

UNA METODOLOGÍA PARA ENCONTRAR FACTORES DE SITIO Y VERSIÓN 2.0 DEL PROGRAMA MIZOSIQ

Roberto Aguiar Falconí, Dayana Astudillo

Centro de Investigaciones Científicas, CEINCI.
Universidad de Fuerzas Armadas ESPE
Valle de los Chillos, Ecuador

RESUMEN

La Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-11; como el estudio de microzonificación sísmica de Quito, realizado por ERN-12 determinan factores de sitio que no dependen del período. En este trabajo se presenta una metodología para encontrar estos factores pero en función del período de vibración.

Previamente se presenta el marco teórico de la propagación de ondas en una dimensión para un suelo elástico homogéneo con amortiguamiento y posteriormente se indica las ecuaciones de cálculo para un suelo sin amortiguamiento. Después se presenta la metodología con la cual se obtuvieron los factores de sitio en función del período.

Finalmente, se presenta con cierto detalle la segunda versión del programa MIZOSIQ que permite encontrar espectros de diseño de aceleraciones, de desplazamientos y espectros reducidos para ser utilizados en el diseño de estructuras con aislación sísmica para cualquier lugar del Distrito Metropolitano de Quito.

ABSTRACT

The Reporting Standard Construction, NEC-11, as the study of seismic microzonation Quito, made by ERN-12, determine site factors, which do not depend on the period. This paper presents a methodology for finding these factors, but according to the period of vibration.

Before we present the theoretical framework of wave propagation in one dimension for a homogeneous elastic soil, with damping and subsequently indicate calculation equations for a soil, without damping. Then the methodology is presented which were obtained site factors, depending on the period.

Finally, we present in some detail the second version MIZOSIQ program, to find, design spectra accelerations, displacements and reduced spectra to be used in the design of structures with seismic isolation anywhere in the Metropolitan District of Quito.

1. INTRODUCCIÓN

La propagación de ondas de esfuerzos en un medio se comprende fácilmente si se asume que el medio es ilimitado en la dirección que se propaga la onda. La idealización más sencilla es la onda que viaja a lo largo de una barra de longitud infinita (propagación unidimensional) y homogénea.

En una barra se pueden propagar en dirección paralela al eje 3 tipos de ondas: las ondas longitudinales que dilatan y contraen la barra a lo largo del eje originando cambios volumétricos sin desplazamiento lateral; las ondas torsionales que rotan la barra alrededor del eje sin cambios volumétricos ni desplazamiento lateral ni longitudinal; y las ondas transversales que desplazan la barra perpendicularmente al eje sin desplazamiento longitudinal ni cambio volumétrico.

Utilizando los conceptos básicos de equilibrio de fuerzas, relaciones esfuerzo deformación y deformación desplazamiento, la ecuación de ondas unidimensional puede ser deducida.

2. PROPAGACION DE ONDAS EN UNA DIMENSION

Si se toma una barra que en su estado no perturbado está representada por la línea punteada (*Figura 1*) y se hace vibrar golpeándola transversalmente, adopta la forma de las líneas continuas en un instante particular. Suponiendo que cada elemento de la barra se mueve hacia arriba y hacia abajo, sin que tenga movimiento longitudinal z , entonces, el desplazamiento transversal de un elemento en un instante particular será x .

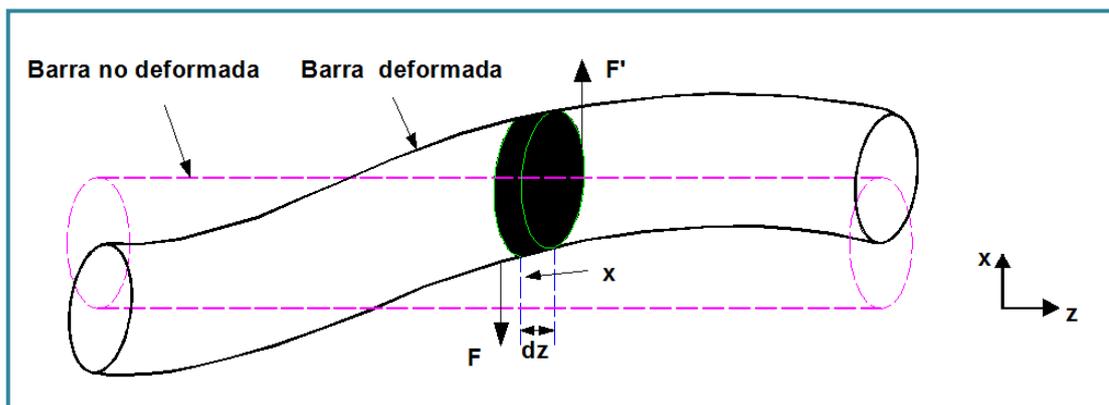


Figura 1 Barra sometida a vibraciones

Este desplazamiento x , también es función de la posición z , puesto que, si fuera constante, correspondería a un desplazamiento paralelo a la barra. Como resultado de su deformación, cada sección de longitud dz está sometida a las fuerzas opuestas F y F' que son transversales a la barra (*Figura 2*). Estas fuerzas son producidas por aquellas porciones de la barra que están a cada lado del elemento.

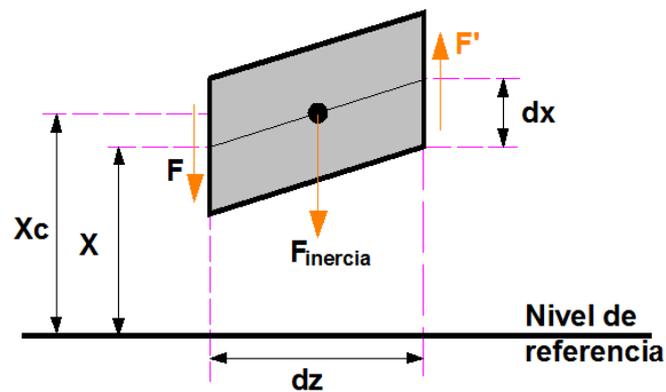


Figura 2 Elemento diferencial

La magnitud dx/dz , que es el cambio de desplazamiento transversal por unidad de longitud a lo largo de la barra.

$$\gamma = \frac{dx}{dz} \rightarrow \text{Deformación transversal o angular} \quad (1)$$

La fuerza tangencial o transversal por unidad de área,

$$\tau = \frac{F}{A} \rightarrow \text{Esfuerzo tangencial o cortante.} \quad (2)$$

La fuerza neta ejercida en el elemento diferencial es:

$$F - F' = dF \quad (3)$$

La cual origina un movimiento acelerado en el elemento diferencial. Si ρ es la densidad del material de la barra, la masa del elemento diferencial es:

$$dm = \rho A dz \quad (4)$$

Donde,

$A dz =$ Volumen del elemento diferencial.

La aceleración de esta masa genera una fuerza inercial aplicada en el centro de la masa, en x_c , del elemento diferencial.

$$x_c = x + \frac{dx}{2} \quad (5)$$

Por tanto,

$$F_{inercia} = dm * a_c = dm \frac{d^2 x_c}{dt^2} \quad (6)$$

Reemplazando la ecuación (5) en la ecuación (6), y operando tenemos:

$$F_{inercia} = dm \frac{d^2}{dt^2} \left[x + \frac{dx}{2} \right] = dm \left[\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{dx}{2} \right] \quad (7)$$

Si se desprecia la derivada de orden superior y se reemplaza a dm por la ecuación (4), la fuerza inercial que experimenta el elemento diferencial queda definida como:

$$F_{inercia} = \rho A dz \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (8)$$

Aplicando el concepto básico de equilibrio de fuerzas al elemento diferencial,

$$dF = F_{inercia} \quad (9)$$

Se obtiene:

$$dF = \rho A dz \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (10)$$

La relación entre fuerza y desplazamiento depende directamente del modelo de comportamiento que se asocie a la barra. Si se asocia en modelo viscoelástico tipo Kelvin-Voigt que relaciona el esfuerzo cortante (τ) y la deformación angular (γ)

$\tau = G\gamma + \eta \frac{d\gamma}{dt}$ y se aplica el concepto de deformación angular (Ec. 1) y esfuerzo cortante (Ec. 2), se obtiene la relación fuerza-desplazamiento siguiente:

$$F = A \left[G \frac{dx}{dz} + \eta \frac{d^2 x}{dz dt} \right] \quad (11)$$

Por lo tanto:

$$dF = A \left[G \frac{d^2 x}{dz} + \eta \frac{d^3 x}{dz dt} \right] \quad (12)$$

Al igualar las Ecuaciones (10) y (12) se obtiene la ecuación de onda transversal o ecuación del movimiento ondulatorio transversal:

$$G \frac{d^2 x}{dz^2} + \eta \frac{d^3 u}{dz^2 \partial t} = \rho \frac{d^2 x}{\partial t^2} \quad (13)$$

Donde,

G es el módulo de rigidez al corte (Pa),

η es el coeficiente de viscosidad (Pa*s) del modelo de Kelvin Voigt.

ρ es la densidad del material de la barra (Kg/m³) y

$x(z, t)$ es el desplazamiento transversal de un elemento diferencial de la barra en un instante particular.

Si suponemos un estrato de suelo homogéneo y con un comportamiento viscoelástico como el de una barra infinita (Kelvin-Voigt) podemos tomar esta misma Ecuación (13) para utilizarla como la que rige la propagación de ondas de corte a través de éste estrato de suelo.

2.1 ANALISIS DE LA ECUACION SIN AMORTIGUAMIENTO

Es interesante analizar la situación de vibración libre del depósito de suelos sin amortiguamiento ($\eta=0$). Reemplazando esta condición en la ecuación (13) se tiene:

$$G \frac{d^2 x}{dz^2} = \rho \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (14)$$

$$G \frac{d^2 x}{dz^2} - \rho \frac{d^2 x}{dt^2} = 0 \quad (15)$$

La solución de esta ecuación es del tipo:

$$x = f(z + vt) + g(z - vt) \quad (16)$$

Donde,

v = Constante que se determina reemplazando esta solución en la ecuación (8):

$$\frac{d^2 x}{dz^2} = f'' + g'' \quad y \quad \frac{d^2 x}{dz^2} = (f'' + g'')v^2 \quad (17)$$

Con lo cual resulta que esta constante equivale:

$$G - \rho v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (18)$$

Al analizar la parte:

$$x = f(z + vt) \quad (19)$$

Y estudiar el tiempo y lugar donde se produce un determinado movimiento u_0 , es posible deducir que:

$$x_0 = f(z + vt) \Rightarrow z - vt = cte = b$$

Gráficamente esta condición se presenta en la Fig. 3, donde se puede concluir que el mismo corrimiento X_0 se va produciendo en el tiempo en la medida que z disminuye. Esta situación se interpreta como una onda que va viajando hacia abajo a una velocidad v . Como se está analizando una onda de corte puro, la velocidad de v corresponde a la velocidad de propagación de la onda de corte, V_s .

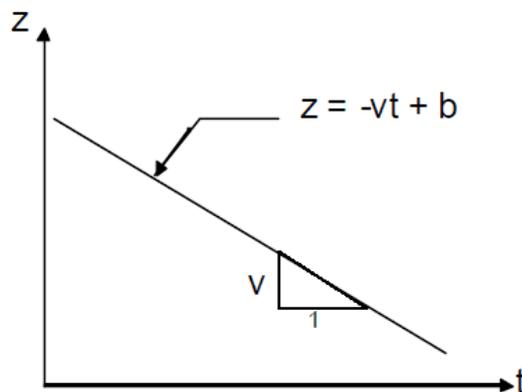


Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento. Condición espacio-tiempo asociada a un desplazamiento x_0 .

La velocidad de onda de corte está relacionada con las propiedades del suelo a través de la siguiente expresión:

$$V_s = v = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (20)$$

Análogamente, al analizar la segunda componente de la solución de la ecuación de onda se obtiene que esta representa, una onda de corte viajando en sentido vertical ascendente.

3. FACTORES DE SITIO

Para la determinación de los factores de sitio para la ciudad de Quito se consideró los estudios realizados por la Escuela Politécnica Nacional en 1994 y 2002, estudios realizados para el Metro de Quito y estudios de suelos para el proyecto “Reforzamiento sísmico de las edificaciones de los Centros Educativos Municipales en el Distrito Metropolitano de Quito” (PLANMAN 2012), los que a su vez incluyeron ensayos de Penetración Estándar, Down Hole y Refracción Sísmica.

Además se consideró seis acelerogramas de sismos sintéticos, los mismos que fueron empleados para la determinar el comportamiento del suelo frente a estos. A continuación se detalla su información.

Tabla 1: Información de Eventos Sísmicos empleados en el estudio

	SISMOS	
	1a	1b
ESTACION	CHARACATO-PERÚ	CHARACATO-PERÚ
DT	0.005 seg	0.005 seg
FECHA	13 de Junio de 2005	13 de Junio de 2005
HORA	17:45:33	17:45:33
DIST. EPICENTRAL	87.79 Km	387.79 Km
MAGNITUD	7.2ML 7.8MW	7.2ML 7.8MW
DUR. REGISTRO	178.01 seg	178.01 seg
ACEL. MAXIMA	-138.501 (cm/s/s)	125.43 (cm/s/s)
TIPO DE SUELO	Afloramiento de roca	Afloramiento de roca
SENTIDO	E-W	N-S

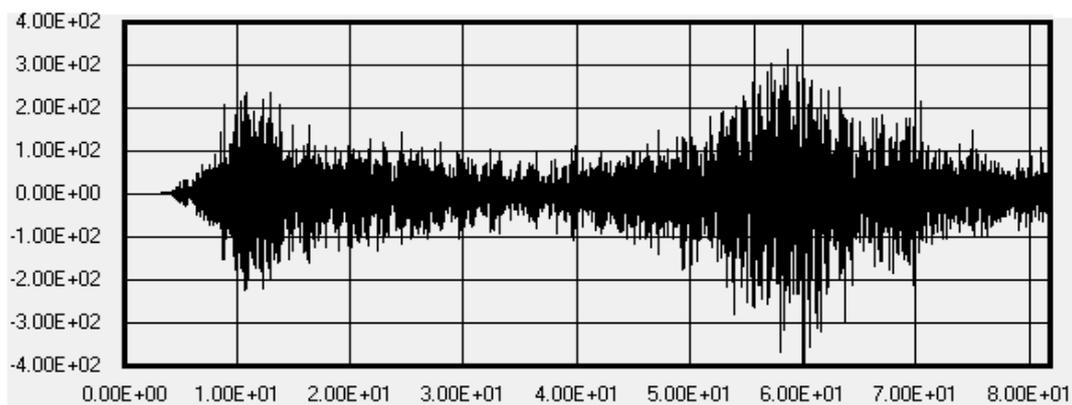


Figura 4 Acelerograma Sismo 1a

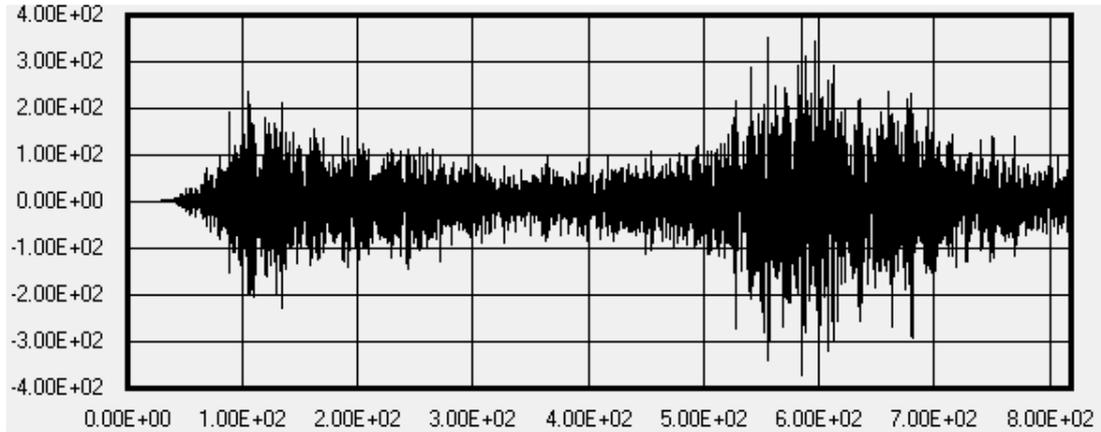


Figura 5 Acelerograma Sismo 1b

Tabla 2: Información de Eventos Sísmicos empleados en el estudio (Continuación)

SISMOS		
	22a	22b
ESTACION	CENTRAL CHILE EQ	CENTRAL CHILE EQ
DT	0.005 seg	0.005 seg
FECHA	03 de Marzo de 1985	03 de Marzo de 1985
HORA	22:47:07	
DIST.EPICENTRAL	----	-----
MAGNITUD	7.8	7.8
DUR. REGISTRO	54.57 seg	54.595 seg
ACEL. MAXIMA	254.00 (cm/seg ²)	-175.00 (cm/s ²)
TIPO DE SUELO	Rocoso Tipo S1 (Aguiar-García)	Rocoso Tipo S1 (Aguiar-García)
SENTIDO	N-S	E-W

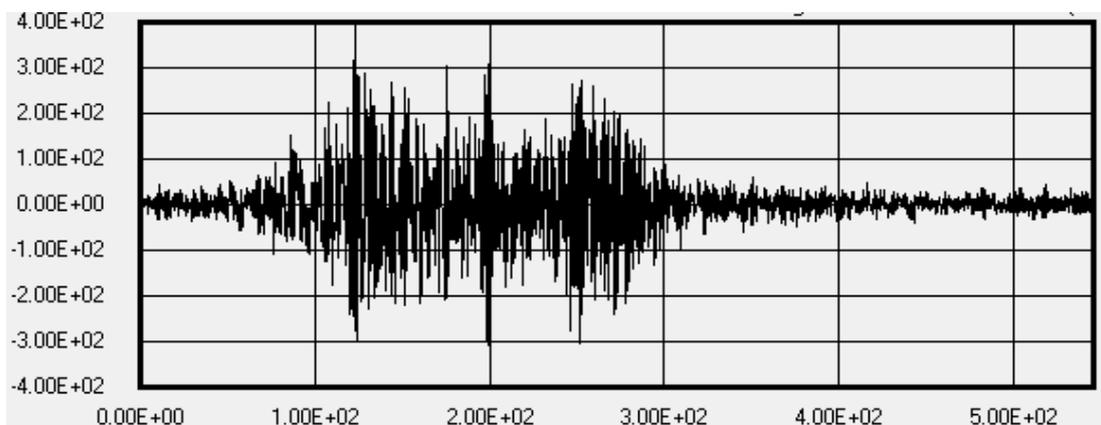


Figura 6 Acelerograma Sismo 22a

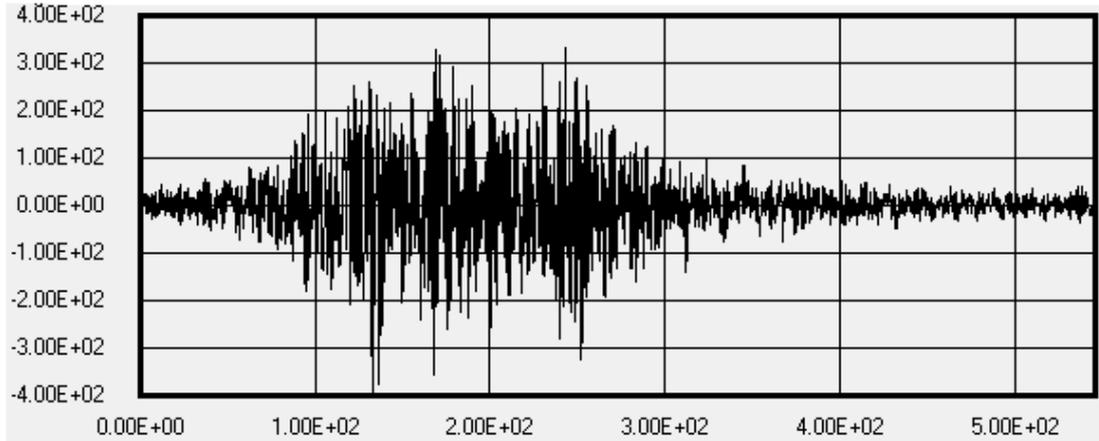


Figura 7 Acelerograma Sismo 22b

Tabla 3: Información de Eventos Sísmicos empleados en el estudio (Continuación)

SISMOS		
	34a	34b
ESTACION	EST. DE RICAURTE (C.RICA)	EST. DE RICAURTE (C.RICA)
DT	0.005 seg	0.005 seg
FECHA	17 de Julio de 1998	17 de Julio de 1998
HORA	----	----
DIST.EPICENTRAL	637.00Km	637.00Km
MAGNITUD	3.07 ML	3.07 ML
DUR. REGISTRO	----	----
ACEL. MAXIMA	132.40 (cm/seg ²)	-124.80 (cm/s ²)
TIPO DE SUELO	Roca	Roca
SENTIDO	E-W	N-S

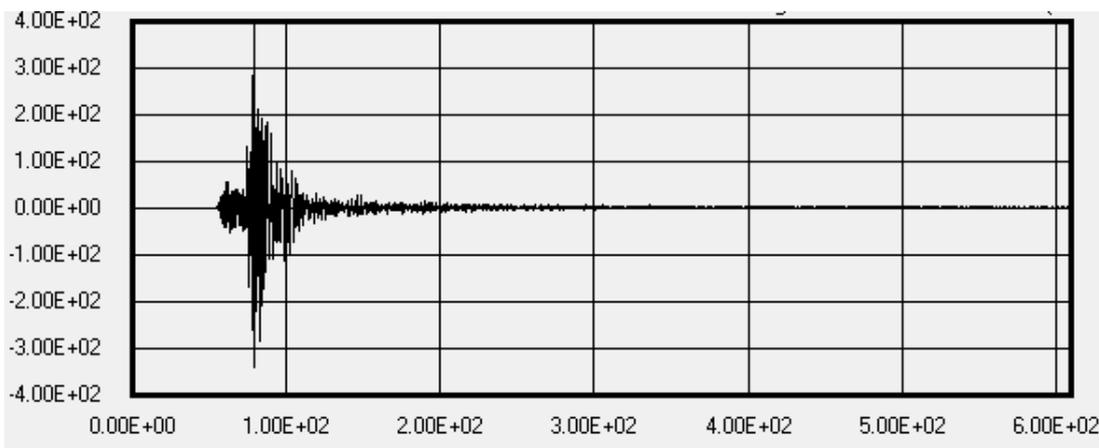


Figura 8 Acelerograma Sismo 34a

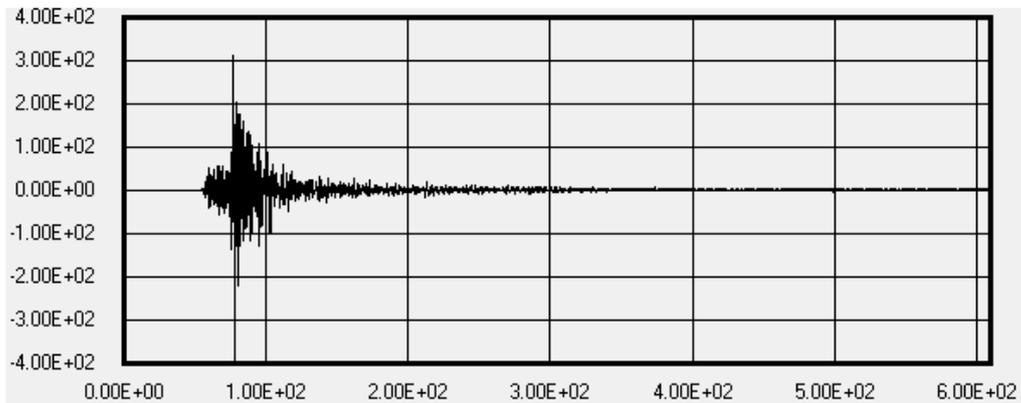


Figura 9 Acelerograma Sismo 34b

A continuación se menciona el procedimiento llevado a cabo:

- De los estudios mencionados anteriormente se obtiene el perfil de suelo con sus características necesarias para el análisis, éstas son: peso específico, profundidad y velocidad de corte (V_s)
- Se aplica el sismo en roca (parte inferior), se observa su comportamiento en campo libre (parte superior).
- Se dividen las ordenadas del sismo en campo libre para las ordenadas del sismo en roca y se determinan de esta manera los factores de sitio de aceleración.

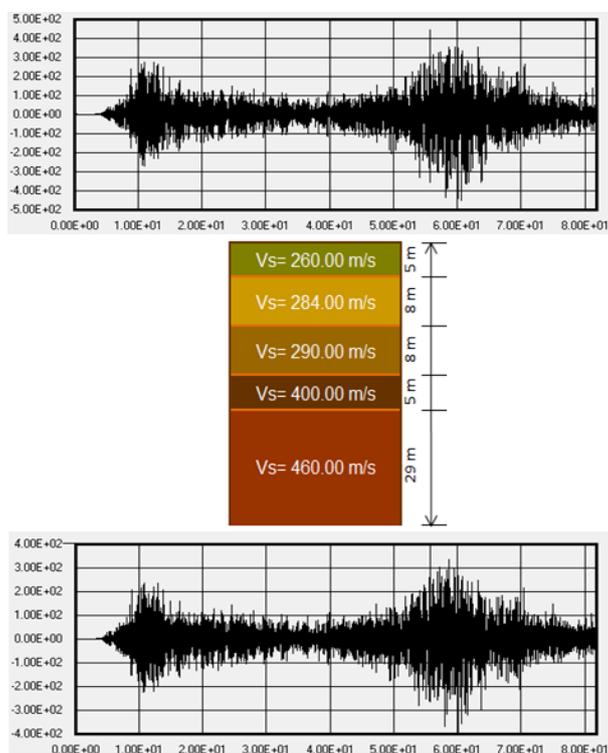


Figura 10 Acelerograma en roca y campo libre

3.1 RESULTADOS

En la gráfica 11 se indica la localización de los sectores de análisis.

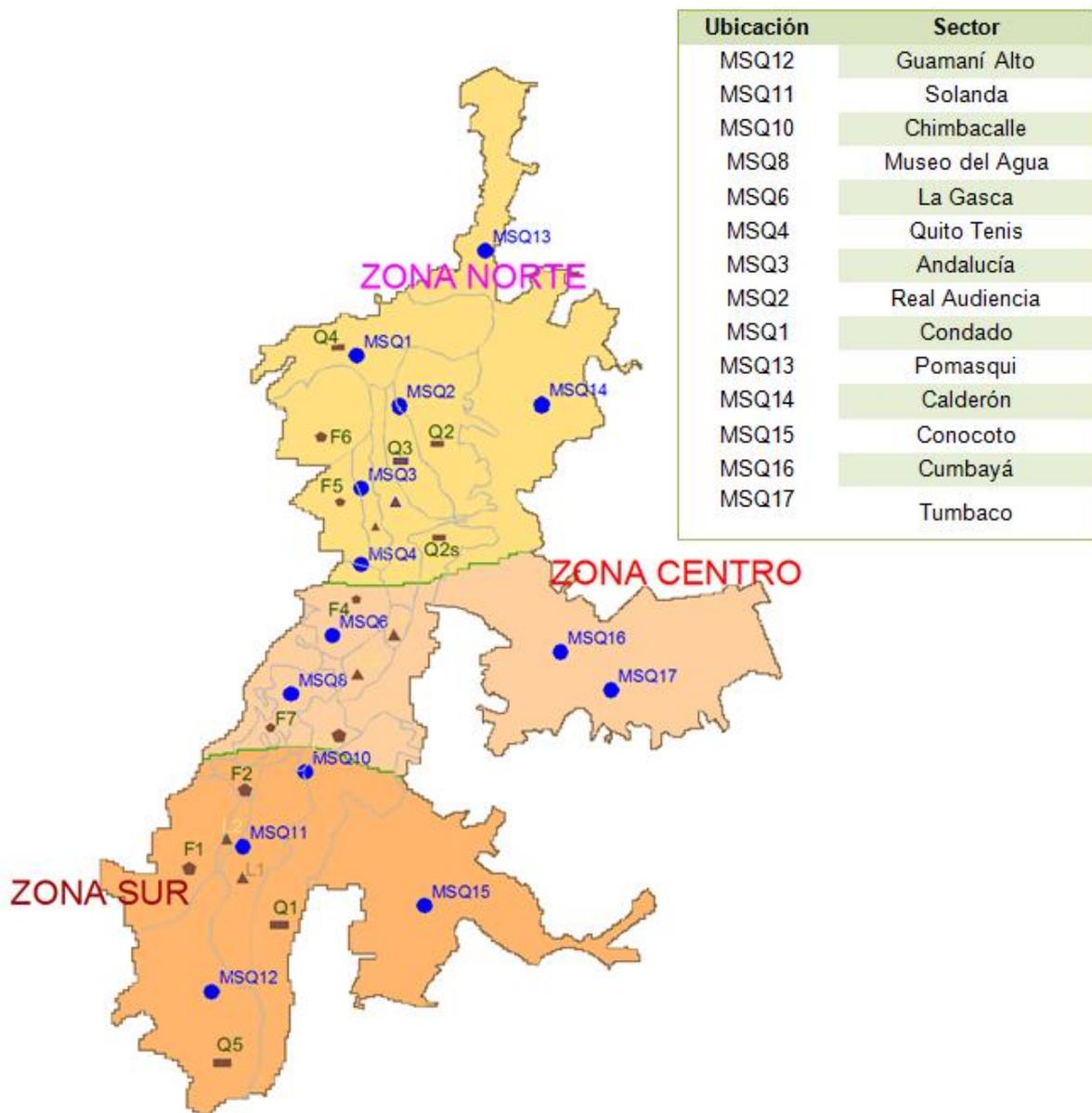


Figura11 Mapa de Quito. Ubicación de los sectores de análisis

De la figura 12 a la figura 18 se muestran los factores de sitio hallados en el presente estudio, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente. El promedio de los factores de sitio hallados con los diferentes sismos se muestra con una línea más gruesa.

ZONA NORTE

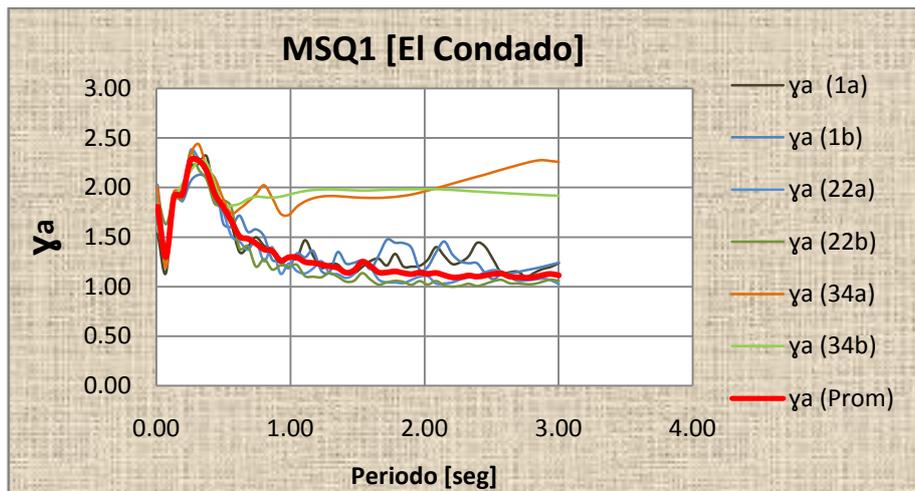


Figura 12 Factor de amplificación de aceleración. (El Condado)

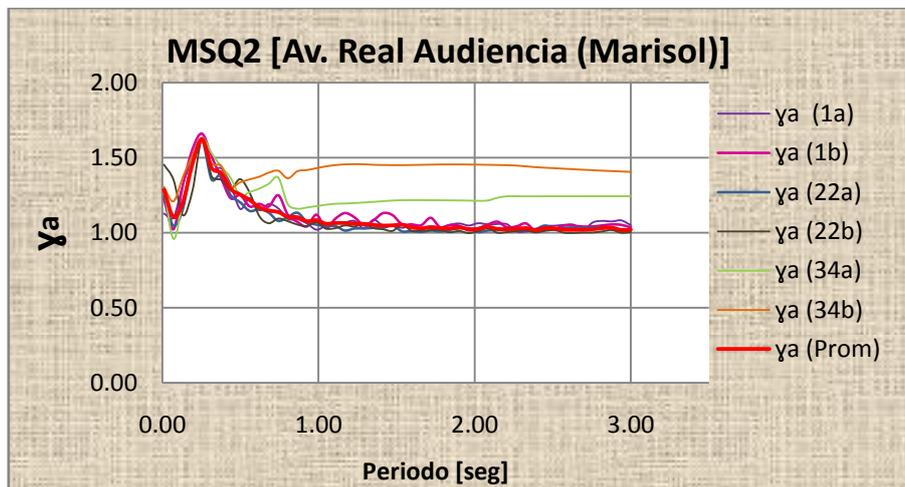


Figura 13 Factor de amplificación de aceleración. (Av. Real Audiencia)

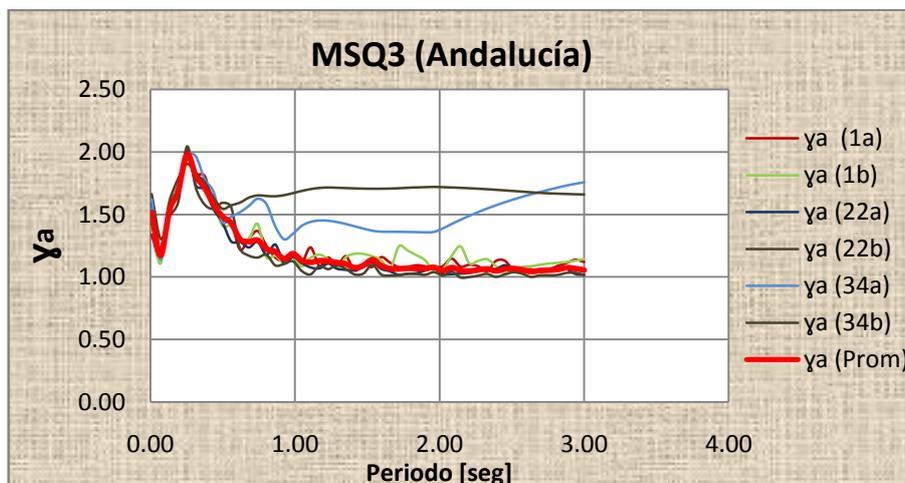


Figura 14 Factor de amplificación de aceleración. (Andalucía)

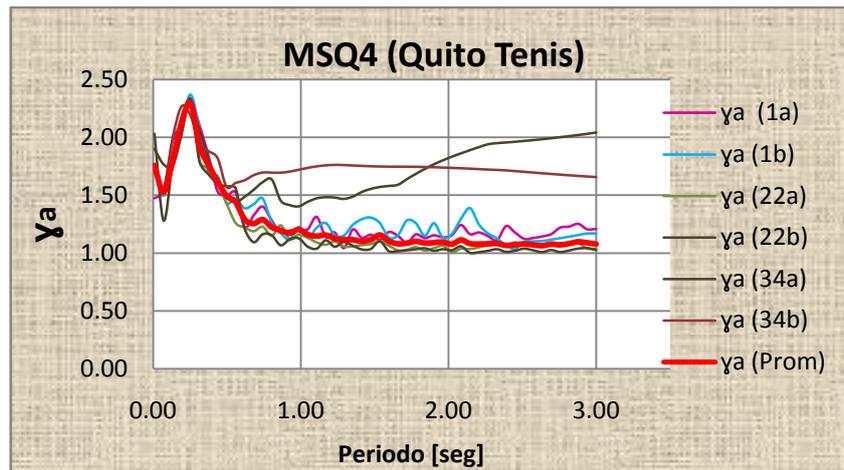


Figura 15 Factor de amplificación de aceleración. (Quito Tennis)

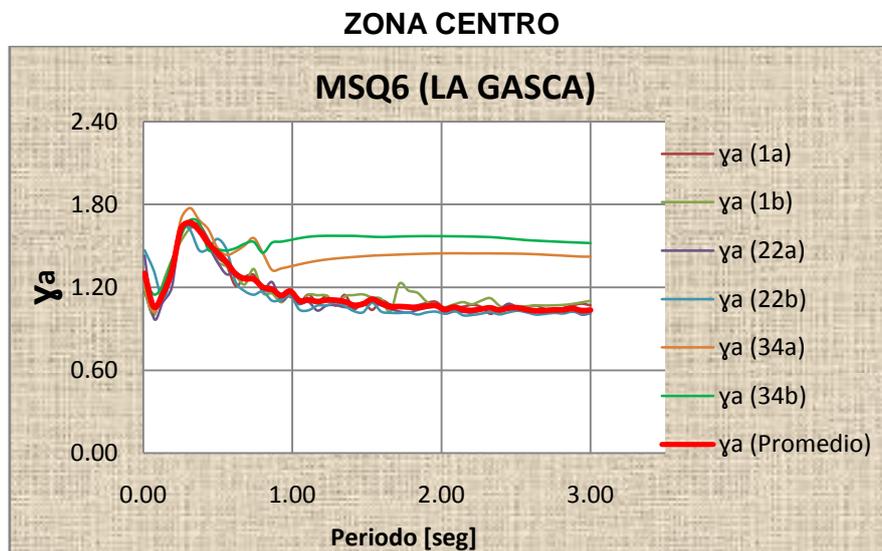


Figura 16 Factor de amplificación de aceleración. (La Gasca)

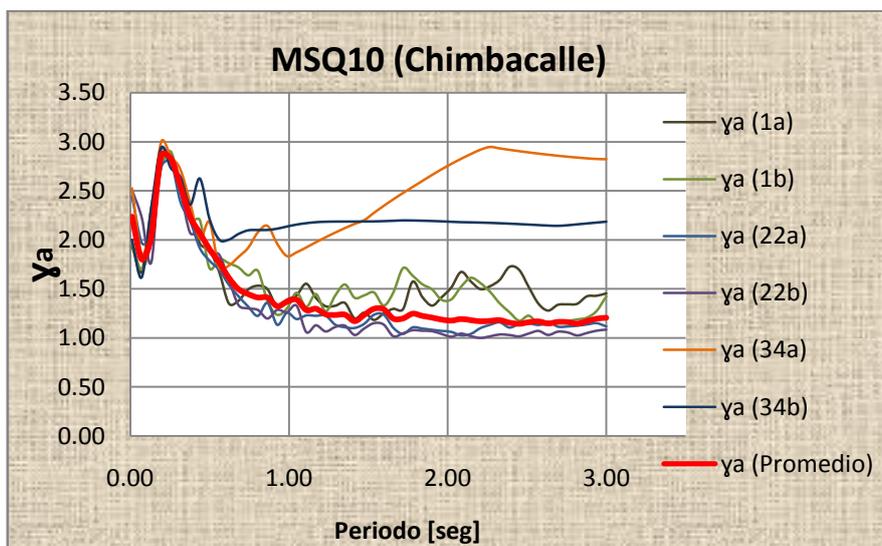


Figura 17 Factor de amplificación de aceleración. (Chimbacalle)

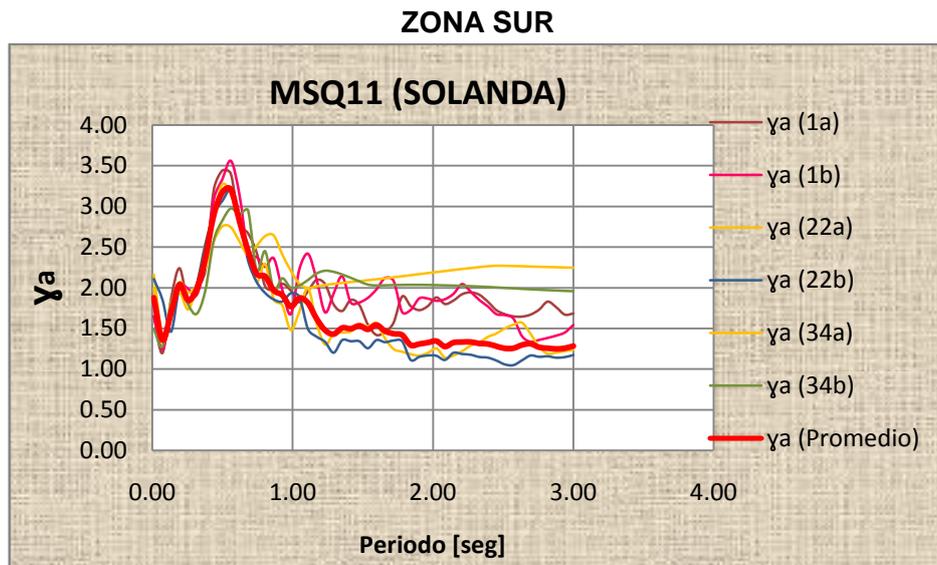


Figura 18 Factor de amplificación de aceleración. (Solanda)

4. SEGUNDA VERSION DE MIZOSIQ

MIZOSIQ V2.0, mantiene el formato de programación con opciones de Visual Basic, la característica adicional que presenta esta versión es la implementación de los siguientes parámetros:

- Espectros Elásticos de Desplazamiento,
- Factores de sitio, y
- Espectros reducidos.

La ventana que se muestra una vez inicializado del programa permite al usuario la selección de:

- La zona en que desee trabajar, siendo estas Sur, Centro Sur, Centro, Centro Norte y Norte del Distrito Metropolitano de Quito.
- El sector a ser analizado.
- El barrio correspondiente a cada sector. Para la selección de este parámetro se cuenta con un botón en el cual se desplegaran todos los barrios contenidos en el mismo.

En base a estos datos, se elaboran las gráficas, para los períodos de retorno estimados de 475 y 970 años. Primero se visualiza el espectro elástico de aceleración en función de las ecuaciones establecidas en el NEC-11, a continuación se muestra el espectro elástico de desplazamientos, que de igual manera es establecido de acuerdo al NEC-11, seguidamente se indican los factores de sitio con los que se calcularon los espectros antes mencionados y las gráficas encontradas en este estudio, finalmente se muestra las gráficas de los espectros reducidos para un periodo de retorno de 475 años y 2470 años.

Primer Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra y la Construcción

Para visualizar el funcionamiento del programa MIZOSIQ V2.0, se realizará el análisis del barrio “El Condado”, sector 60, zona NORTE.

En la figura 19 se muestra la pantalla inicial del programa MIZOSIQ V2.0, donde se presiona el botón INICIO para dar comienzo al análisis.



Figura 19 Pantalla inicial de programa MIZOSIQ V2.0

Una vez inicializado el programa, aparece una segunda pantalla en la que se muestra el mapa del Distrito Metropolitano de Quito (parroquias urbanas), con las divisiones zonales y sectores propuestos. Para este caso damos clic en ZONA NORTE.

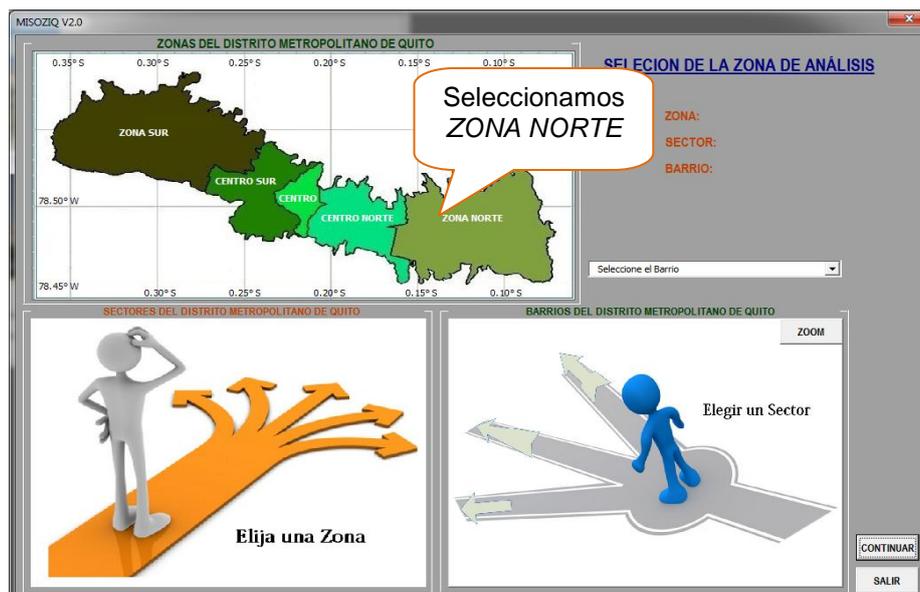


Figura 20 Ventana con el Mapa del Distrito Metropolitano de Quito

Primer Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra y la Construcción

Al hacer **click** en la zona correspondiente (Texto en blanco del Mapa del Distrito Metropolitano de Quito), se muestra en la parte inferior izquierda una vista más amplia de la zona con los sectores que lo conforman.

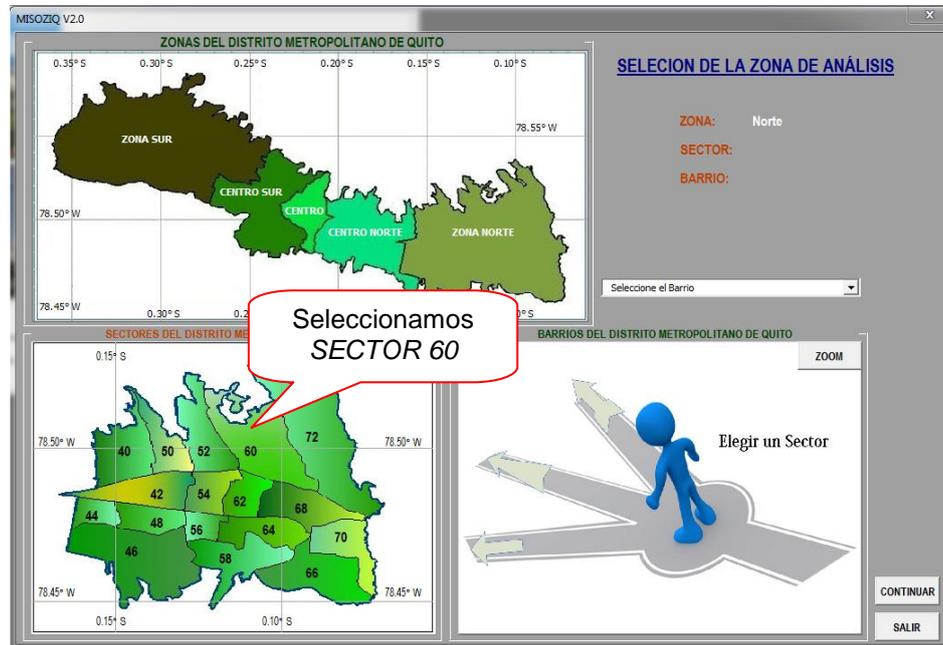


Figura 21 Selección del sector a analizar

Para poder seleccionar el sector que deseamos analizar damos **click** en uno de ellos, y se nos muestra un mapa en la parte inferior derecha de la pantalla con los barrios de la zona adoptada.

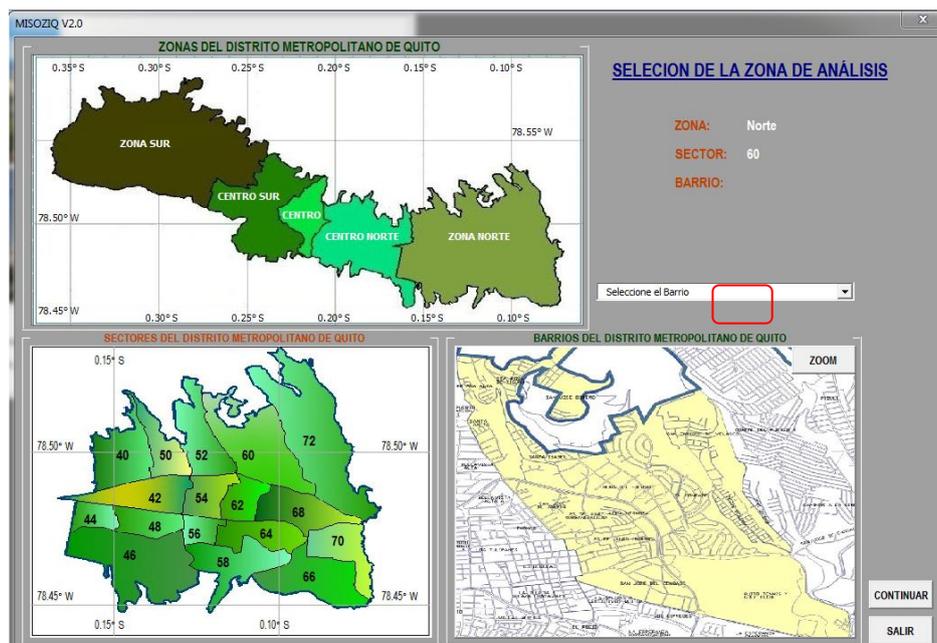


Figura 22 Selección del barrio a analizar

Primer Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra y la Construcción

En caso de que no se visualice claramente el mapa de los barrios, accionamos el botón **ZOOM** (mostrado en la parte superior derecha del mapa de barrios), a continuación se nos muestra una ventana con una vista más clara de los barrios.

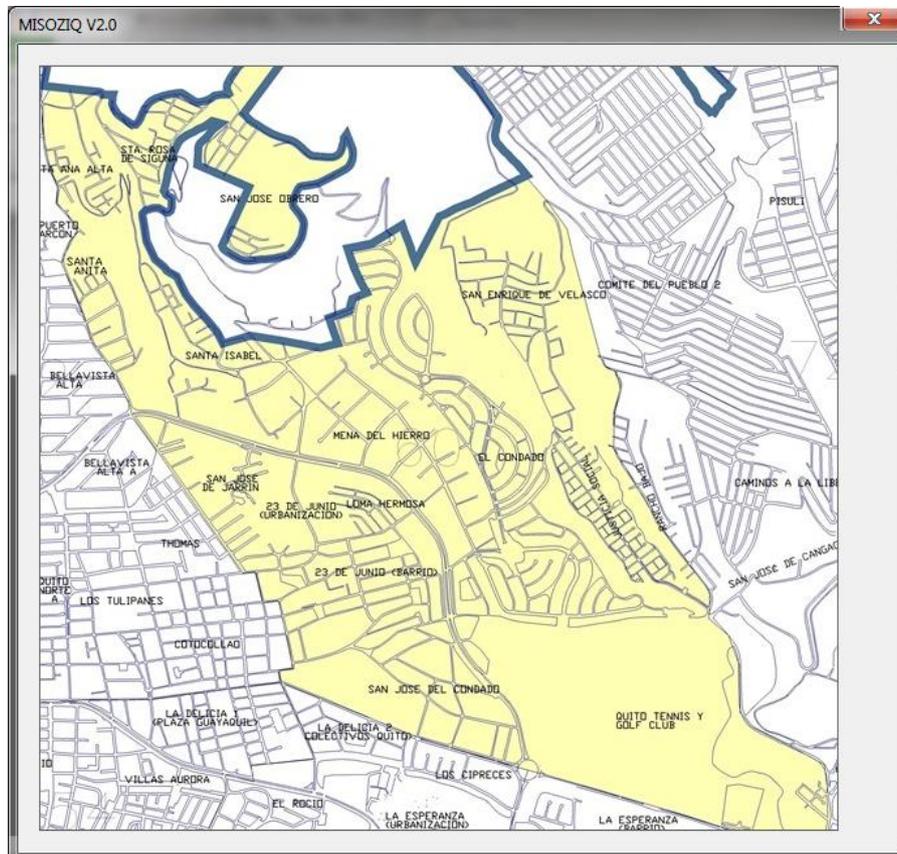


Figura 23 Ampliación de los barrios del sector 60

Cerramos esta ventana y seleccionamos el Barrio que se desea analizar de la lista desplegable que se nos muestra en la parte superior del mapa de Barrios.

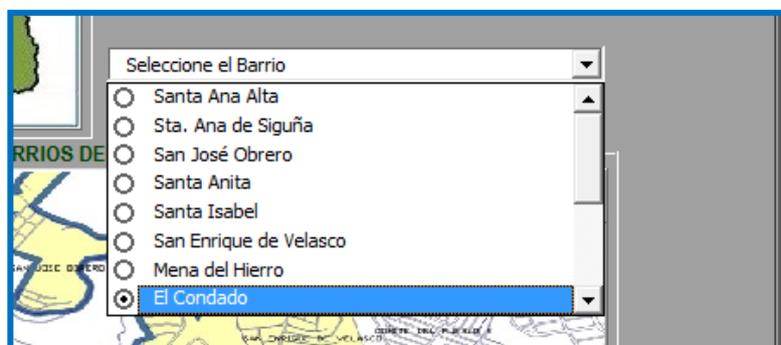


Figura 24 Selección del Barrio

Nótese que la parte superior derecha de la pantalla se va llenando con la información de la zona una vez que se hayan seleccionado todos los parámetros para

el análisis, si estamos de acuerdo con los datos escogidos damos **click** en el botón “CONTINUAR”

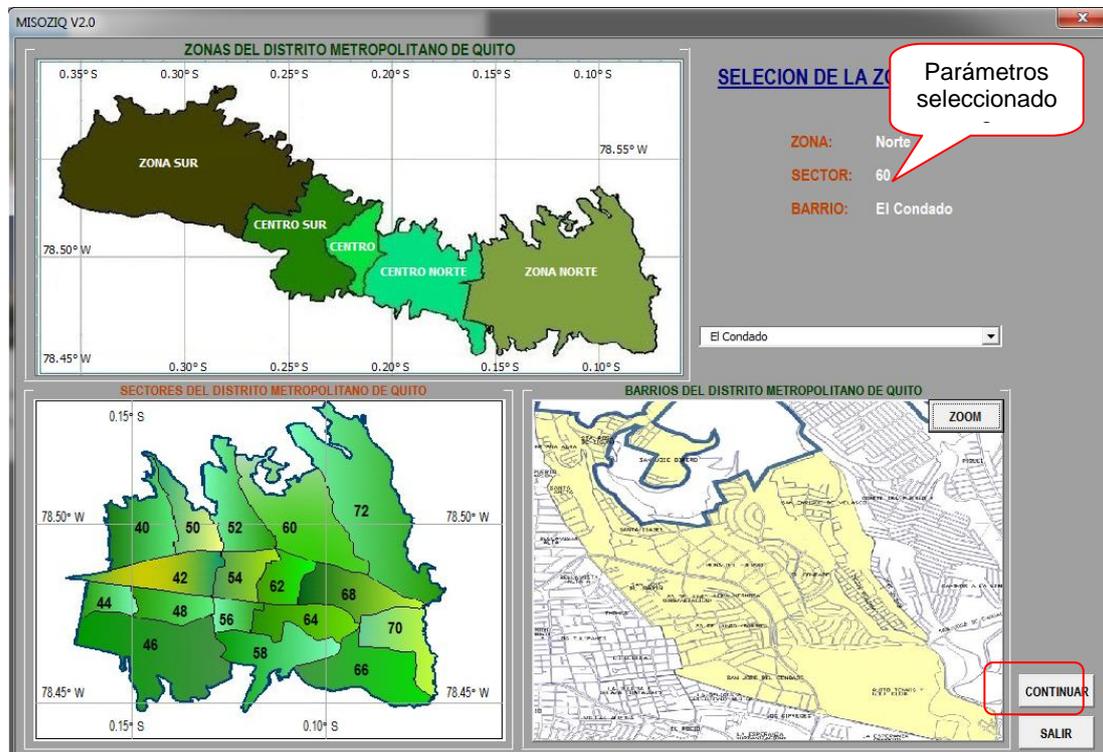


Figura 25 Ventana principal con los datos seleccionados

La pantalla mostrada a continuación nos presenta las opciones de análisis del programa: “ESPECTROS DE ACELERACION”, “ESPECTROS DE DESPLAZAMIENTO”, “FACTORES DE SITIO”, “ESPECTROS REDUCIDOS DE ACELERACIÓN”, “ESPECTROS REDUCIDOS DE DESPLAZAMIENTO”.

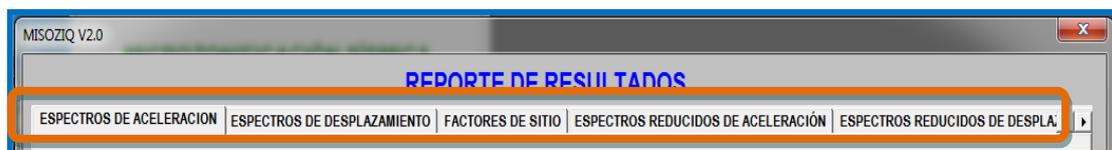


Figura 26 Opciones presentadas por el programa

El reporte de resultados lo obtenemos seleccionando una de las opciones antes mencionadas, iniciamos con el “Espectro de Aceleración”. Los resultados mostrados corresponden a las gráficas de los espectros de diseño para un periodo de retorno de 475 años y de 970 años.

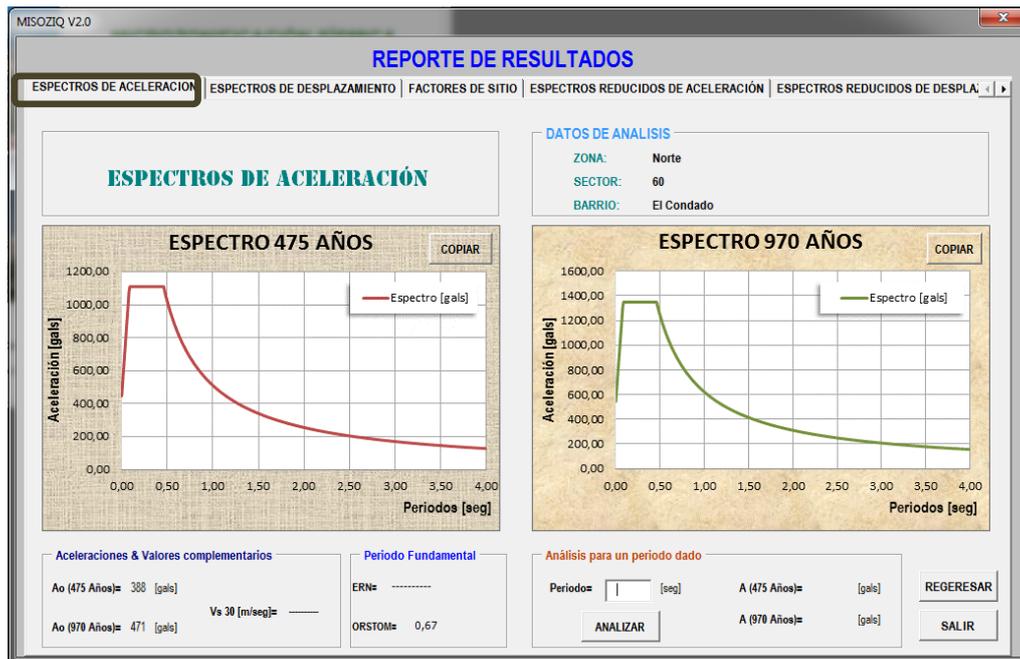


Figura 27 Espectros de aceleración para un periodo de retorno de 475años & 970 años.

De manera simultánea, en la parte superior derecha de la misma ventana, se indican los datos de análisis.

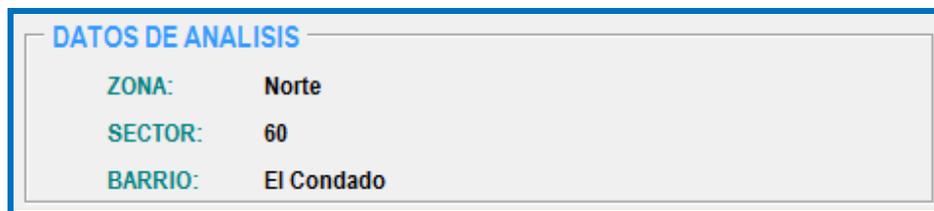


Figura 28 Datos de análisis

De igual manera, en la parte inferior izquierda, se despliegan las características principales del barrio seleccionado obtenidas a lo largo de este estudio.

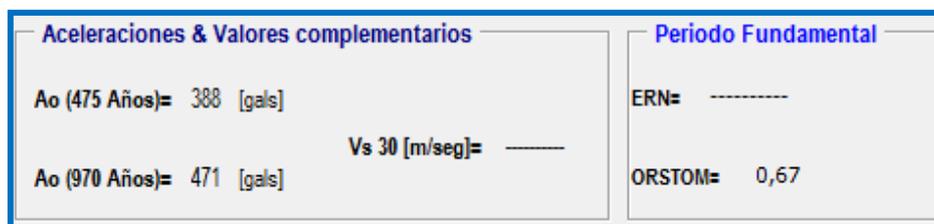


Figura 29 Características principales del Barrio

Adicionalmente en la parte inferior derecha se nos presenta la opción de ingresar un periodo para determinar el valor exacto de la aceleración, tanto para 475 años

como para 970 años, al pulsar “ANALIZAR”, en las gráficas se presenta el valor de la abscisa (Periodo ingresado) y de la ordenada (Aceleración).

Análisis para un periodo dado

Periodo= [seg] A (475 Años)= 429,47 [gals]

 A (970 Años)= 521,35 [gals]

Figura 30 Análisis para un periodo dado



Figura 31 Espectro de aceleración. (475 Años)

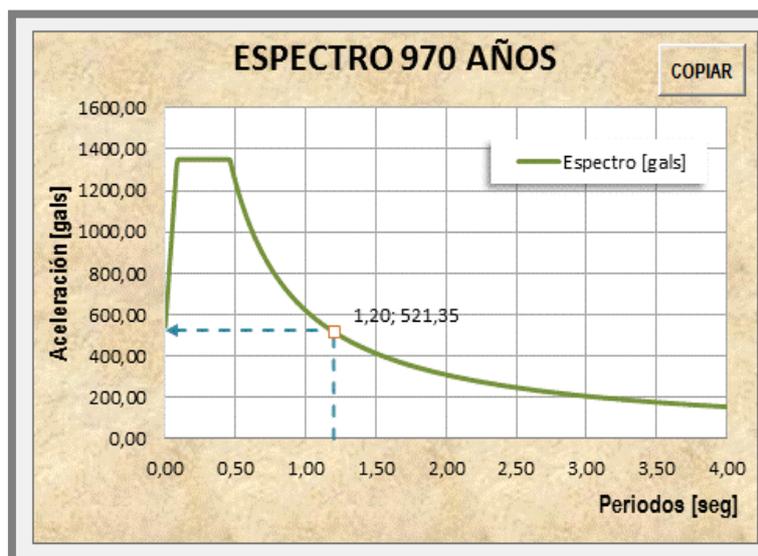


Figura 32 Espectro de aceleración. (970 Años)

Para el caso de los “ESPECTROS DE DESPLAZAMIENTO”, su funcionamiento es similar al del “ESPECTRO DE ACELERACION”



Figura 33 Espectros de desplazamiento para un periodo de retorno de 475 años & 970 años

En la parte inferior izquierda de la misma ventana, se despliegan las características principales del barrio seleccionado obtenidas a lo largo de este estudio.

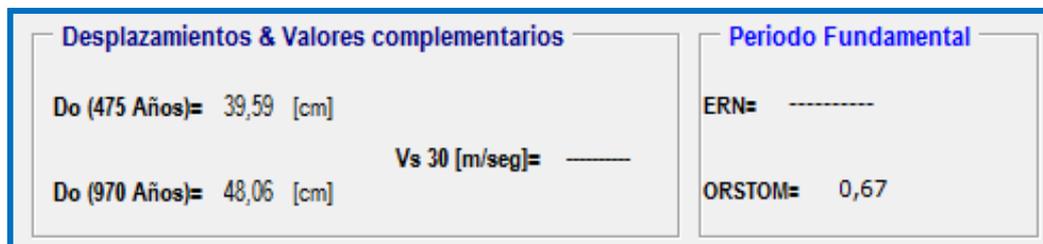


Figura 34 Características principales del Barrio

De igual forma en la parte inferior derecha se nos presenta la opción de ingresar un periodo para determinar el valor exacto del desplazamiento, tanto para 475 años como para 970 años, al pulsar "ANALIZAR", en las gráficas se indica el valor de la abscisa (Periodo ingresado) y de la ordenada (Desplazamiento).



Figura 35 Análisis para un periodo dado



Figura 36 Espectro de desplazamiento (475 Años).



Figura 37 Espectro de desplazamiento (970 Años).

El programa también nos da la opción de copiar los datos con los que fue realizado el espectro tanto de aceleración como de desplazamiento, para ello es necesario pulsar el botón “COPIAR”, que se encuentra en la parte superior de cada gráfica.



Figura 38 Opción que permite copiar la tabla con los valores de espectro

La tabla puede ser pegada en cualquier documento, sea este de Word o Excel. A continuación se muestra la tabla con los valores de aceleraciones y periodos. (La tabla completa muestra valores hasta T=4seg con un intervalo de 0,1seg).

Tabla 1: Datos con los que el programa realizó las gráficas de los Espectros

Periodo [seg]	Aceleración (475 Años) [gals]
0	448,14
0,1	1111,38
0,2	1111,38
0,3	1111,38
0,4	1111,38
0,5	1022,15
0,6	851,79
0,7	730,11
0,8	638,84
0,9	567,86
1	511,07
1,5	340,71
2	255,53
2,5	204,43
3	170,35
3,5	146,02
4	127,76

Para visualizar los factores de sitio empleados en este estudio nos dirigimos a la opción "FACTORES DE SITIO" de la ventana de "**Reporte de Resultados**".

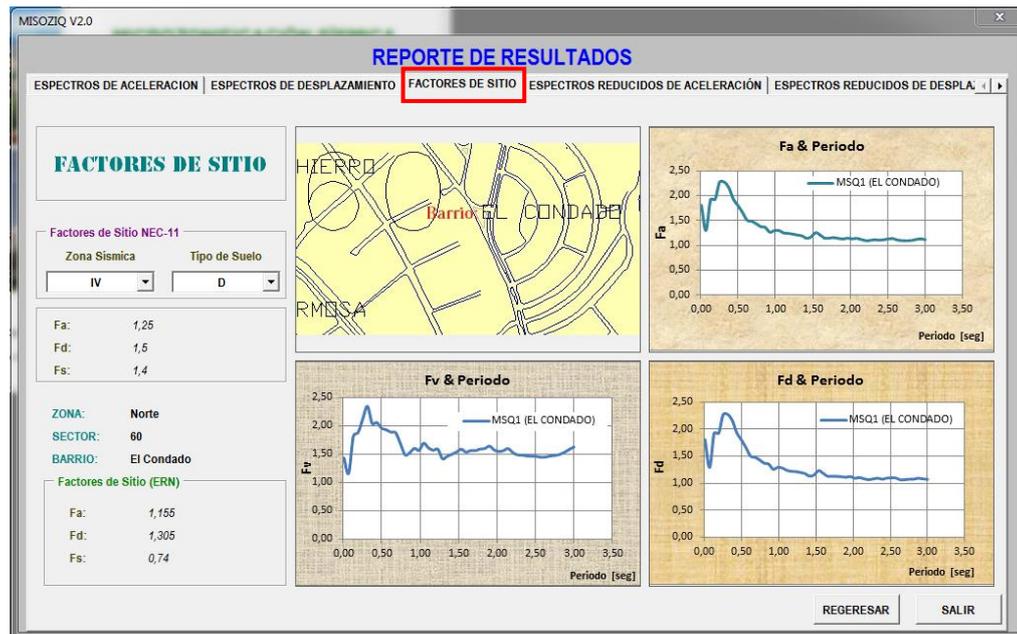


Figura 39 Factores de sitio

En esta ventana contamos con dos botones en cada uno de los cuales se pide que se seleccione el tipo de suelo y la zona, una vez que se llenen estos parámetros nos aparecerán los factores de sitio establecidos en el NEC-11.



Figura 40 Factores de Sitio del NEC-11

En la parte inferior de la pantalla se muestran los valores de los factores de sitio con los que se calcularon los espectros tanto de aceleración como de desplazamiento. Estos factores corresponden al estudio realizado por ERN (2012).

ZONA:	Norte
SECTOR:	60
BARRIO:	El Condado
Factores de Sitio (ERN)	
Fa:	1,155
Fd:	1,305
Fs:	0,74

Figura 41 Factores de Sitio empleados en el programa

Adicionalmente en la parte derecha se muestran las gráficas de los factores de sitio tanto de aceleración, como de velocidad y desplazamiento; hallados para este barrio.

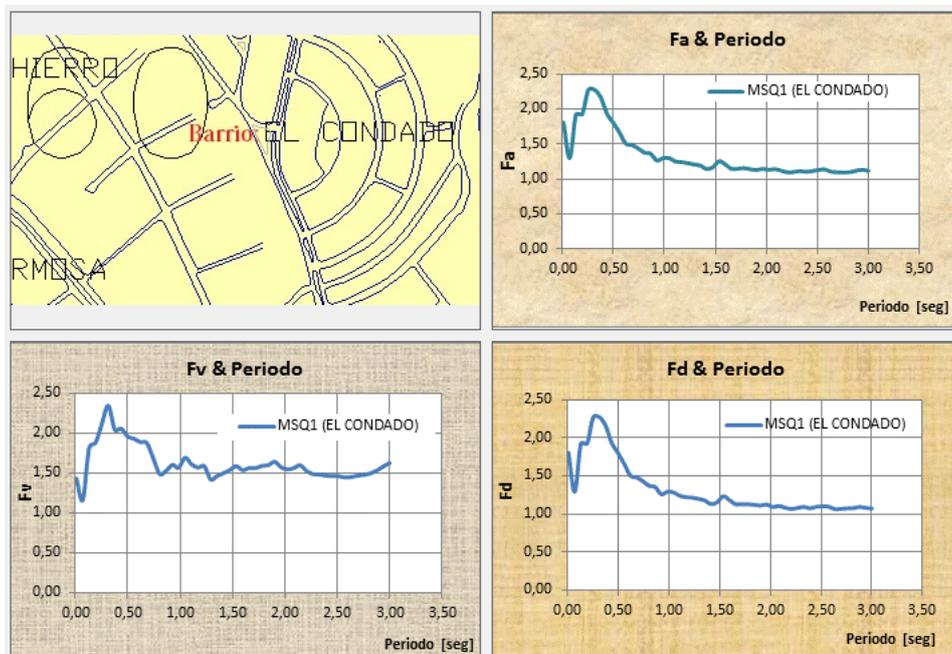


Figura 42 Factores de Sitio Barrio “El Condado”

Para la opción de “ESPECTROS REDUCIDOS DE ACELERACIÓN” es necesario ingresar el valor de β_{ef} y Tr (Período reducido) tanto para un periodo de retorno de 475 años como para 2475 años, una vez ingresados estos valores se podrá dar clic en

GRAFICAR

la opción graficar, ya que si pulsamos este botón sin ingresar los datos requeridos se nos muestra un pequeña ventana que nos indica que estos valores aún no han sido ingresados.



Figura 43 Espectros Reducidos de Aceleración. Ingreso de datos

Una vez ingresados todos los datos se nos mostraran unas gráficas como las indicadas en la figura 44, en las cuales se visualiza el espectro de diseño y el espectro reducido.

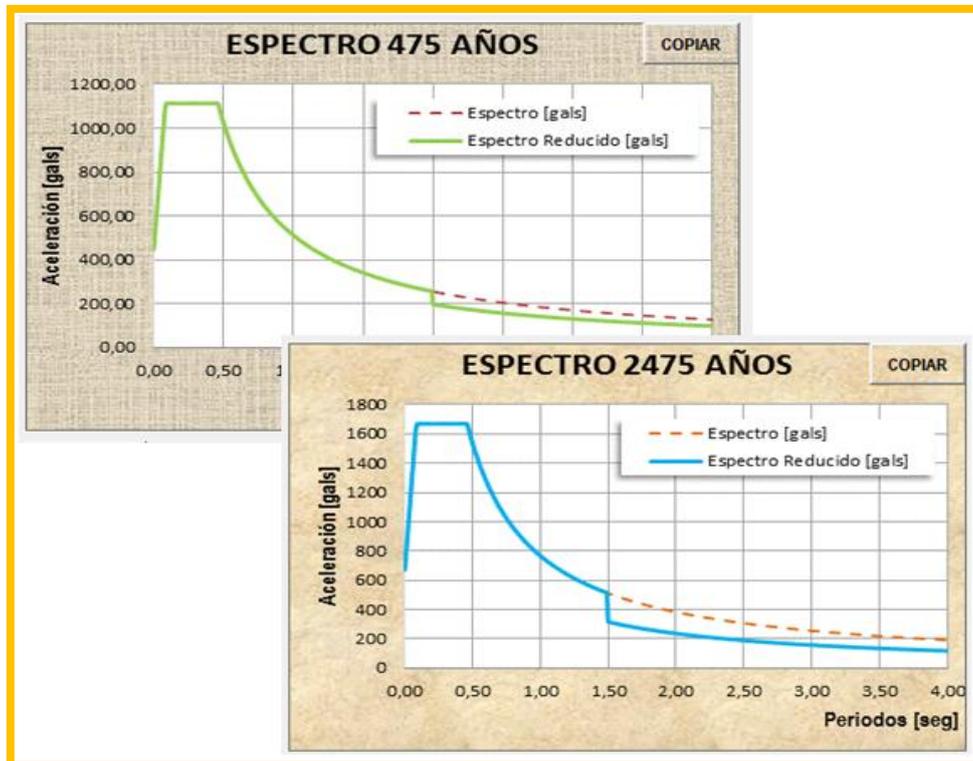


Figura 44 Espectros de Diseño & Espectros reducidos de aceleración

Si se desea conocer el valor exacto de la aceleración para un periodo determinado se lo puede hacer ingresando este valor en la parte inferior de la gráfica y dando “**clic**” en el botón “ANALIZAR”

Análisis para un periodo dado

Periodo= [seg] Sa= 468,88 [gals]

 Sa Reducido= 468,88 [gals]

Figura 45 Análisis para un periodo dado

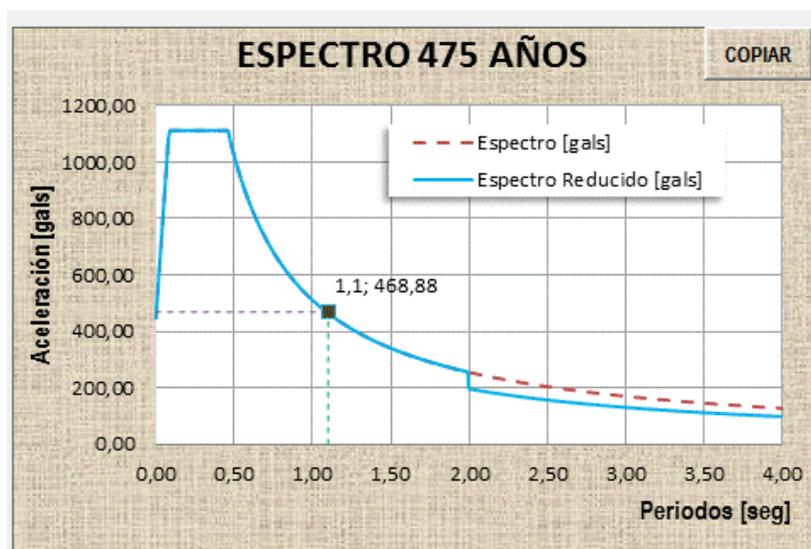


Figura 46 Espectros de Diseño & Espectros reducidos de aceleración. Periodo dado

De igual forma para la opción “ESPECTROS DE REDUCIDOS DE DESPLAZAMIENTO”, su funcionamiento es similar al del “ESPECTROS REDUCIDOS DE ACELERACION”

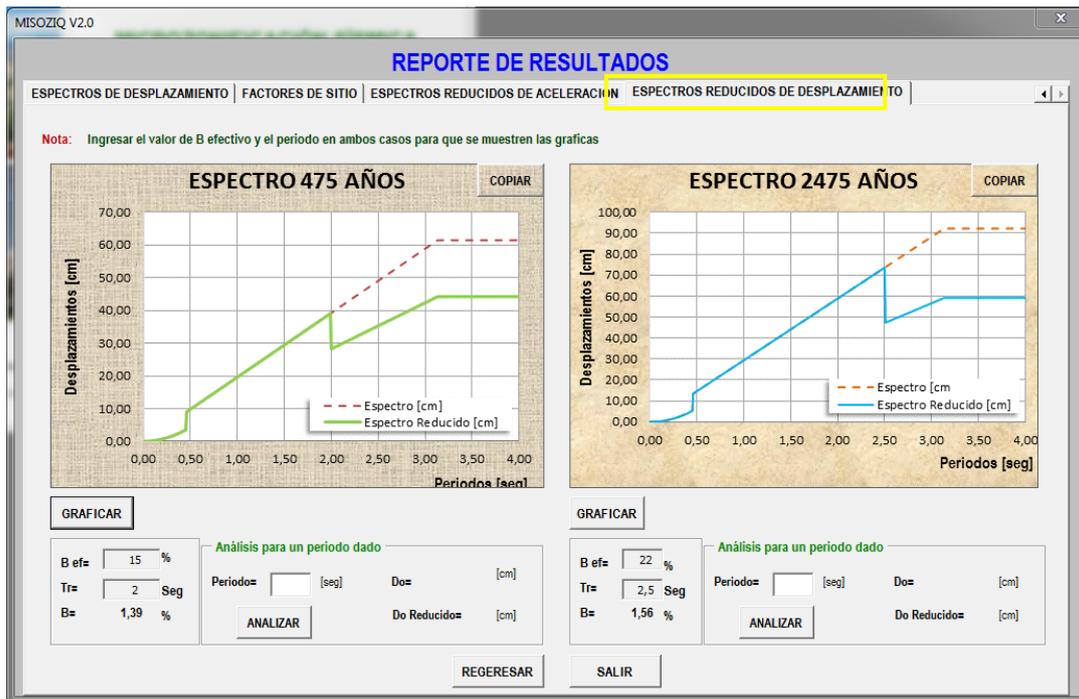


Figura 47 Espectros reducidos de desplazamiento para un periodo de retorno de 475 años & 2475 años

Si se desea conocer el valor exacto del desplazamiento para un periodo determinado se lo puede hacer ingresando este valor en la parte inferior de cada gráfica y dando “clic” en el botón “ANALIZAR”

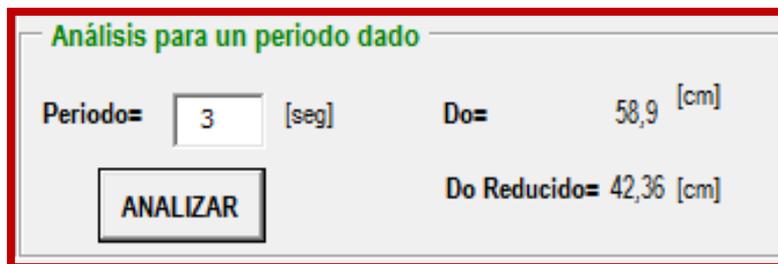


Figura 48 Análisis para un periodo dado

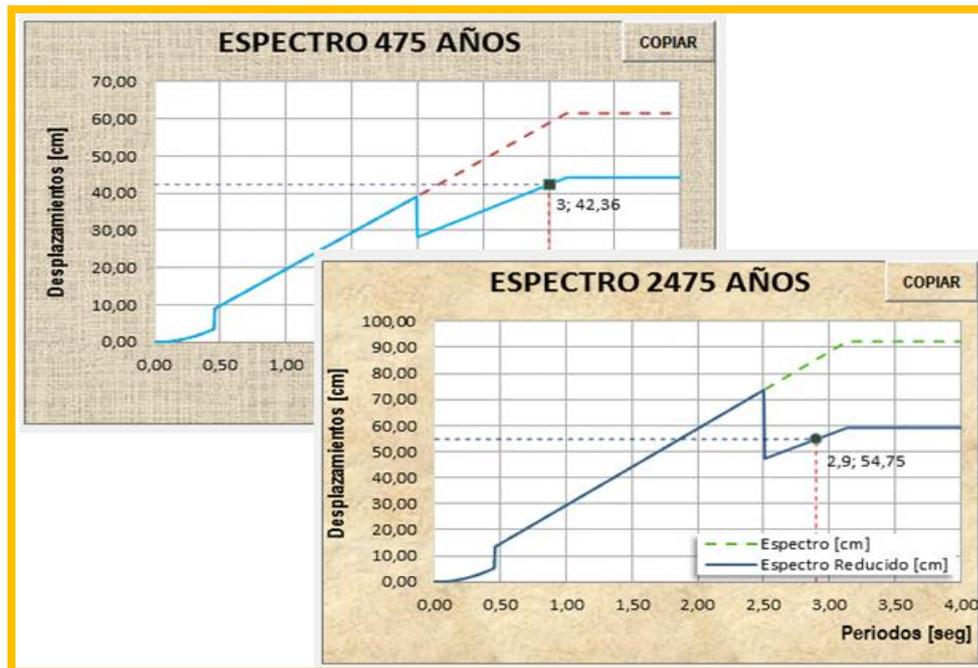


Figura 49 Espectros de Diseño & Espectros reducidos de desplazamientos. Periodo dado

En la parte inferior de cada ventana se tiene dos botones: “Salir” & “Regresar”, estos pueden ser seleccionados en cualquier momento que el usuario desee.

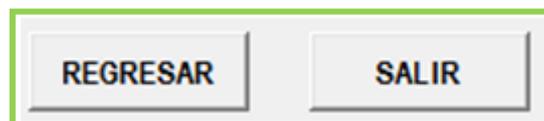


Figura 50 Botones de mando

Si se emplea el botón “Regresar”, este nos mostrara la ventana indicada en la figura 21. En el caso de la segunda opción esta debe ser empleada una vez que el usuario desee salir del programa. En caso de dar clic en la “X” ubicada en la parte superior derecha de cada ventana, se nos mostrará un cuadro de dialogo en el que se indica que se debe utilizar el botón salir

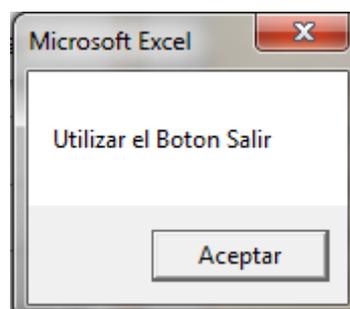


Figura 51 Cuadro de dialogo, utilizar el botón salir

5. CONCLUSIONES

- El efecto local de amplificación de ondas sísmicas del suelo en un terremoto por la respuesta dinámica de una estratigrafía determinada, es causante de graves daños estructurales y no estructurales en casas y edificios, así como en otro tipo de estructuras.
- El programa MIZOSIQ V2.0, reúne los resultados obtenidos de la microzonificación sísmica de Quito llevados a cabo por ERN 2012 y por la ORSTOM.
- Además presenta los espectros de diseño tanto de aceleración como de desplazamiento, y sus respectivos espectros reducidos, los mismos que han sido encontrados aplicando la formulación expuesta en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Se ha presentado una manera de hallar los factores de amplificación de sitio en función del periodo y de la estratigrafía del sitio.
- Se aspira haber aportado de alguna manera al desarrollo sísmico de la ciudad, ya que el programa muestra las principales características del barrio: velocidad de corte y factores de amplificación. (Fa, Fv, Fs)

6. REFERENCIAS

- Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-11. (2011, 6 Abril). *Capítulo 2: Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo resistente*. (pag. 10, 43-46). Ecuador.
- Aguiar, R. (2011). Estudios de Microzonificación Sísmica de Quito. 1-31. Quito.
- Aguiar, R. (2013). Microzonificación sísmica del centro norte de Quito. *Segunda Jornada de "Investigación científica desde las aulas"*, 1-39.
- Aguiar, R., & Sangurima, K. (2013). Microzonificación Sísmica del Norte de Quito y el Sistema de Computación MIZOSIQ. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Sangurima, K. (2013, Mayo). Programa MIZOSIQ y la microzonificación sísmica de Quito. Pichincha, Ecuador.
- Schmidt, V. (2011). Factores de Amplificación del suelo en función del período obtenido a partir de regresiones para Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 27-39.
- Shelley, E. O., Contreras, N., Giralt, A., & Blanch, I. (2000, Octubre). *Informe elaborado para el Gobierno del Distrito Federal*. Mexico.
- Verdugo, R. (n.d.). DINAMICA DE SUELOS – AMPLIFICACION SIMICA. Departamento de Ingeniería Civil, Chile.