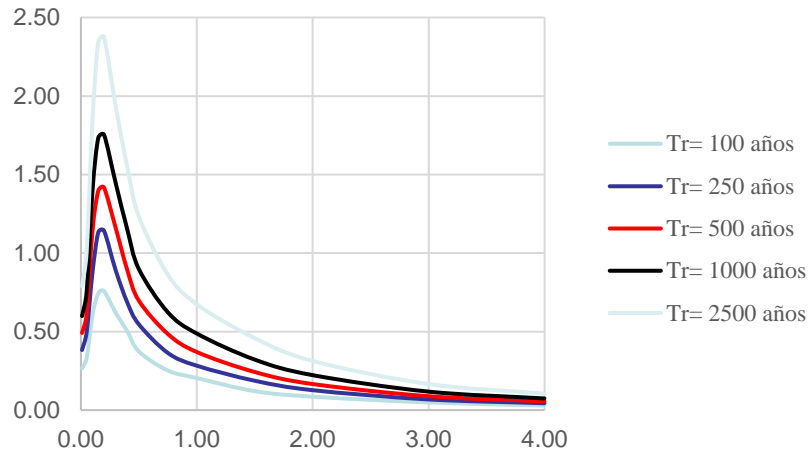
	MODELO	PESO	PESO CRISIS		PESO	PESO CRISIS
1	ZHAO CORTICAL	0.3	1.20	7	0.4	1.60
	CAMPBELL CORTICAL	0.3	1.20		0.6	2.40
	ABRAHANSON CORTICAL	0.2	0.80		0.2	0.80
	CHIOUYOUNG CORTICAL	0.2	0.80		0.2	0.80
2	ZHAO CORTICAL	0.25	1.00	8	0.5	2.00
	CAMPBELL CORTICAL	0.25	1.00		0.1	0.40
	ABRAHANSON CORTICAL	0.25	1.00		0.2	0.80
	CHIOUYOUNG CORTICAL	0.25	1.00		0.1	0.40
3	ZHAO CORTICAL	0.25	1.00	9	0.1	0.40
	BOORE ATKINSON	0.25	1.00		0.4	1.60
	IDRISS	0.25	1.00		0.4	1.60
	CHIOUYOUNG CORTICAL	0.25	1.00		0.1	0.40
4	ZHAO CORTICAL	0.3	1.20	10	0.3	1.20
	BOORE ATKINSON	0.3	1.20		0.3	1.20
	IDRISS	0.2	0.80		0.2	0.80
	CHIOUYOUNG CORTICAL	0.2	0.80		0.2	0.80
5	ZHAO CORTICAL	0.25	1.00	11	0.2	0.80
	CAMPBELL CORTICAL	0.25	1.00		0.1	0.40
	BOORE ATKINSON	0.25	1.00		0.5	2.00
	CHIOUYOUNG CORTICAL	0.25	1.00		0.2	0.80
6	ZHAO CORTICAL	0.3	1.20	12	0.2	0.80
	CAMPBELL CORTICAL	0.3	1.20		0.2	0.80
	BOORE ATKINSON	0.2	0.80		0.2	0.80
	CHIOUYOUNG CORTICAL	0.2	0.80		0.4	1.60

Periodo (T seg)	Aceleraciones para Ambato suelo tipo "D"											
	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4	MODELO 5	MODELO 6	MODELO 7	MODELO 8	MODELO 9	MODELO 10	MODELO 11	MODELO 12
0.01	0.43	0.42	0.50	0.49	0.42	0.44	0.51	0.32	0.49	0.39	0.44	0.39
0.05	0.54	0.53	0.68	0.61	0.53	0.55	0.64	0.42	0.62	0.51	0.55	0.51
0.10	1.03	0.99	1.29	1.14	0.99	1.05	1.21	0.75	1.19	0.92	1.05	0.93
0.15	1.25	1.22	1.58	1.40	1.22	1.27	1.48	0.96	1.43	1.17	1.27	1.17
0.20	1.25	1.23	1.58	1.42	1.23	1.28	1.48	0.98	1.43	1.18	1.28	1.18
0.30	0.99	0.97	1.26	1.16	0.97	1.03	1.19	0.75	1.15	0.92	1.03	0.92
0.40	0.74	0.73	0.97	0.89	0.73	0.76	0.90	0.56	0.85	0.70	0.77	0.70
0.50	0.57	0.58	0.74	0.70	0.57	0.60	0.69	0.43	0.65	0.55	0.60	0.55
0.75	0.38	0.39	0.50	0.49	0.39	0.41	0.48	0.28	0.45	0.37	0.41	0.37
1.00	0.29	0.30	0.38	0.37	0.29	0.31	0.35	0.22	0.33	0.29	0.31	0.29
1.50	0.18	0.19	0.24	0.24	0.19	0.20	0.23	0.13	0.21	0.19	0.20	0.19
2.00	0.12	0.13	0.16	0.17	0.13	0.14	0.15	0.09	0.14	0.13	0.14	0.13
3.00	0.07	0.07	0.09	0.09	0.07	0.07	0.08	0.05	0.07	0.07	0.07	0.07
4.00	0.04	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05	0.05	0.03	0.05	0.04	0.05	0.04

Aceleraciones para Ambato suelo tipo "D"



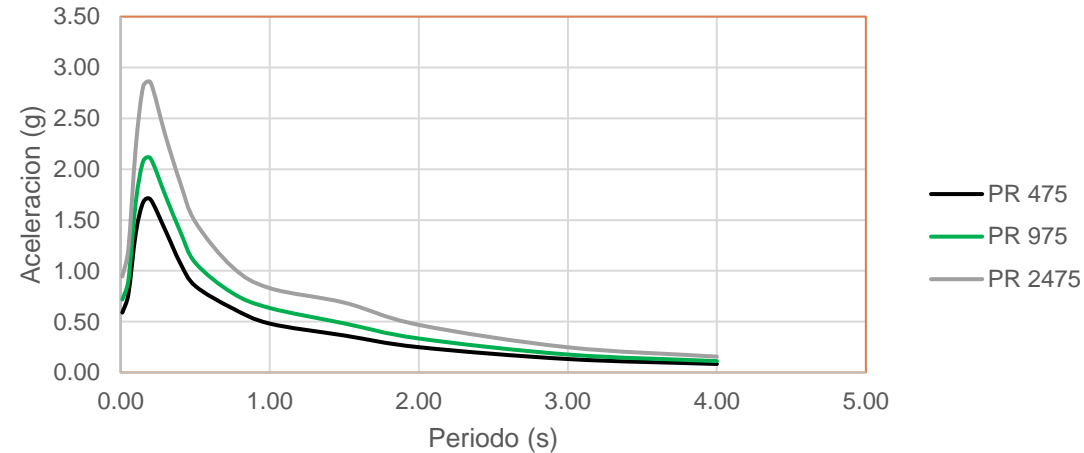
CUARTO MODELO



RESULTADOS-ESPECTROS DE PELIGRO UNIFORME

Suelo Tipo "C" Vs30=380 m/s

ESPECTRO DE PELIGRO SÍSMICO UNIFORME



suelo tipo

Periodo (T seg)	PERIODO DE RETORNO				
	100 años	250 años	500 años	1000 años	2500 años
0.01	0.27	0.38	0.49	0.60	0.79
0.05	0.33	0.50	0.61	0.75	1.01
0.10	0.60	0.88	1.14	1.40	1.85
0.15	0.74	1.13	1.40	1.73	2.34
0.20	0.76	1.14	1.42	1.75	2.38
0.30	0.62	0.89	1.16	1.45	1.94
0.40	0.50	0.69	0.89	1.15	1.55
0.50	0.37	0.55	0.70	0.90	1.23
0.75	0.25	0.36	0.49	0.62	0.86
1.00	0.20	0.28	0.37	0.49	0.67
1.50	0.12	0.19	0.24	0.32	0.46
2.00	0.09	0.13	0.17	0.22	0.31
3.00	0.05	0.07	0.09	0.12	0.17
4.00	0.03	0.04	0.06	0.08	0.10

Periodo (T seg)	Aceleraciones espectrales para un suelo tipo "C"		
	PR 475	PR 975	PR 2475
0.01	0.59	0.72	0.95
0.05	0.77	0.90	1.21
0.10	1.37	1.68	2.21
0.15	1.68	2.08	2.81
0.20	1.70	2.10	2.85
0.30	1.39	1.74	2.32
0.40	1.07	1.38	1.86
0.50	0.85	1.08	1.48
0.75	0.63	0.78	1.04
1.00	0.48	0.63	0.83
1.50	0.37	0.48	0.69
2.00	0.25	0.33	0.47
3.00	0.13	0.18	0.25
4.00	0.09	0.11	0.16

Espectros de Peligro Sísmico Uniforme suelo tipo "C"- Modelo 4

NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures

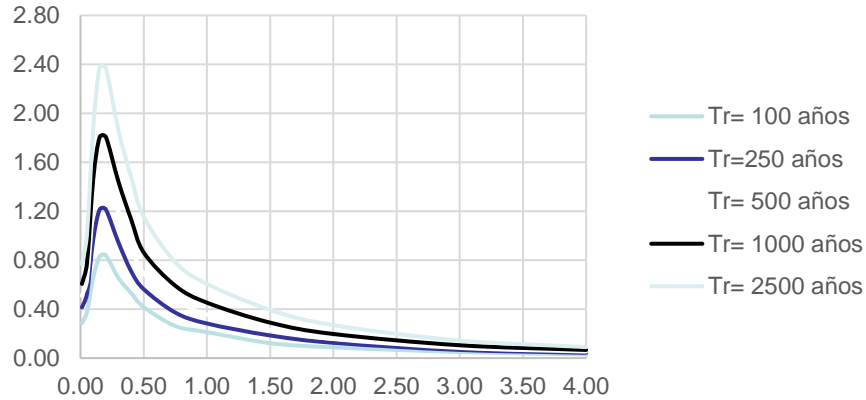
Volume I: Part 1 Provisions, Part 2 Commentary  
FEMA P-1050-1/2015 Edition



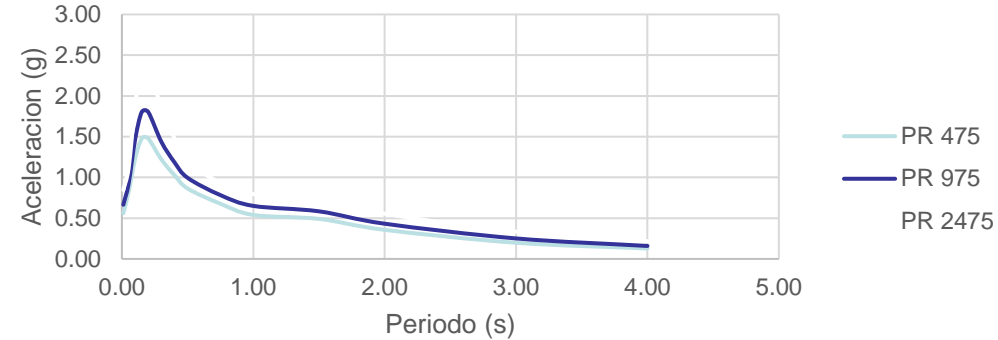
**ESPE**  
ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

• RESULTADOS-ESPECTROS DE PELIGRO UNIFORME  
Suelo Tipo "D" Vs30=300 m/s

SÉPTIMO MODELO



ESPECTRO DE PELIGRO SÍSMICO UNIFORME



Periodo (T seg)	PERIODO DE RETORNO				
	100 años	250 años	500 años	100 años	2500 años
0.01	0.28	0.41	0.51	0.61	0.77
0.05	0.38	0.52	0.64	0.77	1.01
0.10	0.66	0.97	1.21	1.47	1.89
0.15	0.83	1.21	1.48	1.80	2.38
0.20	0.84	1.21	1.48	1.80	2.36
0.30	0.65	0.94	1.19	1.44	1.86
0.40	0.53	0.71	0.90	1.13	1.48
0.50	0.42	0.56	0.69	0.86	1.15
0.75	0.26	0.37	0.48	0.59	0.78
1.00	0.21	0.28	0.35	0.45	0.61
1.50	0.12	0.18	0.23	0.29	0.39
2.00	0.09	0.12	0.15	0.20	0.27
3.00	0.05	0.07	0.08	0.10	0.14
4.00	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09

Periodo (T seg)	Aceleraciones espectrales para un suelo tipo "D"		
	PR 475	PR 975	PR 2475
0.01	0.56	0.67	0.85
0.05	0.82	0.92	1.11
0.10	1.23	1.47	1.89
0.15	1.48	1.80	2.38
0.20	1.48	1.80	2.36
0.30	1.22	1.44	1.86
0.40	1.03	1.19	1.48
0.50	0.86	1.00	1.20
0.75	0.68	0.78	0.93
1.00	0.54	0.65	0.79
1.50	0.49	0.58	0.75
2.00	0.36	0.43	0.55
3.00	0.20	0.25	0.33
4.00	0.13	0.16	0.22

Espectros de Peligro Sísmico Uniforme suelo tipo "C"- Modelo 7

NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures

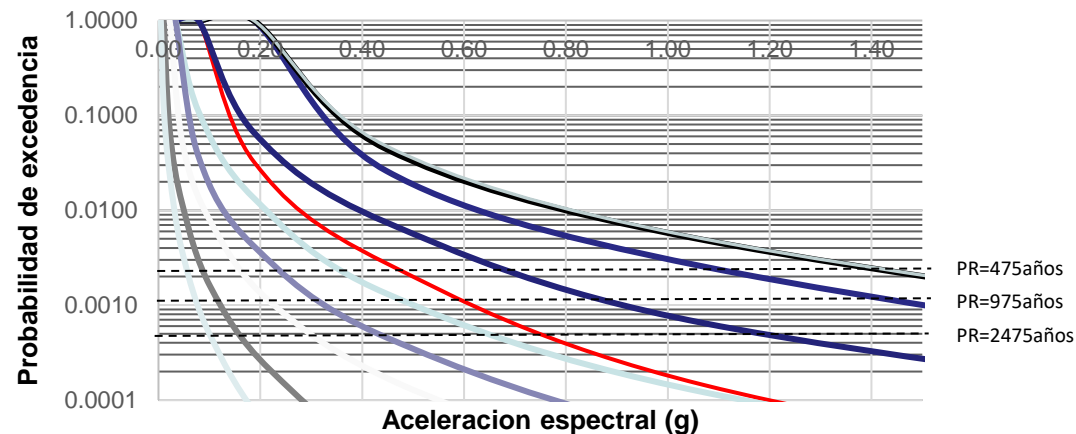
Volume I: Part 1 Provisions, Part 2 Commentary  
FEMA P-1050-1/2015 Edition



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

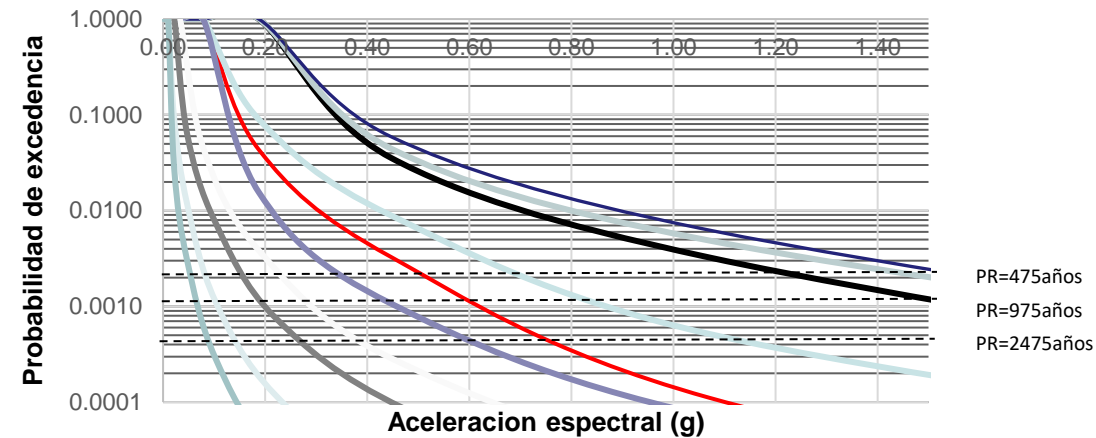
R-CRISIS

- RESULTADOS-CURVAS DE PELIGRO SÍSMICO  
Suelo Tipo "C" Vs30=380 m/s



— PGA — T=0.1 — T=0.15 — T=0.2 — T=0.5  
— T=1.0 — T=1.5 — T=2.0 — T=3.0 — T=4.0

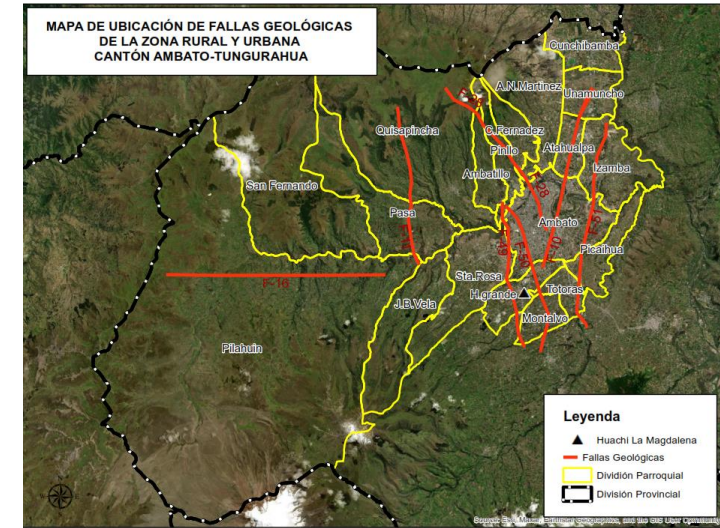
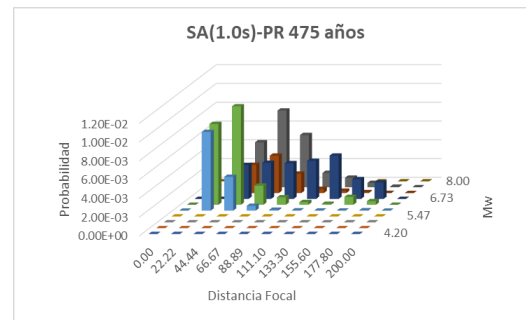
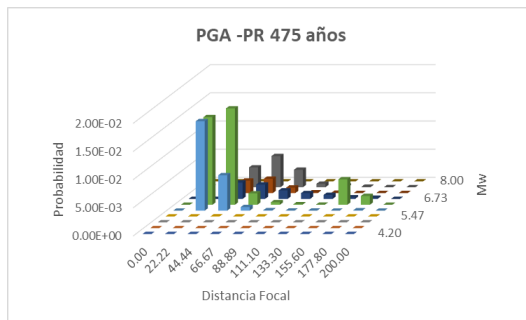
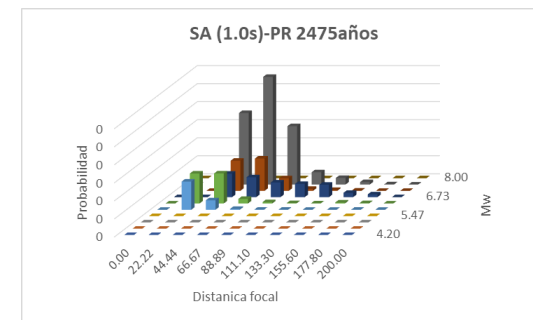
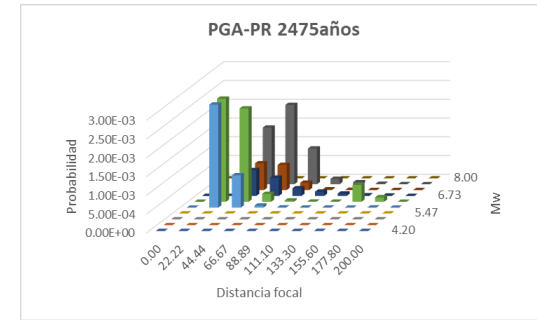
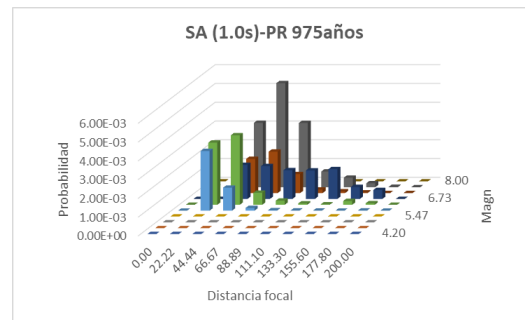
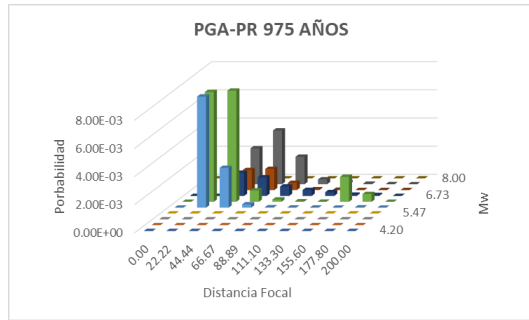
- RESULTADOS-CURVAS DE PELIGRO SÍSMICO  
Suelo Tipo "D" Vs30=300 m/s



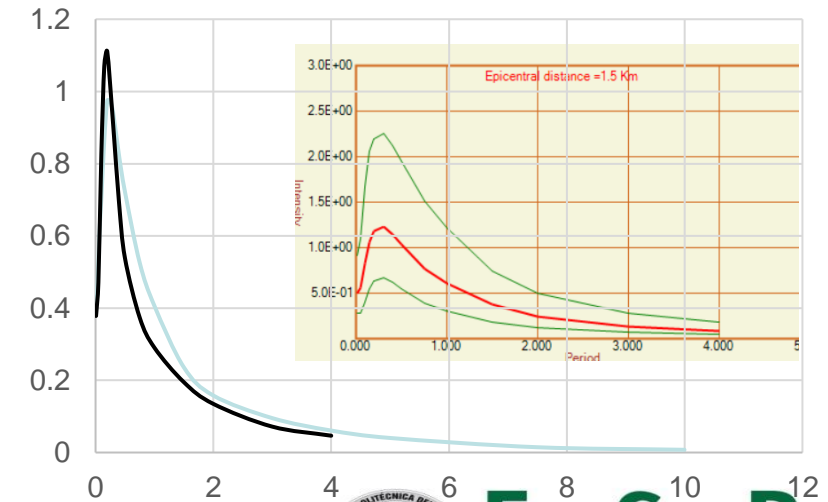
— PGA — T=0.1 — T=0.15 — T=0.2 — T=0.5  
— T=1.0 — T=1.5 — T=2.0 — T=3.0 — T=4.0



# 4.-RESULTADOS



ESPECTRO DE PELIGRO UNIFORME



# ÍNDICE

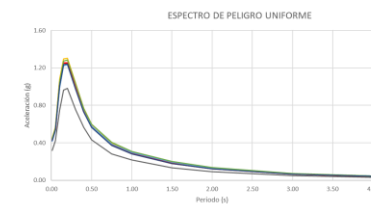
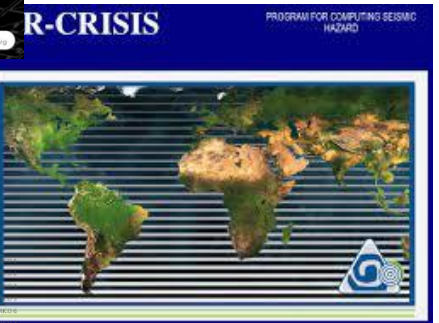
1.-JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.-MARCO TEÓRICO

3.-METODOLOGÍA

4.-RESULTADOS

5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## 5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el año 2018, se realizó estudios de microzonificación sísmica en Ambato para el área urbana, se conformó un equipo multidisciplinario dentro del cual se elaboraron estudios **geofísicos, geotécnicos y de geología**, a partir de este trabajo se logró determinar **el periodo de vibración del suelo, la velocidad de onda** de corte en los primeros 30 metros, el número de golpes de ensayo de penetración estándar y parámetros los cuales sirvieron para obtener una clasificación sísmica de los suelos y desarrollar estudios de peligrosidad sísmica en forma probabilística y determinística, encontrando espectros de diseño y máximo considerado DBE y MCE para la componente vertical y horizontal del movimiento del terreno, estos se espectros se hallaron con la utilización de 3 ecuaciones de movimientos fuertes desarrolladas en el año 2018, sin embargo en este trabajo se incorporó tres modelos de movimientos fuertes, en total su estudio se realizó con seis modelos, el objetivo era analizar el comportamiento de los otros modelos y el modelo de Zhao *et al* (2016), ya que es el modelo más complejo de los 6 utilizados además que este modelo incorpora en sus variables el vulcanismo , en sus resultados se observó que para valores medios, se obtiene una confiabilidad del 50% sin desviación estándar. La ecuación de Zhao reporta ordenadas espectrales que se encuentran por la media a las que se hallan con los otros modelos, por lo que para más confiabilidad es necesario incluir la desviación estándar obteniendo resultados que se encuentran más arriba de la media
- La cercanía de la Falla Ambato, Huachi y Totoras al área **urbana genera espectros mayores que los del área rural**, por lo que habrá **mayor daño en el área urbana que en la rural** ante un sismo asociado a estas tres fallas, sin embargo en el estudio se consideró 4 fallas adicionales F10, que se encuentra en el límite de estas dos áreas sin embargo se obtuvo ordenas espectrales menores a las obtenidas en el estudio realizado en el año 2018, **La falla F-11 presento valores altos los cuales son comparables con los espectros de las fallas de Ambato, Huachi y Totoras**, por lo que se podría pensar en la necesidad **de actualizar el estudio de microzonificación sísmica** del área Urbana de Ambato del año 2018. Los espectros obtenidos ante un sismo de magnitud 6.2 el cual corresponde a la falla F16 son los más altos obtenidos en el área rural , y finalmente los espectros promedios obtenidos con la falla F28 son bajos tanto para el área urbana y rural siendo comparables con los encontrados en el estudio realizado en el año 2018.





## 5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los sismos corticales que se pueden esperar en la ciudad de Ambato, **producto de las 7 fallas geológica:** Ambato, Huachi, Totoras, F-10, F-11, F-16 y F-28 presentan un peligro a la zona ya que la mayor parte **de calculistas desconocen en sus diseños** que la ciudad de Ambato se encuentra sobre estas fallas ciegas, las cuales se encuentran acumulando energía y en algún momento se llegara a liberar.
- El periodo de recurrencia de un sismo de magnitud máxima para cada falla empleando los dos métodos mencionados. Se obtuvo que un sismo de magnitud **6.3 puede darse en los próximos 80 a 100 años**, uno de magnitud **6.5 en los próximos 300 años**, un sismo de magnitud **6.1 puede darse en 360 años**, mientras que un sismo de magnitud **6.6 puede darse en 310 años**, el periodo de recurrencia para un sismo **de magnitud 6.2 es similar a la de 6.3** y este puede darse en **425 años** y finalmente un sismo de magnitud **6.0 se espera en 337 años**.
- En el caso de esperarse un sismo de magnitud 6.3, en la falla de Huachi las aceleraciones máximas **espectrales de 3.00 g** se obtienen con el modelo de **Campbell y Bozorgnia (2014)** para la zona urbana
- En el caso de esperarse un sismo de magnitud **6.2, en la falla F-16**, las aceleraciones máximas espectrales de 1.6g se obtienen con el modelo de **Zhao et al 2016**.para la zona rural.
- Al comparar los espectros obtenidos con los que reporta la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), se obtuvo una buena **correlación en el perfil de suelo C**, mientras que para el perfil **D se puede pensar en una reducción de las ordenadas espectrales para periodos largos**



- Realizar estudios de microzonificación sísmica del área rural de la ciudad de Ambato, con esta información se podrá evaluar el peligro sísmico.
- Es necesario la actualización de las fallas que atraviesan la ciudad, ya que es necesario el conocer sus características morfológicas y físicas.
- Realizar estudios geofísicos y geotécnicos del área rural, a partir del cual se pueda clasificar el perfil de suelo ya sea tipo C, D E
- Implementar acelerogramas locales, para el desarrollo de ecuaciones de predicción de movimientos fuertes.





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**

**CENTRO DE POSGRADOS**

**MAESTRÍA DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL  
CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS**

**“PELIGROSIDAD SISMICA DEL ÁREA URBANA Y RURAL DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

**AUTOR: ING. PAOLA CAROLINA SERRANO MORETA.**

**DIRECTOR: ING. AGUIAR FALCONÍ, ROBERTO RODRIGO, PhD.**

**SANGOLQUÍ, FEBRERO - 2023**

