



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
ESCUELA DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN MODELO QUE  
APROXIME LA RESPUESTA DEL  
SUELO DE CONCEPCIÓN EN EL  
ENTORNO DE LA ESTACIÓN  
SISMOLÓGICA.**

**VLADIMIR STALIN JIMÉNEZ GONZÁLEZ**

Informe de Actividad de Graduación para optar al Grado de  
Magíster en Ingeniería Estructural y Geotécnica

Profesor Supervisor:

**CHRISTIAN LEDEZMA ARAYA**

Santiago de Chile, Marzo, 2015.



A Yanil y a sus Padres por acogerme  
y darme un hogar en Chile.

A Mis Padres, a mis Hermanos,  
Familiares y Amigos por creer en mí  
y motivarme siempre.





## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios, al Pueblo Dominicano y a su Gobierno por concederme la oportunidad de realizar mis estudios. Agradezco al Magister en Ingeniería Estructural y Geotécnica (MIEG) en la persona de su Director Jorge Vásquez Pinillos, por considerar mi postulación y permitirme ser partícipe de esta gran experiencia. Por extensión a su excelente colaboradora Doña Elena Cornejo quien siempre tuvo la amabilidad de atender todas nuestras dudas y dificultades en esta meta. A todo el Cuerpo de Profesores, en especial a mi Profesor Asesor, Christian Ledezma Araya, quien me permitió acceder a uno de sus temas de Investigación y me guió en todo momento. También quisiera dar gracias a los Profesores Esteban Sáez, Gonzalo Yáñez, Gonzalo Montalva (de la Universidad de Concepción), Ramón Verdugo, Oscar Gutiérrez (de la Universidad de Bio-Bio) y Mario Valenzuela (de la Universidad de Concepción) con quienes sostuve intercambios y no dudaron en poner sus conocimientos e investigaciones a mi disposición. Al compañero Luis Mendoza por su apoyo desde mi comienzo del Magister. A los asistentes de la coordinación por su atención cada noche en las pausas de las clases.



## INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	v
INDICE DE TABLAS .....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xi
ABSTRACT .....	xvi
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
I.1 Objetivo Principal.....	3
I.2 Metodología de Análisis.....	3
<b>II. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE DATOS .....</b>	<b>4</b>
II.1 Profundidad de Sondaje, Ubicación y su Validación.....	4
II.1.1 Unidad Geológica en la que se Encuentran los Sondajes.....	6
II.1.2 Verificación de Profundidad de Sondaje según Estudio de Gravimetría.....	7
II.2 Perfil Estratigráfico y Sus Propiedades.....	9
II.2.1 Velocidades de Ondas de Corte.....	10
<b>III. ANÁLISIS DE LOS DATOS CON DEEPSOIL.....</b>	<b>12</b>
III.1 Definición del Modelo Estratigráfico en DEEPSOIL.....	12
III.2 Definición de las Propiedades Dinámicas Según Tipos de Suelo en Perfil .....	13
III.3 Definición del Movimiento (INPUT).....	17
III.4 Análisis en la Dirección Transversal .....	18
III.5 Comparación Resultado Análisis y Respuesta Original Transversal.....	19
III.5.1 Análisis en la Dirección Longitudinal.....	20
III.5.2 Comparación Resultado Análisis y Respuesta Original Longitudinal	22
<b>IV. HIPÓTESIS DE LA ATENUACIÓN DE ACELERACIÓN.....</b>	<b>27</b>
<b>V. DEFINICIÓN DE UN MODELO SIMPLISTA SUSTITUYA EL MODELO NO ASIMILADO DE POBLETE. ....</b>	<b>31</b>
V.1 Perfiles y Propiedades.....	31
V.2 Respuestas halladas a Partir de los Modelos Planteados .....	32

<b>VI. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD E IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTENIDOS DE PERÍDOS.....</b>	<b>36</b>
VI.1 Análisis de Sensibilidad.....	36
VI.1.1 Evaluación de la Respuesta ante Cambios en la Velocidad en la Roca Basal.....	36
VI.1.2 Evaluación de la Respuesta ante Cambios en las Propiedades del Suelo.....	37
<b>VII. IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTENIDOS DE PERÍODOS .....</b>	<b>44</b>
VII.1 Identificación Contenidos de Períodos para el Estrato H2.....	44
VII.2 Identificación Contenidos de Períodos para el Estrato H3.....	47
VII.3 Identificación Contenidos de Períodos para el Estrato H4.....	49
VII.4 Identificación Contenidos de Períodos para el Estrato H5.....	50
<b>VIII. DEDUCCIÓN DE UN NUEVO MODELO.....</b>	<b>52</b>
VIII.1 Definición de Estrategia.....	52
VIII.2 Modificaciones para la Generación del Nuevo Modelo .....	53
VIII.3 Observaciones y Conclusiones .....	60
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>71</b>
<b>A N E X O S .....</b>	<b>73</b>
<b>Anexo A : DATOS NUMÉRICOS ESTUDIO GRAVIMETRÍA PROF. GONZALO MONTALVA.....</b>	<b>74</b>
<b>Anexo B: TABLAS COMPLEMENTARIAS IMPORTANTES .....</b>	<b>101</b>
<b>Anexo C: TABLAS COMPLEMENTARIAS IMPORTANTES .....</b>	<b>105</b>
<b>Anexo D : SONDAJES DEL PROFESOR MARIO VALENZUELA .....</b>	<b>135</b>
<b>Anexo E: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>163</b>
<b>Anexo F: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA DEL SUELO APARTIR DE INPUTS COMO OUTCROP Y WITHIN MOTION .....</b>	<b>175</b>
<b>Anexo G: ANÁLISIS LINEAL EN MODELO DETALLADO DE POBLETE.....</b>	<b>173</b>

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla II-1: Perfil Estratigráfico Detallado, basado en tabla 4.2.1, Ref.1. ....	9
Tabla II-2: Velocidades de Ondas de Corte registradas en Terreno.....	10
Tabla II-3: Velocidades de Ondas de Corte Cálculo Teórico. ....	11
Tabla III-1: IP de Arcilla representativa.....	15
Tabla V-1 Perfil Estratigráfico Asimilado, basado en la fig. 6.1, Ref.[1].....	31
Tabla V-2: Perfil Estratigráfico Asimilado, basado en la fig. 6.1, Ref.[1].....	31
Tabla VIII-1 Perfil de Velocidades, basado en Ref.[8].....	62
Tabla B.1 .....	101
Tabla B.2 .....	102
Tabla B.4 .....	103
Tabla B.3 .....	103
Tabla B.5 .....	104
Tabla C.1 .....	105
Tabla C.2.1 .....	108
Tabla C.2.2 .....	111
Tabla C.3.1 .....	112
Tabla C.3.2 .....	115
Tabla C.4.1 .....	116
Tabla C.4.2 .....	119
Tabla C.5.1 .....	120
Tabla C.5.2 .....	123
Tabla C.6.1 .....	124
Tabla C.6.2 .....	127
Tabla C.7.1 .....	128
Tabla C.7.2 .....	131
Tabla C.8 .....	134
Tabla F-1: Muestra los parámetros de referencia según tipo de suelo .....	175



## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura I-1.a: Ubicación del epicentro en 73.3°W, 36.3°S según Centro Sísmico Nacional.....	1
Figura I-1.b: Área de Ruptura según Ref.[8].....	2
Figura II-1.c: Ubicación SPC según Ref.[1]. ....	4
Figura II-2: Ubicación SPC según Refs.[1] y [3].....	5
Figura II-3: Ubicación de Sondajes en Unidad Qh según Ref.[1]-fig.4.1.1.....	6
Figura II-4: Georreferenciación de contornos y curva de nivel de Estudio de Gravimetría. ....	7
Figura II-5: Perfil Longitudinal de la roca basal entre los dos sondajes. ....	8
Figura III-1.a: Columna de Suelo y Perfil Estratigráfico. ....	12
Figura III-1.b: Forma suavizada del Espectro de Amplitud de Fourier y frecuencias $f_c - f_{max}$ . ....	13
Figura III-2: Curvas de Propiedades Dinámicas Arena Gruesa, Seed & Idriss, (1991).....	14
Figura III-3: Curvas de Propiedades Dinámicas Arena Media, Seed & Idriss, (1991). ....	14
Figura III-4: Curvas de Propiedades Dinámicas Arena Fina, Seed & Idriss, (1991). ....	14
Figura III-5: Curvas de Propiedades Dinámicas Arcilla IP=18, Vucetic & Dobry (1991). ....	15
Figura III-6: Curvas de Propiedades Dinámicas Limo, Seed et al. ....	16
Figura III-6: Curvas de Propiedades Dinámicas Grava, Seed et al. ....	16
Figura III-7.a: Registro de Aceleraciones Dir. Transversal UTFSM. ....	17
Figura III-8: Registro de Aceleraciones Dir. Transversal UTFSM.....	18
Figura II-9: Comparación Respuesta del Suelo respecto a la Respuesta de la Base.....	18
Figura III-10: Relación de Amplificación Respuesta del Suelo respecto a la Base. ....	19
Figura III-11: Comparación Respuesta del Suelo respecto a la Respuesta de la Modelada. ....	19
Figura III-12: Comparación Respuesta del Suelo respecto a la Respuesta Modelada. ....	20
Figura III-13: Comparación Respuesta del Suelo respecto a la Respuesta de la Base.....	21
Figura III-14: Relación de Amplificación Respuesta del Suelo respecto a la Base. ....	21
Figura III-15: Comparación Respuesta del Suelo respecto a la Respuesta Modelada. ....	22
Figura III-16: Comparación Respuesta del Suelo respecto a la Respuesta Modelada. ....	22
Figura IV-1: Ubicación en Plana y Profundidad del foco. Tomada del CSN. ....	28
Figura IV-2: Ubicación en Plana del foco y la Posición de las Estaciones. ....	29

Figura V-1: Espectro Perfil Estratigráfico Asimilado.....	32
Figura V-2: Espectro Perfil Estratigráfico Asimilado.....	33
Figura V-3: Comparación de los distintos Perfiles Estratigráficos.....	34
Figura V-4: Espectro Perfil Estratigráfico Asimilado.....	35
Figura V-5: Espectros a partir de variaciones de velocidad de corte de la roca basal.....	36
Figura VI-6.a: Identificación de los contenidos de Períodos.....	37
Figura VI-6.b: Espectros a partir de variaciones de velocidad de corte del estrato H1.....	38
Figura VI-7: Variación en profundidad del PGA con el cambio de velocidad.....	39
Figura VI-8: Espectros a partir de variaciones del espesor del estrato H1.....	40
Figura VI-9: Espectros a partir de variaciones de las curvas de Seed & Idriss de H1.....	42
Figura VI-10: Espectros a partir de variaciones de las curvas de diferentes suelos.....	42
Figura VII-1: Espectros a partir de variaciones de velocidades del estrato H2.....	45
Figura VII-2: Variación en profundidad del PGA con el cambio de velocidad.....	45
Figura VII-3: Espectros a partir de variaciones de velocidades del estrato H2.....	46
Figura VII-4: Espectros a partir de variaciones del espesor del estrato H2.....	46
Figura VII-5: Espectros a partir de variaciones de velocidades del estrato H3.....	47
Figura VII-6: Variación en profundidad del PGA con el cambio de velocidad.....	48
Figura VII-6: Espectros a partir de variaciones de velocidades del estrato H4.....	49
Figura VII-7: Variación en profundidad del PGA con el cambio de velocidad.....	50
Figura VII-8: Espectros a partir de variaciones de velocidades del estrato H5.....	51
Figura VII-9: Variación en profundidad del PGA con el cambio de velocidad.....	51
Figura VIII-1: Espectro a partir de variaciones de CDGravH5.....	53
Figura VIII-2: Espectro a partir de variaciones de VsH2300H4h3H5e12.....	54
Figura VIII-3: Espectros a partir de variaciones de VsH2180H4H3H5e12.....	54
Figura VIII-4: Ajuste de Período e incremento de peak.....	55
Figura VIII-5: Espectros a partir de variaciones de VsH2H5.....	56
Figura VIII-6: Espectros a partir de variaciones de H2hH5Vs.....	56
Figura VIII-7: Espectros a partir de la reducción de la curva de amortiguamiento.....	57
Figura VIII-8: Espectros a partir de la reducción de la curva de amortiguamiento.....	58
Figura VIII-9: Resumen de todos los ajustes efectuados en la aproximación.....	58



Figura VIII-10.a: Perfil de Velocidades en base a Tabla C-8 apéndice C. ....	59
Figura VIII-10.b: Sondajes Prof. M. Valenzuela en Concepción centro, apéndice D. ....	62
Figura VIII-11.a: Perfiles de Velocidades según Tabla VIII-1. ....	63
Figura VIII-11.b: Respuestas a partir de Perfiles de Velocidades. ....	64
Figura VIII-12: Contorno de la Roca Basal, fuente Prof. Montalva. ....	65
Figura VIII-13: Comparación de los resultados no-lineal y lineal equivalente respecto a la respuesta real. ....	66
Figura VIII-15: Respuesta No-lineal con ajustes sucesivos con registro UTFSM Within. ....	67
Figura VIII-14: Comparación de los resultados no-lineal y lineal equivalente. ....	67
Figura VIII-16: Respuesta Lineal-equivalente con ajustes sucesivos con registro UTFSM Within.....	68
Figura VIII-17: Respuesta No-lineal con ajustes sucesivos con registro UTFSM Outcrop. ....	68
Figura VIII-16: Respuesta Lineal-equivalente con ajustes sucesivos con registro UTFSM Within.....	69
Figura E-1: Esquema que explica las suposiciones fundamentales del análisis unidimensional [6]. ...	164
Figura E-2: Esquema que explica la denominación del movimiento según la posición [6]. ....	164
Figura E-3: Esquema que explica la propagación del movimiento sísmico [16]. ....	165
Figura E-4: Amplificación y deamplificación del movimiento por el contraste de Impedancia [6]. ....	167
Figura E-5: Suelo estratificado con N capas, donde la n-ésima capa es el lecho rocoso [6]. ....	167
Figura E-6: Curva Esqueleto y Curva de Degradación de Rigidez [6]. ....	169
Figura E-7: Propiedades lineal equivalentes: módulo de corte y relación de amortiguamiento [6]. ....	170
Figura E-8: Ilustra el proceso iterativo para aproximar las propiedades no lineales [6]. ....	170
Figura E-9: Zonas de deformación y sus correspondientes niveles de degradación [17]. ....	172
Figura F-1.a: Comparación de registros en Dir.T outcrop y within (por la deconvolución). ....	176
Figura F-1.b: Comparación de registros en Dir.L outcrop y within (por la deconvolución). ....	176
Figura F-2.a: Comparación Espectros de Pseudo Aceleraciones Dir.T, outcrop y within motion. ....	176
Figura F-2.b: Comparación Espectros de Pseudo Aceleraciones Dir.L, outcrop y within motion. ....	177
Figura F-3.a: Comparación Espectros de Pseudo Aceleraciones Dir.T en superficie libre del suelo. ..	177
Figura F-3.a: Comparación Espectros de Pseudo Aceleraciones Dir.L en superficie libre del suelo. ..	178
Figura G-1: Análisis Lineal con Modelo Detallado de Poblete, dirección T. ....	179
Figura G-2: Análisis Lineal con Modelo Detallado de Poblete, dirección L. ....	179



## RESUMEN

El siguiente trabajo de Investigación está comprendido por dos Partes: La primera, muestra información relacionada fundamentalmente con la Tesis del Ingeniero Mauricio Poblete, que contiene antecedentes, propiedades y propuesta de un modelo estratigráfico del suelo del centro de Concepción. En base a estos datos e informaciones complementarias se definió el modelo estratigráfico propuesto, en un programa computacional de análisis de respuesta del suelo, de la Universidad de Illinois, llamado DEEPSOIL; con el objetivo de aproximar la respuesta del suelo en el entorno de la estación sismológica de la Ciudad de Concepción durante el evento sísmico ocurrido el 27 de Febrero del 2010 (27F), mediante el análisis lineal equivalente. Los resultados de este primer enfoque, nos empujaron a concluir que el modelo no era capaz de aproximar, para los contenidos de períodos más importantes, la respuesta original del suelo derivada de los registros de aceleración que dispone el RENADIC. Como consecuencia, surge una segunda parte de la investigación consistente en proponer de manera alternativa un modelo simplificado a partir de la modificación de los distintos parámetros dinámicos del modelo estratigráfico de partida (Modelo Simplificado de Poblete). Inicialmente, se comienza abalando la posibilidad de implementar un modelo simplificado, frente a un modelo detallado como el de la primera parte. Luego, se demuestra la posibilidad de aplicar una sola velocidad de corte para la roca basal, en tal sentido descartarla como una variable más de análisis. Posteriormente, se identifican 5 contenidos de períodos importantes y se demuestra su correspondencia con las distintas capas que conforman el modelo simplificado alternativo. Esto es de vital importancia ya que es la clave para nuestra estrategia de ajuste hasta aproximar la respuesta original, pues evita tener que agotar todas las combinaciones posibles que surgen de la cantidad de parámetros dinámicos y número de estratos de nuestro modelo. En definitiva, se aproximó el Espectro de Respuesta de Pseudo Aceleraciones aprovechando la relación detectada entre los contenidos de períodos y las capas del modelo, y usando el espectro original como nuestra curva patrón (semejante a un proceso de inversión). Los resultados de este ejercicio nos guiaron a un modelo que si bien aproxima la forma de la respuesta de pseudo aceleración del suelo, no alcanza a replicar su magnitud; sin embargo, nos permite llegar a conclusiones importantes vinculadas con sus propiedades dinámicas, entender por qué el modelo de Poblete, basado en una prospección hasta la roca basal bastante cercana al entorno de la estación, no fue capaz de ajustarse más a la respuesta real y por último poner en evidencia las limitaciones del análisis lineal equivalente, abriendo la puerta a un análisis más profundo relacionado con el análisis no-lineal.

## ABSTRACT

The following paper of Investigation is composed for two parts: The first, it shows information related with Engineer Mauricio Poblete's Thesis, which it contains antecedents, properties and a stratigraphic model proposed to the Center of the City of Concepción. In base to these data and additional information it defined the proposed stratigraphic model, on software of Illinois University, named DEEPSOIL that analyzes the soil's response; with the objective to approximate the soil's response around of the seismological station of the Concepción City during the seismic event occurs at February 27<sup>th</sup>, 2010 (27F), through the equivalent lineal analysis. The results of the first approach, drives us to conclude which the model was not capable to approximate, for the more important periods contains, the original soil's response derived of the acceleration's registers of RENADIC. Consequently, a second part of investigation arises which consist in proposing an alternative simplify model from of the modification of the different dynamics parameters of the initial stratigraphic model (Poblete's Simplified Model). Initially, it begin proving the possibility to implement a simplify model, versus a detailed model like model to the first part. After, it proves the possibility to apply just one shear velocity for the bedrock, at this sense become it as a less variable in the analysis. Later, it identifies 5 important periods content and it proves their links with the different layers that compose the alternative simplify model. This is very important, so it is the key for our strategy to approximate the original response, so it avoids to have tasting every combination which comes from the dynamics parameters and the number of layers of our model. Finally, it approximated the Response Spectrum of Pseudo Accelerations taken account the relationship detected between the content of periods and the layers of the model, and using the original spectrum as our pattern curve (similar like an inversion's process). The results of this practice guide us until a model which approximates the form of the response of soil's pseudo accelerations, but it does not get to replicate his magnitude; however, it permits us arriving to important conclusions linked with his dynamic properties, to understand why the Poblete's model, based in a prospecting until the bedrock, pretty close to the zone where is seismic station; was not capable to make better approximation to the real response, and putting highlight the limitations of the equivalent lineal analysis, opening the door to do analysis deeper related with non lineal analysis.

# PRIMERA PARTE



## I. INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de llevar a cabo la microrregionalización sísmica de Concepción, a mediados de la década del 60, se inició el Plan Concepción. Mediante este plan se programaba la verificación de los espectros teóricos de amplificación para uno o varios puntos de la ciudad. En el 1967, el Ingeniero Mauricio Poblete Rodríguez publica su Tesis **el Subsuelo del Centro de Concepción en Relación con el Diseño Sísmico [1]**.

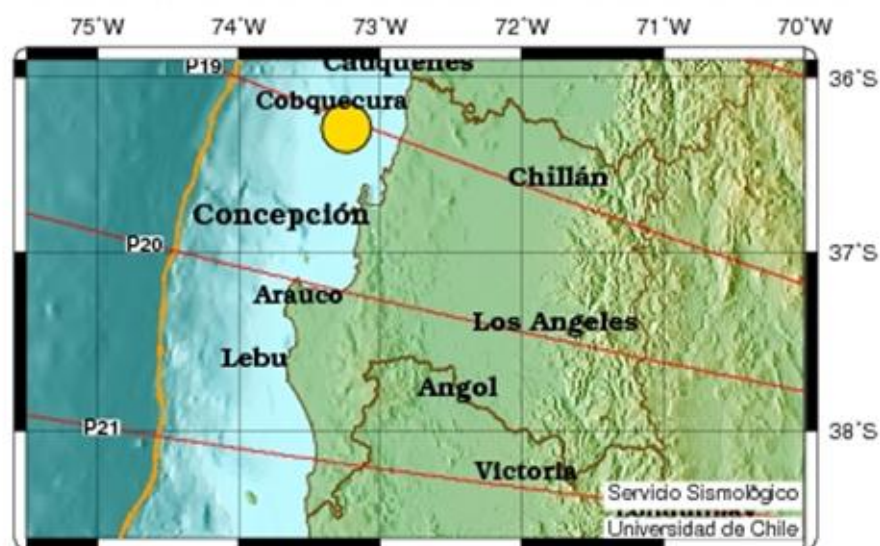


Figura I-1.a: Ubicación del epicentro en  $73.3^{\circ}\text{W}$ ,  $36.3^{\circ}\text{S}$  según Centro Sísmico Nacional.

Este documento recoge una gran cantidad de datos vinculados con el Plan Concepción, enfocados en una amplia descripción del suelo del Centro de Concepción desde el punto de vista geológico, geotécnico e hidrológico. Adicionalmente a estos aportes, Poblete; basándose en una prospección profunda (SPC) de 134 m hasta la roca basal, propone un modelo estratigráfico global detallado de 21 capas de suelo y sus respectivas propiedades: densidad, relación de vacíos y velocidades de ondas de corte. Es a partir de esta propuesta que se desarrolla uno de los objetivos principales de este análisis y se configura un modelo computacional para la evaluación de la aproximación de la respuesta sísmica de este perfil estratigráfico, provocada por el evento del 27 Febrero del 2010 (27F).

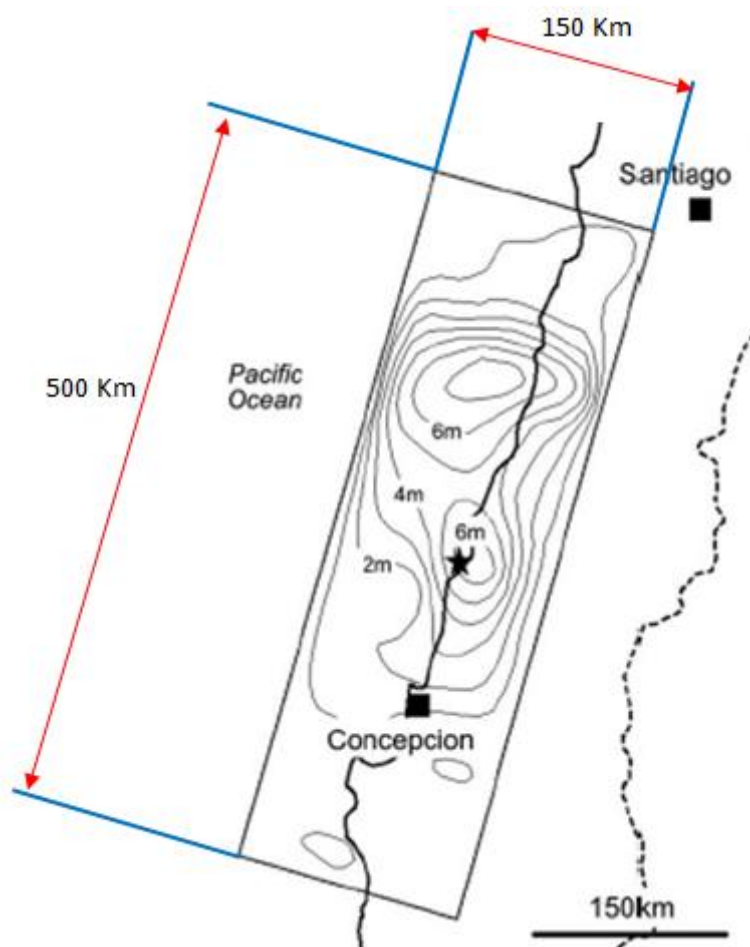


Figura I-1.b: Área de Ruptura según Ref.[8]

El sismo de magnitud  $M_w$  8.8 ocurrió en la Región del Maule y su hipocentro se ubicó en las coordenadas  $73.3^\circ W$ ,  $36.3^\circ S$  a una profundidad aproximada de 20km. La zona de ruptura superó un área de  $50,000 \text{ km}^2$ , con dimensiones de 500 km de longitud y 150 km de ancho, como puede apreciarse en la figura I-1.b.

El gran sismo afectó más de dos millones de personas y provocó daños en más de 370,000 casas (Elnashai et al, 2010).



## **I.1 Objetivo Principal**

Analizar y evaluar el modelo estratigráfico y sus propiedades, propuesto por Poblete, con miras a validar o inferir un modelo alternativo que permita aproximar la respuesta sísmica del suelo, provocada por el evento del 27 Febrero del 2010.

## **I.2 Metodología de Análisis**

Inicialmente se partirá con la extracción y organización de todos los datos y propiedades relacionados con el modelo estratigráfico propuesto por Poblete, validándolos o complementándolos con información de otras fuentes. Seguido de la modelación computacional del perfil estratigráfico en la herramienta DEEPSOIL. Se utilizará como movimiento en la base un registro de aceleración en afloramiento rocoso para excitar la columna de suelo definida en DEEPSOIL. Posteriormente, se compara la respuesta en términos del Espectro de Pseudo Aceleraciones en sus dos direcciones principales (Transversal y Longitudinal) del análisis realizado en DEEPSOIL con la respuesta original del depósito, derivada de los registros de aceleraciones que proporciona RENADIC. Luego, se propone la deducción de un modelo alternativo, a través de las modificaciones de las propiedades dinámicas iniciales del modelo simplificado que plantea Poblete, y mediante una estrategia de aproximación que se basa en acercar la forma de los contenidos de períodos de la respuesta del modelo, a los correspondientes en el Espectro de la respuesta original. Tales aproximaciones y ajustes de velocidades siempre se harán de manera razonable tomando en cuenta el Decreto Supremo No.61 (DSN°61) [5] y similitudes con propiedades cualitativas también descritas y respaldadas en las referencias [2] y [4].

## II ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE DATOS

### II.1 Profundidad de Sondaje, Ubicación y su Validación

La Ref.[1] (Tesis Poblete) señala que el sondaje profundo (SPC) es de unos 133.70m de profundidad hasta probablemente la roca basal de la zona. Adicional a este dato se habla de una prospección gravimétrica que arroja como profundidad probable unos  $126\pm 20\text{m}$ .

En cuanto a su ubicación, el sondaje se practicó en la calle Castellón a unos 50m de la calle Bernardo O'Higgins. A efectos de admitir como representativos los datos del sondaje SPC, a partir del cual se deduce el modelo estratigráfico, se procedió a su ubicación gráfica como muestra la figura II-1:

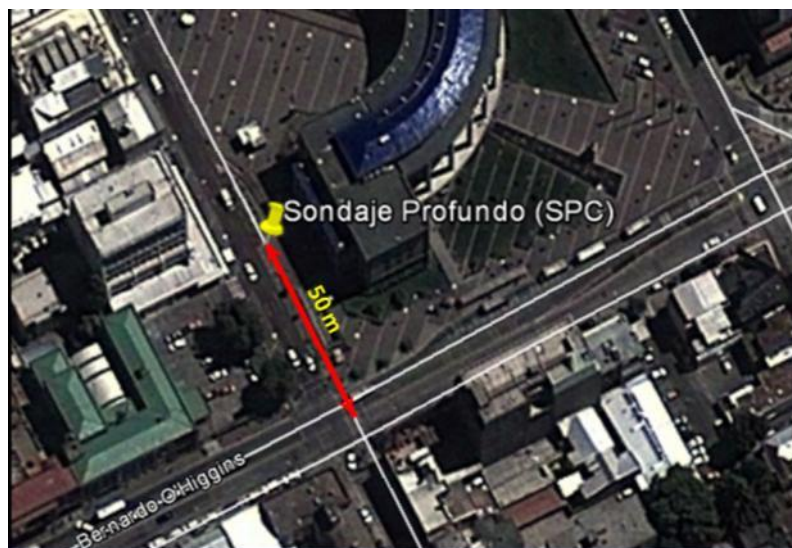


Figura II-1.c: Ubicación SPC según Ref.[1].

Con la finalidad de contrastar la ubicación del sondaje SPC respecto a la posición de la estación sismológica, también se procedió a ubicar sus coordenadas suministradas por la Ref.[2] (Ubicación de las estaciones sismológicas), para el Centro de la Ciudad de Concepción, donde se realizó otro sondaje por parte de la Universidad de Chile para la caracterización del suelo en el entorno de la estación; llegando así a la figura siguiente:

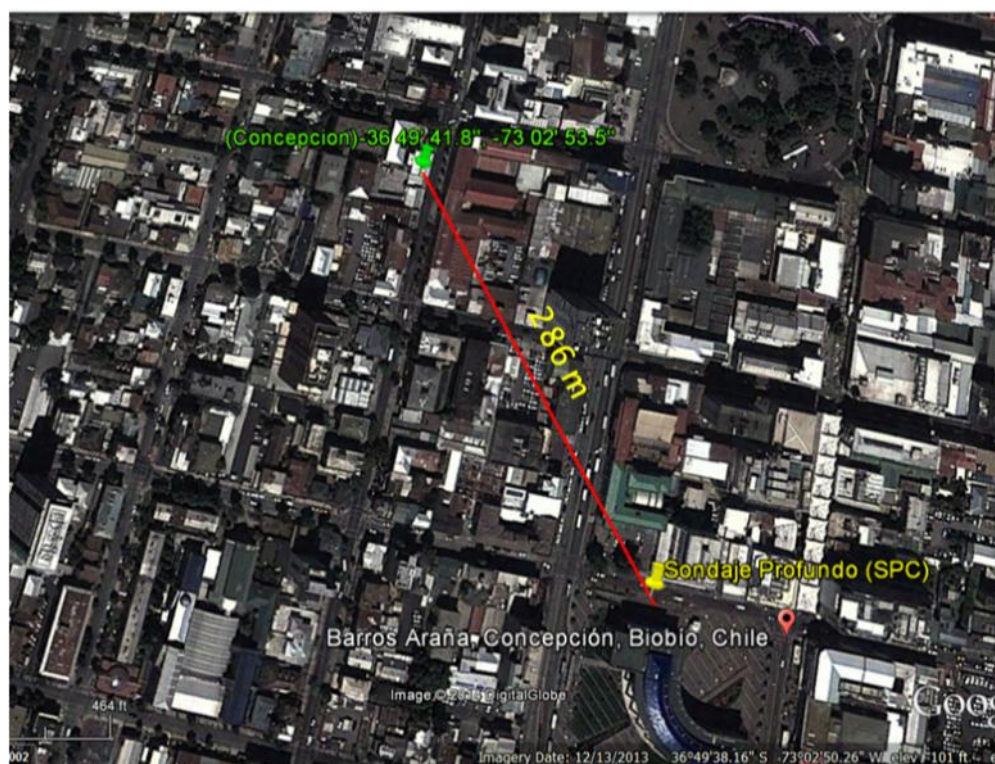


Figura II-2: Ubicación SPC según Refs.[1] y [3].

La ubicación relativa entre el SPC y la estación sismológica permite determinar que la distancia de separación entre ambos puntos es de aproximadamente 286 m. A raíz de este resultado surgen dos planteamientos importantes a los cuales se les da respuesta en los puntos subsiguientes:

- a) Es muy probable que ambos sondajes se encuentren en una misma unidad geológica, dado que la separación no es muy significativa.
- b) Existe la posibilidad de que la profundidad a la roca basal no varíe importantemente entre ambos sondajes y que el contorno de ésta no cambie mucho.



### II.1.1 Unidad Geológica en la que se Encuentran los Sondajes

Con este propósito se ha superpuesto el mapa Geológico de Galli [1] en la ubicación relativa anterior. Verificándose que ambos sondajes pertenecen a la misma unidad geológica **Qh (derivados de Roca Sedimentaria: Huachipato)**. Como se evidencia en la

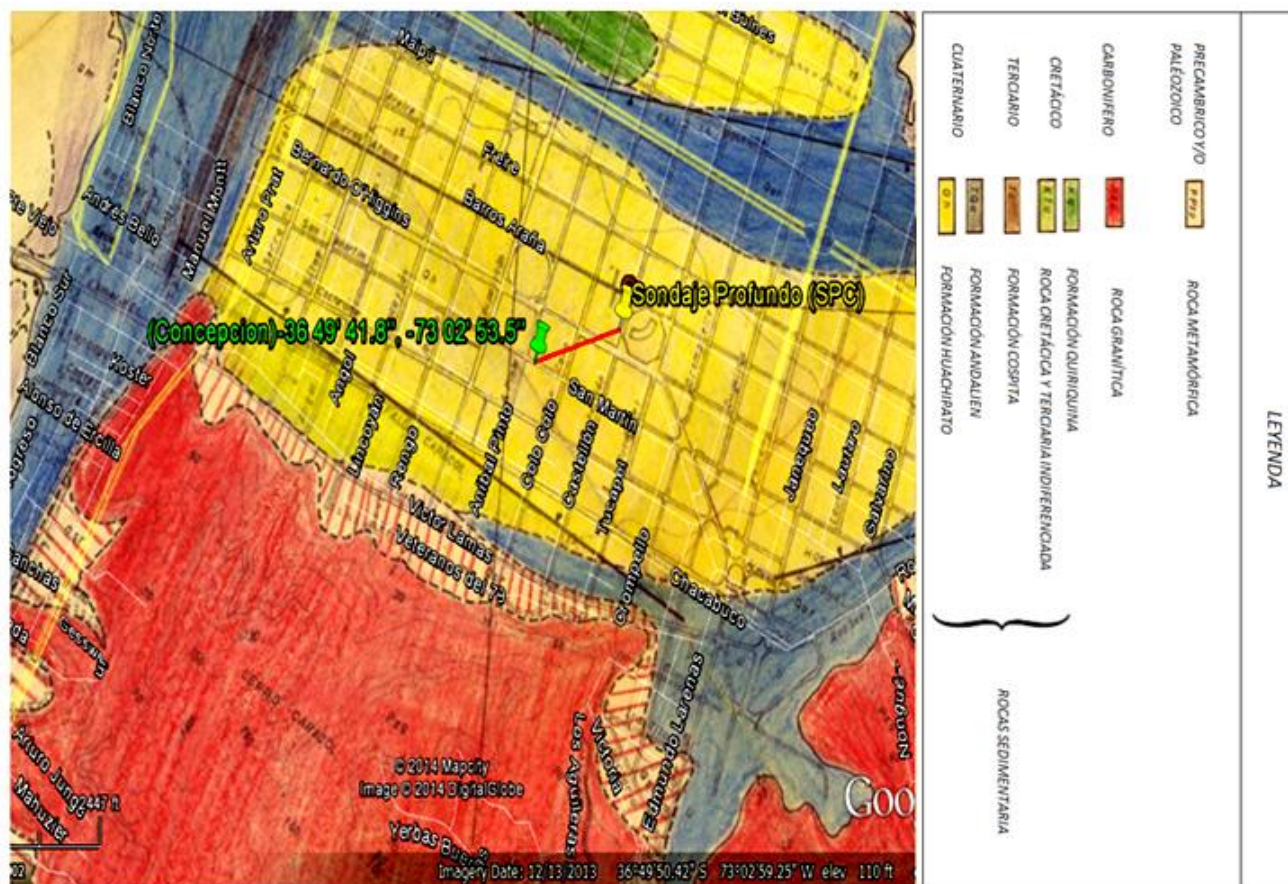


Figura II-3: Ubicación de Sondajes en Unidad Qh según Ref.[1]-fig.4.1.1.

La unidad geológica **Qh** se compone de sedimentos distribuidos en la llanura de Concepción y se denominan corrientemente 'sedimentos Bio-Bio'. Consistente en arena a veces limpia y a veces limosa. Su estratificación es alternada con Limo y Arcilla.

## II.1.2 Verificación de Profundidad de Sondaje según Estudio de Gravimetría

A través de graficar los datos numéricos, mostrados en el Anexo A, de un Estudio de Gravimetría realizado por el Profesor Gonzalo Montalva, de la Universidad de Concepción, pudo constatarse que la profundidad de la roca basal está en el mismo orden de magnitud que se plantea en el sondaje y la exploración de Gravimetría de la Ref.[1]. La figura II-4 muestra el proceso de determinación del contorno y curvas de nivel obtenido por un programa especial de geografía llamado Global-Maper, así como la georreferenciación del Estudio:

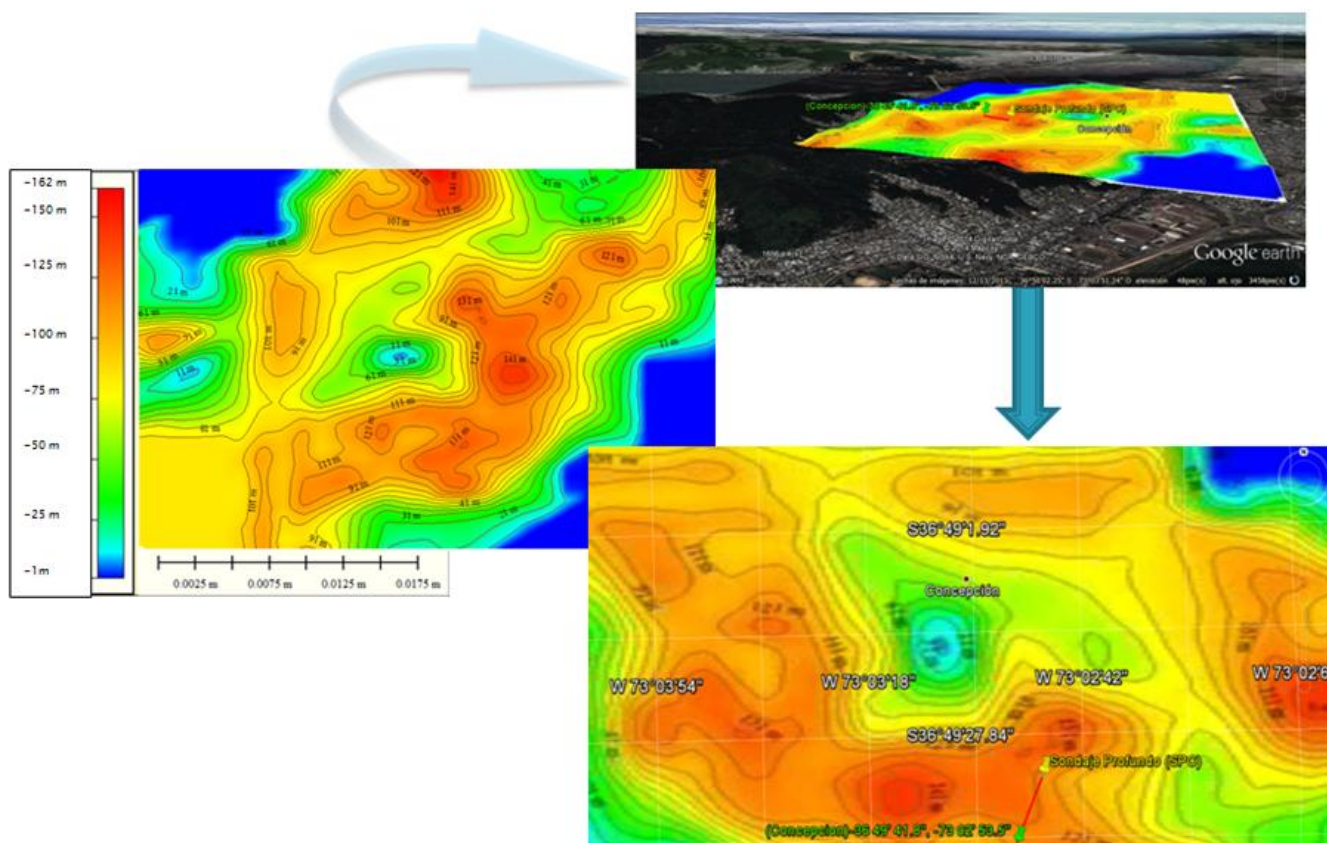


Figura II-4: Georreferenciación de contornos y curva de nivel de Estudio de Gravimetría.

Luego de georreferenciar, se procedió a determinar el perfil longitudinal (el contorno de la roca basal) que se define a largo del segmento que une ambos sondajes; como se aprecia en la figura II-5:

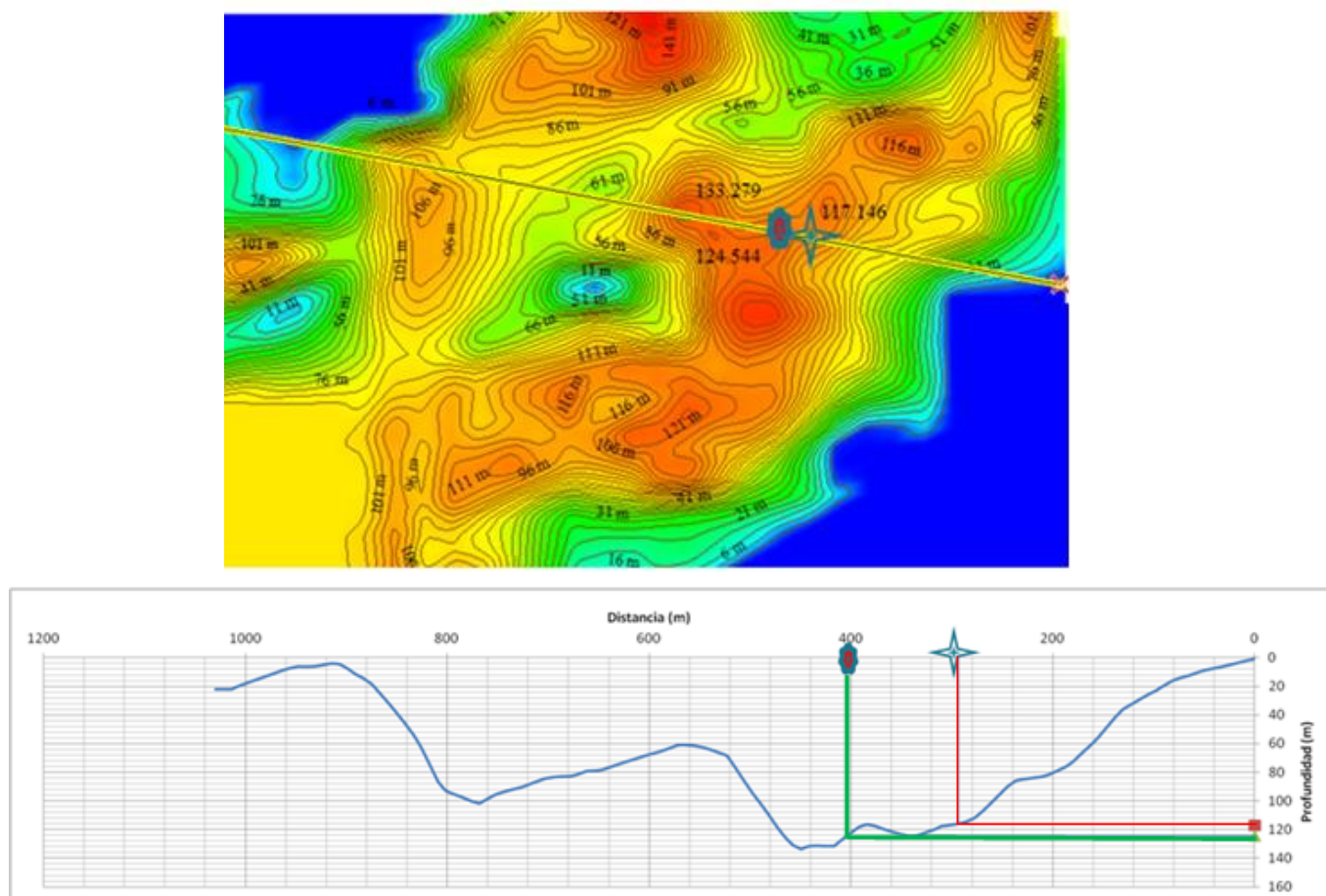


Figura II-5: Perfil Longitudinal de la roca basal entre los dos sondajes.

Del análisis anterior se extrae que el SPC tiene una profundidad de aproximadamente 117 m. En cambio, el sondaje realizado por el IDIEM se acerca 124 m. La separación entre los sondajes es aún menor, de acuerdo a esta revisión, con una distancia de separación de 112 m, un poco menos del doble de lo que se supuso anteriormente.

Entonces, es evidente que los datos ofrecidos por la Ref.[1] en términos de su ubicación geográfica, su relación con el mismo grupo geológico Qh y su profundidad, lo hacen datos muy representativos del entorno de la estación sismológica y que las propiedades del suelo pueda que tengan mucha semejanza.



## II.2 Perfil Estratigráfico y Sus Propiedades

De la prospección realizada se definió un perfil estratigráfico de 21 capas sin incluir el nivel de roca basal (ver tabla II-1). A dichos estratos se les determinó distintas propiedades: Densidad, relación de vacíos, velocidad de corte. En base a los ensayos realizados a las muestras rescatadas desde el SPC y publicadas en la Ref.[1], luego de ya comprobar que ambos sondajes están en zonas aledañas, se admite directamente su uso y sólo se complementa con informaciones que guardan relación con el sondaje de IDIEM (Ref.[3] Caracterización del Suelo de las Estaciones Sismológicas) y con datos similares a

Tabla II-1: Perfil Estratigráfico Detallado, basado en tabla 4.2.1, Ref.1.

Perfil	Tipo de Suelo y Consistencia	H (m)	$\gamma_{prom-eff}$
H1	Relleno de Escombros	0.8	-
H2	Arena Media a Fina Limosa, Suelta	2.7	17.79
H3	Arena Media algo Limosa, muy Compactada	1.2	18.15
H4	Arena Fina a muy Fina Compacidad Media	4.7	18.02
H5	Limo Arenoso, Compacto	2.6	17.66
H6	Arena Media algo Limosa, Compacta	12.9	17.92
H7	Limo de Alta Compresibilidad, Plástico, algo Orgánico, consistencia Media	2.6	16.22
H8	Arena muy Fina Limos, muy Compacta	4.4	18.10
H9	Limo muy Consistente	0.6	17.36
H10	Arena Media, algo Limosa, Densa	1.9	17.95
H11	Arcilla de Mediana Plasticidad, Consistencia Media a Alta	2.1	17.13
H12	Limo Arenoso y Arena Limos, muy Compacta	6.6	17.81
H13	Limo de baja Compresibilidad, Muy consistente	2.7	16.68
H14	Arena fina Interestratificada con Limo, muy compactos	9.8	17.62
H15	Limo Arenoso	4	17.30
H16	Limo de Compresibilidad Media, algo Orgánico	3.2	16.43
H17	Arena Muy Fina, Limosa	3.3	16.78
H18	Limo Arenoso y Arena por capas	9	15.94
H19	Limo de alta Compresibilidad, inorgánico, Plástico	9.9	16.32
H20	Arena Bío Bío, Cuarzosa y Limosa	22	15.49
H21	Rípido Grueso y Bolones Predominantemente Graníticos	26.7	26.32

la grava de Santiago recogidos en la Ref. [4]. La tabla II-1 muestra también un resumen de los pesos específicos extraídos de la Tabla B-1 del Anexo B, basada en la Ref.[1].

## II.2.1 Velocidades de Ondas de Corte

Para la determinación de la velocidad de corte se usaron tres métodos con el objetivo de hallar correspondencia entre los valores obtenidos para cada caso: En campo, mediante explosiones controladas; en laboratorio, mediante el método del pulso. (Ref.[1]). La tabla II-2 resume los valores de velocidad de ondas de corte registradas en Terreno. En lo que respecta a las velocidades teóricas, éstas se resumen en la tabla II-3. Las mismas son

Tabla II-2: Velocidades de Ondas de Corte registradas en Terreno.

Velocidades de Ondas de Corte ( $V_s$ ) y Módulos de Poisson ( $\nu$ )		
Profundidades Limites (m)	$V_s$ (m/seg)	$\nu$
1.0-18.0	210	0.422-0.487
18.0-24.9	207	0.474
24.9-34.4	348	0.496
34.4-40.0	262	0.495
40.0-45.8	264	0.486
45.8-51.0	267	0.484
51.0-55.6	314	0.484
55.6-75.1	308	0.477
75.1-85.0	317	0.464
85.0-102.5	565	0.409
102.5-117.0	373	0.477

calculadas mediante los estudios empíricos realizados por Hardin-Richart (en arenas) y Hardin-Black (en arcillas normalmente consolidadas) y que se relacionan con las referencias 28 y 16, donde se justifica la implementación de las curvas para las arenas de Bio-Bio y las referencias 14 y 48 para el uso de curvas que permitan encontrar las  $V_s$  en arcillas N.C. Todas referencias de la tesis de Poblete.



Tabla II-3: Velocidades de Ondas de Corte Cálculo Teórico.

Cálculo de Velocidades de Onda de Corte ( $V_s$ ) en SPC	
Profundidades Limites (m)	$V_s$ (m/seg)
1.0-3.5	142
3.5-7.0	198
7.0-9.4	186
9.4-13.4	225
13.4-19.0	264
19.0-24.9	294
24.9-27.5	198
27.5-32.5	276
32.5-34.4	308
34.4-36.5	235
36.5-43.1	315
43.1-45.8	285
45.8-59.6	321
59.6-62.8	300
62.8-75.1	340
75.1-85.0	347
85.0-107.0	360

La velocidad de onda de corte y las demás propiedades para la roca basal se obtuvieron a partir de la extracción de un testigo de granito a la profundidad máxima del sondaje y mediante ensayos practicados por el MIT, llegándose a los siguientes valores:

$$\nu = 0.25$$

$$\gamma = 2.65 \text{ ton/m}^3$$

$$V_s = 3300 \text{ m/s}$$

### III. ANÁLISIS DE LOS DATOS CON DEEPSOIL

El sustento teórico de la dinámica de los suelos y el método de análisis lineal equivalente, como método para aproximar la respuesta no lineal del suelo, está detallado en el Anexo E.

#### III.1 Definición del Modelo Estratigráfico en DEEPSOIL

Dado el antecedente que se presentó en la sección II.2, ahora es posible definir el modelo de la columna de suelo en DEEPSOIL. En la figura III-1.a se desglosa la columna de suelo completa y se describen algunas de las capas que componen el perfil estratigráfico. La Tabla B-2 del anexo B muestra en detalle el número de capas y subcapas definidos para este modelo.

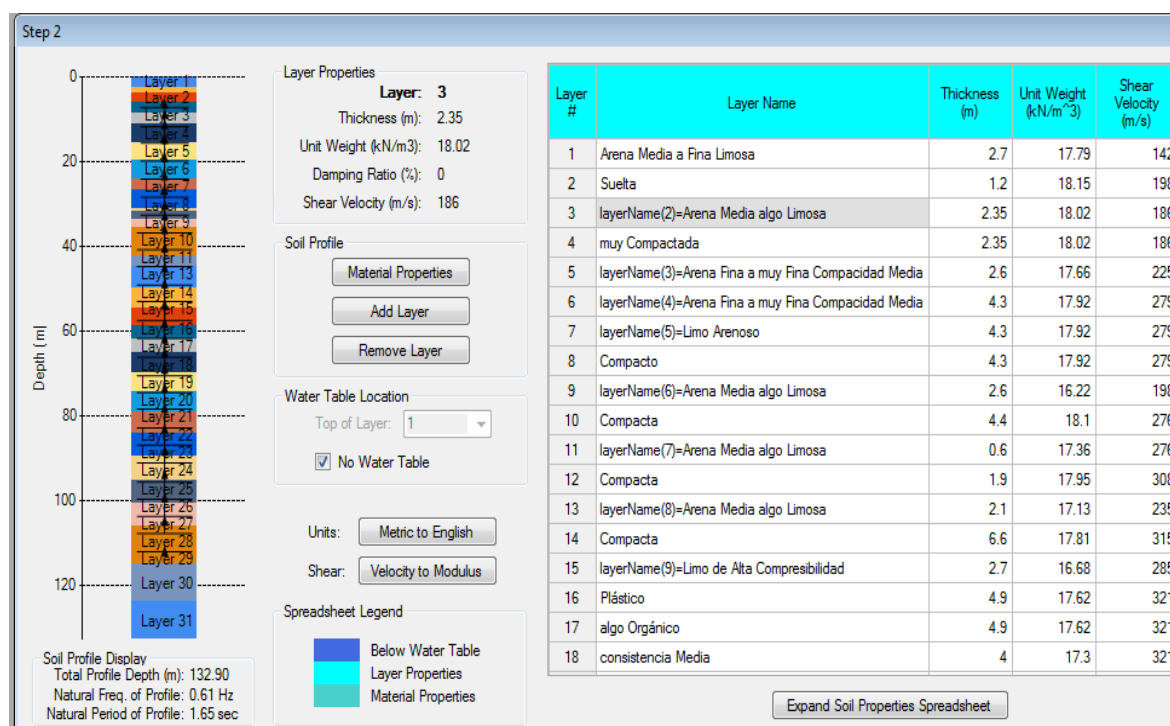


Figura III-1.a: Columna de Suelo y Perfil Estratigráfico.

Se han definido, a partir de los horizontes dados por Poblete, 31 capas de suelo para nuestro modelo. El aumento en número de capas se debe a la discretización en otras subcapas de aquellos estratos de suelo que no cumplen con la frecuencia mínima de análisis. La frecuencia mínima de análisis recomendable para este tipo de estudios es de

25Hz (Refs.[6] y [7]); sin embargo, se plantean que por la naturaleza de baja frecuencia de de la respuesta de este sismo, no es obligatoria para este caso de análisis, recomendándose más bien una frecuencia mínima de análisis de 12 Hz, con lo que se evita tener que discretizar en capas muy finas la columna representativa del suelo. Ésto se puede corresponder con los conceptos de “*corner frequency  $f_c$* ” y “*cut off frequency  $f_{max}$* ”, que son los límites de un rango de frecuencias para el cual las amplitudes de aceleraciones de Fourier tienden a ser las más grandes (Ref.[7]). La figura III-1.b, ilustra la forma suavizada del espectro de Fourier en un tramo limitados por ambas frecuencias. Entonces, apoyándonos en la ecuación (3.1) y los datos de velocidad acotados en la sección II.2.1 es que se llega a la subdivisión estratigráfica mencionada.

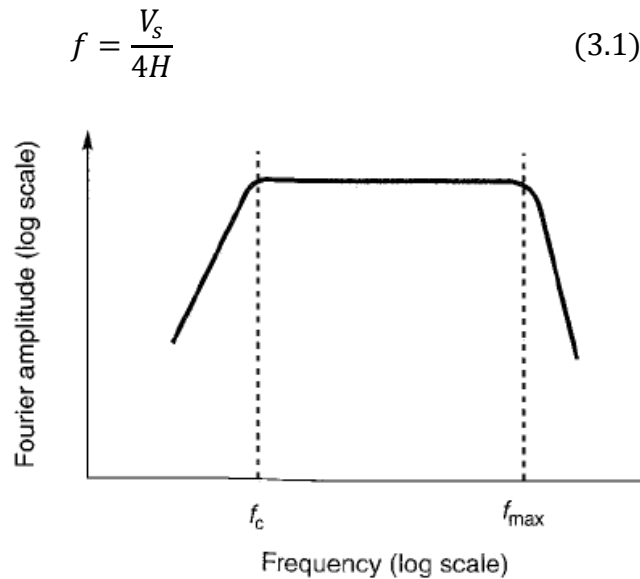


Figura III-1.b: Forma suavizada del Espectro de Amplitud de Fourier y frecuencias  $f_c - f_{max}$ .

### III.2 Definición de las Propiedades Dinámicas Según Tipos de Suelo en Perfil

Conforme a los diferentes tipos de suelos que componen nuestro perfil a continuación se presentan las correspondientes curvas de degradación de rigidez y amortiguamiento aproximadamente representativas del comportamiento dinámico del suelo. Las figuras III-2 hasta la III-4 representan las curvas de degradación y amortiguamiento para arenas gruesa, media y fina derivadas de las investigaciones de Seed & Idriss, (1991), Refs.[6] y [11]. Las tablas B-4 del anexo B y la tabla F-1 del anexo F muestran la asignación para cada suelo.

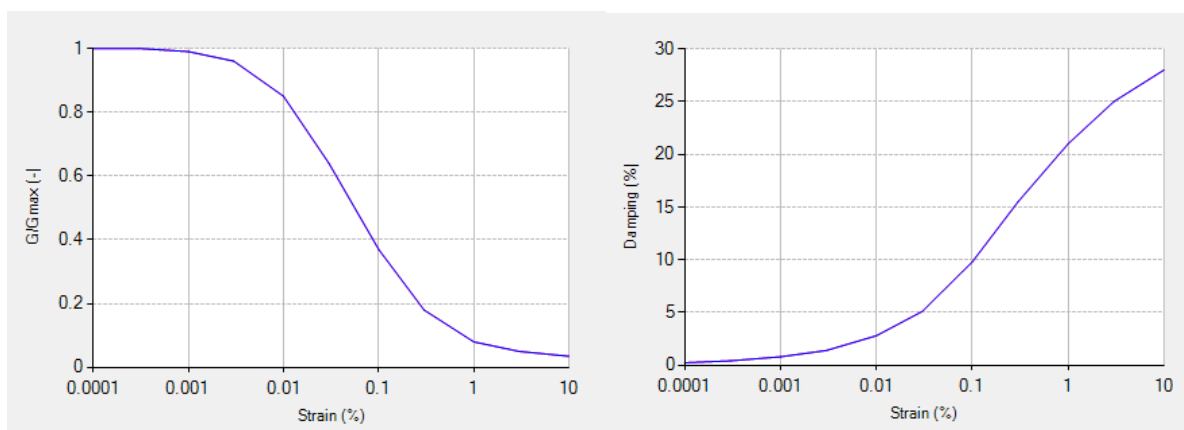


Figura III-2: Curvas de Propiedades Dinámicas Arena Gruesa, Seed & Idriss, (1991).

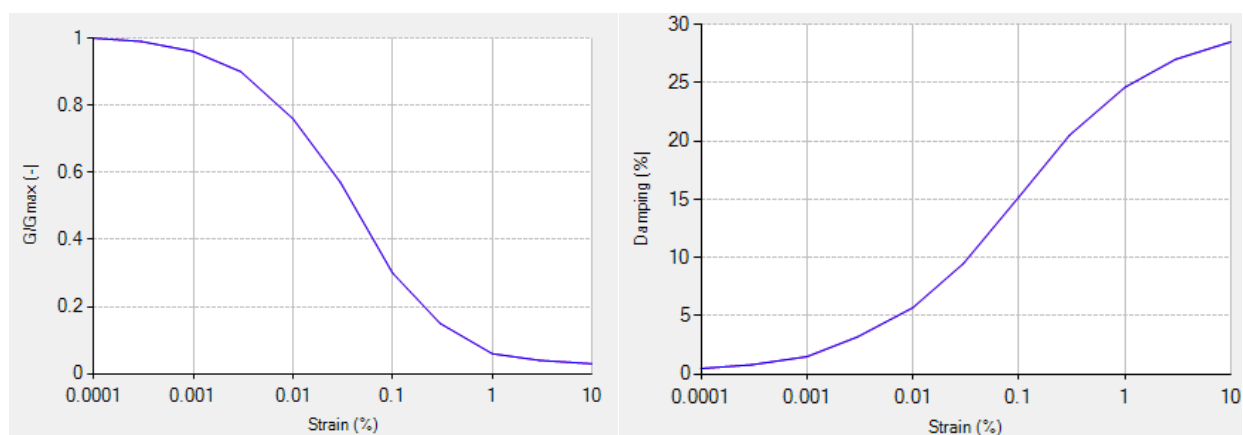


Figura III-3: Curvas de Propiedades Dinámicas Arena Media, Seed & Idriss, (1991).

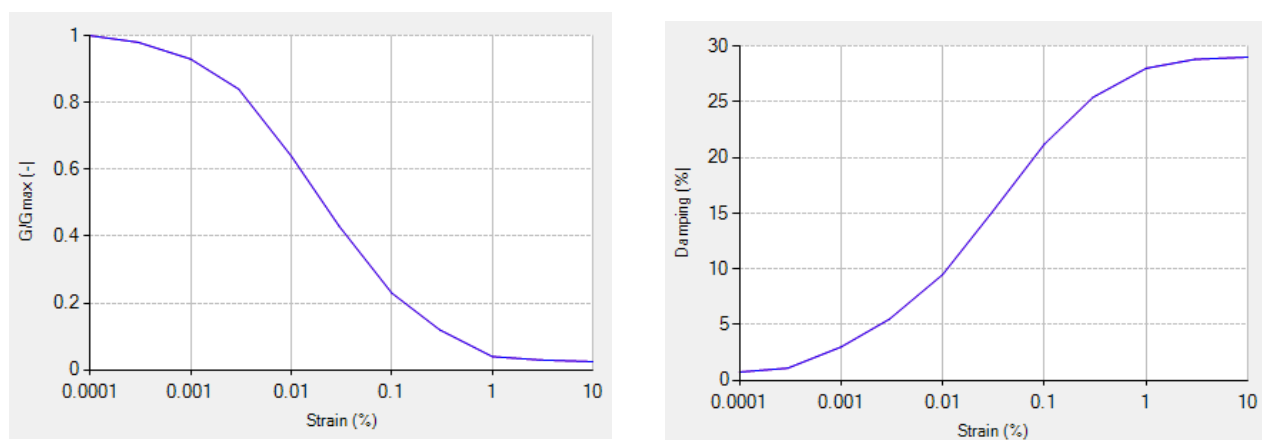


Figura III-4: Curvas de Propiedades Dinámicas Arena Fina, Seed & Idriss, (1991).

Las curvas presentadas son más bien los límites superior, medio e inferior del comportamiento dinámico experimental de arena con distintos niveles de rigidez y amortiguamiento. El límite inferior de la curva se implementó como representación de un limo no plástico o como una arena muy fina. Esto también se puede constatar en las tablas B-4 del anexo B y la tabla F-1 del anexo F.

Para la curva de degradación de una arcilla se tomó las curvas de referencia de Vucetic & Dobry, 1991 en Deepsoil (ver Refs. [6] y [12]), que sólo requiere la definición del Índice de Plasticidad (IP) como único parámetro de entrada. Este parámetro se definió de  $IP=18$ , a partir de unas muestras comparativas tomadas por IDIEM (ver Ref. [2]) a una profundidad entre 5 y 25m, en San Pedro de la Paz, Concepción, como se puede apreciar en la tabla III-1. La figura III-5 muestra las curvas de propiedades dinámicas para una arcilla con las características definidas anteriormente.

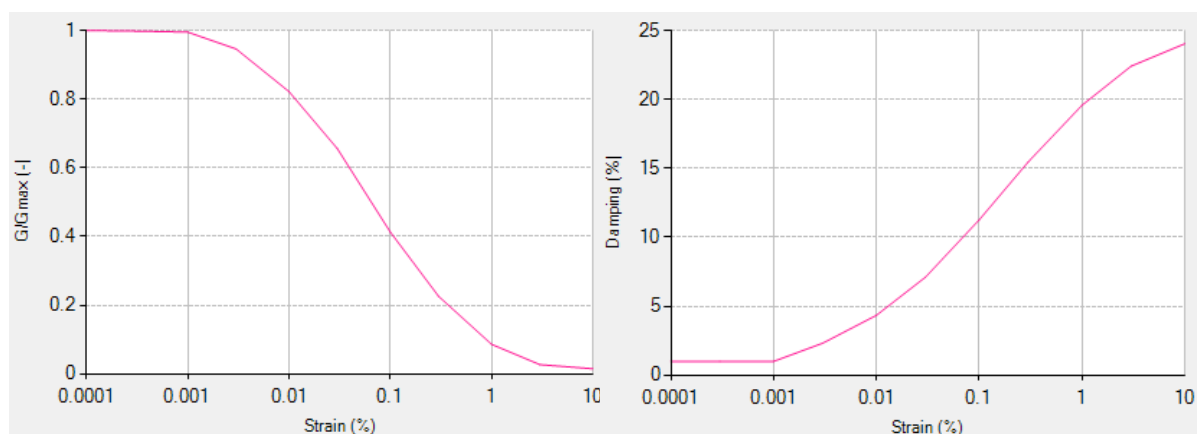


Figura III-5: Curvas de Propiedades Dinámicas Arcilla  $IP=18$ , Vucetic & Dobry (1991).

Tabla III-1: IP de Arcilla representativa.

Muestra	Cotas [m]	USCS	% de finos	LL	LP	IP	$G_s$
M1	0,00-0,45	SM	20,9	-	-	NP	2,77
M2	3,00-3,45	SP	3,8	-	-	NP	2,78
M4	7,50-9,00	CL	53,2	39	23	16	2,75
M6	13,50-15,00	CL	52,1	41	23	18	2,76
M8	19,50-21,00	GC	25,4	36	17	19	2,73

Para el Limo Plástico se tiene la curva representativa vista en la figura III-6.

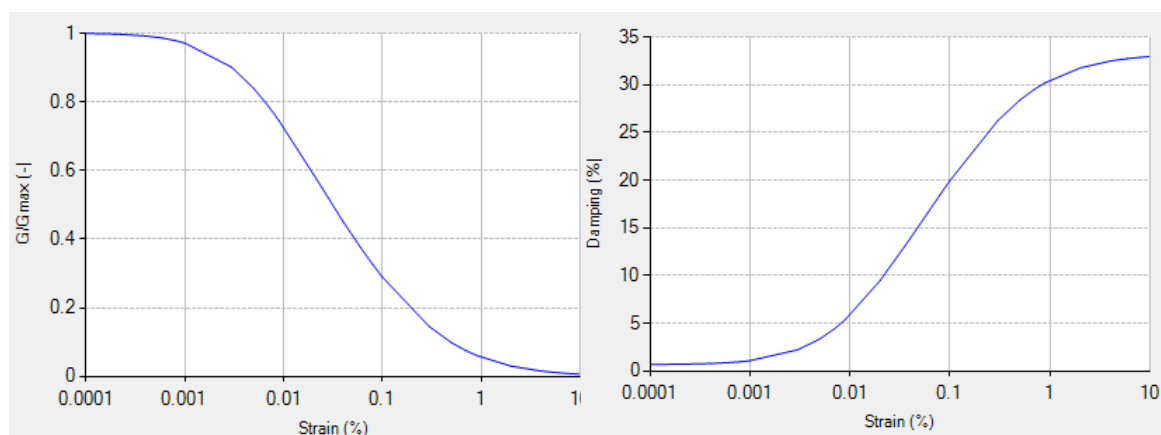


Figura III-6: Curvas de Propiedades Dinámicas Limo, Seed et al.

Por último, también se definió una curva representativa de las propiedades dinámicas de la grava. Se ocupará la Investigación de Seed et al; que gráficamente se presenta a continuación en la figura III-7:

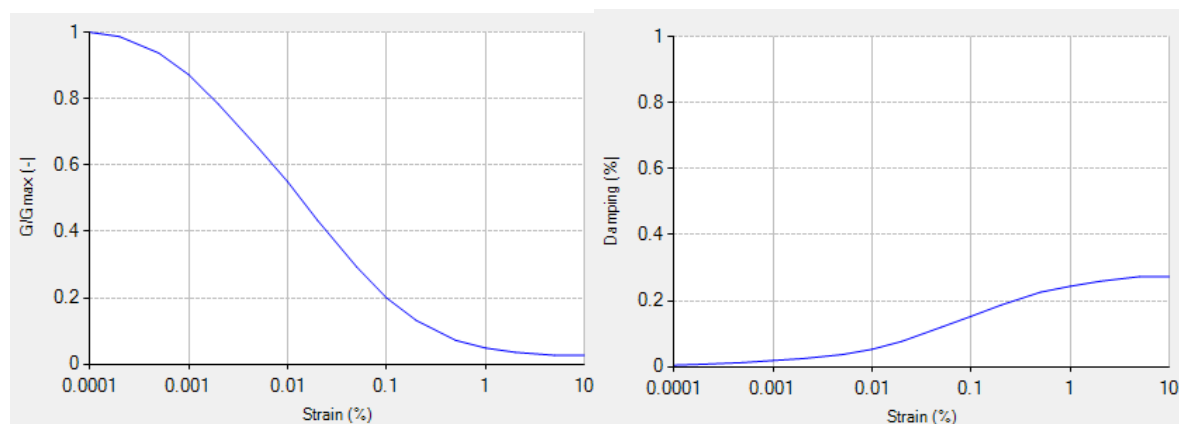


Figura III-6: Curvas de Propiedades Dinámicas Grava, Seed et al.

Ya con todas las propiedades y datos de entrada definidos para el modelo, sólo queda por dejar en claro el movimiento en la base a ocupar para nuestro análisis, el cual se define en la próxima sección.

### III.3 Definición del Movimiento (INPUT)

Ante la imposibilidad de ocupar registros en roca en el propio lugar donde se registró la respuesta del depósito de suelo del Centro de Concepción y la falta de acceso público de registros en afloramientos cercanos, se optó por implementar registros más retirados.

Los análisis se han desarrollado para las dos direcciones principales (Transversal y Longitudinal), como se puede apreciar en la figura III-7 y III-8. Utilizando el Input registrado en Afloramiento Rocosó en la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), Valparaíso (extraídos de la Ref. [13]), generando en todos los casos espectros con un 5% de amortiguamiento.

Esta elección de registros hace pensar cómo puede afectar las propiedades del afloramiento rocoso de la estación UTFSM la respuesta encontrada, en relación al uso de las propiedades definidas para la roca basal planteadas en la sección II.2.1, lo que quedará develado en la segunda parte, cuando se muestre que variaciones incluso en la velocidad de onda de corte de la roca basal no inciden significativamente en la respuesta del depósito de suelo; razón por la cual se optó por usar las propiedades de la roca basal.

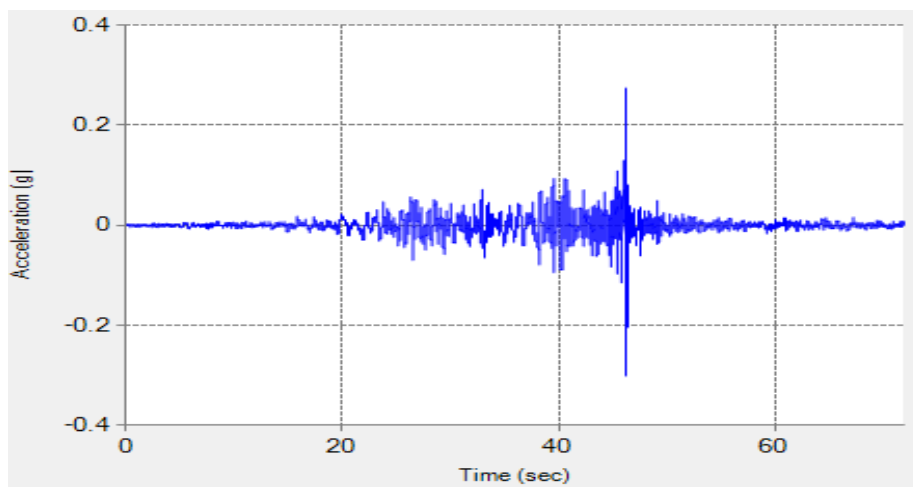


Figura III-7.a: Registro de Aceleraciones Dir. Transversal UTFSM.

A los fines de comprobar cómo afecta en la respuesta el uso directo de los registros en afloramiento, en el anexo F se presenta un análisis para ambas direcciones; en el que se deconvolucionó los registros en afloramiento y posteriormente hallando las respuestas en

la superficie libre del suelo se concluyó que las respuestas son bastante coincidentes. El mismo ejercicio también se hizo para los resultados finales del modelo asimilado ajustado de la sección VIII.

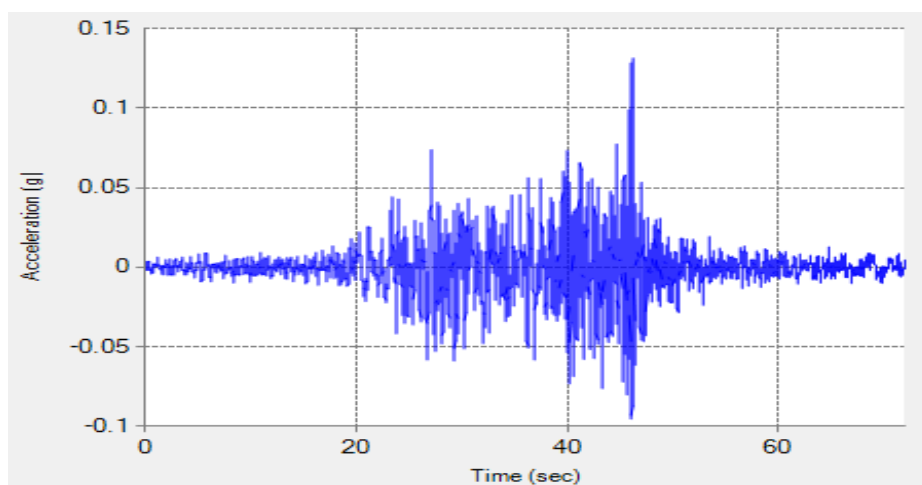
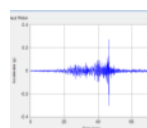


Figura III-8: Registro de Aceleraciones Dir. Transversal UTFSM.

### III.4 Análisis en la Dirección Transversal



Los análisis de esta sección y la sección III.5 están sustentados en el marco teórico del Anexo E y las referencias [6], [7], [9], [10] y [14]. De acuerdo a los resultados, para períodos entre aproximadamente  $T=0.08$  y  $T=0.1$  seg, el suelo deamplifica la señal en roca, en cambio se amplifica fuera de este mismo intervalo de período.

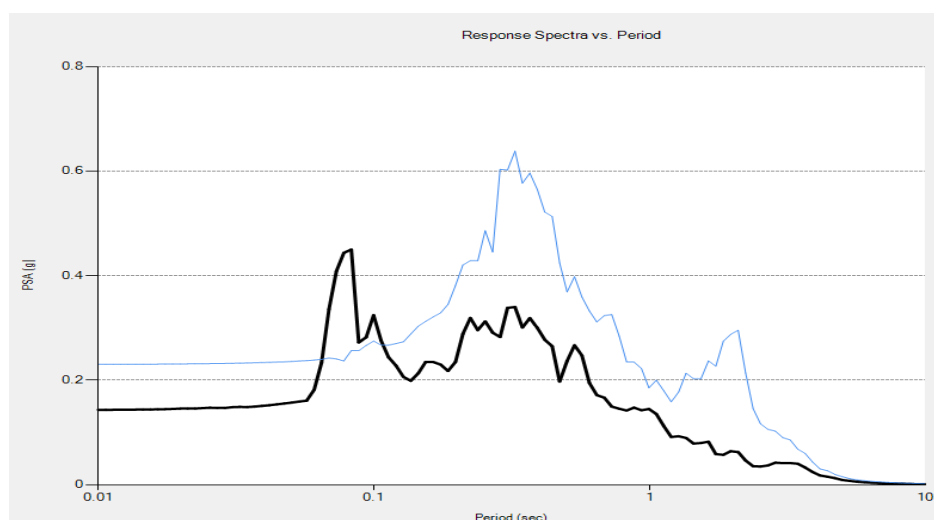


Figura II-9: Comparación Respuesta del Suelo respecto a la Respuesta de la Base



El peak de pseudo aceleración de la roca es superado por la pseudo aceleración en el suelo. Esto puede confirmarse observando la relación de amplitud de Fourier en frecuencia; los mayores factores de amplificación respecto a la roca basal se experimentan en casi todo el dominio de frecuencias, (ver figuras III-9 y III-10).

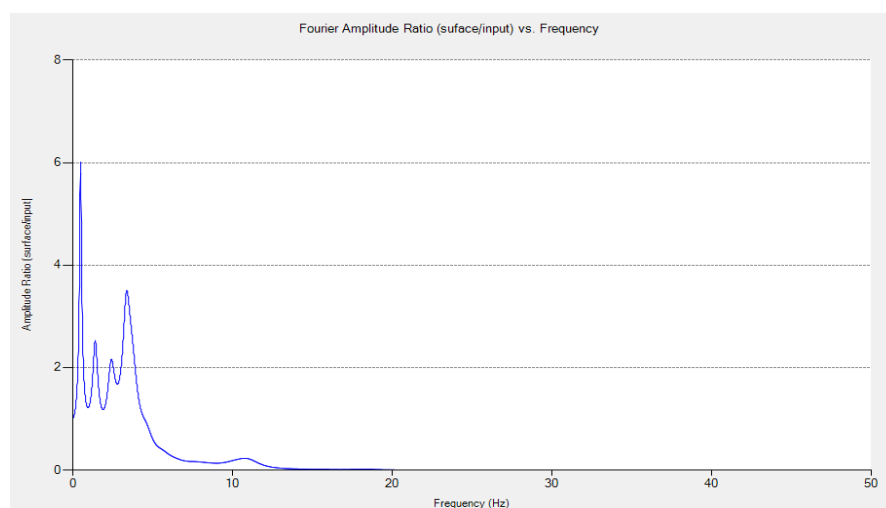


Figura III-10: Relación de Amplificación Respuesta del Suelo respecto a la Base.

### III.5 Comparación Resultado Análisis y Respuesta Original Transversal

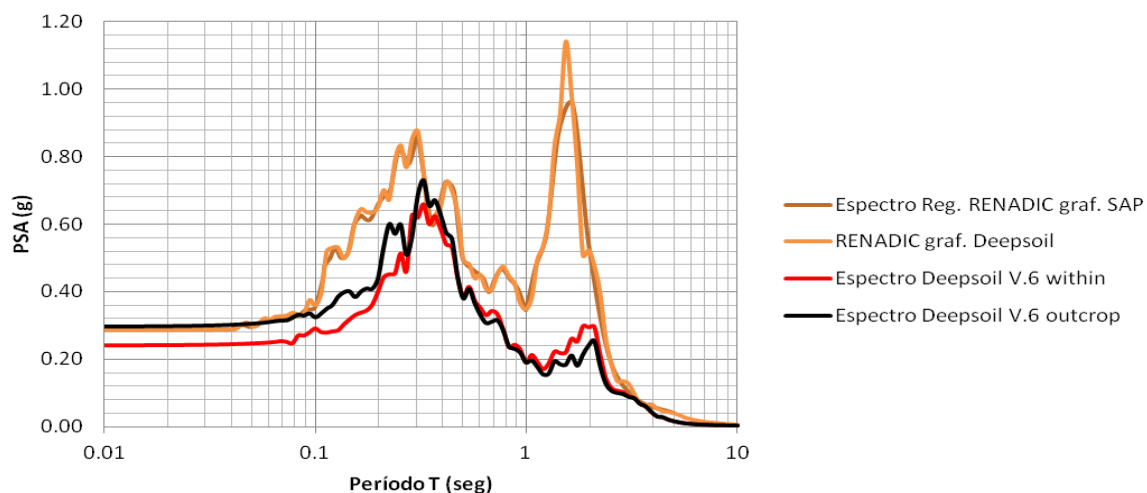


Figura III-11: Comparación Respuesta del Suelo respecto a la Respuesta de la Modelada.

Como muestra la figura III-11, en la dirección transversal la respuesta del espectro procesado en Deepsoil, para los períodos cortos se acerca al PGA y a la magnitud de las Pseudo Aceleraciones. En cambio, para los períodos largos la forma y la magnitud de la respuesta modelada se alejan enormemente de la respuesta original. Una manera alternativa de visualizar en términos de frecuencia, la energía liberada en ambos casos; como se ve comparativamente en la figura III-12, es mediante el espectro de Fourier en frecuencia. Se confirma por demás el planteamiento anterior.

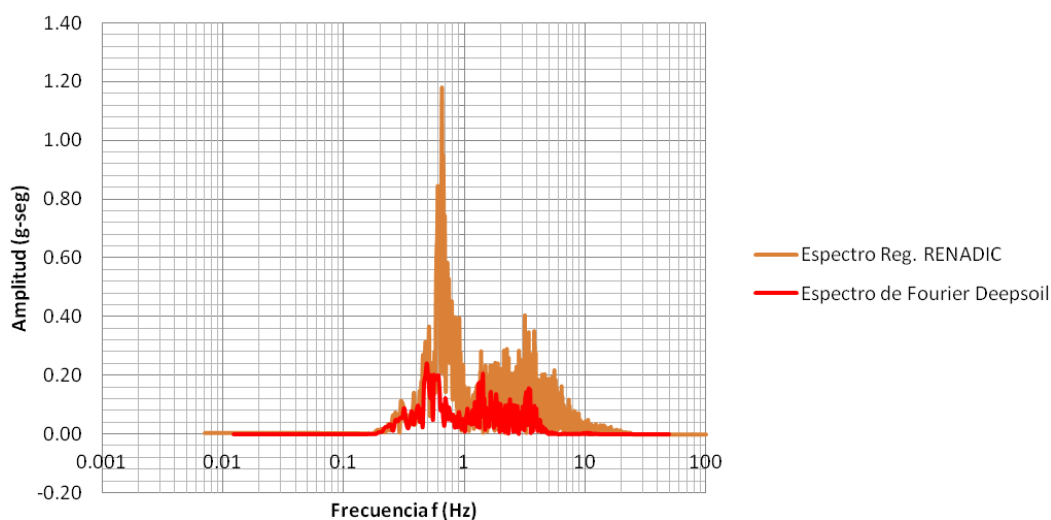
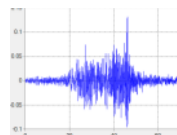


Figura III-12: Comparación Respuesta del Suelo respecto a la Respuesta Modelada.

### III.5.1 Análisis en la Dirección Longitudinal



La observación anterior, planteada en la sección III.4, es válida también para esta dirección. Los resultados se visualizan en las figuras III-13 y III-14. No obstante, en esta dirección la diferencia entre las respuestas del suelo y la roca basal es más significativa ya que los factores de amplificación son mayores.

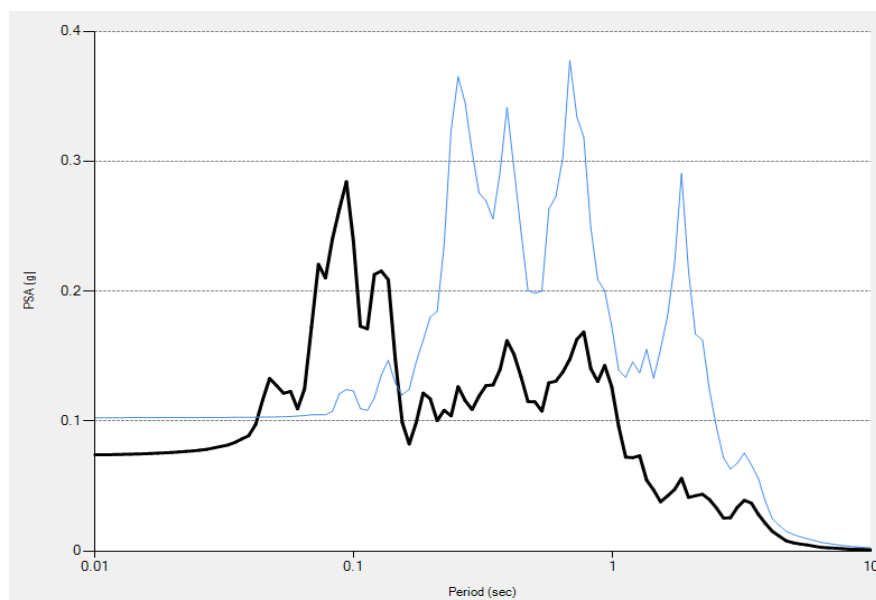


Figura III-13: Comparación Respuesta del Suelo respecto a la Respuesta de la Base.

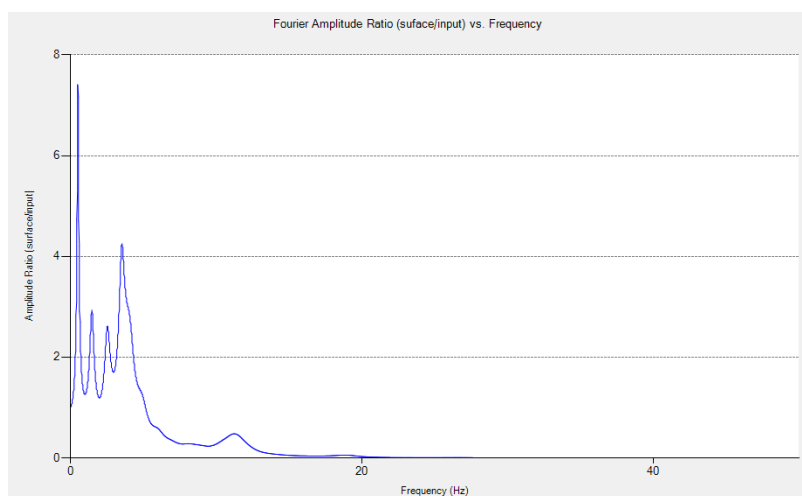


Figura III-14: Relación de Amplificación Respuesta del Suelo respecto a la Base.

### III.5.2 Comparación Resultado Análisis y Respuesta Original Longitudinal

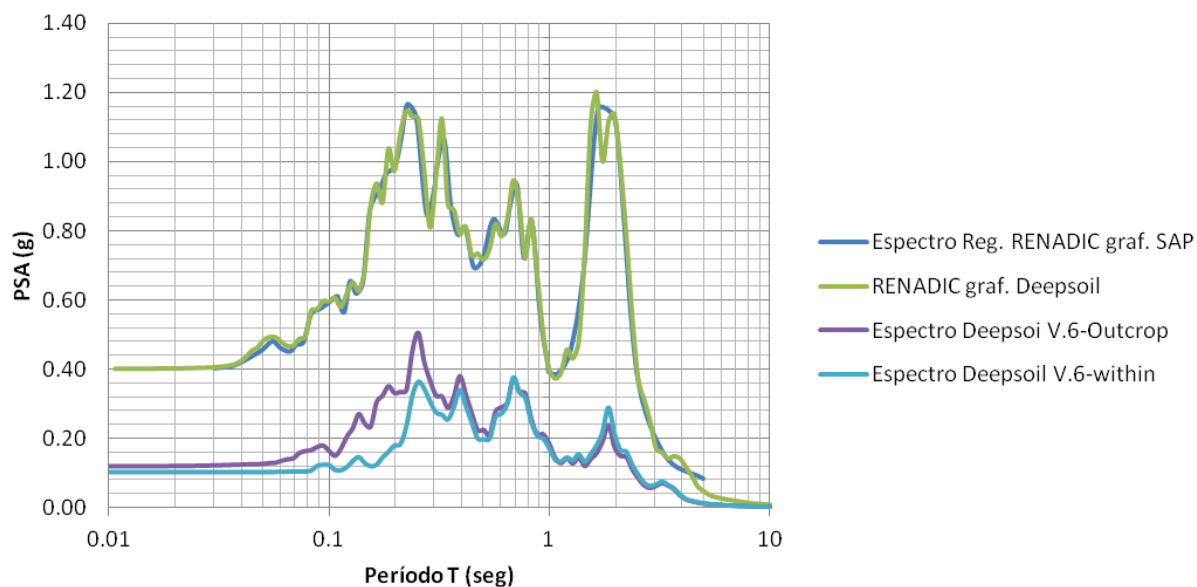


Figura III-15: Comparación Respuesta del Suelo respecto a la Respuesta Modelada.

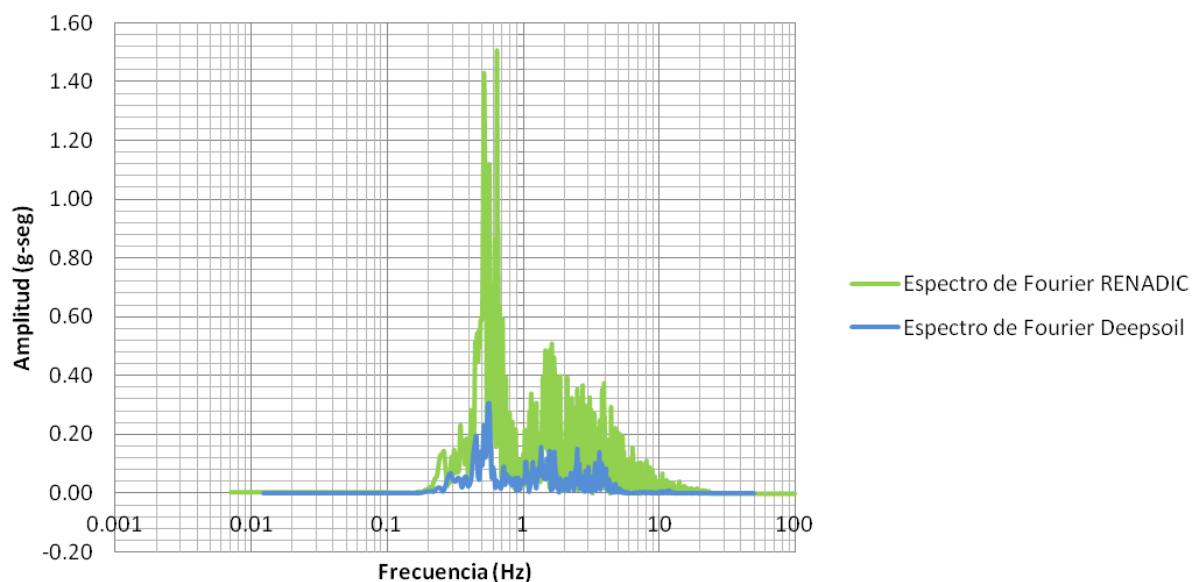


Figura III-16: Comparación Respuesta del Suelo respecto a la Respuesta Modelada.

De distintas formas, las figuras III-15 y III-16 revelan que las diferencias entre las respuestas modelada en Deepsoil y la original son descomunales diferentes, aunque los contenidos de frecuencia en esta dirección se ven menos desfasados que en la dirección Transversal.

Previo a la realización de los análisis comparativos, en las direcciones Transversal y Longitudinal, se procedió de antemano a verificar que los instrumentos de medición en las ciudades de Valparaíso (UTFSM) y el Centro de Concepción coincidieran en su orientación. Para ello se admitió como información válida las direcciones detalladas para cada instrumento, suministradas en los archivos de registros extraídos de la referencia [13].

Por otra parte, no se incluyó entre los análisis anteriores la respuesta de tipo lineal de movimiento de superficie libre del suelo. A este respecto nos referimos en el anexo G, en el que se establece una comparación entre las repuestas reales en las distintas direcciones y las respuestas derivadas de un análisis lineal

Los resultados a los que se ha arribado en las secciones III-4 y III-5 no son concluyentes en términos de la aproximación de la respuesta del suelo del Centro de Concepción para el evento sísmico 27F. Es por ello que debe, de aquí en adelante, explicarse las razones más probables por las que este modelo no es capaz de replicar aproximadamente la respuesta.

Como primera hipótesis, la cual será evaluada en la segunda parte de esta investigación, se plantea el hecho de que el registro de aceleraciones implementado está atenuado debido al amortiguamiento geométrico que se produce dada la distancia que separa el afloramiento de la UTFSM desde el foco y las inmediaciones de la estación sismológica en el Centro de Concepción. Como segundo enfoque, y en términos intrínsecos del modelo, está la posibilidad que muchas de las propiedades dinámicas y otros parámetros del suelo reflejados en el modelo detallado de Poblete, a pesar de estar basados en datos muy cercanos a la estación y a pesar de que se concuerda que ambos lugares pertenecen a una misma unidad geológica y que incluso haya coincidencia en las profundidades de la roca basal, puede que aún así haya discrepancias con las propiedades reales del depósito donde se encuentra la estación.



## SEGUNDA PARTE





#### IV. HIPÓTESIS DE LA ATENUACIÓN DE ACELERACIÓN

En términos extrínsecos el modelo evaluado anteriormente pudo verse afectado por una atenuación importante de la energía específica (energía elástica por volumen) del movimiento registrado en la UTFSM, debido al amortiguamiento geométrico como consecuencia de la gran distancia que separa los puntos de interés, este es un hecho físico de atenuación de propagación de ondas (ver Refs.[7], [14] y [15]). Las amplitudes de los esfuerzos de las ondas en los materiales, tal como aquellos que comprimen la tierra, se atenúan con la distancia, esta atenuación puede ser atribuida a dos fuentes, una de las cuales envuelve los materiales a través del que viaja la onda (histerético) y el otro por la geometría del problema de propagación de ondas (Ref.[7]). La ecuación (4.1) muestra la variación en tiempo y espacio de la amplitud de desplazamientos de un frente de onda esférico:

$$u(r, t) = \frac{1}{r} [f(vt - r) + g(vt + r)] \quad (4.1)$$

La ecuación anterior indica que la amplitud de la onda decrecerá con la distancia. Para problemas en los que la energía se libera de una fuente finita, que va desde el caso a gran escala de ruptura a lo largo de una falla sísmica al caso de menor escala de una fundación que vibra, el amortiguamiento radiativo (geométrico) puede ser extremadamente importante. En tales casos, los efectos del amortiguamiento radiativo a menudo dominan respecto al amortiguamiento del material (Ref.[7]).

Sin embargo, al comparar la respuesta captada en la dirección transversal respecto de la longitudinal, en las secciones III-4 y III-5, es evidente que en la dirección transversal el movimiento está grandemente disminuido para un contenido de períodos largos, mientras que para los períodos cortos la atenuación es muy menor. Por otro lado, la dirección longitudinal está sumamente atenuada respecto a la respuesta original. En ambos casos las respuestas modeladas resultan ser muy diferentes entre ellas, sobretodo en cómo se aproximan a la respuesta original en sus respectivas direcciones. No se puede concluir que el registro en la dirección transversal esté atenuado por razones puramente geométricas, cuando el análisis en dicha dirección muestra lo contrario. Más bien, la diferencia en la amplificación del movimiento para los diferentes contenidos de períodos sugiere que la

atenuación del movimiento respecto a la respuesta original se debe en gran medida a las propiedades dinámicas del modelo y que no se corresponden con el depósito original.

No obstante; estos argumentos no descartan la posibilidad de que el amortiguamiento geométrico sea la causal de que el modelo se aleje tanto de la respuesta original en la dirección longitudinal. Es muy posible que en esta dirección haya ocurrido una gran atenuación de carácter geométrico (sin mencionar el amortiguamiento histerético, pues sabemos que el medio a través del cual viaja la onda no es un medio elástico) mientras que en la transversal no tanto, dada la gran longitud del país en comparación con su ancho.

Los acelerógrafos descomponen el movimiento sísmico en sus respectivas componentes espaciales, con lo que aun cuando se tengan dos estaciones longitudinalmente muy

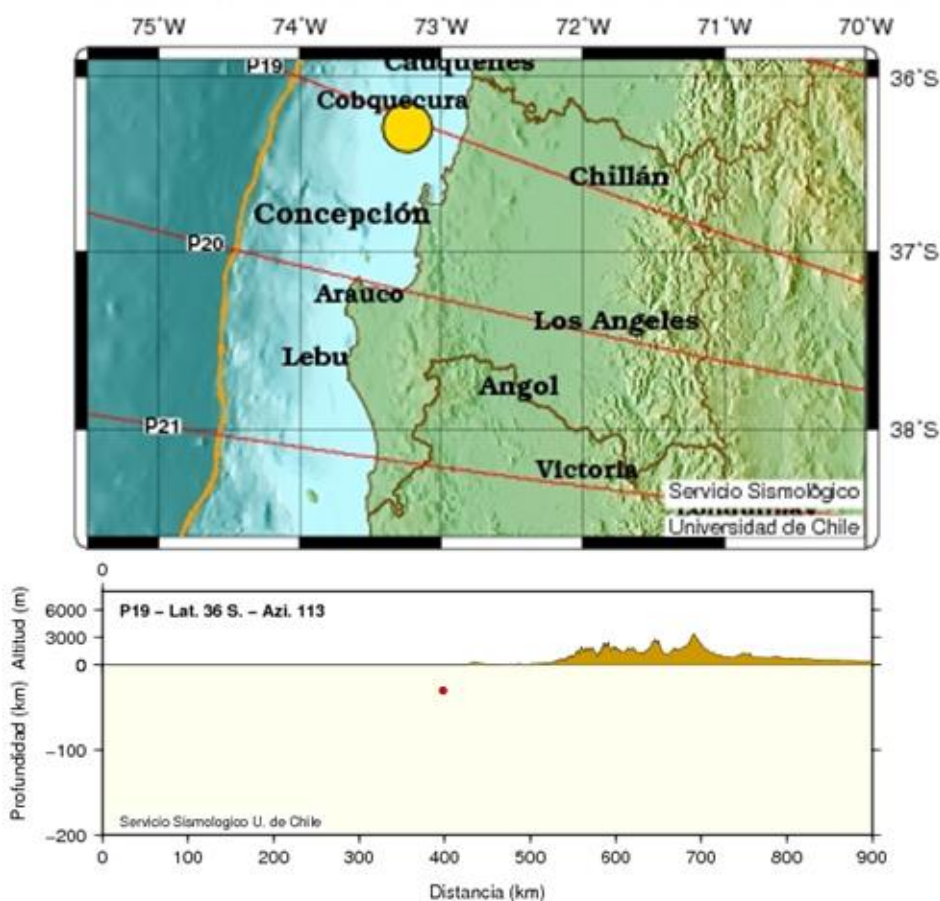


Figura IV-1: Ubicación en Plana y Profundidad del foco. Tomada del CSN.

separadas, si éstas son relativamente cercanas en su dirección transversal, el movimiento captado por ambos instrumentos, en las dos estaciones; debe ser similar en la dirección transversal; o menos atenuado geoméricamente que en la dirección longitudinal. Ésto explica, porqué ambas señales son tan diferentes en términos de cuanto se acercan a sus correspondientes respuestas reales, como ya apreciamos en las figuras III-11 y III-15 de las secciones III.5 y III.5.2 respectivamente. Las figuras IV-1 y IV-2 nos ayudan a entender mejor la situación descrita.

La figura IV-1 ubica el foco en las coordenadas  $73.3^{\circ}\text{W}$ ,  $36.3^{\circ}\text{S}$  a una profundidad aproximada de 20 km. En la figura IV-2 se localizan tanto las estaciones del Centro de Concepción y la UTFSM, así como el foco ubicado en la figura IV-1. De la cual se extraen varias comparaciones claves:  $D_y \gg d_y$  y  $D_x \cong d_x$ . Con lo que se justifica que la amplitud del movimiento captada en la dirección longitudinal en la estación del Centro de Concepción es mucho mayor que la registrada en la estación UTFSM para la misma

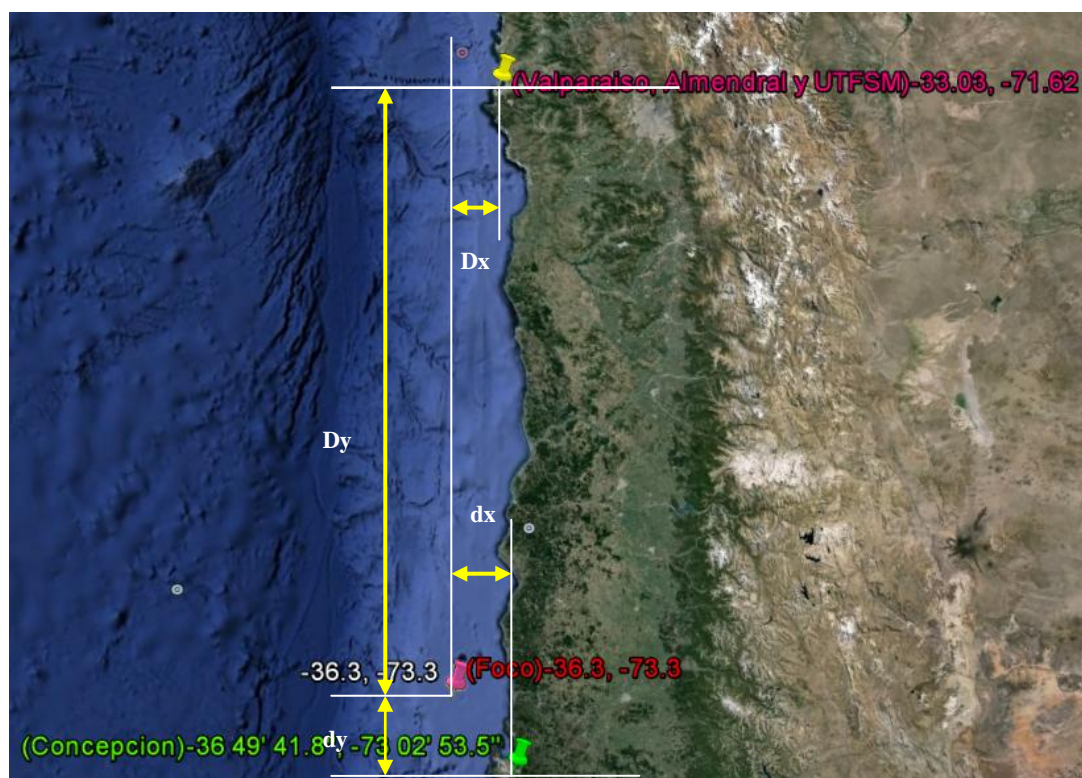


Figura IV-2: Ubicación en Plana del foco y la Posición de las Estaciones.

dirección. También se explica porqué el espectro de Pseudo aceleraciones en la dirección transversal se acerque más a la respuesta real. Otra evidencia surge de la comparación de los registros de aceleraciones mostrados en las figuras III-7 y III-8 de la sección III.3, en las que se observa que el registro en la dirección transversal es más impulsivo que el de la dirección longitudinal. Lo que es muy diferente para la situación en Concepción, pues la mayor respuesta de Pseudo aceleración se obtuvo para la dirección longitudinal. Esta diferencia entre los distintos registros se fundamenta en lo explicado anteriormente y las referencias [7], [14] y [15].

Conociendo ya el inconveniente de atenuación geométrica en la dirección longitudinal del registro en roca UTFSM, para el enfoque abordado en el siguiente capítulo, sólo se trabajará para la dirección transversal.

## V. DEFINICIÓN DE UN MODELO SIMPLISTA QUE SUSTITUYA EL MODELO NO ASIMILADO DE POBLETE.

### V.1 Perfiles y Propiedades

A raíz de que el perfil estratigráfico y las respectivas propiedades del modelo detallado de Poblete no replican aproximadamente las condiciones reales de la respuesta del suelo registradas por RENADIC, entonces se proponen dos modelos de estratigrafía asimilada. A continuación se presentan las tablas V-1 y V-2 que resumen dicha información.

Tabla V-1 Perfil Estratigráfico Asimilado, basado en la fig. 6.1, Ref.[1].

Propuesta Poblete						
Perfil	Tipo de Suelo Promedio y Consistencia Promedio	H (m)	H <sub>acum</sub> (m)	$\gamma_{prom-ef}$ (kN/m <sup>3</sup> )	V <sub>calc-prom</sub> (m/s)	V <sub>terreno-prom</sub> (m/s)
H1	Arena Media, Medianamente Limos, Medianamente compactada	3.5	3.5	16.19	142.0	210.0
H2	Arena Media a Fina Limosa, Medianamente Compacta	21.5	25	19.62	222.0	208.5
H3	Limo de Alta compresibilidad	2.5	27.5	16.68	198.0	348.0
H4	Suelos Predominantemente Plasticos, Consistencia Densa y Muy compacta	35.5	63	20.60	293.0	273.9
H5	Suelos granulares con capa importante de agregado grueso	71	134	18.64	389.4	411.6

Tabla V-2: Perfil Estratigráfico Asimilado, basado en la fig. 6.1, Ref.[1].

Propuesta Modelo Alternativo						
Perfil	Tipo de Suelo Promedio y Consistencia Promedio	H (m)	H <sub>acum</sub> (m)	$\gamma_{prom-ef}$ (kN/m <sup>3</sup> )	V <sub>calc-prom</sub> (m/s)	V <sub>terreno-prom</sub> (m/s)
H1	Arena Media, Medianamente Limos, Medianamente compactada	3.5	3.5	16.19	142.0	210.0
H2	Arena Media a Fina Limosa, Medianamente Compacta	21.5	25	19.62	222.0	208.5
H3	Suelo Predominantemente Limoso	7.6	32.6	17.45	250.80	257.60
H4	Arena Media, algo Limosa, Densa	1.9	34.5	17.95	308.00	267.00
H5	Arcilla de Mediana Plasticidad, Consistencia Media a Alta	2.1	36.6	17.13	235.00	262.00
H6	Suelo Predominantemente Limoso	48.5	85.1	16.86	321.13	292.88
H7	Arena Bío Bío, Cuarzosa y Limosa	22	107.1	15.49	360.00	565.00
H8	Rípio Grueso y Bolones Predominantemente Graníticos	26.7	133.8	26.32	560.00	560.00

Ambas tablas presentan las capas del modelo de horizontes asimilados y propiedades promedio. Además, en el Anexo B se incluyen las tablas B-3 y B-4 que resumen el cálculo del número de subcapas mínimo que tendrá el modelo computacional según

las velocidades correspondientes a cada perfil y la frecuencia mínima de análisis planteada en la sección III.1.

## V.2 Respuestas halladas a Partir de los Modelos Planteados

Los modelos simplificados permiten una mejor observación de los cambios que se generan al variar los diferentes parámetros que rigen el comportamiento del suelo y cuan sensible puede ser el modelo ante cualquier modificación en éstos. Se tiene un mayor poder de observación.

Los análisis de la respuesta del suelo, realizados solamente para la dirección Transversal, según el modelo simplificado propuesto por Poblete, en términos del Espectro de Pseudo aceleraciones, y sus respectivas contrapartes (Modelo no asimilado de Poblete y RENADIC), se muestran a continuación en la figura V-1.

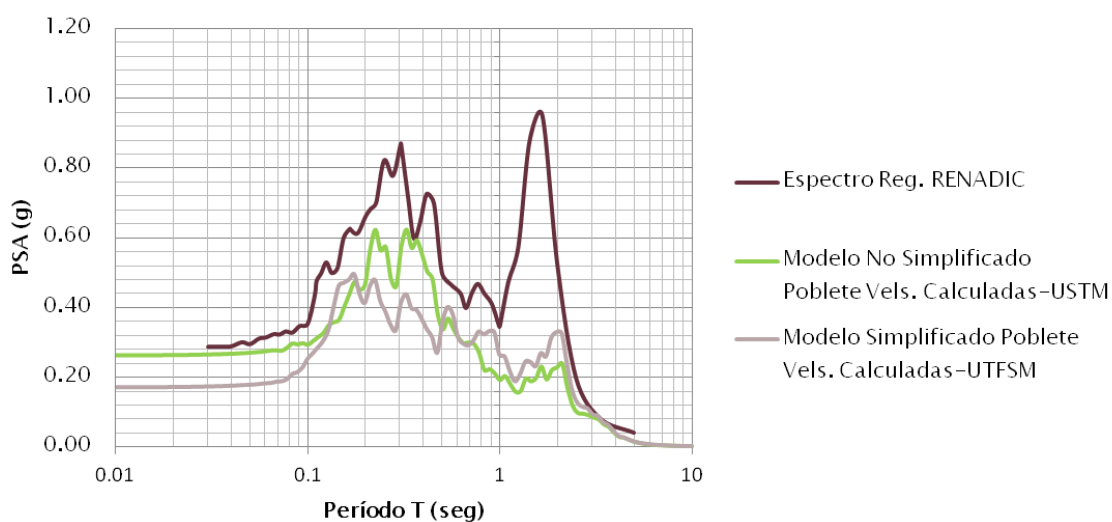


Figura V-1: Espectro Perfil Estratigráfico Asimilado.

La respuesta del modelo simplificado se ha encontrado en base a parámetros promedios relacionados con el modelo no simplificado de Poblete, y para una misma velocidad de corte en el manto rocoso de 3300 m/s. Cabe destacar que las velocidades de ondas de corte de los estratos no son las derivadas del ensayo en terreno sino las que, en la primera parte, se mostraron que provenían del cálculo de velocidades tomando en cuenta el tipo de suelo, su relación de vacíos y el grado de

confinamiento, así como también de resultados de ensayos de laboratorio realizados por el MIT. Sin embargo; para observar qué tanto se alejan las respuestas, al usar las velocidades determinadas en terreno, también se procedió a analizar con las velocidades promedios obtenidas a partir del ensayo en terreno. En seguida se muestra una comparación en la figura V-2.

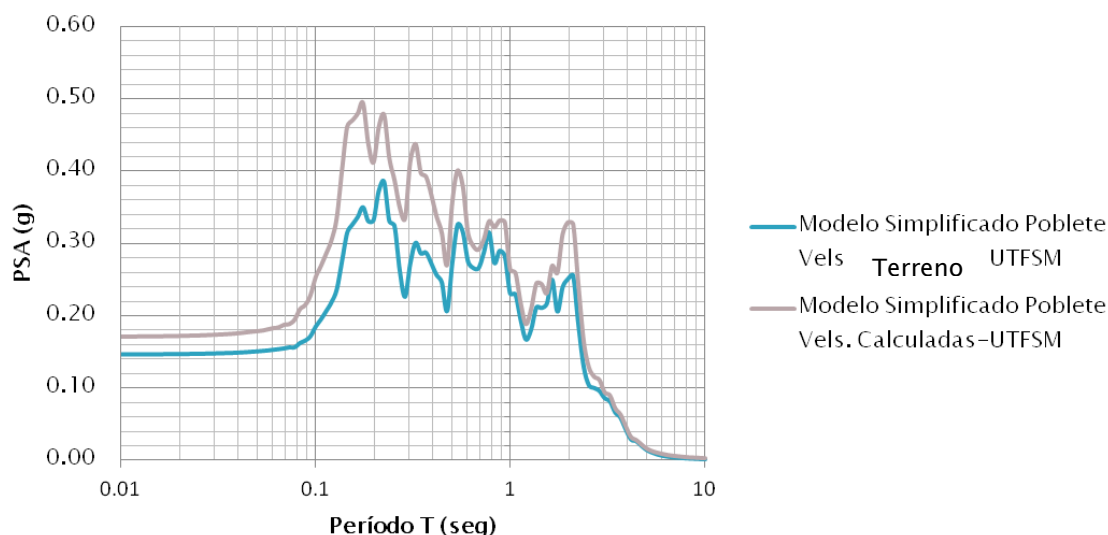


Figura V-2: Espectro Perfil Estratigráfico Asimilado.

Observando las figuras V-1 y V-2 puede notarse que aun siendo el modelo simplificado poco detallado en términos de propiedades y siendo estas propiedades promedio, el modelo simplificado es una buena aproximación del modelo original propuesto por Poblete. En la figura V-2 se puede contemplar cómo variaciones pequeñas de las velocidades de corte de cada estrato (ver tablas V-1 y V-2), inciden en la amplitud de la respuesta. La respuesta en término de la Pseudo aceleración para ambos perfiles de velocidades es similar, pero el tamaño de las pseudo aceleraciones se modifica apreciablemente.

Una observación importante, y que puede parecer simplista, es la forma menos suave del espectro del modelo simplificado. Una menor discretización ha permitido que se definan claramente en la curva, 5 *“jorabas” o contenidos de Períodos*, que desde el punto de vista de frecuencias éstos describen cómo la amplitud de un movimiento del

suelo es distribuida entre diferentes frecuencias (Ref. [7]). Aún cuando el terremoto produzca una complicada carga con componentes de movimiento que se expanden en un amplio rango de frecuencias, la consideración de este concepto ayuda a caracterizar el movimiento. Más adelante se verá que tales “jorobas” se corresponden con los 5 estratos simplificados que se han definido en el Modelo.

Asumiendo como base de partida el perfil de *velocidades calculadas promedio* (ver penúltima columna de Tabla V-1), ahora se muestran los resultados obtenidos en las figuras V-3 y V-4, utilizando la propuesta del modelo alternativo, detallado en la tabla V-2. En las mismas figuras también se establece una comparación con la respuesta hallada según el modelo asimilado de Poblete.

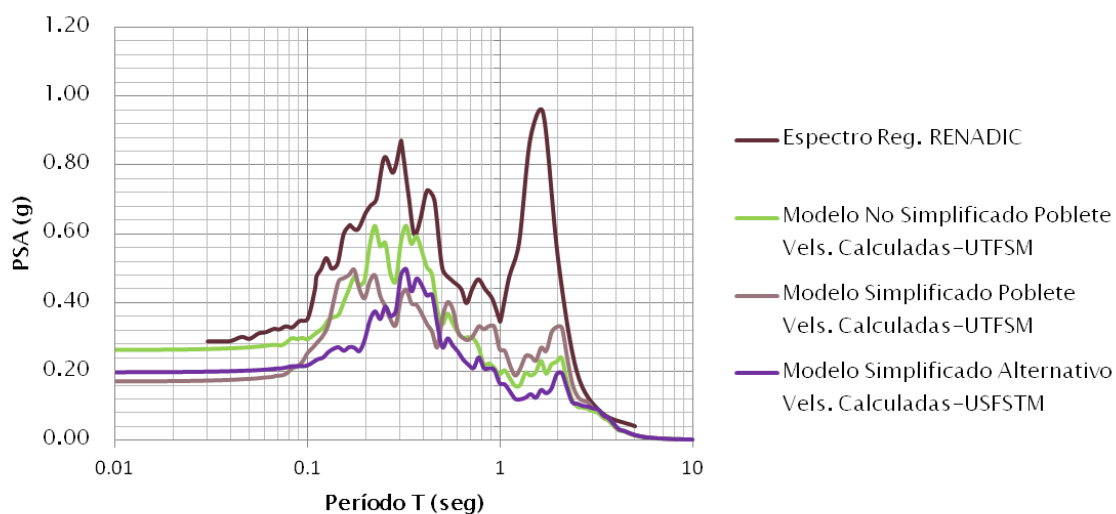


Figura V-3: Comparación de los distintos Perfiles Estratigráficos.

Las figuras V-3 y V-4 revelan cómo en la medida que se definieron más unidades estratigráficas, se flexibilizó la respuesta del sistema. Así mismo, el espectro de respuesta del Modelo Alternativo se aproxima mucho mejor al modelo no simplificado de Poblete. No obstante, aunque se tiene una mejor aproximación; se pierde un tanto la ventaja que se alcanzó de poder visualizar el *contenido de Períodos*, a partir del modelo de 5 unidades estratigráficas (Modelo Asimilado Poblete).



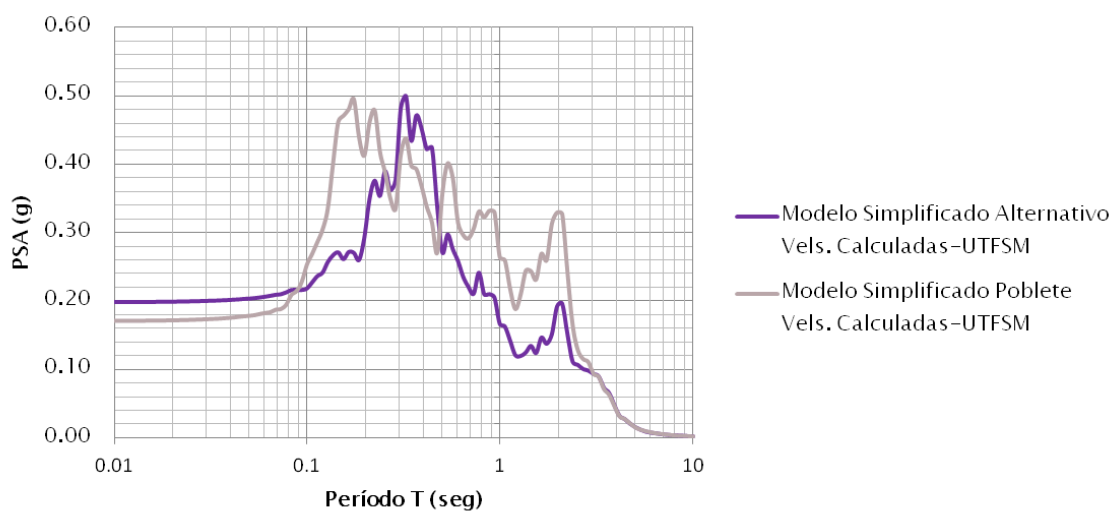


Figura V-4: Espectro Perfil Estratigráfico Asimilado.

En tal sentido, se propone utilizar el modelo más simplista en nuestro análisis de sensibilidad. Quedando claramente establecido que se implementará el modelo definido por la estratigrafía de la tabla V-1 y las velocidades calculadas promedio correspondientes a cada estrato.

## VI. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD E IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTENIDOS DE PERÍODOS.

### VI.1 Análisis de Sensibilidad

Habiendo ya elegido el modelo estratigráfico, es preciso evaluar cómo cambia la respuesta del suelo en la medida que se varían los distintos parámetros y propiedades dinámicas.

#### VI.1.1 Evaluación de la Respuesta ante Cambios en la Velocidad en la Roca Basal.

Inicialmente, se somete el modelo a distintas velocidades de onda de corte en la base y se comparan sus distintas respuestas (los resultados numéricos pueden verse en la tabla C.1 del anexo C). A continuación se muestran éstos resultados en la figura VI-1:

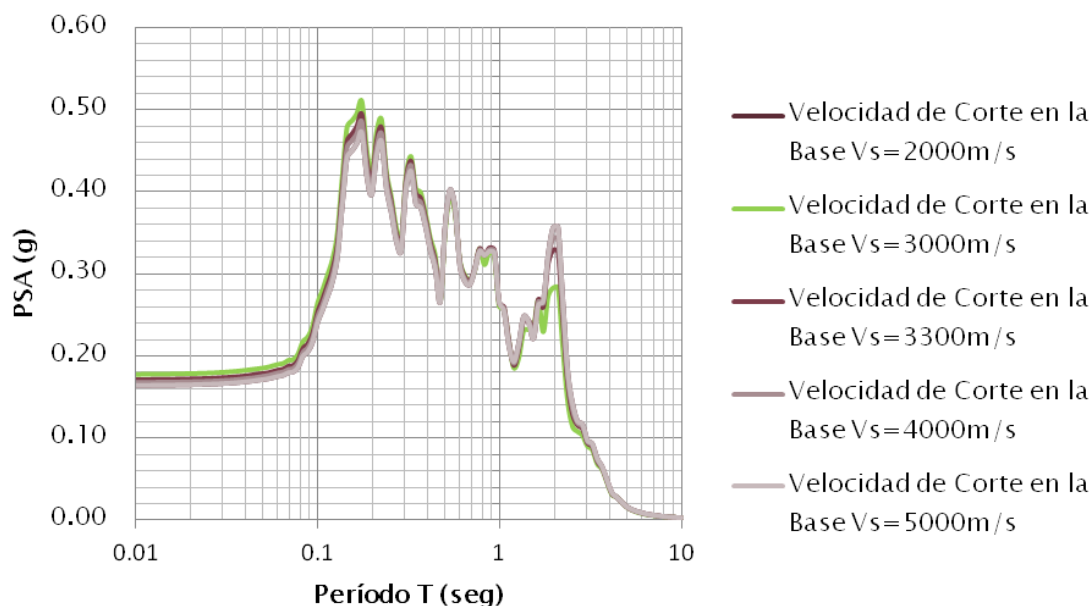


Figura V-5: Espectros a partir de variaciones de velocidad de corte de la roca basal.

Como puede observarse, aun cuando se ha sometido la roca basal a velocidades por debajo y mayores a los 3300 m/s (valor sugerido en base a pruebas de laboratorio), la respuesta del suelo no cambia en gran medida una respecto a la otra; lo cual es un

hecho significativo pues pudiéramos eliminar una variable en nuestro siguiente análisis para la búsqueda de los *Contenidos de Períodos* que representa a cada suelo.

La razón para hacer esta evaluación no sólo queda justificada ante el hecho matemático que acabamos de observar, sino también ante el hecho físico de que la prueba en laboratorio no necesariamente replica las condiciones de confinamiento a la que se encontraba la muestra. Además, investigaciones del Prof. Montalva en conjuntamente con autoridades académicas de la UNAM, obtuvieron velocidades inferiores a los 3300 m/s.

### VI.1.2 Evaluación de la Respuesta ante Cambios en las Propiedades del Suelo.

En una parte de la sección V.1 se hizo mención de cómo en el espectro de respuesta, en términos de la Pseudo Aceleración, se pueden identificar “*jobas*” o *Contenidos de Períodos*, a continuación se identifican en la figura VI-6.a.

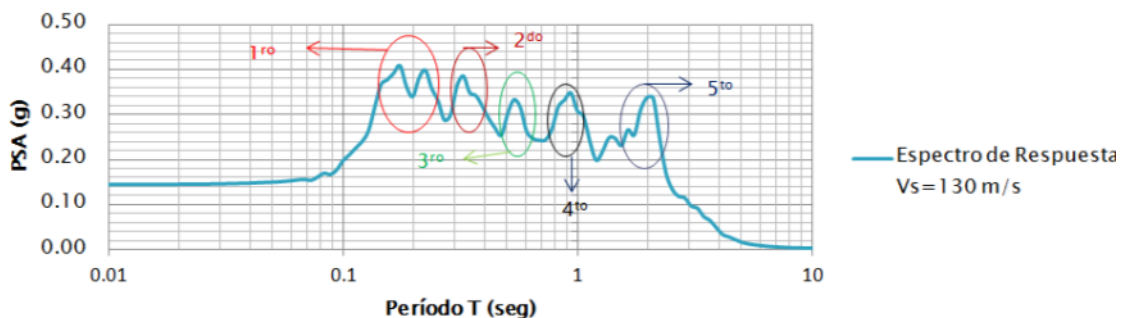


Figura VI-6.a: Identificación de los contenidos de Períodos.

Dado el comportamiento altamente no lineal del suelo, es de prever que un pequeño cambio en alguna de sus propiedades repercutirá sensiblemente en la respuesta. En un estrato; la velocidad de onda de corte, la relación de la rigidez al corte con la distorsión angular y la relación del amortiguamiento con la distorsión angular (ambas representadas en las curvas de degradación de rigidez y amortiguamiento), así como también el espesor; son los parámetros más importantes a ser considerados en este análisis.

Como estrategia inicial se propone variar las propiedades dinámicas y geométricas para un solo de los 5 estratos, mientras permanecen fijas las propiedades iniciales del resto. En consecuencia, siempre a partir de la respuesta inicial, se hallarán las respuestas subsecuentes.

Las variaciones en el estrato escogido se harán, a su vez, haciendo cambios en un solo parámetro mientras los demás permanecen fijos. Este artificio, permitirá saber cuáles entre todos los parámetros tiene mayor o menor incidencia en la respuesta y hasta qué nivel de ajuste se puede llegar en la variación del parámetro sin cambiar el contenido de períodos; posteriormente se implementará en todas y cada una de las capas, tanto para la identificación del contenido de períodos como para la aproximación a la respuesta real.

Para el análisis se selecciona el primer estrato y se empiezan variando los valores de velocidad de la onda de corte. En esta etapa no se toma en cuenta el tipo de suelo sugerido, ya que valores exagerados pueden requerirse en la prueba para notar cambios de importancia e incluso límites de variación para un análisis más profundo.

A continuación, en la figura VI- 6.b se muestra la variación de la respuesta a partir de la variación de la velocidad de onda de corte del estrato H1:

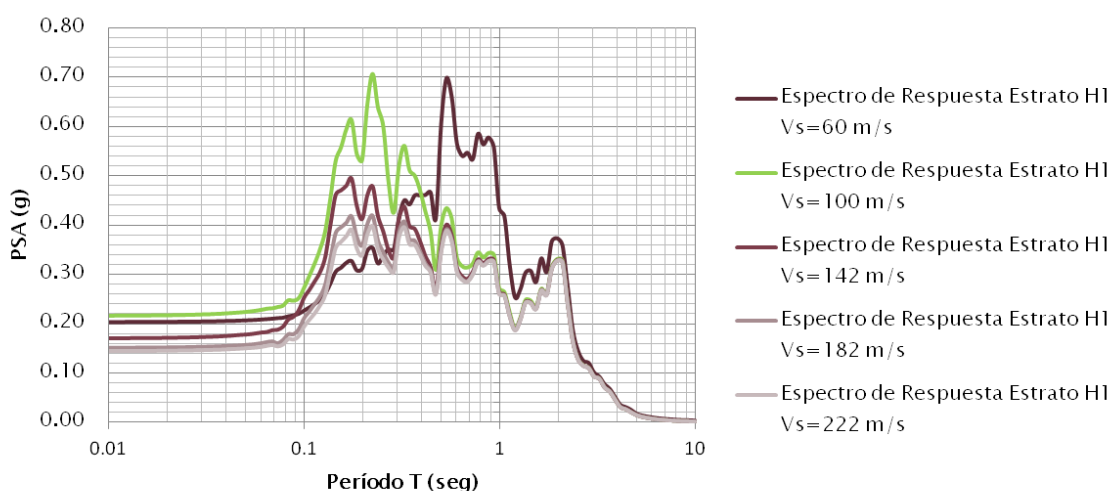


Figura VI-6.b: Espectros a partir de variaciones de velocidad de corte del estrato H1.

Todos los análisis se realizaron considerando una velocidad de onda de corte en la base de 3300 m/s. La variación de velocidad de corte del estrato H1 se realizó en torno a la velocidad de 142 m/s, que es la velocidad de onda de corte original.

Puede observarse que perturbaciones con aumento de la velocidad disminuyen la amplitud de la Pseudo aceleración original, aunque esta disminución tiende a estabilizarse en la medida que se sigue aumentando la velocidad. En tanto que esta variación hacia el alza no cambió el *Contenido de Períodos* de la respuesta original. Los Contenidos de Períodos para las bajas frecuencias no parecen haber variado la magnitud de Pseudo aceleraciones.

A diferencia de la situación anterior, variaciones hacia la baja de la velocidad aumentan la Pseudo aceleración original. Muy por el contrario a lo observado más arriba, se produce un cambio importante en el contenido de períodos, al disminuir a velocidades por debajo de los 100 m/s. Se tienden a excitar otros modos de altos períodos. Para la velocidad de 100 m/s, puede observarse que se mantienen los contenidos de período, aunque hubo un cambio importante de la amplitud de la Pseudo aceleración. Por otro lado, se sigue planteando la situación de que para bajas frecuencias la magnitud de Pseudo aceleración se mantiene.

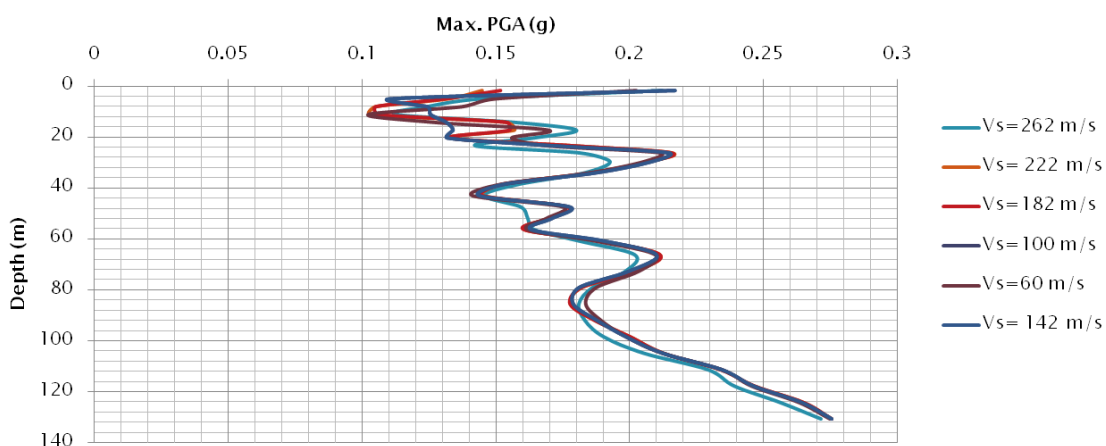


Figura VI-7: Variación en profundidad del PGA con el cambio de velocidad.

La figura VI-7 confirma las aseveraciones anteriores. Notándose que ocurren grandes cambios en la magnitud y en la forma en que aumenta la aceleración con la profundidad al nivel en que se encuentran los estratos H1 y H2. Este gráfico es importante ya que nos sugiere como respecto a la velocidad de partida, los cambios realizados en H1 afectaron en la columna de suelo. Si bien se notan variaciones a lo largo de toda la profundidad, también es notorio que los mayores cambios suceden en la vecindad del estrato con propiedades modificadas; demostrándose así la interacción de la que se hablaba y explicándose la razón porqué aparecen grandes modificaciones en otros contenidos de períodos.

Las variaciones indican que los menores y grandes (a excepción de  $V_s=60\text{m/s}$ ) cambios de Pseudo aceleración ocurren en el contenido de períodos más bajo (representado por  $T=0.197$  seg), aunque se notan cambios importantes en el segundo contenido de períodos; los cuales pueden justificarse como la manera en que las modificaciones del movimiento en el estrato H1 afectan a estratos inmediatamente cercanos en frecuencia y posición en la columna de suelo. Los estratos H1 y H2 tienen esta condición.

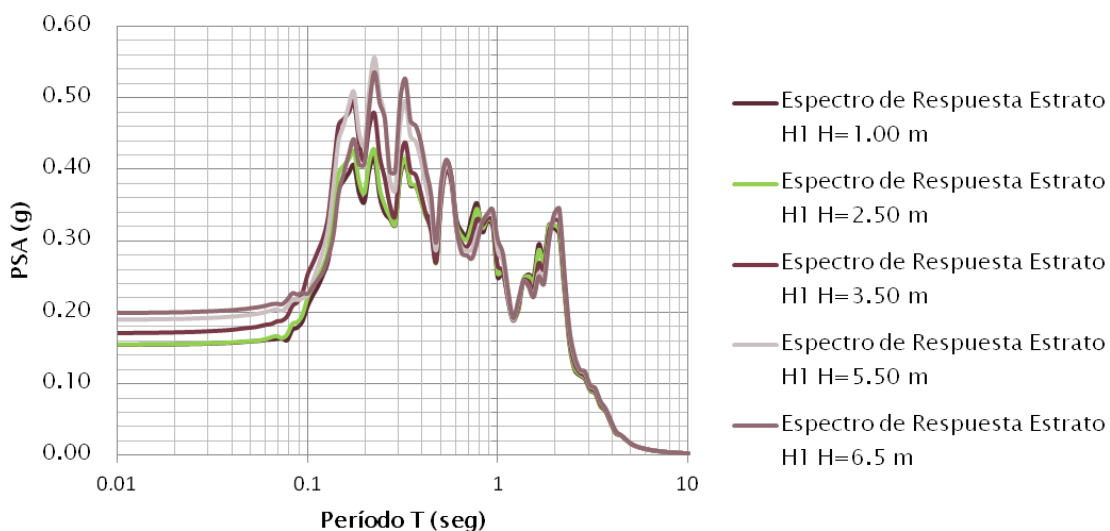


Figura VI-8: Espectros a partir de variaciones del espesor del estrato H1.

Los resultados y observaciones también indican que los cambios realizados influyeron en mayor medida en la respuesta, que las distintas variaciones de

velocidad que se hicieron para la roca basal. Los resultados gráficos de VI-6.b y VI-7 pueden ser contrastados con los resultados numéricos en las tablas C-2.1 y C-2.2 del apéndice C.

Nuestro siguiente esfuerzo va en aras de detectar la variación de la respuesta en la medida que se juega con el espesor del estrato H1. La figura VI-8 muestra los resultados

En referencia a la figura VI-8, perturbaciones hacia la baja respecto al espesor original provocan una disminución en la magnitud de la Pseudo aceleración. Este efecto también parece concentrarse para el primer contenido de períodos del espectro. Para períodos largos la excitación de los modos es poco apreciable. En tanto que las variaciones de espesor al alza han causado en la respuesta un aumento en la Pseudo aceleración. En esta ocasión no se distingue un efecto localizado en el primer contenido de períodos; se ha afectado sensiblemente la respuesta y la perturbación ha excitado otros modos de vibrar, aunque se mantiene la condición de que para los períodos largos no hay grandes cambios.

Ahora se explora la forma en que varía la respuesta en la medida que ocurren cambios en las curvas de degradación de rigidez y amortiguamiento. En esta situación sí se tomará en cuenta el tipo de suelo que define el estrato H1 (Arena media). Las curvas asignadas originalmente son las curvas de Seed & Idriss para la condición media. Los cambios a visualizar, vendrán de otorgar propiedades mayor o menormente rígidas al mismo tipo de suelo, considerando los extremos inferior y superior de las mismas curvas. A continuación se presentan los resultados en la figura VI-9.

Los resultados gráficos una vez más señalan algunas de las observaciones realizadas con anterioridad. La respuesta espectral mantiene su forma aunque ha habido cambios leves focalizados. Al usar el extremo superior de la curva de Seed & Idriss, en las propiedades dinámicas del estrato H1, esto ha contribuido a una merma en la magnitud de las Pseudo aceleraciones. Un resultado contrario se alcanza cuando se

implementa el extremo inferior de la curva. Algo recurrente es que estos efectos vuelven y se concentran en el primer contenido de períodos.

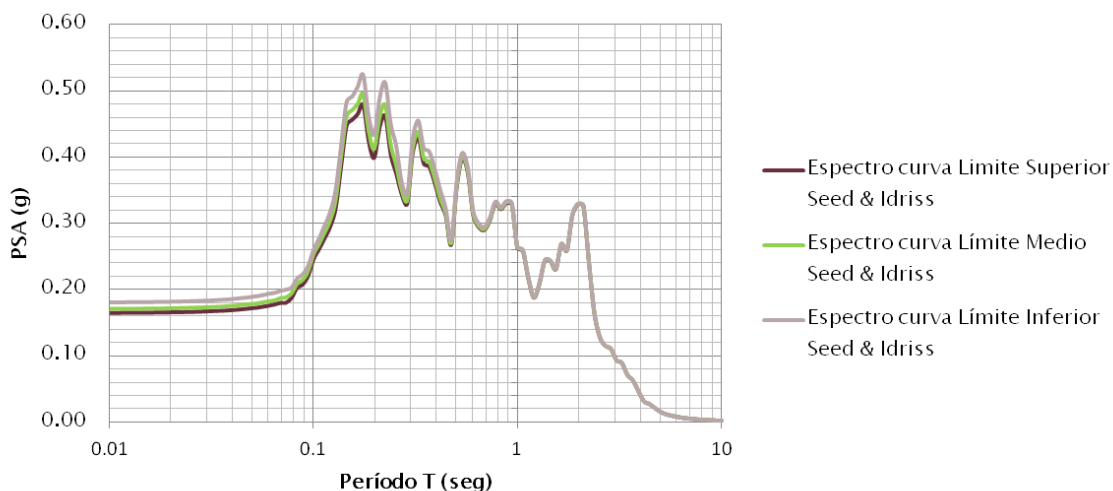


Figura VI-9: Espectros a partir de variaciones de las curvas de Seed & Idriss de H1.

Por último, analicemos los cambios en la respuesta si utilizamos, para el estrato H1, propiedades dinámicas de una arcilla, limo y grava. Los resultados gráficos se resumen en la figura VI-10, de la cual se pueden inferir las mismas observaciones derivadas de los análisis anteriores. Los cambios de propiedades, basados en las

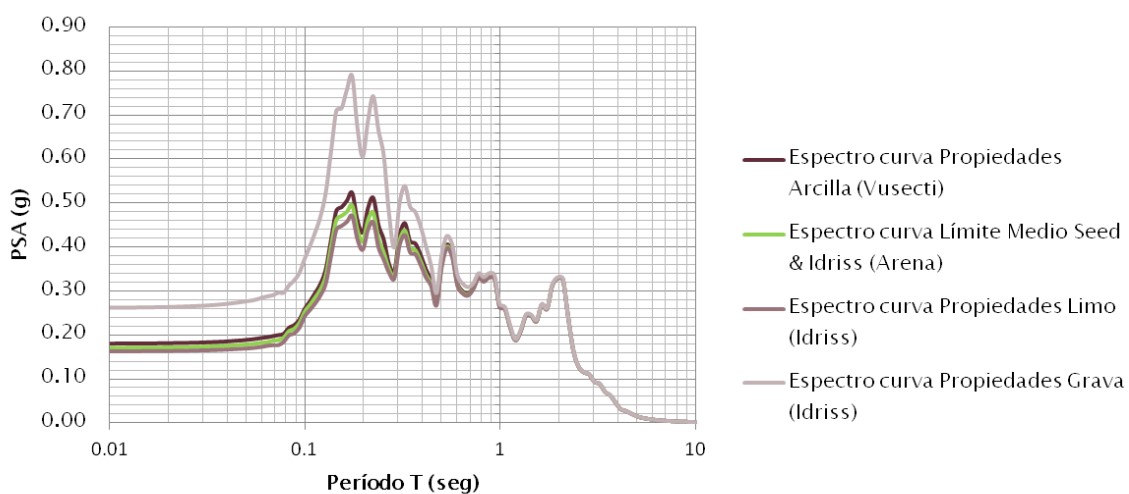


Figura VI-10: Espectros a partir de variaciones de las curvas de diferentes suelos.



curvas de degradación, mostraron una vez más cambios focalizados en el mismo sector de períodos. Dada la intensidad de las aceleraciones que se generan en el primer estrato, debido a la rigidez de un suelo gravoso, se termina afectando el siguiente contenido de períodos en la medida que los cambios se alejan de la posición de referencia.

En base a los análisis presentados, pueden extraerse varios hechos importantes:

- Cambios leves en las distintas propiedades del estrato permitieron relacionarlo con un sector o contenidos de períodos, ésta es quizás la observación más importante.
- Cambios muy drásticos o exagerados en las propiedades provocaron un cambio de forma en la respuesta, afectando otros contenidos de períodos que no tienen relación con la tendencia observada respecto al estrato H1. De alguna manera, estos cambios bruscos pueden servir para delimitar las propiedades de un contenido de períodos para un estrato específico.
- Estos cambios drásticos también sirven para relacionar la interacción de un estrato con el o los estratos vecinos del estrato cuyas propiedades se están alterando.
- Las perturbaciones en propiedades directamente relacionadas con el suelo ocasionaron mayores variaciones que las realizadas en las velocidades de onda de corte de la roca basal.
- Una manera muy sensible y directa para evaluar cambios en la respuesta es perturbar las velocidades de onda de corte del estrato en cuestión.

## **VII. IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTENIDOS DE PERÍODOS**

En la sección V.1 se dijo que los contenidos de períodos estaban relacionados con los estratos que componen el depósito de suelo. En la primera parte del capítulo VI, tomando de referencia el estrato H1, pudo demostrarse que esta aseveración es correcta; y que para cambios leves en las distintas propiedades era posible hacer una correspondencia con el estrato que se considere y el cambio focalizado o en la vecindad de la profundidad que ocurra en la respuesta.

En este nuevo apartado la misión será, aplicar brevemente el procedimiento anterior para identificar la correspondencia entre cada uno de los Contenidos de Períodos y los distintos estratos que componen el depósito.

Ya que hemos determinado la relación entre H1 y el primer contenido de períodos, la estrategia se concentrará en variar las velocidades de onda de corte para el estrato H2, dejando fija las propiedades de las demás unidades de suelo. Lo mismo se aplicará para las subsiguientes unidades en la medida que se complete el procedimiento para todas.

### **VII.1 Identificación Contenidos de Períodos para el Estrato H2**

El análisis parte con una velocidad original para el estrato H2 de  $V_s=222$  m/s. Perturbaciones leves presentan pequeños cambios en la respuesta (ver fig. VII-1), localizados en los 1<sup>er</sup>, 2<sup>do</sup> y 4<sup>to</sup> contenidos de períodos. A diferencia del estrato H1, el estrato H2 por su posición y propiedades de mayor rigidez tiene mayor efecto en el modo de vibración de la columna completa de suelo y por tanto de los estratos más cercanos, de ahí que se noten cambios en una mayor cantidad de contenidos de períodos. Esta afirmación se puede observar mejor en figura VII-2 al graficar la variación de los peaks de aceleración con la profundidad, o a su vez creando perturbaciones más exageradas en las que se vean mayores desfases a partir de la respuesta original, como también se puede ver en las figuras VII-3 y VII-4.

La figura VII-2 confirma el gran efecto sobre la columna completa que tienen las variaciones realizadas en el estrato H2. Aunque, dado el contraste de impedancia

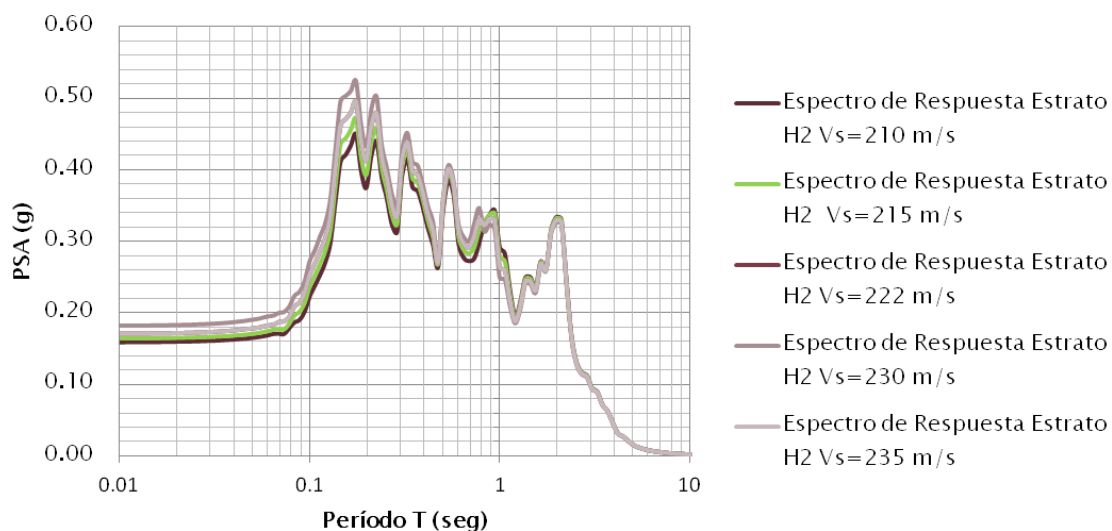


Figura VII-1: Espectros a partir de variaciones de velocidades del estrato H2.

entre los suelos superiores a la grava y la grava misma, puede notarse cambios menores al nivel de la grava. Los mayores cambios, en forma y la magnitud en que varían los peaks de aceleración, se localizan en el nivel al que se encuentra el estrato H2 y sus entornos. Los resultados gráficos de VII-1 y VII-2 pueden ser contrastados con los resultados numéricos en las tablas C-3.1 y C-3.2 del apéndice C.

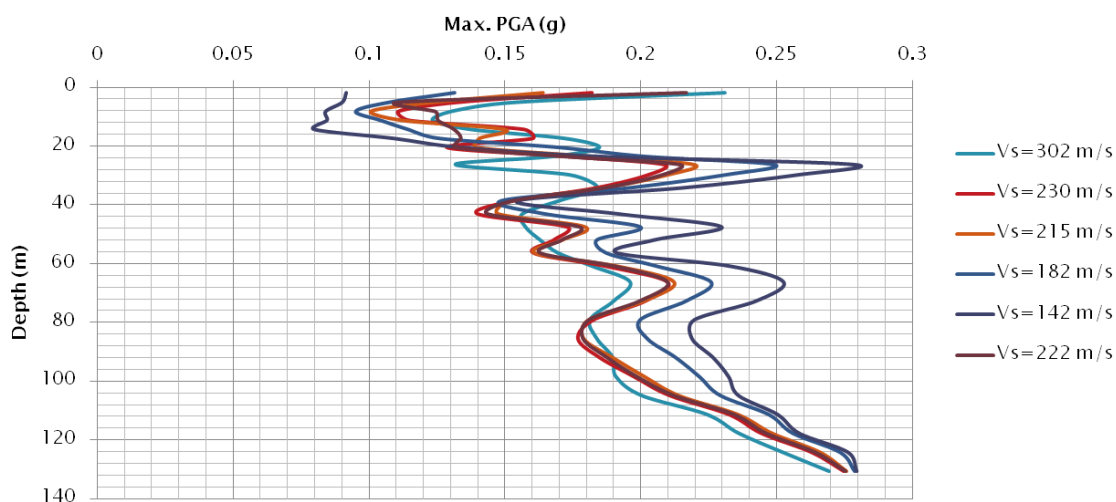


Figura VII-2: Variación en profundidad del PGA con el cambio de velocidad.

Lo que aquí se visualiza se adelanta a las subsiguientes figuras, en las cuales se han conferido propiedades de velocidad de onda de corte mayores a las examinadas en la figura VII-2 y también se han modificado las propiedades dinámicas del estrato H2.

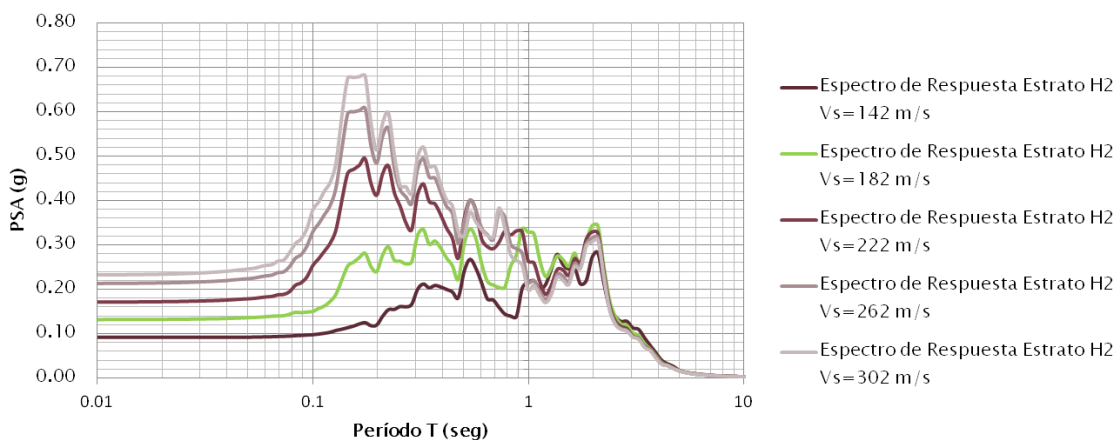


Figura VII-3: Espectros a partir de variaciones de velocidades del estrato H2.

Otra cosa importante a resaltar es que la interacción de H2 con H3 no parece estar muy definida en este gráfico, dándose un mayor cambio a la profundidad de algunas de las subcapas del estrato H4. Lo que sugiere lo poco que podría influir en la respuesta el estrato H3. Luego esta afirmación podrá constatar en la siguiente sección.

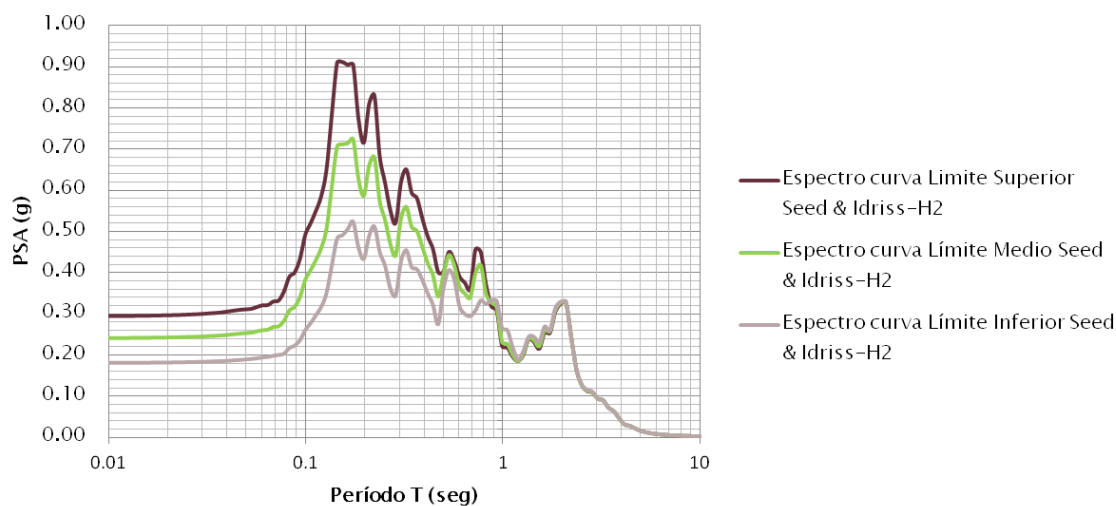


Figura VII-4: Espectros a partir de variaciones del espesor del estrato H2.

Los resultados extraídos del análisis para el estrato H1 y los observados en esta sección sugieren un vínculo entre el estrato H2 y el 2<sup>do</sup> contenido de períodos. En la relación vista entre los contenidos de períodos 1<sup>ro</sup>, 2<sup>do</sup> y 4<sup>to</sup>, al realizarse cambios leves de velocidad; se puede descartar el 4<sup>to</sup> contenido de períodos como relacionado con H2, por dos razones:

1. En el análisis para H1 se vio que para velocidades muy bajas de 60 m/s este contenido de períodos resultó muy alterado.
2. El 2<sup>do</sup> contenido de períodos reacciona más, según lo visto en el análisis para H1, a cambios que tienden a rigidizar su entorno. Se recuerda que H2 es una arena densificada.

El resultado mostrado en la figura VII-3 confirma lo visto en la figura VII-2 y nos permite adelantarnos a una correspondencia entre el estrato H5 y el 5<sup>to</sup> contenido de períodos. La figura VII-4, aun cuando se ha obtenido en base a variaciones en las propiedades dinámicas, una vez más sugiere los mismos hechos aludidos en el caso de las figuras VII-2 y VII-3. Estos cambios no inciden en el 5<sup>to</sup> contenido de períodos.

## VII.2 Identificación Contenidos de Períodos para el Estrato H3

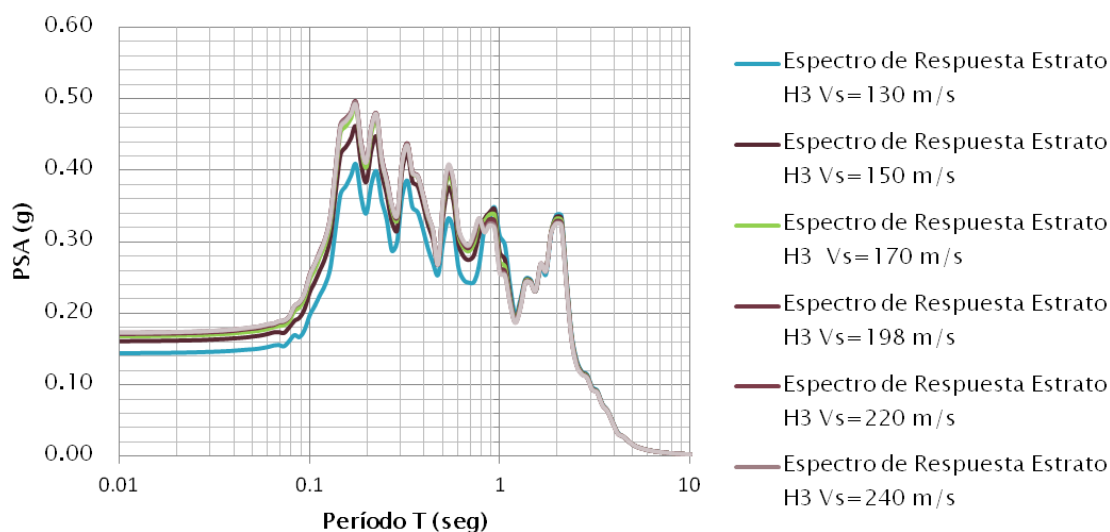


Figura VII-5: Espectros a partir de variaciones de velocidades del estrato H3.

Para este análisis la velocidad de referencia es de 198 m/s. La figura VII-5 muestra dos cosas importantes. La primera es que los cambios hacia la baja no tan alejados de la velocidad de referencia así como cambios al alza tienden a crear nuevas respuestas no muy alejadas de la original. En tanto que para una velocidad de 130 m/s hay un mayor cambio en la respuesta. La segunda, es justamente el hecho de que los cambios en la respuesta no son muy significativos, con lo que se confirma lo planteado en la sección anterior; y que se justifica en la geometría al comparar el espesor de este estrato con los demás en la columna de suelo de nuestro modelo simplificado. Por la primera observación puede decirse que este estrato tiene características de un material plástico.

En el análisis realizado para H1 no sólo se excitó el 4<sup>to</sup> contenido de períodos al ser variada la velocidad a 60 m/s, si se observa la figura VI-6.b se notará un cambio importante en el 3<sup>er</sup> contenido de períodos. En este sentido, se concluye que H3 se corresponde con el 3<sup>er</sup> contenido de períodos. Ver resultados numéricos en las tablas C-4.1 y C-4.2 del apéndice C.

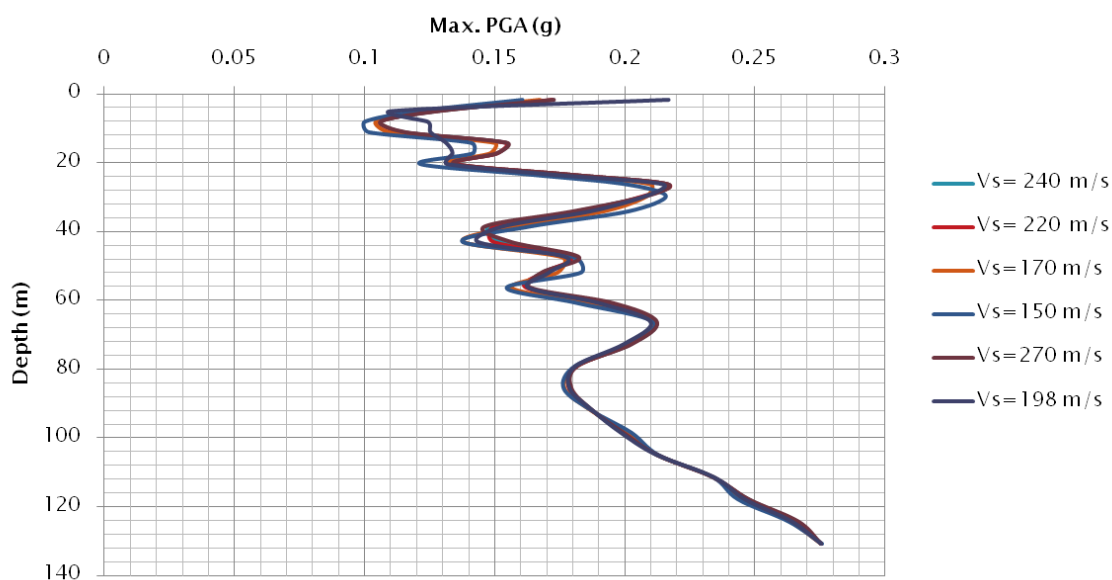


Figura VII-6: Variación en profundidad del PGA con el cambio de velocidad.

La figura VII-6 valida las observaciones anteriores señalando principalmente qué poco afecta en la columna de suelo las variaciones causadas en el estrato H3, y como los cambios se concentran más que todo a la profundidad del estrato H3.

### VII.3 Identificación Contenidos de Períodos para el Estrato H4

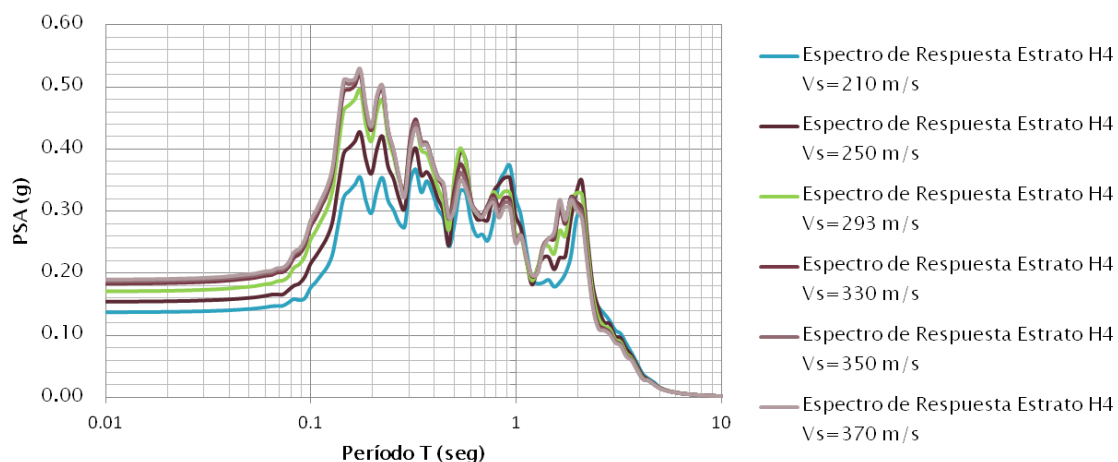


Figura VII-6: Espectros a partir de variaciones de velocidades del estrato H4.

El siguiente análisis hecho en base a la modificación de las velocidades de ondas de corte, tiene como punto de partida una velocidad  $V_s=293$  m/s. La figura VII-6 muestra que variaciones en el estrato H4 tienden a afectar el resto de los contenidos de períodos, y por tanto un mayor efecto sobre la columna total del suelo; en tal sentido la respuesta espectral tiene mayores cambios.

Vemos que cambios hacia el alza de las velocidades tienden a aumentar la respuesta en aquellos contenidos de períodos que hemos correspondido con los estratos que reaccionan a este tipo de modificaciones. También, al igual que el estrato H3 podemos notar que los mayores cambios en la respuesta se logran cuando se insertan cambios que disminuyen la velocidad de partida. Adicional a esta observación, los mayores aumentos de la respuesta, aun cuando se hacen cambios de velocidad a la baja, se producen en el 4<sup>to</sup> contenido de períodos. Lo que coincide con lo visto en el análisis para H1 y que se mencionó en las dos anteriores secciones. Entonces, una vez más se sugiere que estamos en presencia de un suelo blando, y que a diferencia del estrato H3, por sus características geométricas tiene mayor influencia sobre la columna de suelo total. Ver resultados numéricos en las tablas C-5.1 y C-5.2 del apéndice C.

En aras de tener una perspectiva adicional, se muestra en la figura VII-7 la variación de los peaks de aceleración para las distintas velocidades de corte:

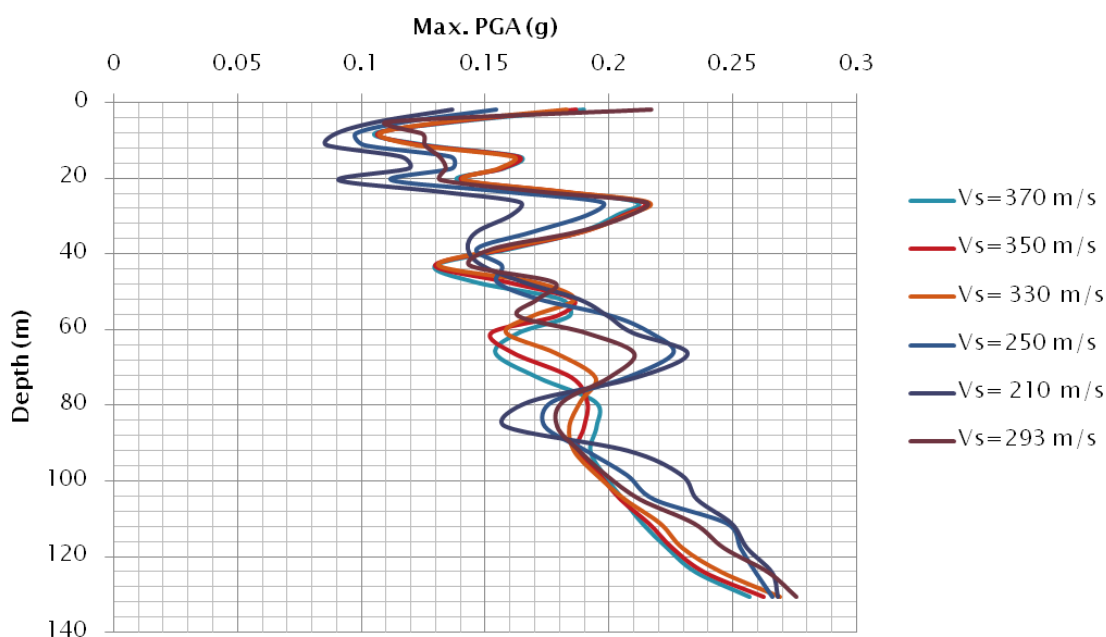


Figura VII-7: Variación en profundidad del PGA con el cambio de velocidad.

Como se sugería, hay una gran incidencia de los cambios practicados en H4 sobre toda la columna de suelo. Aunque por exclusión se determinaba que H4 guarda relación con el 4<sup>to</sup> contenido de períodos, dado todos los precedentes, se confirma esta conclusión.

#### VII.4 Identificación Contenidos de Períodos para el Estrato H5

En este último análisis, las variaciones en las velocidades de onda de corte parten de 389 m/s, como velocidad de referencia. Hay que destacar que en este estrato se concentran, mediante sus propiedades promedio, dos tipos de suelo: Arena Bio- Bio y Grava (ripió granítico), por lo que esperar deducir tendencias mediante la observación de comportamiento rígido de este estrato, sería un tanto confuso. La figura VII-8 esencialmente nos sugiere que los cambios realizados en el estrato H5 han remecido toda la columna. Se nota con mayor contundencia un cambio en todos los contenidos de períodos.



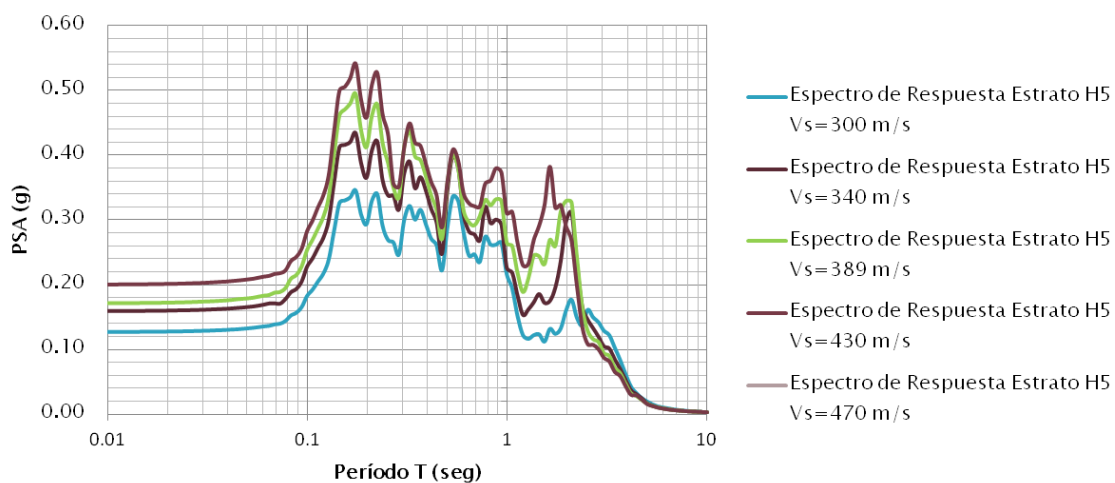


Figura VII-8: Espectros a partir de variaciones de velocidades del estrato H5.

Si se tomara en cuenta las propiedades físicas de H5 para justificar su relación con el 5<sup>to</sup> contenido de períodos, entonces la variación en la respuesta ocurre para éstos contenidos de períodos. El gran contraste de impedancia entre los demás suelos y H5 es tal, que parecería que toda la columna de suelo se moviera a partir de la grava, como si se tratara casi de la propia roca basal. La figura VII-9 nos da más detalles en profundidad de la variación de la respuesta. Ver resultados numéricos en las tablas C.6.1 y C.6.2 del apéndice C.

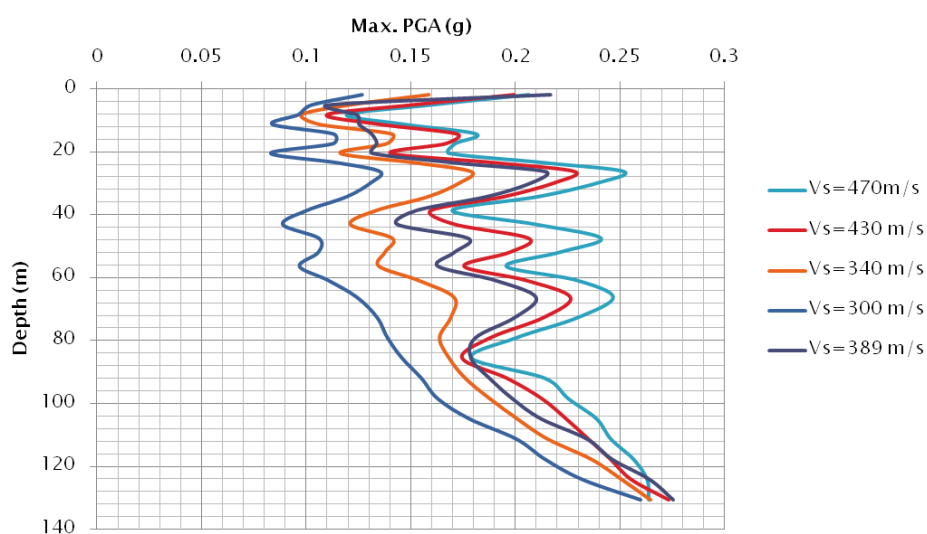


Figura VII-9: Variación en profundidad del PGA con el cambio de velocidad.

## **VIII. DEDUCCIÓN DE UN NUEVO MODELO**

Conociendo ya la correspondencia entre los distintos contenidos de períodos y los horizontes que componen nuestro modelo estratigráfico, y también conociendo el tipo de influencia que pueden tener sobre otros contenidos de períodos los cambios que se generan en los distintos parámetros que caracterizan cada estrato; es posible mediante una estrategia adecuada reproducir la forma de la respuesta que se obtiene a través del registro original proporcionado por RENADIC.

Ajustando un modelo de propiedades distintas al modelo simplificado de partida, podría llegarse a obtener una explicación : primero, de por qué el modelo original de Poblete no es capaz de replicar la respuesta; segundo, permitiría, por lo menos de manera general, predecir las características físicas de los materiales que “realmente” componen el depósito donde está enclavada la estación sismológica.

### **VIII.1 Definición de Estrategia**

Ya que conocemos, por el análisis de sensibilidad realizado, los efectos que causan las variaciones de las propiedades del suelo, así como también las zonas en las que ocurren; la estrategia consistirá en determinar patrones de similitud entre los diversos contenidos de períodos y las correspondientes zonas del Espectro de Respuesta de RENADIC. Entonces, mientras se dejan fijas las propiedades de todos los demás estratos (por relación: Contenidos de Períodos), se modificarán las propiedades de un estrato en específico; sólo que esta vez la variación se hará de manera que los cambios realizados tiendan a la forma del espectro original.

Se realizará una especie de inversión para la deducción de las propiedades de nuestro depósito, en la que la “curva de Inversión”, la curva patrón, es el Espectro de Respuesta Original (RENADIC). Desde luego, el proceso no es nada fácil pues habrá que combinar los distintos efectos que surgen de modificar todos los parámetros que ya conocemos.

## VIII.2 Modificaciones para la Generación del Nuevo Modelo

Anteriormente vimos que los estratos de mayor sensibilidad para perturbar la columna completa son H2, H4 y H5. Es por ello que sería importante empezar variando las propiedades de uno de éstos tres.

Como primer paso, modifiquemos las curvas de propiedades dinámicas para las dos últimas subcapas que componen el estrato H5. La figura VIII-1 muestra los gráficos comparativos del espectro del registro original y el espectro con la correspondiente modificación (CDGravH5, que significa que se ha proporcionado propiedades de grava al estrato H5 mediante la curva de degradación). Puede notarse una vez más que alterar el estrato H5 afectó todos los contenidos de períodos y, de manera significativa para nuestro objetivo, se incrementó el peak para el  $T=1.63$  segundos.

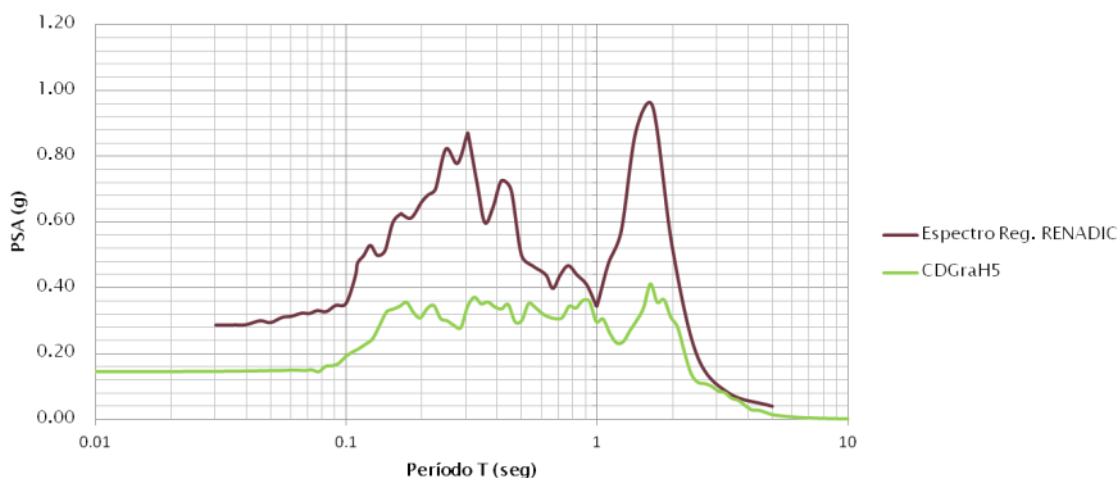


Figura VIII-1: Espectro a partir de variaciones de CDGravH5.

La siguiente modificación, reflejada en la figura VIII-2, se le aplica al estrato H2 para las velocidades de onda de corte para las dos últimas subcapas. Esto con el objetivo de aumentar la pseudo aceleración de los primeros contenidos de períodos.

Concatenadamente con esta modificación también se incrementa y se desplaza el 5<sup>to</sup> contenido de períodos, un indicativo de que se ha flexibilizado el comportamiento de la columna que representa el depósito de suelo (ver figura VIII-3). A partir de esta situación el objetivo debe ser rigidizar las propiedades de los distintos estratos

conforme a la vinculación de éstos con el contenido de períodos a modificar. Ésto puede ser constatado a través de la versión V6 de los archivos Deepsoil.

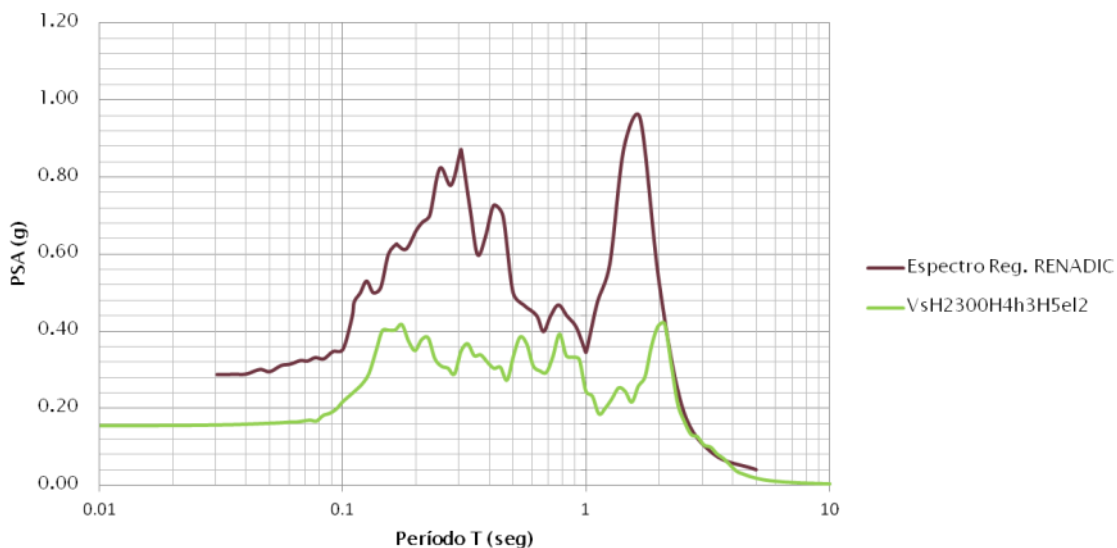


Figura VIII-2: Espectro a partir de variaciones de VsH2300H4h3H5eI2.

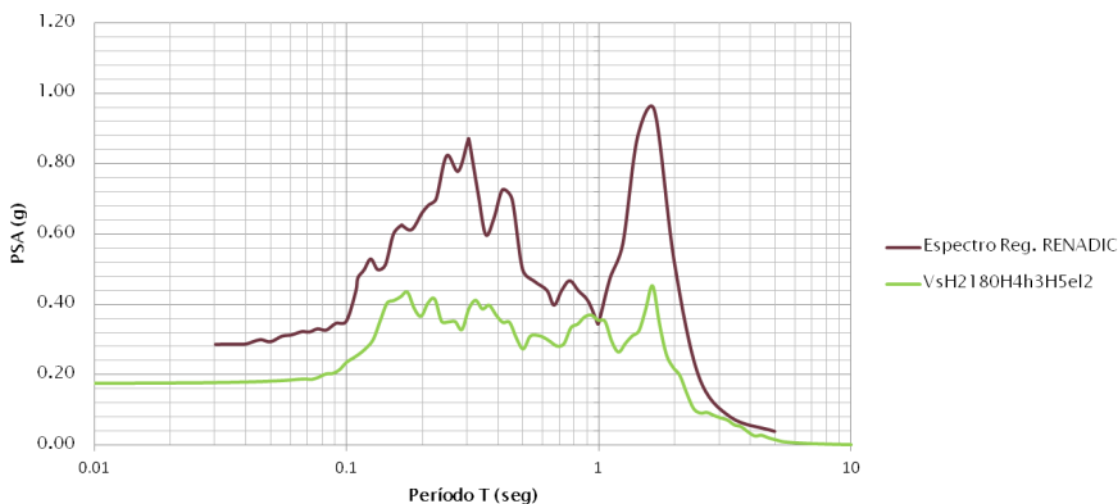


Figura VIII-3: Espectros a partir de variaciones de VsH2180H4H3H5eI2.

Entonces, se procede a intervenir nuevamente, achicando el espesor de los estratos H5 y H4. Estas modificaciones conllevaron un aumento abrupto de la pseudo aceleración del 1<sup>er</sup> contenido de períodos, razón por la cual también se tuvo que ajustar la velocidad de corte del estrato H2 para mejorar esta situación. La figura

VIII-4 muestra que se ha incrementado el peak y se ha ajustado para que su período se aproxime al espectro del registro original. Con este cambio pareciera que las subcapas modificadas de H2 tienden a la característica del 1<sup>er</sup> estrato. La versión V8 del archivo de Deepsoil muestra dichos resultados.

Las variaciones de ajuste deben hacerse, incluso de manera tal que siempre se obtenga un período menor (en este caso  $T=1.52$  segundos) al período relacionado con el contenido de períodos de mayor pseudo aceleración. Lo cual garantiza que cuando ocurra la excitación sísmica del suelo, se obtenga un período que encaje con el peak del espectro del registro original posterior a la degradación de las propiedades dinámicas del suelo (es un análisis lineal equivalente, por aproximación no lineal).

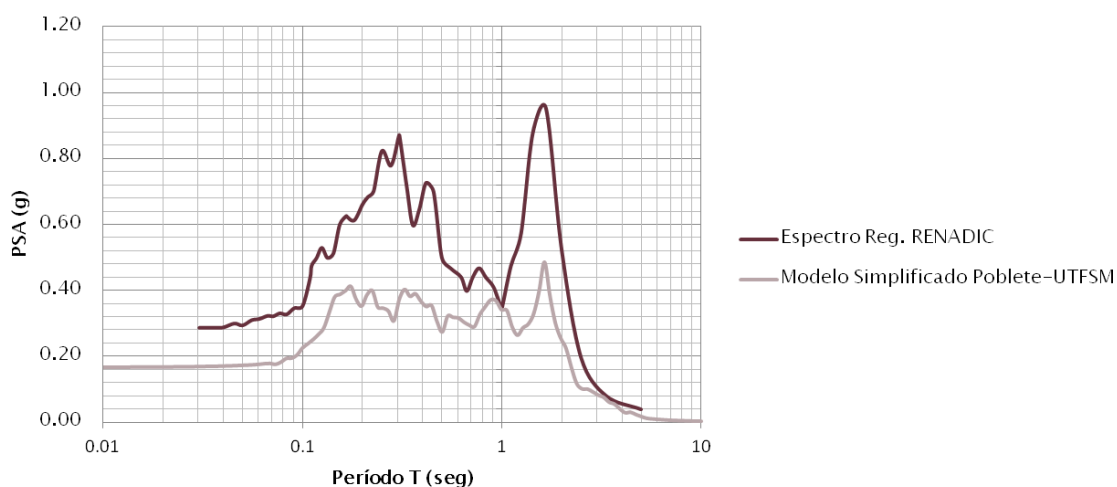


Figura VIII-4: Ajuste de Período e incremento de peak.

En la figura VIII-4 una vez más se muestra el intento de seguir incrementado el peak de Pseudo aceleración para  $T= 1.63$  segundos, lo cual se logra sin modificar radicalmente los demás contenidos de períodos. Los cambios pueden notarse en la versión V13 y la versión V12.b. Esta última versión es en realidad una mejora de la versión V13 en cuanto al incremento del peak a los  $T=1.63$  segundos; sin embargo el PGA alcanzado en la versión V13 es un tanto mayor. Este incremento se logró incorporando velocidades de corte un poco menores a las originales en las subcapas intermedias del estrato H2.

Posterior a las modificaciones anteriores, había que ajustar los contenidos de períodos intermedios, dadas las alteraciones introducidas.

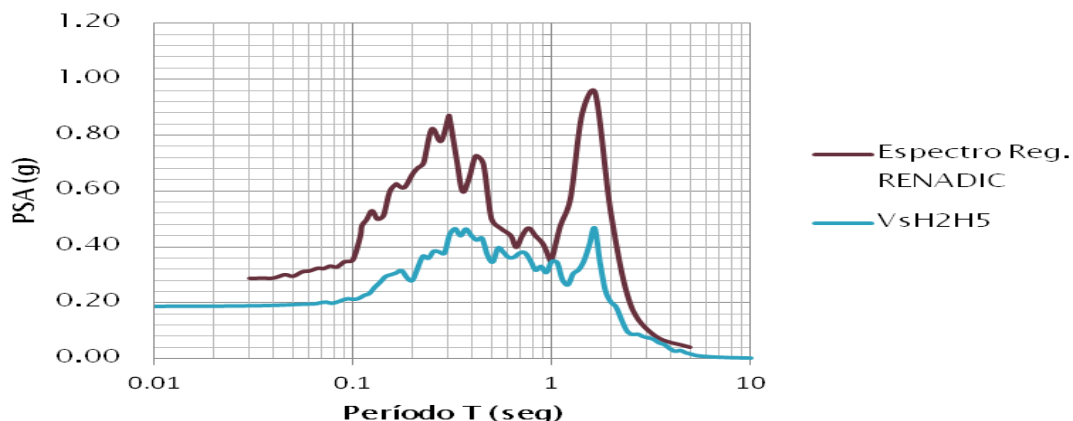


Figura VIII-5: Espectros a partir de variaciones de VsH2H5.

En el intento de disminuir la pseudo aceleración para el 4<sup>to</sup> contenido de períodos, se confirió propiedades de limo a la penúltima subcapa del estrato H4, lográndose parcialmente el resultado esperado y registrado en la versión V12.d.

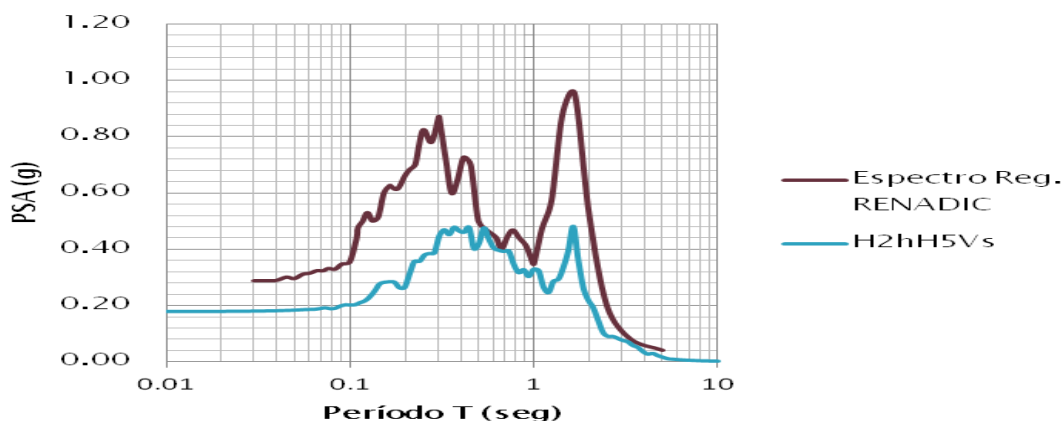


Figura VIII-6: Espectros a partir de variaciones de H2hH5Vs.

Ante la parcialidad del resultado de la estrategia anterior, se prefirió incrementar la pseudo aceleración para los 2<sup>do</sup> y 5<sup>to</sup> contenidos de períodos; primero mediante la disminución, aún más, del espesor de las 3 primeras capas del estrato H2 y la disminución de la velocidad de las dos primeras subcapas de H5, ambas

modificaciones quedan reflejadas en las figuras VIII-5 y VIII-6 respectivamente; y su registro computacional en la versión V14.

Otro hecho importante de estas últimas modificaciones, es que también se logró aproximar la forma del segundo peak del espectro, situándolo próximo al período original ( $T=0.30$  segundos) para un  $T=0.325$  segundos.

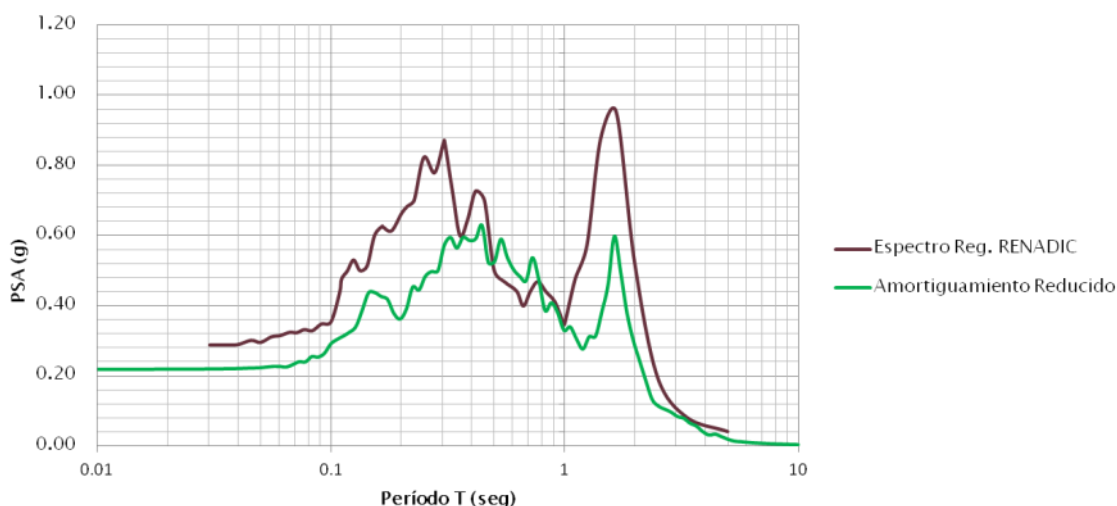


Figura VIII-7: Espectros a partir de la reducción de la curva de amortiguamiento.

La idealización de un nuevo modelo a través de la modificación de las propiedades del modelo propuesto por Poblete, también abre la posibilidad de explorar otra alternativa para aproximarnos aún más a la forma de la respuesta real. Las figuras VIII-7 y VIII-8 muestran un intento diferente de incrementar el peak. A partir de los resultados anteriores se procedió a reducir los valores de la curva de amortiguamiento. Esta reducción se aplicó realizando un análisis de sensibilidad de la respuesta. Cuando se agotó este recurso, una vez más se procedió a “jugar” con valores de velocidad en los estratos más influyentes en la respuesta.

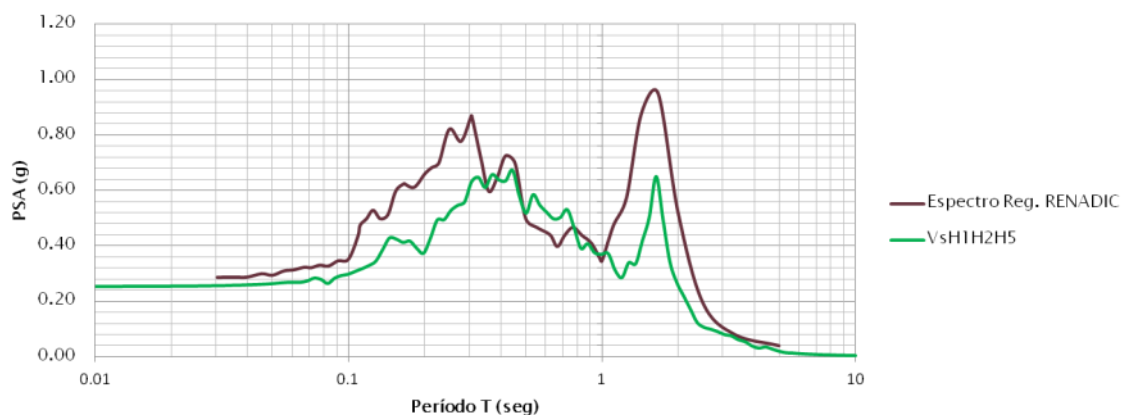


Figura VIII-8: Espectros a partir de la reducción de la curva de amortiguamiento.

El objetivo de este enfoque es justamente demostrar, que el depósito en el que se encuentra la estación es de características más rígidas. Aunque investigaciones demuestran que las curvas obtenidas en laboratorio sobre-amortiguan la respuesta hasta en un 40% (ver Ref.[6]).

A grandes rasgos puede decirse que el modelo deducido corresponde al modelo que en la posición deformada del sistema entrega la aproximación de la respuesta no lineal del suelo.

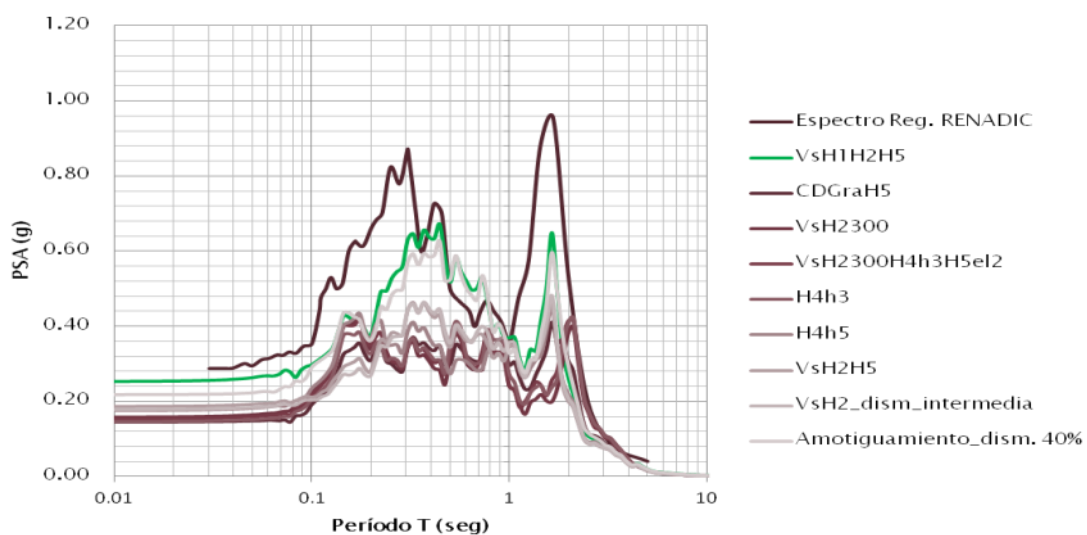


Figura VIII-9: Resumen de todos los ajustes efectuados en la aproximación.



La figura VIII-9 muestra un gráfico en el que se resumen todas las respuestas modificadas en cada ajuste realizado al modelo. El gráfico muestra la transformación progresiva de la respuesta como manera de aproximar la respuesta original registrada por el RENADIC. Los resultados de las modificaciones realizadas en este capítulo se muestran en las tablas C-7.1 y C-7.2 del apéndice C. En el mismo apéndice en la tabla C-8 se muestra la estratigrafía detallada, resultante de las modificaciones finales, de la cual se deriva el siguiente perfil de velocidades en la figura VIII-10:

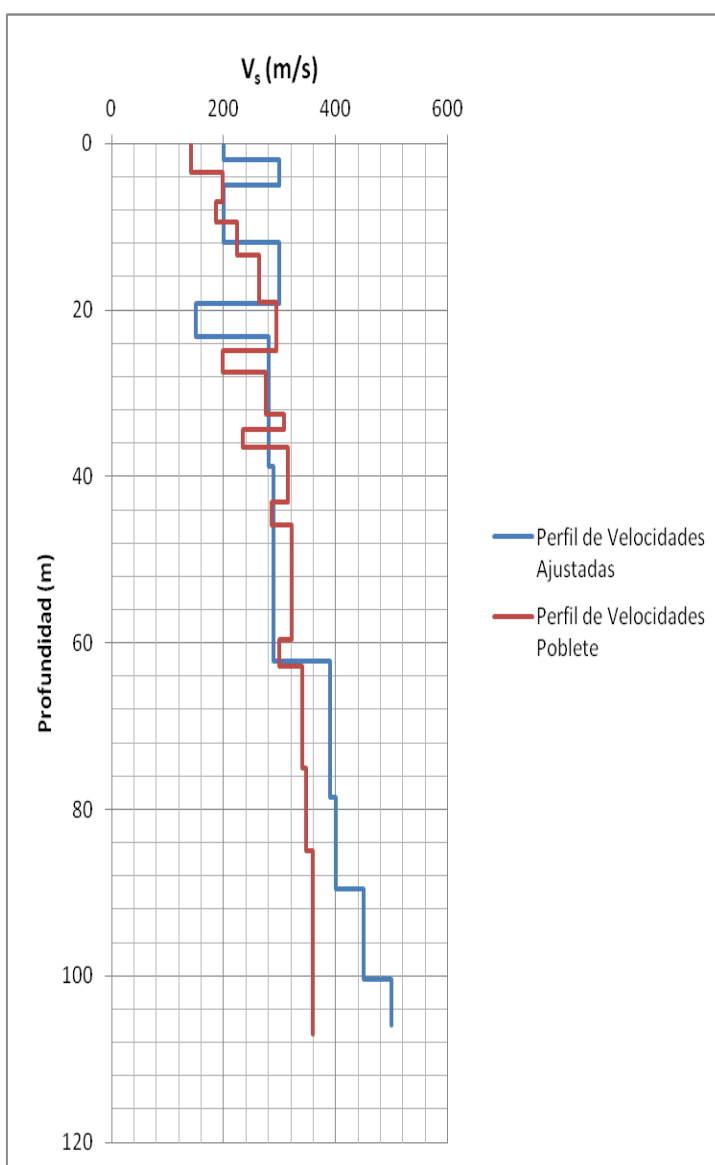


Figura VIII-10.a: Perfil de Velocidades en base a Tabla C-8 apéndice C.

### VIII.3 Observaciones y Conclusiones

A raíz del análisis anterior y los resultados alcanzados, se ha llegado a las observaciones y conclusiones que se presentan a continuación. Debe enfatizarse que las observaciones realizadas se hicieron en base a los ajustes hechos en la dirección transversal, la cual es la que se acerca más al registro real en la misma dirección:

1. Entre los modelos: **Poblete Simplificado y Simplificado Alternativo**; los resultados son semejantes incluso para la variación de la velocidad de corte en la roca basal. Lo que implica una correspondencia en el modelo estratigráfico, aún cuando se hayan asimilado algunas capas del modelo detallado y se haya realizado el análisis en base a propiedades promedio.
2. Los análisis realizados mostraron una incidencia no significativa de la variación de la velocidad de corte de la roca basal en los resultados. Es decir, los modelos fueron poco sensibles al cambio de magnitud de  $V_s$  para el manto Rocoso.
3. Se notó un cambio importante en la respuesta del suelo al variar las propiedades dinámicas del suelo. No obstante, no se logró tampoco alcanzar el peak de aceleración. Estos cambios también fueron más significativos (decisivos) en la configuración de los espectros, que los introducidos al variar la magnitud de la  $V_s$  del manto rocoso.
4. Una observación importante resulta de variar la profundidad del depósito, a modo de obtener las propiedades vibratorias que se extraen del espectro que se encuentra a partir de las aceleraciones registradas por el RENADIC. Partiendo de esta modificación, se obtiene una respuesta del suelo con una configuración muy parecida a la real, pero deamplificada.
5. Al analizar la dirección transversal mediante el modelo simplificado de Poblete, es muy notoria la influencia de 5 grupos geológicos (estratos) en la respuesta espectral del suelo a nivel superficial.

6. En la medida que se confirió propiedades dinámicas más rígidas, se potenció cada vez más el peak en la superficie. En adición se pudo observar que en la medida que se disminuyó los espesores de los estratos más influyentes en el comportamiento del depósito, también se potencia el peak relacionado al estrato superficial.

Entonces se plantea una vez más lo siguiente respecto a la estratigrafía de Poblete:

6.a Hay una alta incidencia en los resultados cuando se varían las propiedades dinámicas del suelo y los espesores de los estratos más influyentes.

6.b Hay capas con espesores tales que filtran las señales de la base de forma diferente a la estratigrafía real (esto esencialmente puede deberse a que estas capas sean de un espesor que varía con el lugar donde se haga la prospección y se evalúe la respuesta de sitio o la aparición de bolsones de algún material plástico.), que cambian el modo de vibración de la columna de suelo y la magnitud de la amplificación del movimiento, dándole un contenido de frecuencia diferente al que sí se manifiesta en el emplazamiento donde se registró el evento. Esto en parte se sustenta mediante sondajes realizados por el Profesor Mario Valenzuela, en el entorno de la prospección de Poblete y la localización de la estación sismológica en el Centro de Concepción (ver figura VIII-10.b), los cuales se detallan en el apéndice D. En éstos se ha detectado que los depósitos en esta ubicación no parecen ser tan heterogéneos en términos de los tipos de suelos y el orden en que éstos estratos aparecen en los depósitos, sino que hay variaciones interesantes en la potencia de los estratos, de un lugar a otro, y variaciones de las profundidades en las que éstos aparecen, así como de las densidades relativas o consistencia de los suelos.

Estas capas pueden incluso desaparecer, o son de espesores menores, en la estratigrafía real; de manera que inciden en la forma en que se amplifica la señal y de algún modo absorben gran parte la aceleración. El modelo resultante final lo confirma y, de hecho, arroja una profundidad del depósito de 106 m como se verifica en la Tabla C-8 y el perfil de velocidades correspondiente de la figura VIII-10.a.

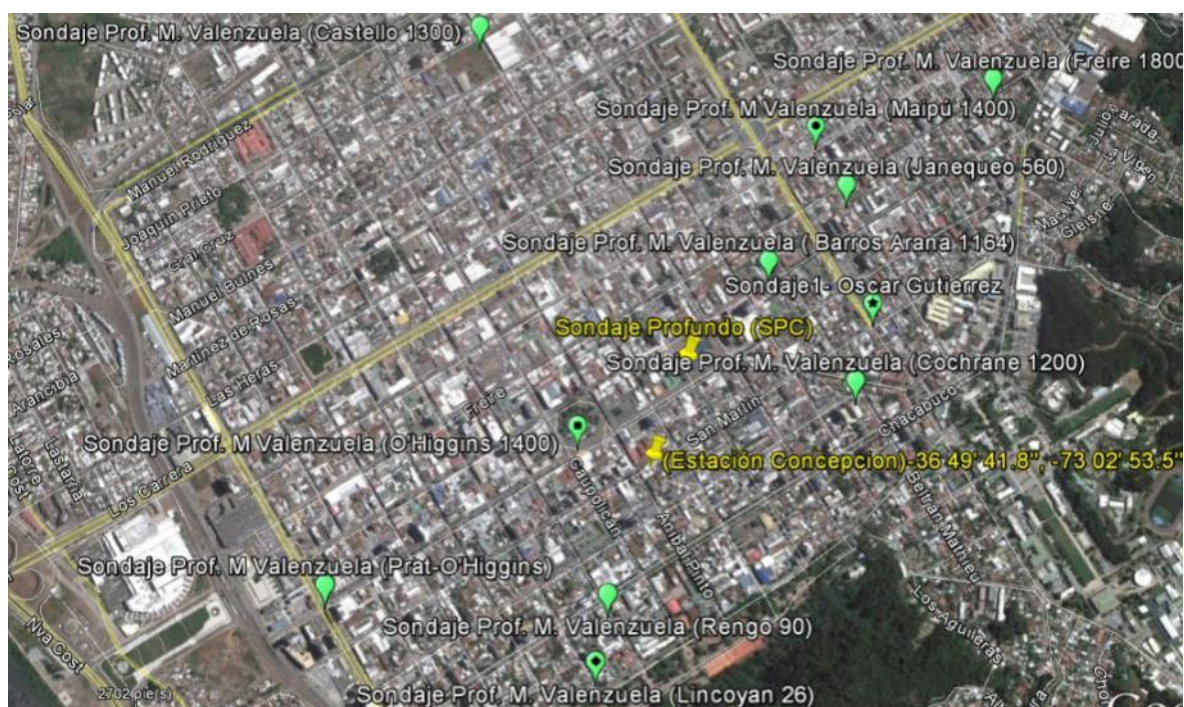


Figura VIII-10.b: Sondajes Prof. M. Valenzuela en Concepción centro, apéndice D.

6.c. La columna de suelo resultante tiene propiedades vibratorias diferentes. De ahí que el peak de aceleración (aunque atenuado) no coincida con el período fundamental del espectro real ni con los contenidos de frecuencia de la respuesta original. Por tanto, se concluye que la estratigrafía real es más rígida que la propuesta inicialmente.

Tabla VIII-1 Perfil de Velocidades, basado en Ref.[8].

Inverted <i>S</i> -Wave Velocity Models					
CONC			CCSP		
$V_S$ (m/s)	$H$ (m)	Density ( $t/m^3$ )	$V_S$ (m/s)	$H$ (m)	Density ( $t/m^3$ )
155 (100–250)	3 (1–20)	1.8	110 (80–150)	7 (1–10)	1.8
220 (200–300)	23 (1–30)	1.8	360 (300–450)	38 (10–40)	1.8
370 (300–450)	98 (10–200)	1.9	510 (450–650)	55(20–100)	2.0
3300	—	2.3	1600	—	2.3

Parentheses denote the search limits.

Inclusive, investigaciones recientes como la de Saburoh Midorikawa (Ref.[8]), que mediante estudios geofísicos e inversión de velocidades presenta perfiles de velocidades de mayor magnitud de las que se obtienen en este análisis y en el de Poblete para los primeros estratos de suelo, y lo más importante, que la propagación de velocidades se da de manera montónicamente creciente (características de un suelo rígido en su conjunto).

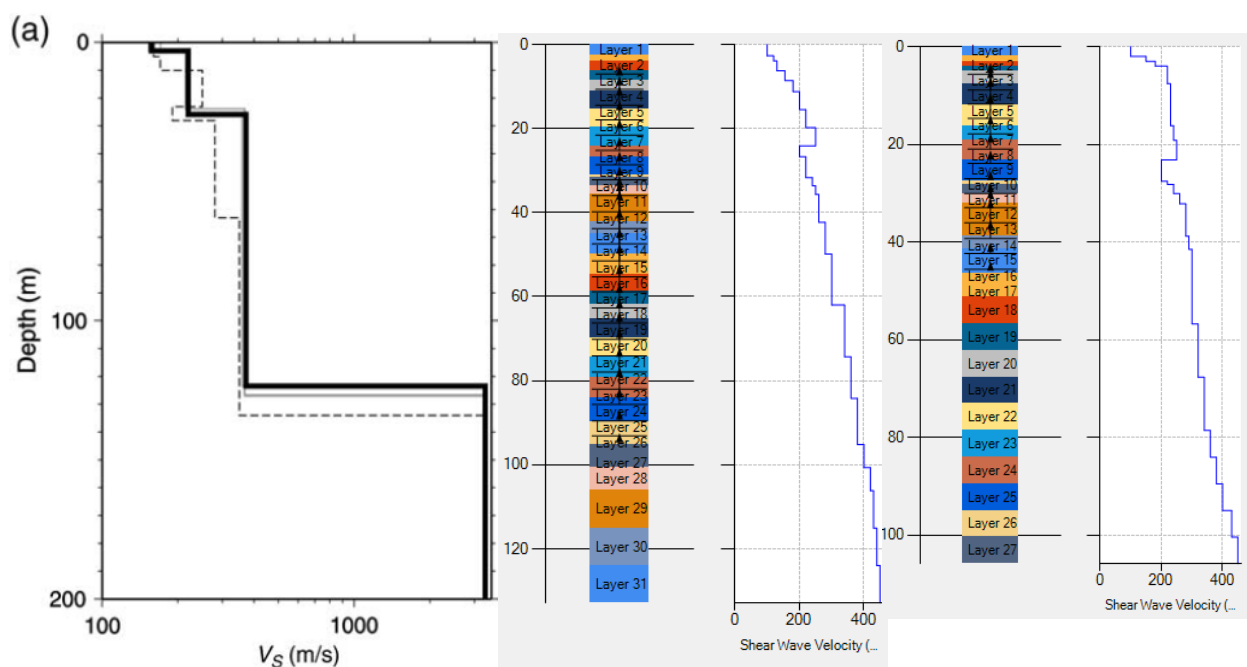


Figura VIII-11.a: Perfiles de Velocidades según Tabla VIII-1.

En base al perfil de velocidades detallado en la Tabla VIII-1 y la Figura VIII-11.a se procedió a determinar las respuestas que se obtienen desde el perfil detallado de Poblete y en las tablas C-7.1 y C-7.2 del apéndice C, llegándose a los resultados de la Figura VIII-11.b:

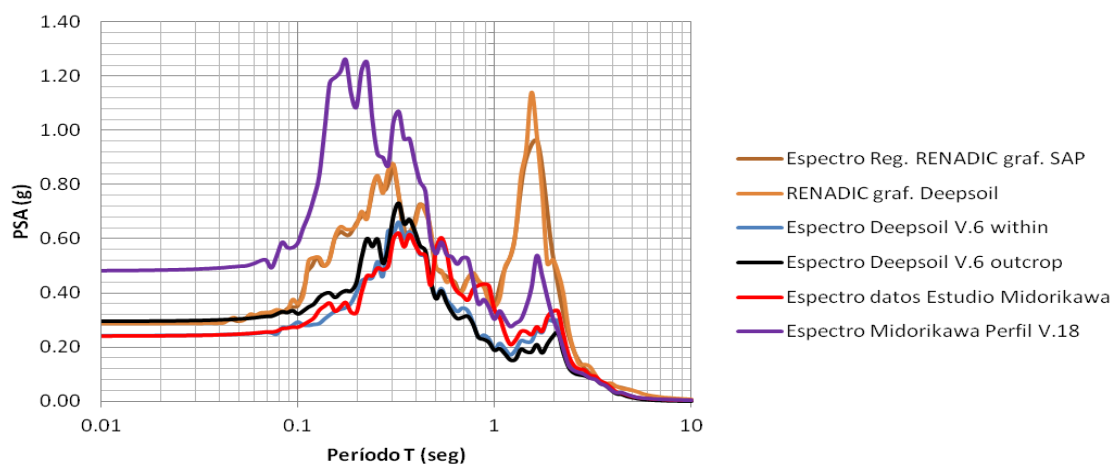


Figura VIII-11.b: Respuestas a partir de Perfiles de Velocidades.

6.d. Los resultados del análisis no descartan la hipótesis de la atenuación de los registros implementados, relacionada con el amortiguamiento geométrico, dada la distancia que separa el punto de análisis y la UTFSM, como se explicó en el capítulo IV. Además es complejo replicar el contenido de frecuencia y el PGA, a partir de un registro en roca escalado (con un gran factor). Los niveles de deformación que se inducen en el depósito de suelo tienden a ser mayores a los inducidos en la realidad, de manera que las propiedades vibratorias del depósito varían y se alejan de las reales.

- Los resultados, conjuntamente con los de Poblete, indican que en una distancia corta, en el propio centro de Concepción, los efectos locales pueden variar significativamente. La variación de la profundidad, debidas a las irregularidades subsuperficiales del lecho rocoso; algo que puede ser visualizado con el estudio gravimétrico del Profesor Montalva (ver figura VIII-12), jugaron un papel importante en la amplificación de aceleraciones. “La amplificación espectral para diferentes lugares en la misma unidad geológica eran (son) debidas a variaciones de potencia (espesores de los estratos) de los niveles subyacentes así como variaciones de los niveles de consolidación (o densificación) en estos niveles”(Ref.[19]).

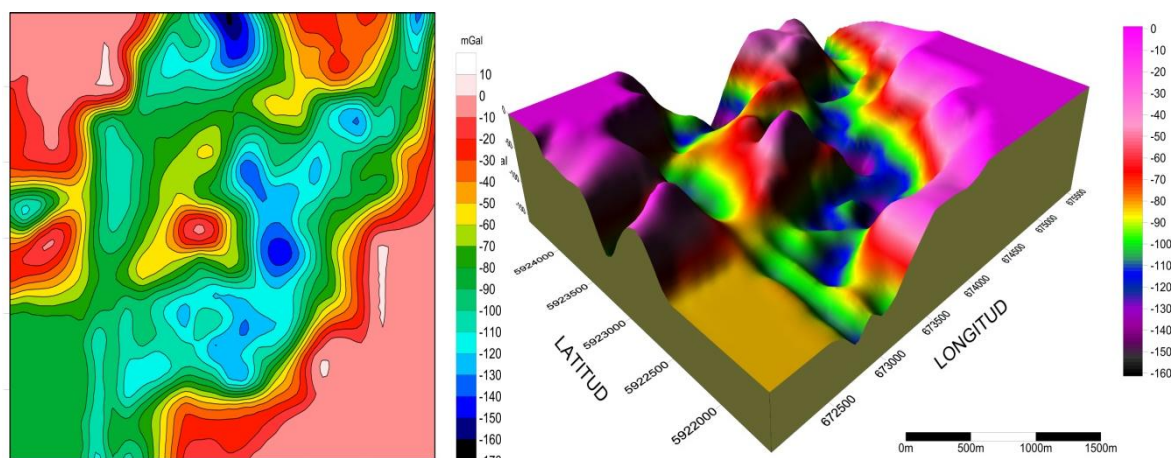


Figura VIII-12: Contorno de la Roca Basal, fuente Prof. Montalva.

8. Los depósitos de suelo que se ubican en zonas muy expuestas a amplificación de aceleraciones, con cada evento sísmico cambian su densidad relativa crítica, densificándose cada vez más, con lo que se justifica también los cambios de velocidades de corte respecto al modelo de Poblete. Los efectos importantes de densificación tienen que estar relacionados con las grandes magnitudes de las tensiones de corte generadas por las ondas sísmicas, asociadas con las muy altas aceleraciones. Ya en 1986, un año posterior al sismo de Marzo de 1985, Troncoso demostró por mediciones pre-sismo y post-sismo de la densidad relativa en un depósito de arenas limosas, cómo varió el estado crítico de la densidad del suelo (Ref. [14]).
9. Por otro lado, el análisis también pudo verse afectado ante una de las limitantes más sensibles del método lineal equivalente, pues el entorno de la estación se ve influenciado por la presencia fluctuante de la napa freática que en temporadas de mucha pluviometría puede llegar a alcanzar niveles de hasta 5 m por debajo de la superficie. La Ref.[1], muestra un registro de mediciones de la napa para distintas temporadas, lo cual en un eventual análisis no lineal que involucre variación de la presión de poros, puede ser bastante útil para inferir otros parámetros importantes.



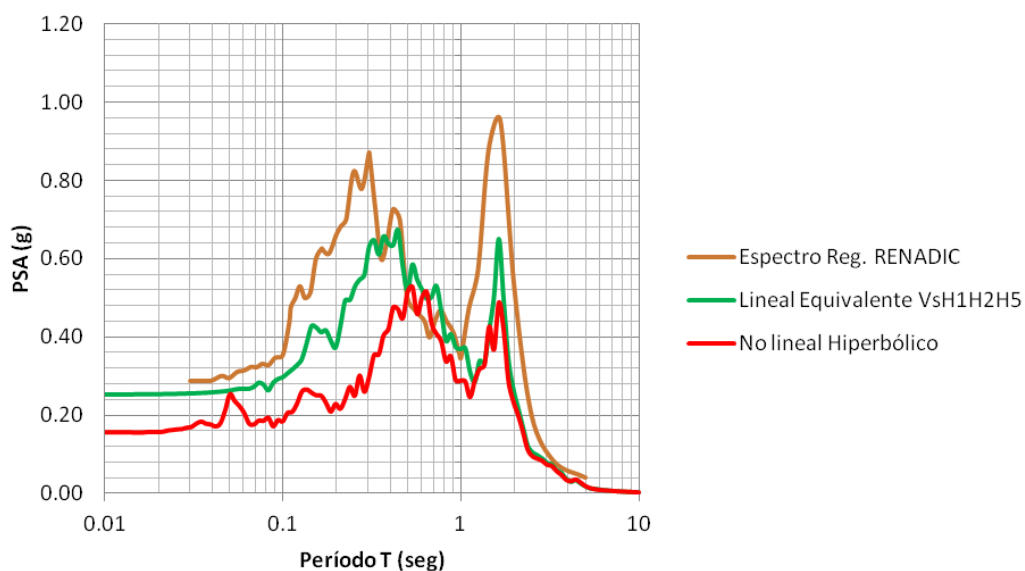


Figura VIII-13: Comparación de los resultados no-lineal y lineal equivalente respecto a la respuesta real.

La amplitud de Pseudo aceleraciones no-lineal se ha reducido respecto a la respuesta lineal equivalente, lo que era de esperarse ya que las propiedades del suelo se degradan con cada instante del dominio del tiempo, por lo que a su vez se amortigua cada vez más la respuesta del suelo dado que se tiene histéresis en este tipo de análisis.

A pesar de que los resultados no-lineales se alejan de la mejor aproximación obtenida en base al análisis lineal equivalente, éstos concuerdan con algunas de las conclusiones que se han barajado anteriormente: que este depósito responde a características más rígidas, o por decirlo de otra manera, a condiciones menos sobreamortiguadas. Más adelante se demuestra esta aseveración, al obtenerse mejores aproximaciones.

Al comparar los resultados de la respuesta obtenida por los distintos tipos de análisis, en la figura 14, puede verse que la diferencia fundamental en los resultados viene por una deformación excesiva de los estratos más superficiales del depósito.



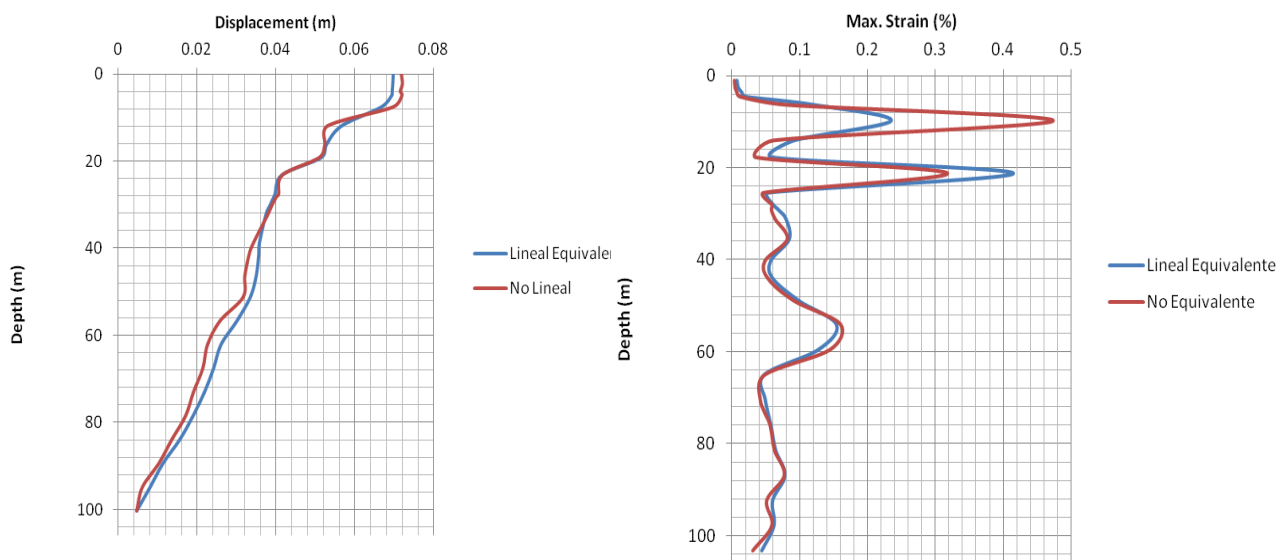


Figura VIII-14: Comparación de los resultados no-lineal y lineal equivalente.

Partiendo de estas diferencias, se propuso ajustar nuevos modelos específicamente en las zonas donde, de acuerdo a la figura VIII-14, están concentradas las mayores diferencias entre ambos tipos de análisis. Las figuras mostradas de forma subsecuente desde la VIII-15 hasta la VIII-17, muestran las respuestas halladas para cada tipo de análisis usando como movimientos de referencia el registro UTFSM en sus versiones Outcrop y Within Motion.

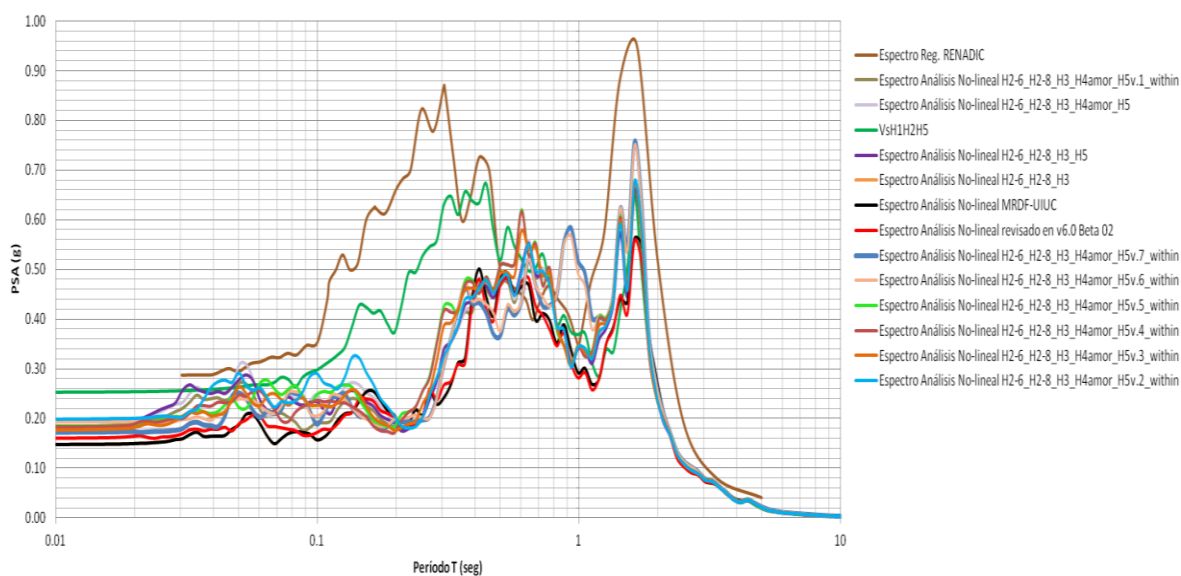


Figura VIII-15: Respuesta No-lineal con ajustes sucesivos con registro UTFSM Within.

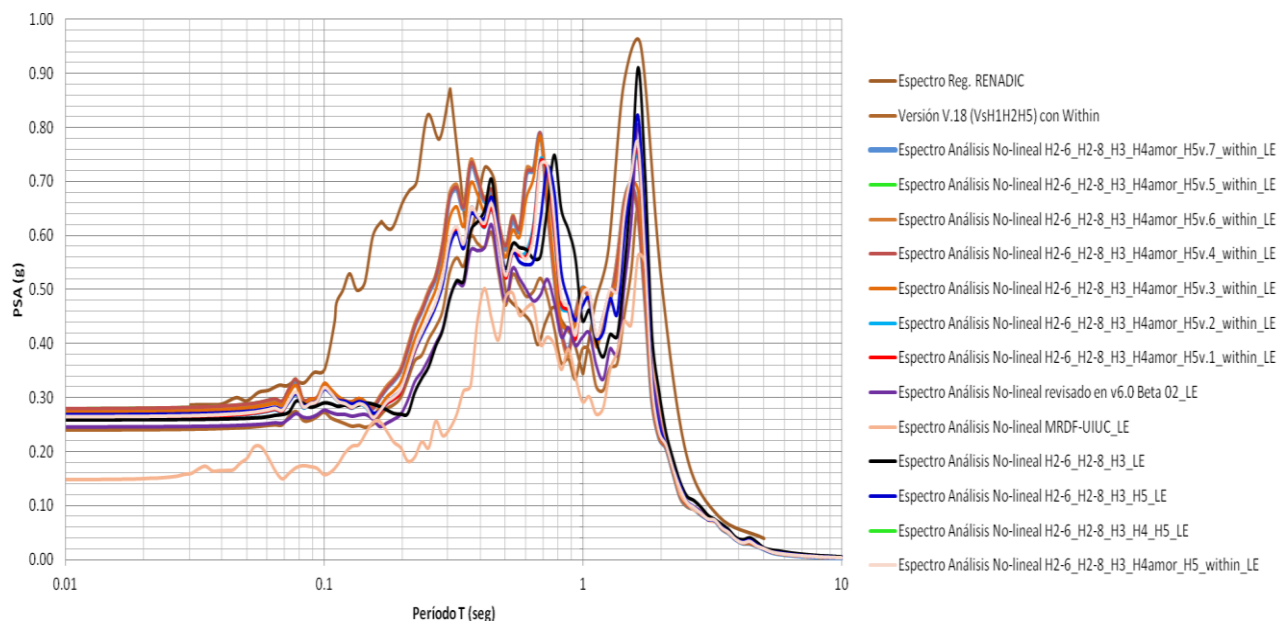


Figura VIII-16: Respuesta Lineal-equivalente con ajustes sucesivos con registro UTSFM Within.

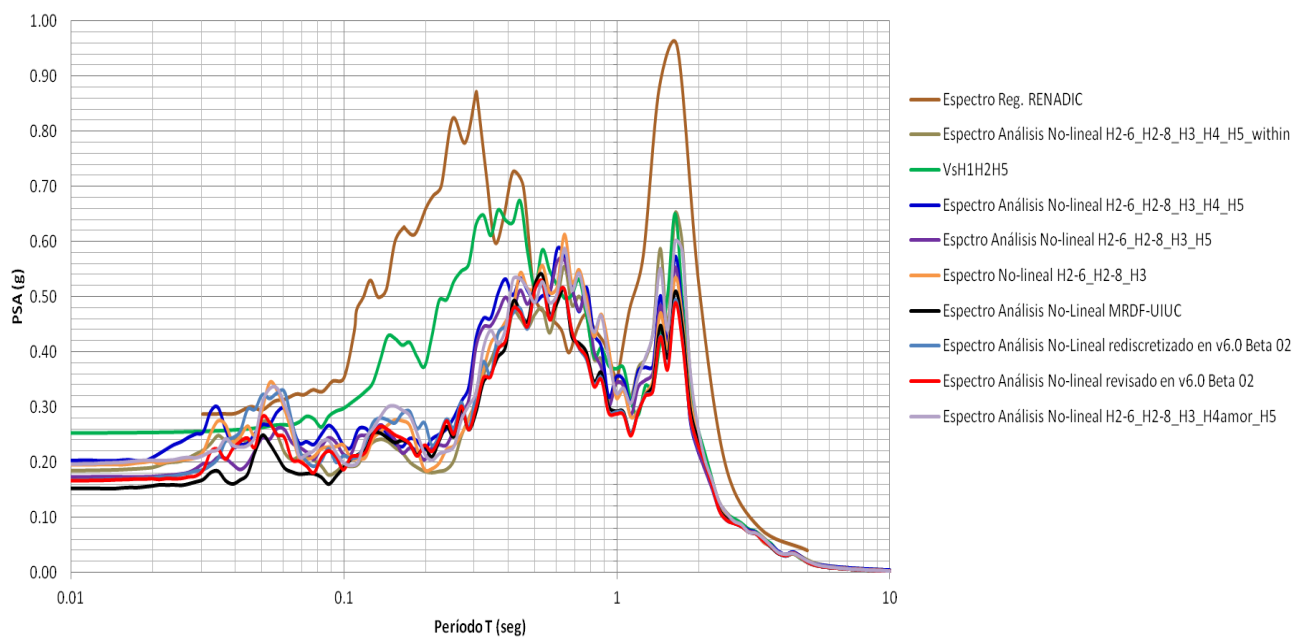


Figura VIII-17: Respuesta No-lineal con ajustes sucesivos con registro UTSFM Outcrop.

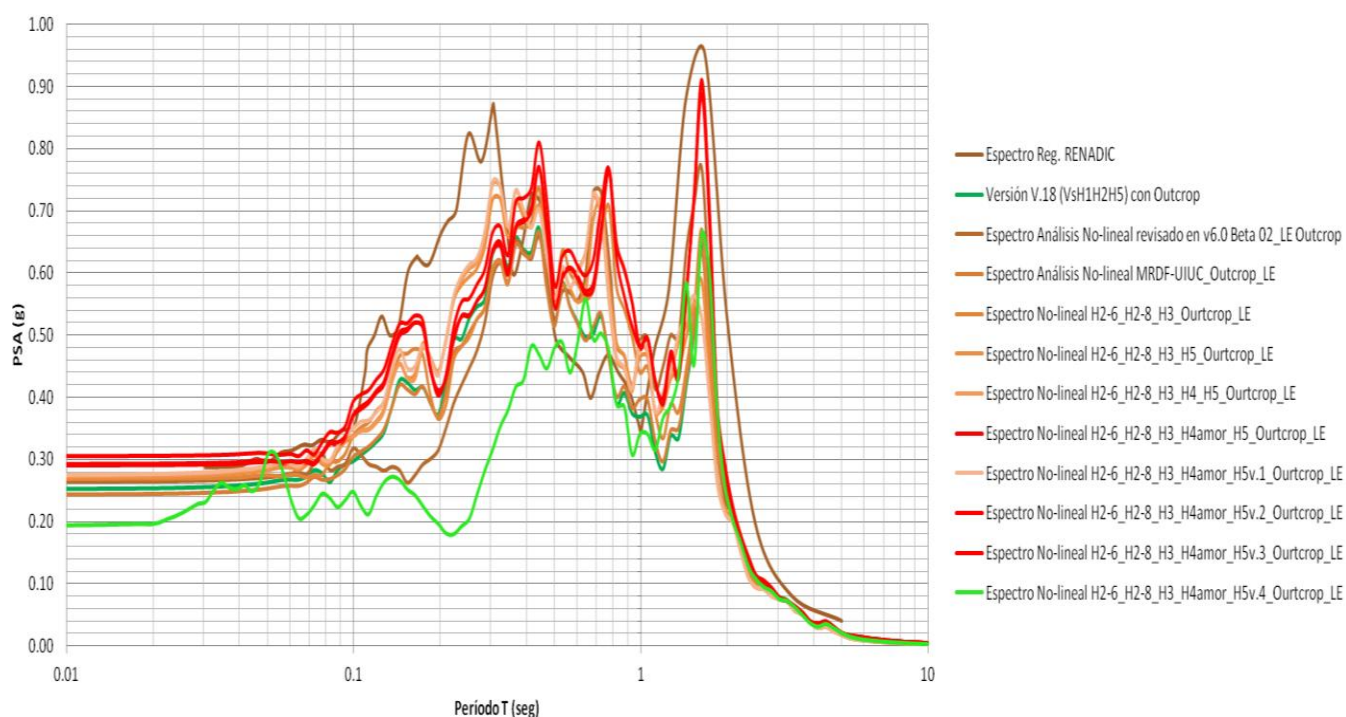


Figura VIII-16: Respuesta Lineal-equivalente con ajustes sucesivos con registro UTSFM Within.

En los resultados se advierte que las gráficas validan finalmente la observación realizada anteriormente. Pone nuevamente en evidencia la naturaleza menos amortiguada de los estratos que deben encontrarse en la estratigrafía real que está emplazada en el entorno de la estación sísmológica.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] MAURICIO POBLETE RODRÍGUEZ (1967) *El Subsuelo del Centro de Concepción en relación con el Diseño Antisísmico*. Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Escuela de Ingeniería, Universidad de Chile.
- [2] RUBÉN L. BOROSCHEK et al. (2012) *Caracterización Geotécnica Estaciones de Acelerógrafos de la Universidad de Chile*. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- [3] DEPTO. INGENIERÍA CIVIL (2012) *Ubicación de Estaciones de Registro REV Agosto 2012*, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- [4] G. VALENZUELA B. (1978) *Suelo de Fundación del Gran Santiago, Boletín 33*. Instituto de Investigaciones Geológicas, Chile.
- [5] DSN°61 (2011) *Decreto Supremo N°61, Reglamento que Fija el Diseño Sísmico de Edificios y Deroga D.S.N°117*.
- [6] YOUSSEF M. A. HASHASH (2012) *User Manual and Tutorial of DEEPSOIL V5.1*, Department of Civil and Environmental Engineering University of Illinois at Urbana-Champaign, EEUU.
- [7] STEVEN L. KRAMER (1996) *Geotechnical Earthquake Engineering*. University of Washington, Prentice Hall International Series in Civil Engineering Mechanics, EEUU.
- [8] SABUROH MIDORIKAWA et al. (2014) *Evaluation of Site Effects on Strong-Motion Records in Concepción during the 2010 Maule, Chile, Earthquake*. Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 104, No.5, pp/-, October 2014, doi: 10.1785/0120130249.
- [9] E. ALARCÓN (1989) *Física de la Tierra, Capítulo13: Respuesta dinámica de suelos*. Universidad Politécnica Complutense de Madrid.
- [10] GRUPO TÉCNICO INGEOMINAS (2005) *Estudio de Microzonificación Sísmica de Santiago de Cali, Convenio No. 02 de 2002*. Informe No. 5-2, Análisis y Modelación de la Respuesta Sísmica Local del Subsuelo en Santiago de Cali, Ministerio de Minas y Energía, Instituto Colombiano de Geología y Mina-INGEOMINAS, Bogotá, Colombia.
- [11] IDRIS, I. M. et al. (1991) *Examination of Methods of Analysis for Evaluating Response of Soil deposits during Earthquakes*, Report Prepared for the Structures Division, Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology, Department of Civil Engineering, University of California, Davis.

- [12] VUCETIC M. y DOBRY R. (1991) *Effect of soil plasticity on cyclic response*. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 117, No.1.
- [13] <http://terremotos.ing.uchile.cl/>
- [14] JORGE H. TRONCOSO (1992) *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Antisísmica*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Vicerrectoría Académica.
- [15] EMPRESA NACIONAL ADARO DE INVESTIGACIONES MINERAS, ENADIMSA (1985) *Geofísica en Capas, Tomo II*. España.
- [16] MIDAS (2014) *SoilWorks Tutorial, Dynamic Analysis*.
- [17] JAVIER F. CAMACHO-TAUTA et al. (2013) *Modelo Unificado de Curvas de Degradación del Módulo cortante en Arenas del Río Guayuriba*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Sede Medellín, Colombia.
- [18] YOUSSEF M. A. HASHASH et al. (2005) *PEER 2G02, Site Response Analysis Code Usage Exercise*, University of Illinois at Urbana-Champaign, EEUU.
- [19] M. RODRÍGUEZ SEGURADO. (2005) *Caracterización de la Respuesta Sísmica de los suelos. Aplicación a la Ciudad de Barcelona*, Universidad Politécnica de Cataluña, España.

**ANEXOS**

**ANEXO A : DATOS NUMÉRICOS ESTUDIO GRAVIMETRÍA PROF.  
GONZALO MONTALVA**

X	Y	H	Longitud (x)	Latitud (y)
672015.66	5921540.62	83.51	-73.07	-36.84
672015.66	5921624.71	83.51	-73.07	-36.84
672015.66	5921708.79	83.51	-73.07	-36.83
672015.66	5921792.88	83.51	-73.07	-36.83
672015.66	5921876.96	83.51	-73.07	-36.83
672015.66	5921961.05	83.51	-73.07	-36.83
672015.66	5922045.14	83.51	-73.07	-36.83
672015.66	5922129.22	83.51	-73.07	-36.83
672015.66	5922213.31	83.51	-73.07	-36.83
672015.66	5922297.39	83.51	-73.07	-36.83
672015.66	5922381.48	83.51	-73.07	-36.83
672015.66	5922465.56	83.51	-73.07	-36.83
672015.66	5922549.65	72.41	-73.07	-36.83
672015.66	5922633.73	47.28	-73.07	-36.83
672015.66	5922717.82	27.56	-73.07	-36.83
672015.66	5922801.91	20.96	-73.07	-36.83
672015.66	5922885.99	26.39	-73.07	-36.82
672015.66	5922970.08	41.51	-73.07	-36.82
672015.66	5923054.16	62.26	-73.07	-36.82
672015.66	5923138.25	86.69	-73.07	-36.82
672015.66	5923222.33	95.98	-73.07	-36.82
672015.66	5923306.42	72.55	-73.07	-36.82
672015.66	5923390.51	41.46	-73.07	-36.82
672015.66	5923474.59	28.01	-73.07	-36.82
672015.66	5923558.68	27.11	-73.07	-36.82
672015.66	5923642.76	29.52	-73.07	-36.82
672015.66	5923726.85	28.51	-73.07	-36.82
672015.66	5923810.93	25.17	-73.07	-36.82
672015.66	5923895.02	23.44	-73.07	-36.82
672015.66	5923979.1	24.70	-73.07	-36.81
672015.66	5924063.19	1.00	-73.07	-36.81
672015.66	5924147.28	1.00	-73.07	-36.81
672015.66	5924231.36	1.00	-73.07	-36.81
672015.66	5924315.45	1.00	-73.07	-36.81
672015.66	5924399.53	1.00	-73.07	-36.81
672015.66	5924483.62	1.00	-73.07	-36.81
672137.859	5921540.62	83.51	-73.07	-36.84



672137.859	5921624.71	83.51	-73.07	-36.84
672137.859	5921708.79	83.51	-73.07	-36.83
672137.859	5921792.88	83.51	-73.07	-36.83
672137.859	5921876.96	83.51	-73.07	-36.83
672137.859	5921961.05	83.51	-73.07	-36.83
672137.859	5922045.14	83.51	-73.07	-36.83
672137.859	5922129.22	83.51	-73.07	-36.83
672137.859	5922213.31	83.51	-73.07	-36.83
672137.859	5922297.39	83.51	-73.07	-36.83
672137.859	5922381.48	83.51	-73.07	-36.83
672137.859	5922465.56	83.51	-73.07	-36.83
672137.859	5922549.65	76.05	-73.07	-36.83
672137.859	5922633.73	55.65	-73.07	-36.83
672137.859	5922717.82	35.37	-73.07	-36.83
672137.859	5922801.91	22.04	-73.07	-36.83
672137.859	5922885.99	19.56	-73.07	-36.82
672137.859	5922970.08	35.48	-73.07	-36.82
672137.859	5923054.16	72.46	-73.07	-36.82
672137.859	5923138.25	110.04	-73.07	-36.82
672137.859	5923222.33	111.67	-73.07	-36.82
672137.859	5923306.42	79.05	-73.07	-36.82
672137.859	5923390.51	43.15	-73.07	-36.82
672137.859	5923474.59	24.66	-73.07	-36.82
672137.859	5923558.68	18.92	-73.07	-36.82
672137.859	5923642.76	20.69	-73.07	-36.82
672137.859	5923726.85	20.73	-73.07	-36.82
672137.859	5923810.93	17.72	-73.07	-36.82
672137.859	5923895.02	13.63	-73.07	-36.82
672137.859	5923979.1	11.16	-73.07	-36.81
672137.859	5924063.19	13.38	-73.07	-36.81
672137.859	5924147.28	1.00	-73.07	-36.81
672137.859	5924231.36	1.00	-73.07	-36.81
672137.859	5924315.45	1.00	-73.07	-36.81
672137.859	5924399.53	1.00	-73.07	-36.81
672137.859	5924483.62	1.00	-73.07	-36.81
672260.059	5921540.62	83.51	-73.07	-36.84
672260.059	5921624.71	83.51	-73.07	-36.84
672260.059	5921708.79	83.51	-73.07	-36.83
672260.059	5921792.88	83.51	-73.07	-36.83
672260.059	5921876.96	83.51	-73.07	-36.83
672260.059	5921961.05	83.51	-73.07	-36.83

672260.059	5922045.14	83.51	-73.07	-36.83
672260.059	5922129.22	83.51	-73.07	-36.83
672260.059	5922213.31	83.51	-73.07	-36.83
672260.059	5922297.39	83.51	-73.07	-36.83
672260.059	5922381.48	83.51	-73.07	-36.83
672260.059	5922465.56	83.51	-73.07	-36.83
672260.059	5922549.65	70.49	-73.07	-36.83
672260.059	5922633.73	56.36	-73.07	-36.83
672260.059	5922717.82	38.80	-73.07	-36.83
672260.059	5922801.91	22.63	-73.07	-36.82
672260.059	5922885.99	10.32	-73.07	-36.82
672260.059	5922970.08	13.06	-73.07	-36.82
672260.059	5923054.16	38.48	-73.07	-36.82
672260.059	5923138.25	86.01	-73.07	-36.82
672260.059	5923222.33	106.79	-73.07	-36.82
672260.059	5923306.42	80.43	-73.07	-36.82
672260.059	5923390.51	44.19	-73.07	-36.82
672260.059	5923474.59	23.81	-73.07	-36.82
672260.059	5923558.68	13.72	-73.07	-36.82
672260.059	5923642.76	12.21	-73.07	-36.82
672260.059	5923726.85	12.65	-73.07	-36.82
672260.059	5923810.93	10.28	-73.07	-36.82
672260.059	5923895.02	3.09	-73.07	-36.82
672260.059	5923979.1	1.00	-73.07	-36.81
672260.059	5924063.19	1.00	-73.07	-36.81
672260.059	5924147.28	1.00	-73.07	-36.81
672260.059	5924231.36	1.00	-73.07	-36.81
672260.059	5924315.45	1.00	-73.07	-36.81
672260.059	5924399.53	1.00	-73.07	-36.81
672260.059	5924483.62	1.00	-73.07	-36.81
672382.258	5921540.62	83.51	-73.07	-36.84
672382.258	5921624.71	83.51	-73.07	-36.84
672382.258	5921708.79	83.51	-73.07	-36.83
672382.258	5921792.88	83.51	-73.07	-36.83
672382.258	5921876.96	83.51	-73.07	-36.83
672382.258	5921961.05	83.51	-73.07	-36.83
672382.258	5922045.14	83.51	-73.07	-36.83
672382.258	5922129.22	83.51	-73.07	-36.83
672382.258	5922213.31	83.51	-73.07	-36.83
672382.258	5922297.39	83.51	-73.07	-36.83
672382.258	5922381.48	83.51	-73.07	-36.83

672382.258	5922465.56	83.51	-73.07	-36.83
672382.258	5922549.65	70.28	-73.07	-36.83
672382.258	5922633.73	57.76	-73.07	-36.83
672382.258	5922717.82	43.40	-73.07	-36.83
672382.258	5922801.91	30.76	-73.07	-36.82
672382.258	5922885.99	17.97	-73.07	-36.82
672382.258	5922970.08	8.52	-73.07	-36.82
672382.258	5923054.16	15.82	-73.07	-36.82
672382.258	5923138.25	47.07	-73.07	-36.82
672382.258	5923222.33	81.07	-73.07	-36.82
672382.258	5923306.42	72.05	-73.07	-36.82
672382.258	5923390.51	40.88	-73.07	-36.82
672382.258	5923474.59	21.97	-73.07	-36.82
672382.258	5923558.68	11.03	-73.07	-36.82
672382.258	5923642.76	7.50	-73.07	-36.82
672382.258	5923726.85	8.01	-73.07	-36.82
672382.258	5923810.93	4.27	-73.07	-36.82
672382.258	5923895.02	1.00	-73.07	-36.82
672382.258	5923979.1	1.00	-73.07	-36.81
672382.258	5924063.19	1.00	-73.07	-36.81
672382.258	5924147.28	1.00	-73.07	-36.81
672382.258	5924231.36	1.00	-73.07	-36.81
672382.258	5924315.45	1.00	-73.07	-36.81
672382.258	5924399.53	1.00	-73.07	-36.81
672382.258	5924483.62	1.00	-73.07	-36.81
672504.458	5921540.62	83.51	-73.07	-36.84
672504.458	5921624.71	83.51	-73.07	-36.84
672504.458	5921708.79	83.51	-73.07	-36.83
672504.458	5921792.88	83.51	-73.07	-36.83
672504.458	5921876.96	83.51	-73.07	-36.83
672504.458	5921961.05	83.51	-73.07	-36.83
672504.458	5922045.14	83.51	-73.07	-36.83
672504.458	5922129.22	83.51	-73.07	-36.83
672504.458	5922213.31	83.51	-73.07	-36.83
672504.458	5922297.39	83.51	-73.07	-36.83
672504.458	5922381.48	83.51	-73.07	-36.83
672504.458	5922465.56	83.51	-73.07	-36.83
672504.458	5922549.65	72.77	-73.07	-36.83
672504.458	5922633.73	63.65	-73.07	-36.83
672504.458	5922717.82	53.08	-73.07	-36.83
672504.458	5922801.91	44.37	-73.07	-36.82

672504.458	5922885.99	36.65	-73.07	-36.82
672504.458	5922970.08	27.67	-73.07	-36.82
672504.458	5923054.16	24.58	-73.07	-36.82
672504.458	5923138.25	37.02	-73.07	-36.82
672504.458	5923222.33	58.38	-73.07	-36.82
672504.458	5923306.42	58.73	-73.07	-36.82
672504.458	5923390.51	38.99	-73.07	-36.82
672504.458	5923474.59	25.21	-73.07	-36.82
672504.458	5923558.68	18.67	-73.07	-36.82
672504.458	5923642.76	17.92	-73.07	-36.82
672504.458	5923726.85	19.97	-73.07	-36.82
672504.458	5923810.93	16.16	-73.07	-36.82
672504.458	5923895.02	1.00	-73.07	-36.82
672504.458	5923979.1	1.00	-73.07	-36.81
672504.458	5924063.19	1.00	-73.07	-36.81
672504.458	5924147.28	1.00	-73.07	-36.81
672504.458	5924231.36	1.00	-73.07	-36.81
672504.458	5924315.45	1.00	-73.07	-36.81
672504.458	5924399.53	1.00	-73.07	-36.81
672504.458	5924483.62	1.00	-73.07	-36.81
672626.657	5921540.62	91.71	-73.06	-36.84
672626.657	5921624.71	89.24	-73.06	-36.84
672626.657	5921708.79	90.54	-73.06	-36.83
672626.657	5921792.88	91.38	-73.06	-36.83
672626.657	5921876.96	85.69	-73.06	-36.83
672626.657	5921961.05	84.35	-73.06	-36.83
672626.657	5922045.14	82.85	-73.06	-36.83
672626.657	5922129.22	83.51	-73.06	-36.83
672626.657	5922213.31	86.01	-73.06	-36.83
672626.657	5922297.39	89.79	-73.06	-36.83
672626.657	5922381.48	86.03	-73.06	-36.83
672626.657	5922465.56	79.27	-73.06	-36.83
672626.657	5922549.65	74.73	-73.06	-36.83
672626.657	5922633.73	70.38	-73.06	-36.83
672626.657	5922717.82	63.97	-73.06	-36.83
672626.657	5922801.91	61.31	-73.06	-36.82
672626.657	5922885.99	60.85	-73.06	-36.82
672626.657	5922970.08	58.05	-73.06	-36.82
672626.657	5923054.16	53.83	-73.06	-36.82
672626.657	5923138.25	53.64	-73.06	-36.82
672626.657	5923222.33	58.59	-73.06	-36.82

672626.657	5923306.42	60.52	-73.06	-36.82
672626.657	5923390.51	53.49	-73.06	-36.82
672626.657	5923474.59	43.50	-73.06	-36.82
672626.657	5923558.68	40.23	-73.06	-36.82
672626.657	5923642.76	43.45	-73.06	-36.82
672626.657	5923726.85	49.16	-73.06	-36.82
672626.657	5923810.93	43.25	-73.06	-36.82
672626.657	5923895.02	21.36	-73.06	-36.82
672626.657	5923979.1	1.00	-73.06	-36.81
672626.657	5924063.19	1.00	-73.06	-36.81
672626.657	5924147.28	1.00	-73.06	-36.81
672626.657	5924231.36	1.00	-73.06	-36.81
672626.657	5924315.45	1.00	-73.06	-36.81
672626.657	5924399.53	1.00	-73.06	-36.81
672626.657	5924483.62	1.00	-73.06	-36.81
672748.857	5921540.62	115.61	-73.06	-36.84
672748.857	5921624.71	109.44	-73.06	-36.84
672748.857	5921708.79	108.99	-73.06	-36.83
672748.857	5921792.88	109.86	-73.06	-36.83
672748.857	5921876.96	105.75	-73.06	-36.83
672748.857	5921961.05	105.02	-73.06	-36.83
672748.857	5922045.14	103.17	-73.06	-36.83
672748.857	5922129.22	103.25	-73.06	-36.83
672748.857	5922213.31	104.22	-73.06	-36.83
672748.857	5922297.39	107.66	-73.06	-36.83
672748.857	5922381.48	103.82	-73.06	-36.83
672748.857	5922465.56	94.49	-73.06	-36.83
672748.857	5922549.65	86.92	-73.06	-36.83
672748.857	5922633.73	83.89	-73.06	-36.83
672748.857	5922717.82	79.93	-73.06	-36.83
672748.857	5922801.91	80.19	-73.06	-36.82
672748.857	5922885.99	83.97	-73.06	-36.82
672748.857	5922970.08	88.05	-73.06	-36.82
672748.857	5923054.16	89.42	-73.06	-36.82
672748.857	5923138.25	85.73	-73.06	-36.82
672748.857	5923222.33	81.94	-73.06	-36.82
672748.857	5923306.42	82.49	-73.06	-36.82
672748.857	5923390.51	85.51	-73.06	-36.82
672748.857	5923474.59	83.01	-73.06	-36.82
672748.857	5923558.68	83.18	-73.06	-36.82
672748.857	5923642.76	87.00	-73.06	-36.82

672748.857	5923726.85	93.10	-73.06	-36.82
672748.857	5923810.93	74.72	-73.06	-36.82
672748.857	5923895.02	22.13	-73.06	-36.82
672748.857	5923979.1	1.00	-73.06	-36.81
672748.857	5924063.19	1.00	-73.06	-36.81
672748.857	5924147.28	1.00	-73.06	-36.81
672748.857	5924231.36	1.00	-73.06	-36.81
672748.857	5924315.45	1.00	-73.06	-36.81
672748.857	5924399.53	1.00	-73.06	-36.81
672748.857	5924483.62	1.00	-73.06	-36.81
672871.056	5921540.62	90.17	-73.06	-36.84
672871.056	5921624.71	83.34	-73.06	-36.84
672871.056	5921708.79	80.91	-73.06	-36.83
672871.056	5921792.88	86.75	-73.06	-36.83
672871.056	5921876.96	88.35	-73.06	-36.83
672871.056	5921961.05	95.41	-73.06	-36.83
672871.056	5922045.14	93.99	-73.06	-36.83
672871.056	5922129.22	93.88	-73.06	-36.83
672871.056	5922213.31	92.66	-73.06	-36.83
672871.056	5922297.39	94.94	-73.06	-36.83
672871.056	5922381.48	96.21	-73.06	-36.83
672871.056	5922465.56	93.47	-73.06	-36.83
672871.056	5922549.65	88.17	-73.06	-36.83
672871.056	5922633.73	84.65	-73.06	-36.83
672871.056	5922717.82	81.15	-73.06	-36.83
672871.056	5922801.91	82.91	-73.06	-36.82
672871.056	5922885.99	89.13	-73.06	-36.82
672871.056	5922970.08	95.96	-73.06	-36.82
672871.056	5923054.16	101.04	-73.06	-36.82
672871.056	5923138.25	104.69	-73.06	-36.82
672871.056	5923222.33	104.81	-73.06	-36.82
672871.056	5923306.42	104.52	-73.06	-36.82
672871.056	5923390.51	107.26	-73.06	-36.82
672871.056	5923474.59	108.14	-73.06	-36.82
672871.056	5923558.68	109.31	-73.06	-36.82
672871.056	5923642.76	103.35	-73.06	-36.82
672871.056	5923726.85	102.70	-73.06	-36.82
672871.056	5923810.93	87.49	-73.06	-36.82
672871.056	5923895.02	33.24	-73.06	-36.82
672871.056	5923979.1	1.00	-73.06	-36.81
672871.056	5924063.19	1.00	-73.06	-36.81

672871.056	5924147.28	1.00	-73.06	-36.81
672871.056	5924231.36	1.00	-73.06	-36.81
672871.056	5924315.45	1.00	-73.06	-36.81
672871.056	5924399.53	1.00	-73.06	-36.81
672871.056	5924483.62	1.00	-73.06	-36.81
672993.256	5921540.62	104.96	-73.06	-36.84
672993.256	5921624.71	95.68	-73.06	-36.84
672993.256	5921708.79	85.83	-73.06	-36.83
672993.256	5921792.88	88.61	-73.06	-36.83
672993.256	5921876.96	100.43	-73.06	-36.83
672993.256	5921961.05	114.20	-73.06	-36.83
672993.256	5922045.14	114.17	-73.06	-36.83
672993.256	5922129.22	112.58	-73.06	-36.83
672993.256	5922213.31	108.54	-73.06	-36.83
672993.256	5922297.39	105.72	-73.06	-36.83
672993.256	5922381.48	105.22	-73.06	-36.83
672993.256	5922465.56	105.25	-73.06	-36.83
672993.256	5922549.65	100.01	-73.06	-36.83
672993.256	5922633.73	88.35	-73.06	-36.83
672993.256	5922717.82	73.73	-73.06	-36.83
672993.256	5922801.91	71.15	-73.06	-36.82
672993.256	5922885.99	79.73	-73.06	-36.82
672993.256	5922970.08	88.84	-73.06	-36.82
672993.256	5923054.16	92.22	-73.06	-36.82
672993.256	5923138.25	98.09	-73.06	-36.82
672993.256	5923222.33	103.19	-73.06	-36.82
672993.256	5923306.42	102.91	-73.06	-36.82
672993.256	5923390.51	103.16	-73.06	-36.82
672993.256	5923474.59	104.77	-73.06	-36.82
672993.256	5923558.68	106.19	-73.06	-36.82
672993.256	5923642.76	94.29	-73.06	-36.82
672993.256	5923726.85	88.26	-73.06	-36.82
672993.256	5923810.93	83.07	-73.06	-36.82
672993.256	5923895.02	54.11	-73.06	-36.82
672993.256	5923979.1	18.87	-73.06	-36.81
672993.256	5924063.19	14.09	-73.06	-36.81
672993.256	5924147.28	28.98	-73.06	-36.81
672993.256	5924231.36	33.00	-73.06	-36.81
672993.256	5924315.45	17.11	-73.06	-36.81
672993.256	5924399.53	3.77	-73.06	-36.81
672993.256	5924483.62	1.00	-73.06	-36.81

673115.455	5921540.62	93.53	-73.06	-36.84
673115.455	5921624.71	88.72	-73.06	-36.84
673115.455	5921708.79	79.58	-73.06	-36.83
673115.455	5921792.88	76.57	-73.06	-36.83
673115.455	5921876.96	84.48	-73.06	-36.83
673115.455	5921961.05	102.97	-73.06	-36.83
673115.455	5922045.14	113.17	-73.06	-36.83
673115.455	5922129.22	115.65	-73.06	-36.83
673115.455	5922213.31	109.11	-73.06	-36.83
673115.455	5922297.39	97.87	-73.06	-36.83
673115.455	5922381.48	89.84	-73.06	-36.83
673115.455	5922465.56	92.23	-73.06	-36.83
673115.455	5922549.65	94.14	-73.06	-36.83
673115.455	5922633.73	83.51	-73.06	-36.83
673115.455	5922717.82	60.80	-73.06	-36.83
673115.455	5922801.91	52.49	-73.06	-36.82
673115.455	5922885.99	59.66	-73.06	-36.82
673115.455	5922970.08	71.01	-73.06	-36.82
673115.455	5923054.16	75.98	-73.06	-36.82
673115.455	5923138.25	81.50	-73.06	-36.82
673115.455	5923222.33	87.49	-73.06	-36.82
673115.455	5923306.42	88.55	-73.06	-36.82
673115.455	5923390.51	89.32	-73.06	-36.82
673115.455	5923474.59	91.23	-73.06	-36.82
673115.455	5923558.68	90.98	-73.06	-36.82
673115.455	5923642.76	83.06	-73.06	-36.82
673115.455	5923726.85	80.29	-73.06	-36.82
673115.455	5923810.93	89.52	-73.06	-36.82
673115.455	5923895.02	100.09	-73.06	-36.81
673115.455	5923979.1	92.70	-73.06	-36.81
673115.455	5924063.19	85.69	-73.06	-36.81
673115.455	5924147.28	80.34	-73.06	-36.81
673115.455	5924231.36	66.78	-73.06	-36.81
673115.455	5924315.45	39.04	-73.06	-36.81
673115.455	5924399.53	22.80	-73.06	-36.81
673115.455	5924483.62	15.17	-73.06	-36.81
673237.655	5921540.62	64.42	-73.06	-36.84
673237.655	5921624.71	65.00	-73.06	-36.84
673237.655	5921708.79	65.51	-73.06	-36.83
673237.655	5921792.88	65.76	-73.06	-36.83
673237.655	5921876.96	68.58	-73.06	-36.83



673237.655	5921961.05	85.57	-73.06	-36.83
673237.655	5922045.14	107.15	-73.06	-36.83
673237.655	5922129.22	120.77	-73.06	-36.83
673237.655	5922213.31	116.26	-73.06	-36.83
673237.655	5922297.39	104.25	-73.06	-36.83
673237.655	5922381.48	99.61	-73.06	-36.83
673237.655	5922465.56	104.98	-73.06	-36.83
673237.655	5922549.65	105.58	-73.06	-36.83
673237.655	5922633.73	93.95	-73.06	-36.83
673237.655	5922717.82	70.25	-73.06	-36.83
673237.655	5922801.91	55.03	-73.06	-36.82
673237.655	5922885.99	52.69	-73.06	-36.82
673237.655	5922970.08	56.82	-73.06	-36.82
673237.655	5923054.16	61.98	-73.06	-36.82
673237.655	5923138.25	67.68	-73.06	-36.82
673237.655	5923222.33	72.12	-73.06	-36.82
673237.655	5923306.42	72.20	-73.06	-36.82
673237.655	5923390.51	74.25	-73.06	-36.82
673237.655	5923474.59	78.45	-73.06	-36.82
673237.655	5923558.68	78.31	-73.06	-36.82
673237.655	5923642.76	79.87	-73.06	-36.82
673237.655	5923726.85	81.41	-73.06	-36.82
673237.655	5923810.93	86.41	-73.06	-36.82
673237.655	5923895.02	93.26	-73.06	-36.81
673237.655	5923979.1	102.57	-73.06	-36.81
673237.655	5924063.19	107.64	-73.06	-36.81
673237.655	5924147.28	104.33	-73.06	-36.81
673237.655	5924231.36	94.19	-73.06	-36.81
673237.655	5924315.45	75.13	-73.06	-36.81
673237.655	5924399.53	56.37	-73.06	-36.81
673237.655	5924483.62	41.01	-73.06	-36.81
673359.854	5921540.62	40.02	-73.06	-36.84
673359.854	5921624.71	41.38	-73.06	-36.84
673359.854	5921708.79	43.69	-73.06	-36.83
673359.854	5921792.88	44.46	-73.06	-36.83
673359.854	5921876.96	47.96	-73.06	-36.83
673359.854	5921961.05	65.11	-73.06	-36.83
673359.854	5922045.14	92.84	-73.06	-36.83
673359.854	5922129.22	110.73	-73.06	-36.83
673359.854	5922213.31	108.10	-73.06	-36.83
673359.854	5922297.39	101.09	-73.06	-36.83

673359.854	5922381.48	105.45	-73.06	-36.83
673359.854	5922465.56	114.38	-73.06	-36.83
673359.854	5922549.65	113.56	-73.06	-36.83
673359.854	5922633.73	100.57	-73.06	-36.83
673359.854	5922717.82	80.36	-73.06	-36.83
673359.854	5922801.91	63.85	-73.06	-36.82
673359.854	5922885.99	55.73	-73.06	-36.82
673359.854	5922970.08	45.98	-73.06	-36.82
673359.854	5923054.16	44.96	-73.06	-36.82
673359.854	5923138.25	51.69	-73.06	-36.82
673359.854	5923222.33	61.57	-73.06	-36.82
673359.854	5923306.42	61.24	-73.06	-36.82
673359.854	5923390.51	63.13	-73.06	-36.82
673359.854	5923474.59	69.00	-73.06	-36.82
673359.854	5923558.68	72.35	-73.06	-36.82
673359.854	5923642.76	79.35	-73.06	-36.82
673359.854	5923726.85	82.69	-73.06	-36.82
673359.854	5923810.93	87.23	-73.06	-36.82
673359.854	5923895.02	91.34	-73.06	-36.81
673359.854	5923979.1	102.40	-73.06	-36.81
673359.854	5924063.19	110.42	-73.06	-36.81
673359.854	5924147.28	115.50	-73.06	-36.81
673359.854	5924231.36	115.84	-73.06	-36.81
673359.854	5924315.45	108.56	-73.06	-36.81
673359.854	5924399.53	92.93	-73.06	-36.81
673359.854	5924483.62	74.57	-73.06	-36.81
673482.054	5921540.62	16.18	-73.05	-36.84
673482.054	5921624.71	20.51	-73.05	-36.84
673482.054	5921708.79	25.21	-73.05	-36.83
673482.054	5921792.88	28.04	-73.05	-36.83
673482.054	5921876.96	32.33	-73.05	-36.83
673482.054	5921961.05	50.75	-73.05	-36.83
673482.054	5922045.14	77.66	-73.05	-36.83
673482.054	5922129.22	97.48	-73.05	-36.83
673482.054	5922213.31	104.44	-73.05	-36.83
673482.054	5922297.39	108.59	-73.05	-36.83
673482.054	5922381.48	118.53	-73.05	-36.83
673482.054	5922465.56	125.79	-73.05	-36.83
673482.054	5922549.65	123.20	-73.05	-36.83
673482.054	5922633.73	108.26	-73.05	-36.83
673482.054	5922717.82	90.24	-73.05	-36.83

673482.054	5922801.91	74.87	-73.05	-36.82
673482.054	5922885.99	56.56	-73.05	-36.82
673482.054	5922970.08	25.46	-73.05	-36.82
673482.054	5923054.16	14.98	-73.05	-36.82
673482.054	5923138.25	25.76	-73.05	-36.82
673482.054	5923222.33	52.15	-73.05	-36.82
673482.054	5923306.42	61.88	-73.05	-36.82
673482.054	5923390.51	64.24	-73.05	-36.82
673482.054	5923474.59	67.12	-73.05	-36.82
673482.054	5923558.68	66.78	-73.05	-36.82
673482.054	5923642.76	73.74	-73.05	-36.82
673482.054	5923726.85	79.76	-73.06	-36.82
673482.054	5923810.93	85.95	-73.06	-36.82
673482.054	5923895.02	89.05	-73.06	-36.81
673482.054	5923979.1	98.00	-73.06	-36.81
673482.054	5924063.19	106.18	-73.06	-36.81
673482.054	5924147.28	111.98	-73.06	-36.81
673482.054	5924231.36	103.70	-73.06	-36.81
673482.054	5924315.45	95.12	-73.06	-36.81
673482.054	5924399.53	93.78	-73.06	-36.81
673482.054	5924483.62	94.88	-73.06	-36.81
673604.253	5921540.62	14.51	-73.05	-36.84
673604.253	5921624.71	18.31	-73.05	-36.84
673604.253	5921708.79	22.21	-73.05	-36.83
673604.253	5921792.88	27.81	-73.05	-36.83
673604.253	5921876.96	39.10	-73.05	-36.83
673604.253	5921961.05	60.65	-73.05	-36.83
673604.253	5922045.14	83.60	-73.05	-36.83
673604.253	5922129.22	99.79	-73.05	-36.83
673604.253	5922213.31	111.60	-73.05	-36.83
673604.253	5922297.39	112.40	-73.05	-36.83
673604.253	5922381.48	102.61	-73.05	-36.83
673604.253	5922465.56	100.92	-73.05	-36.83
673604.253	5922549.65	111.99	-73.05	-36.83
673604.253	5922633.73	113.19	-73.05	-36.83
673604.253	5922717.82	101.28	-73.05	-36.83
673604.253	5922801.91	90.31	-73.05	-36.82
673604.253	5922885.99	68.01	-73.05	-36.82
673604.253	5922970.08	22.28	-73.05	-36.82
673604.253	5923054.16	4.87	-73.05	-36.82
673604.253	5923138.25	20.19	-73.05	-36.82

673604.253	5923222.33	60.66	-73.05	-36.82
673604.253	5923306.42	77.45	-73.05	-36.82
673604.253	5923390.51	71.43	-73.05	-36.82
673604.253	5923474.59	64.98	-73.05	-36.82
673604.253	5923558.68	57.44	-73.05	-36.82
673604.253	5923642.76	63.23	-73.05	-36.82
673604.253	5923726.85	72.39	-73.05	-36.82
673604.253	5923810.93	84.64	-73.05	-36.82
673604.253	5923895.02	90.39	-73.05	-36.81
673604.253	5923979.1	99.43	-73.05	-36.81
673604.253	5924063.19	108.09	-73.05	-36.81
673604.253	5924147.28	115.77	-73.05	-36.81
673604.253	5924231.36	103.93	-73.05	-36.81
673604.253	5924315.45	97.41	-73.05	-36.81
673604.253	5924399.53	108.68	-73.05	-36.81
673604.253	5924483.62	125.18	-73.05	-36.81
673726.453	5921540.62	14.97	-73.05	-36.84
673726.453	5921624.71	18.52	-73.05	-36.84
673726.453	5921708.79	21.60	-73.05	-36.83
673726.453	5921792.88	28.92	-73.05	-36.83
673726.453	5921876.96	42.28	-73.05	-36.83
673726.453	5921961.05	65.18	-73.05	-36.83
673726.453	5922045.14	90.52	-73.05	-36.83
673726.453	5922129.22	107.25	-73.05	-36.83
673726.453	5922213.31	125.18	-73.05	-36.83
673726.453	5922297.39	130.45	-73.05	-36.83
673726.453	5922381.48	111.81	-73.05	-36.83
673726.453	5922465.56	100.20	-73.05	-36.83
673726.453	5922549.65	114.42	-73.05	-36.83
673726.453	5922633.73	122.56	-73.05	-36.83
673726.453	5922717.82	104.76	-73.05	-36.83
673726.453	5922801.91	80.61	-73.05	-36.82
673726.453	5922885.99	61.64	-73.05	-36.82
673726.453	5922970.08	30.00	-73.05	-36.82
673726.453	5923054.16	19.29	-73.05	-36.82
673726.453	5923138.25	29.78	-73.05	-36.82
673726.453	5923222.33	66.22	-73.05	-36.82
673726.453	5923306.42	85.24	-73.05	-36.82
673726.453	5923390.51	79.13	-73.05	-36.82
673726.453	5923474.59	69.90	-73.05	-36.82
673726.453	5923558.68	59.16	-73.05	-36.82

673726.453	5923642.76	64.07	-73.05	-36.82
673726.453	5923726.85	67.38	-73.05	-36.82
673726.453	5923810.93	77.33	-73.05	-36.82
673726.453	5923895.02	86.08	-73.05	-36.81
673726.453	5923979.1	100.68	-73.05	-36.81
673726.453	5924063.19	112.91	-73.05	-36.81
673726.453	5924147.28	124.49	-73.05	-36.81
673726.453	5924231.36	118.57	-73.05	-36.81
673726.453	5924315.45	116.06	-73.05	-36.81
673726.453	5924399.53	133.89	-73.05	-36.81
673726.453	5924483.62	150.60	-73.05	-36.81
673848.652	5921540.62	18.25	-73.05	-36.84
673848.652	5921624.71	22.51	-73.05	-36.84
673848.652	5921708.79	24.64	-73.05	-36.83
673848.652	5921792.88	28.76	-73.05	-36.83
673848.652	5921876.96	39.42	-73.05	-36.83
673848.652	5921961.05	74.23	-73.05	-36.83
673848.652	5922045.14	116.76	-73.05	-36.83
673848.652	5922129.22	126.33	-73.05	-36.83
673848.652	5922213.31	124.52	-73.05	-36.83
673848.652	5922297.39	129.45	-73.05	-36.83
673848.652	5922381.48	123.10	-73.05	-36.83
673848.652	5922465.56	113.69	-73.05	-36.83
673848.652	5922549.65	120.48	-73.05	-36.83
673848.652	5922633.73	120.75	-73.05	-36.83
673848.652	5922717.82	97.38	-73.05	-36.83
673848.652	5922801.91	67.48	-73.05	-36.82
673848.652	5922885.99	63.12	-73.05	-36.82
673848.652	5922970.08	59.73	-73.05	-36.82
673848.652	5923054.16	57.76	-73.05	-36.82
673848.652	5923138.25	59.01	-73.05	-36.82
673848.652	5923222.33	80.57	-73.05	-36.82
673848.652	5923306.42	100.56	-73.05	-36.82
673848.652	5923390.51	105.71	-73.05	-36.82
673848.652	5923474.59	102.88	-73.05	-36.82
673848.652	5923558.68	86.49	-73.05	-36.82
673848.652	5923642.76	82.53	-73.05	-36.82
673848.652	5923726.85	75.82	-73.05	-36.82
673848.652	5923810.93	79.87	-73.05	-36.82
673848.652	5923895.02	82.13	-73.05	-36.81
673848.652	5923979.1	94.91	-73.05	-36.81

673848.652	5924063.19	112.57	-73.05	-36.81
673848.652	5924147.28	135.78	-73.05	-36.81
673848.652	5924231.36	144.66	-73.05	-36.81
673848.652	5924315.45	147.87	-73.05	-36.81
673848.652	5924399.53	161.09	-73.05	-36.81
673848.652	5924483.62	161.87	-73.05	-36.81
673970.852	5921540.62	13.56	-73.05	-36.84
673970.852	5921624.71	20.58	-73.05	-36.84
673970.852	5921708.79	24.94	-73.05	-36.83
673970.852	5921792.88	28.00	-73.05	-36.83
673970.852	5921876.96	35.93	-73.05	-36.83
673970.852	5921961.05	72.70	-73.05	-36.83
673970.852	5922045.14	120.31	-73.05	-36.83
673970.852	5922129.22	127.17	-73.05	-36.83
673970.852	5922213.31	115.54	-73.05	-36.83
673970.852	5922297.39	122.93	-73.05	-36.83
673970.852	5922381.48	133.30	-73.05	-36.83
673970.852	5922465.56	130.47	-73.05	-36.83
673970.852	5922549.65	125.16	-73.05	-36.83
673970.852	5922633.73	116.57	-73.05	-36.83
673970.852	5922717.82	100.36	-73.05	-36.83
673970.852	5922801.91	77.60	-73.05	-36.82
673970.852	5922885.99	76.15	-73.05	-36.82
673970.852	5922970.08	82.04	-73.05	-36.82
673970.852	5923054.16	83.65	-73.05	-36.82
673970.852	5923138.25	82.18	-73.05	-36.82
673970.852	5923222.33	95.28	-73.05	-36.82
673970.852	5923306.42	116.91	-73.05	-36.82
673970.852	5923390.51	132.28	-73.05	-36.82
673970.852	5923474.59	138.27	-73.05	-36.82
673970.852	5923558.68	119.81	-73.05	-36.82
673970.852	5923642.76	106.24	-73.05	-36.82
673970.852	5923726.85	88.74	-73.05	-36.82
673970.852	5923810.93	82.25	-73.05	-36.82
673970.852	5923895.02	74.17	-73.05	-36.81
673970.852	5923979.1	81.64	-73.05	-36.81
673970.852	5924063.19	100.30	-73.05	-36.81
673970.852	5924147.28	129.67	-73.05	-36.81
673970.852	5924231.36	144.08	-73.05	-36.81
673970.852	5924315.45	144.17	-73.05	-36.81
673970.852	5924399.53	147.57	-73.05	-36.81

673970.852	5924483.62	137.53	-73.05	-36.81
674093.051	5921540.62	1.00	-73.05	-36.84
674093.051	5921624.71	13.56	-73.05	-36.84
674093.051	5921708.79	19.55	-73.05	-36.83
674093.051	5921792.88	23.80	-73.05	-36.83
674093.051	5921876.96	33.34	-73.05	-36.83
674093.051	5921961.05	61.27	-73.05	-36.83
674093.051	5922045.14	94.88	-73.05	-36.83
674093.051	5922129.22	103.90	-73.05	-36.83
674093.051	5922213.31	102.54	-73.05	-36.83
674093.051	5922297.39	112.05	-73.05	-36.83
674093.051	5922381.48	123.28	-73.05	-36.83
674093.051	5922465.56	123.88	-73.05	-36.83
674093.051	5922549.65	115.08	-73.05	-36.83
674093.051	5922633.73	109.48	-73.05	-36.83
674093.051	5922717.82	113.44	-73.05	-36.83
674093.051	5922801.91	118.15	-73.05	-36.82
674093.051	5922885.99	126.09	-73.05	-36.82
674093.051	5922970.08	127.05	-73.05	-36.82
674093.051	5923054.16	121.57	-73.05	-36.82
674093.051	5923138.25	120.07	-73.05	-36.82
674093.051	5923222.33	127.65	-73.05	-36.82
674093.051	5923306.42	133.71	-73.05	-36.82
674093.051	5923390.51	132.02	-73.05	-36.82
674093.051	5923474.59	128.68	-73.05	-36.82
674093.051	5923558.68	114.55	-73.05	-36.82
674093.051	5923642.76	108.02	-73.05	-36.82
674093.051	5923726.85	91.97	-73.05	-36.82
674093.051	5923810.93	75.42	-73.05	-36.82
674093.051	5923895.02	62.89	-73.05	-36.81
674093.051	5923979.1	71.10	-73.05	-36.81
674093.051	5924063.19	87.70	-73.05	-36.81
674093.051	5924147.28	107.00	-73.05	-36.81
674093.051	5924231.36	121.59	-73.05	-36.81
674093.051	5924315.45	122.50	-73.05	-36.81
674093.051	5924399.53	118.92	-73.05	-36.81
674093.051	5924483.62	101.00	-73.05	-36.81
674215.251	5921540.62	1.00	-73.05	-36.84
674215.251	5921624.71	1.00	-73.05	-36.84
674215.251	5921708.79	12.03	-73.05	-36.83
674215.251	5921792.88	18.02	-73.05	-36.83

674215.251	5921876.96	27.75	-73.05	-36.83
674215.251	5921961.05	43.08	-73.05	-36.83
674215.251	5922045.14	60.53	-73.05	-36.83
674215.251	5922129.22	75.64	-73.05	-36.83
674215.251	5922213.31	95.32	-73.05	-36.83
674215.251	5922297.39	112.08	-73.05	-36.83
674215.251	5922381.48	119.59	-73.05	-36.83
674215.251	5922465.56	119.67	-73.05	-36.83
674215.251	5922549.65	114.68	-73.05	-36.83
674215.251	5922633.73	116.03	-73.05	-36.83
674215.251	5922717.82	126.45	-73.05	-36.83
674215.251	5922801.91	137.49	-73.05	-36.82
674215.251	5922885.99	144.68	-73.05	-36.82
674215.251	5922970.08	142.10	-73.05	-36.82
674215.251	5923054.16	133.42	-73.05	-36.82
674215.251	5923138.25	127.49	-73.05	-36.82
674215.251	5923222.33	129.32	-73.05	-36.82
674215.251	5923306.42	125.11	-73.05	-36.82
674215.251	5923390.51	111.76	-73.05	-36.82
674215.251	5923474.59	100.20	-73.05	-36.82
674215.251	5923558.68	92.84	-73.05	-36.82
674215.251	5923642.76	93.47	-73.05	-36.82
674215.251	5923726.85	79.09	-73.05	-36.82
674215.251	5923810.93	59.12	-73.05	-36.82
674215.251	5923895.02	53.32	-73.05	-36.81
674215.251	5923979.1	65.05	-73.05	-36.81
674215.251	5924063.19	77.46	-73.05	-36.81
674215.251	5924147.28	80.72	-73.05	-36.81
674215.251	5924231.36	87.66	-73.05	-36.81
674215.251	5924315.45	84.17	-73.05	-36.81
674215.251	5924399.53	79.89	-73.05	-36.81
674215.251	5924483.62	65.15	-73.05	-36.81
674337.45	5921540.62	1.00	-73.04	-36.84
674337.45	5921624.71	1.00	-73.04	-36.84
674337.45	5921708.79	1.00	-73.04	-36.83
674337.45	5921792.88	9.00	-73.04	-36.83
674337.45	5921876.96	20.90	-73.05	-36.83
674337.45	5921961.05	34.88	-73.05	-36.83
674337.45	5922045.14	44.92	-73.05	-36.83
674337.45	5922129.22	51.92	-73.05	-36.83
674337.45	5922213.31	69.73	-73.05	-36.83



674337.45	5922297.39	94.38	-73.05	-36.83
674337.45	5922381.48	110.95	-73.05	-36.83
674337.45	5922465.56	117.61	-73.05	-36.83
674337.45	5922549.65	115.47	-73.05	-36.83
674337.45	5922633.73	113.85	-73.05	-36.83
674337.45	5922717.82	119.75	-73.05	-36.83
674337.45	5922801.91	134.19	-73.05	-36.82
674337.45	5922885.99	145.94	-73.05	-36.82
674337.45	5922970.08	141.35	-73.05	-36.82
674337.45	5923054.16	128.56	-73.05	-36.82
674337.45	5923138.25	123.80	-73.05	-36.82
674337.45	5923222.33	129.02	-73.05	-36.82
674337.45	5923306.42	127.72	-73.05	-36.82
674337.45	5923390.51	115.99	-73.05	-36.82
674337.45	5923474.59	104.19	-73.05	-36.82
674337.45	5923558.68	95.28	-73.05	-36.82
674337.45	5923642.76	88.82	-73.05	-36.82
674337.45	5923726.85	73.91	-73.05	-36.82
674337.45	5923810.93	59.30	-73.05	-36.82
674337.45	5923895.02	59.13	-73.05	-36.81
674337.45	5923979.1	65.51	-73.05	-36.81
674337.45	5924063.19	69.77	-73.05	-36.81
674337.45	5924147.28	65.14	-73.05	-36.81
674337.45	5924231.36	64.74	-73.05	-36.81
674337.45	5924315.45	57.19	-73.05	-36.81
674337.45	5924399.53	52.24	-73.05	-36.81
674337.45	5924483.62	41.62	-73.05	-36.81
674459.649	5921540.62	1.00	-73.04	-36.84
674459.649	5921624.71	1.00	-73.04	-36.84
674459.649	5921708.79	1.00	-73.04	-36.83
674459.649	5921792.88	1.00	-73.04	-36.83
674459.649	5921876.96	13.44	-73.04	-36.83
674459.649	5921961.05	26.39	-73.04	-36.83
674459.649	5922045.14	27.01	-73.04	-36.83
674459.649	5922129.22	25.11	-73.04	-36.83
674459.649	5922213.31	33.30	-73.04	-36.83
674459.649	5922297.39	56.19	-73.04	-36.83
674459.649	5922381.48	76.38	-73.04	-36.83
674459.649	5922465.56	92.82	-73.04	-36.83
674459.649	5922549.65	97.35	-73.04	-36.83
674459.649	5922633.73	101.12	-73.04	-36.83

674459.649	5922717.82	103.81	-73.04	-36.83
674459.649	5922801.91	116.95	-73.04	-36.82
674459.649	5922885.99	125.82	-73.04	-36.82
674459.649	5922970.08	118.67	-73.04	-36.82
674459.649	5923054.16	104.91	-73.04	-36.82
674459.649	5923138.25	103.67	-73.04	-36.82
674459.649	5923222.33	112.40	-73.04	-36.82
674459.649	5923306.42	118.42	-73.04	-36.82
674459.649	5923390.51	116.29	-73.04	-36.82
674459.649	5923474.59	113.22	-73.04	-36.82
674459.649	5923558.68	105.12	-73.04	-36.82
674459.649	5923642.76	89.72	-73.04	-36.82
674459.649	5923726.85	72.10	-73.04	-36.82
674459.649	5923810.93	60.28	-73.04	-36.82
674459.649	5923895.02	58.83	-73.04	-36.81
674459.649	5923979.1	54.05	-73.04	-36.81
674459.649	5924063.19	50.38	-73.04	-36.81
674459.649	5924147.28	46.11	-73.04	-36.81
674459.649	5924231.36	45.43	-73.04	-36.81
674459.649	5924315.45	35.49	-73.04	-36.81
674459.649	5924399.53	27.54	-73.04	-36.81
674459.649	5924483.62	22.13	-73.04	-36.81
674581.849	5921540.62	1.00	-73.04	-36.84
674581.849	5921624.71	1.00	-73.04	-36.84
674581.849	5921708.79	1.00	-73.04	-36.83
674581.849	5921792.88	1.00	-73.04	-36.83
674581.849	5921876.96	1.00	-73.04	-36.83
674581.849	5921961.05	10.14	-73.04	-36.83
674581.849	5922045.14	2.48	-73.04	-36.83
674581.849	5922129.22	1.00	-73.04	-36.83
674581.849	5922213.31	2.21	-73.04	-36.83
674581.849	5922297.39	21.95	-73.04	-36.83
674581.849	5922381.48	38.43	-73.04	-36.83
674581.849	5922465.56	60.60	-73.04	-36.83
674581.849	5922549.65	69.88	-73.04	-36.83
674581.849	5922633.73	82.65	-73.04	-36.83
674581.849	5922717.82	87.29	-73.04	-36.83
674581.849	5922801.91	96.57	-73.04	-36.82
674581.849	5922885.99	98.83	-73.04	-36.82
674581.849	5922970.08	95.98	-73.04	-36.82
674581.849	5923054.16	91.24	-73.04	-36.82

674581.849	5923138.25	94.81	-73.04	-36.82
674581.849	5923222.33	104.41	-73.04	-36.82
674581.849	5923306.42	116.69	-73.04	-36.82
674581.849	5923390.51	121.99	-73.04	-36.82
674581.849	5923474.59	124.16	-73.04	-36.82
674581.849	5923558.68	119.49	-73.04	-36.82
674581.849	5923642.76	109.66	-73.04	-36.82
674581.849	5923726.85	102.20	-73.04	-36.82
674581.849	5923810.93	93.01	-73.04	-36.82
674581.849	5923895.02	83.27	-73.04	-36.81
674581.849	5923979.1	62.12	-73.04	-36.81
674581.849	5924063.19	49.09	-73.04	-36.81
674581.849	5924147.28	41.29	-73.04	-36.81
674581.849	5924231.36	43.67	-73.04	-36.81
674581.849	5924315.45	34.32	-73.04	-36.81
674581.849	5924399.53	25.73	-73.04	-36.81
674581.849	5924483.62	23.70	-73.04	-36.81
674704.048	5921540.62	1.00	-73.04	-36.84
674704.048	5921624.71	1.00	-73.04	-36.84
674704.048	5921708.79	1.00	-73.04	-36.83
674704.048	5921792.88	1.00	-73.04	-36.83
674704.048	5921876.96	1.00	-73.04	-36.83
674704.048	5921961.05	1.00	-73.04	-36.83
674704.048	5922045.14	1.00	-73.04	-36.83
674704.048	5922129.22	1.00	-73.04	-36.83
674704.048	5922213.31	1.00	-73.04	-36.83
674704.048	5922297.39	2.33	-73.04	-36.83
674704.048	5922381.48	18.57	-73.04	-36.83
674704.048	5922465.56	39.58	-73.04	-36.83
674704.048	5922549.65	55.75	-73.04	-36.83
674704.048	5922633.73	74.04	-73.04	-36.83
674704.048	5922717.82	76.98	-73.04	-36.83
674704.048	5922801.91	75.03	-73.04	-36.82
674704.048	5922885.99	68.36	-73.04	-36.82
674704.048	5922970.08	69.62	-73.04	-36.82
674704.048	5923054.16	74.06	-73.04	-36.82
674704.048	5923138.25	78.52	-73.04	-36.82
674704.048	5923222.33	84.08	-73.04	-36.82
674704.048	5923306.42	97.06	-73.04	-36.82
674704.048	5923390.51	105.02	-73.04	-36.82
674704.048	5923474.59	109.26	-73.04	-36.82

674704.048	5923558.68	105.31	-73.04	-36.82
674704.048	5923642.76	102.93	-73.04	-36.82
674704.048	5923726.85	110.87	-73.04	-36.82
674704.048	5923810.93	113.45	-73.04	-36.82
674704.048	5923895.02	98.80	-73.04	-36.81
674704.048	5923979.1	57.19	-73.04	-36.81
674704.048	5924063.19	33.97	-73.04	-36.81
674704.048	5924147.28	25.14	-73.04	-36.81
674704.048	5924231.36	31.70	-73.04	-36.81
674704.048	5924315.45	26.79	-73.04	-36.81
674704.048	5924399.53	25.60	-73.04	-36.81
674704.048	5924483.62	27.47	-73.04	-36.81
674826.248	5921540.62	1.00	-73.04	-36.84
674826.248	5921624.71	1.00	-73.04	-36.84
674826.248	5921708.79	1.00	-73.04	-36.83
674826.248	5921792.88	1.00	-73.04	-36.83
674826.248	5921876.96	1.00	-73.04	-36.83
674826.248	5921961.05	1.00	-73.04	-36.83
674826.248	5922045.14	1.00	-73.04	-36.83
674826.248	5922129.22	1.00	-73.04	-36.83
674826.248	5922213.31	1.00	-73.04	-36.83
674826.248	5922297.39	3.50	-73.04	-36.83
674826.248	5922381.48	16.57	-73.04	-36.83
674826.248	5922465.56	32.32	-73.04	-36.83
674826.248	5922549.65	43.12	-73.04	-36.83
674826.248	5922633.73	49.44	-73.04	-36.83
674826.248	5922717.82	47.81	-73.04	-36.83
674826.248	5922801.91	46.17	-73.04	-36.82
674826.248	5922885.99	44.54	-73.04	-36.82
674826.248	5922970.08	51.07	-73.04	-36.82
674826.248	5923054.16	61.22	-73.04	-36.82
674826.248	5923138.25	72.92	-73.04	-36.82
674826.248	5923222.33	84.01	-73.04	-36.82
674826.248	5923306.42	94.33	-73.04	-36.82
674826.248	5923390.51	94.22	-73.04	-36.82
674826.248	5923474.59	96.32	-73.04	-36.82
674826.248	5923558.68	98.38	-73.04	-36.82
674826.248	5923642.76	106.83	-73.04	-36.82
674826.248	5923726.85	122.81	-73.04	-36.82
674826.248	5923810.93	128.30	-73.04	-36.82
674826.248	5923895.02	108.22	-73.04	-36.81

674826.248	5923979.1	60.47	-73.04	-36.81
674826.248	5924063.19	35.99	-73.04	-36.81
674826.248	5924147.28	27.23	-73.04	-36.81
674826.248	5924231.36	33.39	-73.04	-36.81
674826.248	5924315.45	30.70	-73.04	-36.81
674826.248	5924399.53	35.64	-73.04	-36.81
674826.248	5924483.62	37.19	-73.04	-36.81
674948.447	5921540.62	1.00	-73.04	-36.84
674948.447	5921624.71	1.00	-73.04	-36.84
674948.447	5921708.79	1.00	-73.04	-36.83
674948.447	5921792.88	1.00	-73.04	-36.83
674948.447	5921876.96	1.00	-73.04	-36.83
674948.447	5921961.05	1.00	-73.04	-36.83
674948.447	5922045.14	1.00	-73.04	-36.83
674948.447	5922129.22	1.00	-73.04	-36.83
674948.447	5922213.31	1.00	-73.04	-36.83
674948.447	5922297.39	9.64	-73.04	-36.83
674948.447	5922381.48	16.25	-73.04	-36.83
674948.447	5922465.56	24.08	-73.04	-36.83
674948.447	5922549.65	26.62	-73.04	-36.83
674948.447	5922633.73	24.60	-73.04	-36.83
674948.447	5922717.82	22.20	-73.04	-36.83
674948.447	5922801.91	24.41	-73.04	-36.82
674948.447	5922885.99	26.50	-73.04	-36.82
674948.447	5922970.08	30.20	-73.04	-36.82
674948.447	5923054.16	38.08	-73.04	-36.82
674948.447	5923138.25	56.41	-73.04	-36.82
674948.447	5923222.33	76.51	-73.04	-36.82
674948.447	5923306.42	84.59	-73.04	-36.82
674948.447	5923390.51	78.20	-73.04	-36.82
674948.447	5923474.59	81.18	-73.04	-36.82
674948.447	5923558.68	94.09	-73.04	-36.82
674948.447	5923642.76	114.68	-73.04	-36.82
674948.447	5923726.85	129.35	-73.04	-36.82
674948.447	5923810.93	128.72	-73.04	-36.82
674948.447	5923895.02	106.75	-73.04	-36.81
674948.447	5923979.1	72.35	-73.04	-36.81
674948.447	5924063.19	52.63	-73.04	-36.81
674948.447	5924147.28	40.00	-73.04	-36.81
674948.447	5924231.36	38.48	-73.04	-36.81
674948.447	5924315.45	31.34	-73.04	-36.81

674948.447	5924399.53	30.75	-73.04	-36.81
674948.447	5924483.62	26.50	-73.04	-36.81
675070.647	5921540.62	1.00	-73.04	-36.84
675070.647	5921624.71	1.00	-73.04	-36.84
675070.647	5921708.79	1.00	-73.04	-36.83
675070.647	5921792.88	1.00	-73.04	-36.83
675070.647	5921876.96	1.00	-73.04	-36.83
675070.647	5921961.05	1.00	-73.04	-36.83
675070.647	5922045.14	1.00	-73.04	-36.83
675070.647	5922129.22	1.00	-73.04	-36.83
675070.647	5922213.31	1.00	-73.04	-36.83
675070.647	5922297.39	1.00	-73.04	-36.83
675070.647	5922381.48	1.00	-73.04	-36.83
675070.647	5922465.56	1.00	-73.04	-36.83
675070.647	5922549.65	1.00	-73.04	-36.83
675070.647	5922633.73	1.00	-73.04	-36.83
675070.647	5922717.82	1.00	-73.04	-36.83
675070.647	5922801.91	1.00	-73.04	-36.82
675070.647	5922885.99	1.00	-73.04	-36.82
675070.647	5922970.08	1.00	-73.04	-36.82
675070.647	5923054.16	15.51	-73.04	-36.82
675070.647	5923138.25	36.00	-73.04	-36.82
675070.647	5923222.33	61.34	-73.04	-36.82
675070.647	5923306.42	83.71	-73.04	-36.82
675070.647	5923390.51	82.18	-73.04	-36.82
675070.647	5923474.59	75.36	-73.04	-36.82
675070.647	5923558.68	77.98	-73.04	-36.82
675070.647	5923642.76	97.51	-73.04	-36.82
675070.647	5923726.85	103.94	-73.04	-36.82
675070.647	5923810.93	98.15	-73.04	-36.82
675070.647	5923895.02	82.86	-73.04	-36.81
675070.647	5923979.1	72.33	-73.04	-36.81
675070.647	5924063.19	65.67	-73.04	-36.81
675070.647	5924147.28	54.50	-73.04	-36.81
675070.647	5924231.36	47.73	-73.04	-36.81
675070.647	5924315.45	37.45	-73.04	-36.81
675070.647	5924399.53	34.79	-73.04	-36.81
675070.647	5924483.62	27.83	-73.04	-36.81
675192.846	5921540.62	1.00	-73.04	-36.84
675192.846	5921624.71	1.00	-73.04	-36.84
675192.846	5921708.79	1.00	-73.04	-36.83

675192.846	5921792.88	1.00	-73.04	-36.83
675192.846	5921876.96	1.00	-73.04	-36.83
675192.846	5921961.05	1.00	-73.04	-36.83
675192.846	5922045.14	1.00	-73.04	-36.83
675192.846	5922129.22	1.00	-73.04	-36.83
675192.846	5922213.31	1.00	-73.04	-36.83
675192.846	5922297.39	1.00	-73.04	-36.83
675192.846	5922381.48	1.00	-73.04	-36.83
675192.846	5922465.56	1.00	-73.04	-36.83
675192.846	5922549.65	1.00	-73.04	-36.83
675192.846	5922633.73	1.00	-73.04	-36.83
675192.846	5922717.82	1.00	-73.04	-36.83
675192.846	5922801.91	1.00	-73.04	-36.82
675192.846	5922885.99	1.00	-73.04	-36.82
675192.846	5922970.08	1.00	-73.04	-36.82
675192.846	5923054.16	10.21	-73.04	-36.82
675192.846	5923138.25	28.73	-73.04	-36.82
675192.846	5923222.33	44.22	-73.04	-36.82
675192.846	5923306.42	70.32	-73.04	-36.82
675192.846	5923390.51	79.08	-73.04	-36.82
675192.846	5923474.59	73.51	-73.04	-36.82
675192.846	5923558.68	71.96	-73.04	-36.82
675192.846	5923642.76	94.87	-73.04	-36.82
675192.846	5923726.85	108.37	-73.04	-36.82
675192.846	5923810.93	106.02	-73.04	-36.82
675192.846	5923895.02	99.42	-73.04	-36.81
675192.846	5923979.1	94.96	-73.04	-36.81
675192.846	5924063.19	88.90	-73.04	-36.81
675192.846	5924147.28	79.92	-73.04	-36.81
675192.846	5924231.36	71.73	-73.04	-36.81
675192.846	5924315.45	61.33	-73.04	-36.81
675192.846	5924399.53	52.60	-73.04	-36.81
675192.846	5924483.62	43.26	-73.04	-36.81
675315.046	5921540.62	1.00	-73.03	-36.84
675315.046	5921624.71	1.00	-73.03	-36.84
675315.046	5921708.79	1.00	-73.03	-36.83
675315.046	5921792.88	1.00	-73.03	-36.83
675315.046	5921876.96	1.00	-73.03	-36.83
675315.046	5921961.05	1.00	-73.03	-36.83
675315.046	5922045.14	1.00	-73.03	-36.83
675315.046	5922129.22	1.00	-73.03	-36.83

675315.046	5922213.31	1.00	-73.03	-36.83
675315.046	5922297.39	1.00	-73.03	-36.83
675315.046	5922381.48	1.00	-73.03	-36.83
675315.046	5922465.56	1.00	-73.03	-36.83
675315.046	5922549.65	1.00	-73.03	-36.83
675315.046	5922633.73	1.00	-73.03	-36.83
675315.046	5922717.82	1.00	-73.03	-36.83
675315.046	5922801.91	1.00	-73.03	-36.82
675315.046	5922885.99	1.00	-73.03	-36.82
675315.046	5922970.08	1.00	-73.03	-36.82
675315.046	5923054.16	8.07	-73.03	-36.82
675315.046	5923138.25	20.14	-73.03	-36.82
675315.046	5923222.33	26.68	-73.03	-36.82
675315.046	5923306.42	40.66	-73.03	-36.82
675315.046	5923390.51	46.04	-73.03	-36.82
675315.046	5923474.59	42.61	-73.03	-36.82
675315.046	5923558.68	43.57	-73.03	-36.82
675315.046	5923642.76	61.52	-73.03	-36.82
675315.046	5923726.85	78.69	-73.03	-36.82
675315.046	5923810.93	81.66	-73.03	-36.82
675315.046	5923895.02	84.66	-73.03	-36.81
675315.046	5923979.1	87.73	-73.03	-36.81
675315.046	5924063.19	91.83	-73.03	-36.81
675315.046	5924147.28	95.05	-73.03	-36.81
675315.046	5924231.36	99.22	-73.03	-36.81
675315.046	5924315.45	100.79	-73.03	-36.81
675315.046	5924399.53	105.22	-73.03	-36.81
675315.046	5924483.62	107.26	-73.03	-36.81
675437.245	5921540.62	1.00	-73.03	-36.84
675437.245	5921624.71	1.00	-73.03	-36.84
675437.245	5921708.79	1.00	-73.03	-36.83
675437.245	5921792.88	1.00	-73.03	-36.83
675437.245	5921876.96	1.00	-73.03	-36.83
675437.245	5921961.05	1.00	-73.03	-36.83
675437.245	5922045.14	1.00	-73.03	-36.83
675437.245	5922129.22	1.00	-73.03	-36.83
675437.245	5922213.31	1.00	-73.03	-36.83
675437.245	5922297.39	1.00	-73.03	-36.83
675437.245	5922381.48	1.00	-73.03	-36.83
675437.245	5922465.56	1.00	-73.03	-36.83
675437.245	5922549.65	1.00	-73.03	-36.83



675437.245	5922633.73	1.00	-73.03	-36.83
675437.245	5922717.82	1.00	-73.03	-36.83
675437.245	5922801.91	1.00	-73.03	-36.82
675437.245	5922885.99	1.00	-73.03	-36.82
675437.245	5922970.08	1.00	-73.03	-36.82
675437.245	5923054.16	5.68	-73.03	-36.82
675437.245	5923138.25	13.97	-73.03	-36.82
675437.245	5923222.33	18.41	-73.03	-36.82
675437.245	5923306.42	23.05	-73.03	-36.82
675437.245	5923390.51	26.25	-73.03	-36.82
675437.245	5923474.59	29.55	-73.03	-36.82
675437.245	5923558.68	37.96	-73.03	-36.82
675437.245	5923642.76	49.78	-73.03	-36.82
675437.245	5923726.85	62.82	-73.03	-36.82
675437.245	5923810.93	69.14	-73.03	-36.82
675437.245	5923895.02	78.03	-73.03	-36.81
675437.245	5923979.1	86.20	-73.03	-36.81
675437.245	5924063.19	94.81	-73.03	-36.81
675437.245	5924147.28	102.14	-73.03	-36.81
675437.245	5924231.36	110.73	-73.03	-36.81
675437.245	5924315.45	116.23	-73.03	-36.81
675437.245	5924399.53	128.72	-73.03	-36.81
675437.245	5924483.62	136.12	-73.03	-36.81
675559.445	5921540.62	1.00	-73.03	-36.84
675559.445	5921624.71	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5921708.79	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5921792.88	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5921876.96	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5921961.05	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5922045.14	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5922129.22	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5922213.31	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5922297.39	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5922381.48	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5922465.56	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5922549.65	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5922633.73	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5922717.82	1.00	-73.03	-36.83
675559.445	5922801.91	1.00	-73.03	-36.82
675559.445	5922885.99	1.00	-73.03	-36.82
675559.445	5922970.08	1.00	-73.03	-36.82

675559.445	5923054.16	1.00	-73.03	-36.82
675559.445	5923138.25	7.00	-73.03	-36.82
675559.445	5923222.33	10.00	-73.03	-36.82
675559.445	5923306.42	12.35	-73.03	-36.82
675559.445	5923390.51	14.08	-73.03	-36.82
675559.445	5923474.59	15.13	-73.03	-36.82
675559.445	5923558.68	17.51	-73.03	-36.82
675559.445	5923642.76	18.29	-73.03	-36.82
675559.445	5923726.85	19.89	-73.03	-36.82
675559.445	5923810.93	23.07	-73.03	-36.82
675559.445	5923895.02	27.50	-73.03	-36.81
675559.445	5923979.1	32.61	-73.03	-36.81
675559.445	5924063.19	39.34	-73.03	-36.81
675559.445	5924147.28	45.96	-73.03	-36.81
675559.445	5924231.36	54.80	-73.03	-36.81
675559.445	5924315.45	60.98	-73.03	-36.81
675559.445	5924399.53	76.18	-73.03	-36.81
675559.445	5924483.62	86.31	-73.03	-36.81

**ANEXO B: TABLAS COMPLEMENTARIAS IMPORTANTES**

Tabla B.1

Muestra	Peso Específico Saturado (Kg/dm <sup>3</sup> =Ton/m <sup>3</sup> )-Extraídos del Anexo A																			
	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21
1	2.8	2.85	2.83	2.82	2.82	2.67	2.76	2.77	2.83	2.81	2.82	2.72	2.78	2.69	2.63	2.71	2.68	2.77	2.57	2.65
2	2.8	-	2.84	2.8	2.82	2.65	2.88	-	-	2.78	2.82	2.68	2.8	2.8	2.72	2.71	2.62	2.56	2.58	2.64
3	2.84	-	2.86	2.78	2.8	2.64	2.86	-	-	2.65	2.82	-	2.78	2.8	-	-	2.56	2.71	2.59	2.76
4	-	-	2.82	-	2.82	-	2.87	-	-	-	2.82	-	2.88	-	-	-	2.64	2.7	2.52	-
5	-	-	2.84	-	2.8	-	2.88	-	-	-	2.8	-	2.82	-	-	-	-	2.58	2.48	-
6	-	-	2.83	-	2.84	-	2.82	-	-	-	-	-	2.82	-	-	-	-	-	2.58	-
7	-	-	-	-	2.82	-	-	-	-	-	-	-	2.69	-	-	-	-	-	2.64	-
8	-	-	-	-	2.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.67	-
9	-	-	-	-	2.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	2.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	2.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	2.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	2.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	2.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	2.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	2.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\gamma_{prom-eff}$	1.813	1.850	1.837	1.800	1.826	1.653	1.845	1.770	1.830	1.747	1.816	1.700	1.796	1.763	1.675	1.710	1.625	1.664	1.579	2.683
KN/m3	17.789	18.149	18.018	17.658	17.918	16.219	18.099	17.364	17.952	17.135	17.815	16.677	17.616	17.298	16.432	16.775	15.941	16.324	15.488	26.324

Tabla B.2

Perfil	Tipo de Suelo y Consistencia	H (m)	H <sub>acum</sub> (m)	$\gamma_{prom-eff}$	V <sub>calc</sub> (m/s)	V <sub>terreno</sub> (m/s)	H <sub>subdiv</sub>	n <sub>capas</sub>
H1	Relleno de Escombros	0.8	0.8	-	-	-		
H2	Arena Media a Fina Limosa, Suelta	2.7	3.5	17.79	142	210	2.37	1.14
H3	Arena Media algo Limosa, muy Compactada	1.2	4.7	18.15	198	210	3.30	0.36
H4	Arena Fina a muy Fina Compacidad Media	4.7	9.4	18.02	186	210	3.10	1.52
H5	Limo Arenoso, Compacto	2.6	12	17.66	225	207	3.75	0.69
H6	Arena Media algo Limosa, Compacta	12.9	24.9	17.92	279	207	4.65	2.77
H7	Limo de Alta Compresibilidad, Plástico, algo Orgánico, consistencia Media	2.6	27.5	16.22	198	348	3.30	0.79
H8	Arena muy Fina Limos, muy Compacta	4.4	31.9	18.10	276	262	4.60	0.96
H9	Limo muy Consistente	0.6	32.5	17.36	276	264	4.60	0.13
H10	Arena Media, algo Limosa, Densa	1.9	34.4	17.95	308	267	5.13	0.37
H11	Arcilla de Mediana Plasticidad, Consistencia Media a Alta	2.1	36.5	17.13	235	262	3.92	0.54
H12	Limo Arenoso y Arena Limos, muy Compacta	6.6	43.1	17.81	315	263	5.25	1.26
H13	Limo de baja Compresibilidad, Muy consistente	2.7	45.8	16.68	285	264	4.75	0.57
H14	Arena fina Interestratificada con Limo, muy compactos	9.8	55.6	17.62	321	267	5.35	1.83
H15	Limo Arenoso	4	59.6	17.30	321	308	5.35	0.75
H16	Limo de Compresibilidad Media, algo Orgánico	3.2	62.8	16.43	300	308	5.00	0.64
H17	Arena Muy Fina, Limosa	3.3	66.1	16.78	340	308	5.67	0.58
H18	Limo Arenoso y Arena por capas	9	75.1	15.94	340	308	5.67	1.59
H19	Limo de alta Compresibilidad, inorgánico, Plástico	9.9	85	16.32	347	317	5.78	1.71
H20	Arena Bío Bío, Cuarzosa y Limosa	22	107	15.49	360	565	6.00	3.67
H21	Rípido Grueso y Bolones Predominantemente Graníticos	26.7	133.7	26.32	560	560	9.33	2.86

Tabla B.3

Propuesta Poblete

Perfil	Tipo de Suelo Promedio y Consistencia Promedio	H (m)	H <sub>acum</sub> (m)	$\gamma_{prom-eff}$ (kN/m <sup>3</sup> )	V <sub>calc</sub> (m/s)	V <sub>calc-prom</sub> (m/s)	V <sub>terreno-prom</sub> (m/s)	H <sub>subdiv</sub> (m)	n <sub>capas</sub>	H <sub>subdiv-Terreno</sub> (m)	n <sub>capas-Terreno</sub>	H <sub>subdiv-final</sub> (m)	H <sub>subdiv-Terreno-final</sub> (m)
H1	Arena Media, Medianamente Limos , Medianamente compactada	3.5	3.5	16.19	140	142.0	210.0	2.33	2	3.50	1	1.75	3.50
H2	Arena Media a Fina Limosa, Medianamente Compacta	21.5	25	19.62	220	222.0	208.5	3.67	6	3.48	7	3.58	3.07
H3	Limo de Alta compresibilidad	2.5	27.5	16.68	220	198.0	348.0	3.67	1	5.80	1	2.50	-
H4	Suelos Predominantemente Plasticos, Consistencia Densa y Muy compacta	35.5	63	20.60	280	293.0	273.9	4.67	8	4.56	8	4.44	4.44
H5	Suelos granulares con capa importante de agregado grueso	71	134	18.64	350	389.4	411.6	5.83	13	6.86	11	5.46	6.45

Tabla B.4

Propuesta Modelo Alternativo

Perfil	Tipo de Suelo Promedio y Consistencia Promedio	H (m)	H <sub>acum</sub> (m)	$\gamma_{prom-eff}$ (kN/m <sup>3</sup> )	V <sub>calc-prom</sub> (m/s)	V <sub>terreno-prom</sub> (m/s)	H <sub>subdiv</sub> (m)	n <sub>capas</sub>	H <sub>subdiv-Terreno</sub> (m)	n <sub>capas-Terreno</sub>	H <sub>subdiv-final</sub> (m)	H <sub>subdiv-Terreno-final</sub> (m)
H1	Arena Media, Medianamente Limos , Medianamente compactada	3.5	3.5	16.19	142.0	210.0	2.37	2	3.50	1	1.75	3.50
H2	Arena Media a Fina Limosa, Medianamente Compacta	21.5	25	19.62	222.0	208.5	3.70	6	3.48	7	3.58	3.07
H3	Suelo Predominantemente Limoso	7.6	32.6	17.45	250.80	257.60	4.18	2	4.29	2	3.80	3.80
H4	Arena Media, algo Limosa, Densa	1.9	34.5	17.95	308.00	267.00	5.13	1	4.45	1	-	-
H5	Arcilla de Mediana Plasticidad, Consistencia Media a Alta	2.1	36.6	17.13	235.00	262.00	3.92	1	4.37	1	2.10	-
H6	Suelo Predominantemente Limoso	48.5	85.1	16.86	321.13	292.88	5.35	10	4.88	10	4.85	4.85
H7	Arena Bío Bío, Cuarzosa y Limosa	22	107.1	15.49	360.00	565.00	6.00	4	9.42	3	5.50	7.33
H8	Rípio Grueso y Bolones Predominantemente Graníticos	26.7	133.8	26.32	560.00	560.00	9.33	3	9.33	3	8.90	8.90

Tabla B.5

Horizonte	Tipo de Suelo	Curva de Propiedades Dinámicas Usadas
H1	Arena Media a Fina Limosa, Suelta	Sand Seed & Idriss (mean)
H2	Arena Media algo Limosa, muy Compactada	Sand Seed & Idriss (mean)
H3	Arena Fina a muy Fina Compacidad Media	Sand Seed & Idriss (low)
H3	Arena Fina a muy Fina Compacidad Media	Sand Seed & Idriss (low)
H4	Limo Arenoso, Compacto	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo
H5	Arena Media algo Limosa, Compacta	Sand Seed & Idriss (mean)
H5	Arena Media algo Limosa, Compacta	Sand Seed & Idriss (mean)
H5	Arena Media algo Limosa, Compacta	Sand Seed & Idriss (mean)
H6	Limo de Alta Compresibilidad, Plástico, algo Orgánico, consistencia Media	Limo Idriss
H7	Arena muy Fina Limos, muy Compacta	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo
H8	Limo muy Consistente	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo
H9	Arena Media, algo Limosa, Densa	Sand Seed & Idriss (mean)
H10	Arcilla de Mediana Plasticidad, Consistencia Media a Alta	Vuecetic Arcilla IP=15
H11	Limo Arenoso y Arena Limos, muy Compacta	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo
H12	Limo de baja Compresibilidad, Muy consistente	Limo Idriss
H13	Arena fina Interestratificada con Limo, muy compactos	Sand Seed & Idriss (low)
H13	Arena fina Interestratificada con Limo, muy compactos	Sand Seed & Idriss (low)
H14	Limo Arenoso	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo
H15	Limo de Compresibilidad Media, algo Orgánico	Limo Idriss
H16	Arena Muy Fina, Limosa	Sand Seed & Idriss (low)
H17	Limo Arenoso y Arena por capas	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo
H17	Limo Arenoso y Arena por capas	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo
H18	Limo de alta Compresibilidad, inorgánico, Plástico	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo
H18	Limo de alta Compresibilidad, inorgánico, Plástico	Seed & Idriss (low) ó Limo
H19	Arena Bío Bío, Cuarzosa y Limosa	Sand Seed & Idriss (mean)
H19	Arena Bío Bío, Cuarzosa y Limosa	Sand Seed & Idriss (mean)
H19	Arena Bío Bío, Cuarzosa y Limosa	Sand Seed & Idriss (mean)
H19	Arena Bío Bío, Cuarzosa y Limosa	Sand Seed & Idriss (mean)
H20	Rípido Grueso y Bolones Predominantemente Graníticos	Gravel Seed
H20	Rípido Grueso y Bolones Predominantemente Graníticos	Gravel Seed
H20	Rípido Grueso y Bolones Predominantemente Graníticos	Gravel Seed
H21	Roca	Rock Seed

## ANEXO C: TABLAS COMPLEMENTARIAS IMPORTANTES

Tabla C.1

Vs=2000 m/s		Vs=3000 m/s		Vs=3300 m/s		Vs=4000 m/s		Vs=5000 m/s	
Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)
0.010	0.177	0.010	0.173	0.010	0.171	0.010	0.167	0.010	0.164
0.011	0.177	0.011	0.173	0.011	0.171	0.011	0.168	0.011	0.164
0.011	0.177	0.011	0.173	0.011	0.171	0.011	0.168	0.011	0.164
0.012	0.177	0.012	0.173	0.012	0.171	0.012	0.168	0.012	0.164
0.013	0.177	0.013	0.173	0.013	0.171	0.013	0.168	0.013	0.164
0.014	0.177	0.014	0.173	0.014	0.171	0.014	0.168	0.014	0.164
0.015	0.178	0.015	0.173	0.015	0.171	0.015	0.168	0.015	0.164
0.015	0.178	0.015	0.173	0.015	0.171	0.015	0.168	0.015	0.165
0.016	0.178	0.016	0.173	0.016	0.172	0.016	0.168	0.016	0.165
0.017	0.178	0.017	0.174	0.017	0.172	0.017	0.168	0.017	0.165
0.019	0.178	0.019	0.174	0.019	0.172	0.019	0.168	0.019	0.165
0.020	0.178	0.020	0.174	0.020	0.172	0.020	0.168	0.020	0.165
0.021	0.178	0.021	0.174	0.021	0.172	0.021	0.168	0.021	0.165
0.022	0.178	0.022	0.174	0.022	0.172	0.022	0.169	0.022	0.165
0.024	0.179	0.024	0.174	0.024	0.172	0.024	0.169	0.024	0.166
0.025	0.179	0.025	0.175	0.025	0.173	0.025	0.169	0.025	0.166
0.027	0.179	0.027	0.175	0.027	0.173	0.027	0.169	0.027	0.166
0.029	0.180	0.029	0.175	0.029	0.173	0.029	0.170	0.029	0.166
0.031	0.180	0.031	0.175	0.031	0.174	0.031	0.170	0.031	0.167
0.033	0.180	0.033	0.176	0.033	0.174	0.033	0.170	0.033	0.167
0.035	0.181	0.035	0.176	0.035	0.174	0.035	0.171	0.035	0.167
0.037	0.181	0.037	0.177	0.037	0.175	0.037	0.171	0.037	0.168
0.039	0.182	0.039	0.178	0.039	0.175	0.039	0.172	0.039	0.169
0.042	0.183	0.042	0.178	0.042	0.176	0.042	0.173	0.042	0.169
0.044	0.183	0.044	0.179	0.044	0.177	0.044	0.173	0.044	0.170
0.047	0.184	0.047	0.180	0.047	0.178	0.047	0.174	0.047	0.171
0.050	0.185	0.050	0.181	0.050	0.179	0.050	0.175	0.050	0.172
0.054	0.186	0.054	0.182	0.054	0.180	0.054	0.176	0.054	0.172
0.057	0.188	0.057	0.184	0.057	0.181	0.057	0.178	0.057	0.174
0.061	0.190	0.061	0.185	0.061	0.183	0.061	0.179	0.061	0.175
0.065	0.191	0.065	0.186	0.065	0.184	0.065	0.180	0.065	0.177
0.069	0.194	0.069	0.190	0.069	0.187	0.069	0.183	0.069	0.180
0.073	0.195	0.073	0.191	0.073	0.188	0.073	0.184	0.073	0.181
0.078	0.202	0.078	0.197	0.078	0.195	0.078	0.191	0.078	0.186
0.083	0.217	0.083	0.211	0.083	0.209	0.083	0.204	0.083	0.200

0.088	0.223	0.088	0.217	0.088	0.215	0.088	0.210	0.088	0.205
0.094	0.237	0.094	0.230	0.094	0.228	0.094	0.223	0.094	0.218
0.100	0.264	0.100	0.257	0.100	0.254	0.100	0.247	0.100	0.241
0.106	0.280	0.106	0.272	0.106	0.269	0.106	0.262	0.106	0.256
0.113	0.298	0.113	0.290	0.113	0.286	0.113	0.280	0.113	0.273
0.120	0.317	0.120	0.307	0.120	0.304	0.120	0.297	0.120	0.291
0.128	0.348	0.128	0.339	0.128	0.335	0.128	0.327	0.128	0.320
0.136	0.417	0.136	0.405	0.136	0.401	0.136	0.390	0.136	0.383
0.145	0.479	0.145	0.468	0.145	0.462	0.145	0.454	0.145	0.442
0.154	0.487	0.154	0.476	0.154	0.471	0.154	0.462	0.154	0.451
0.164	0.495	0.164	0.485	0.164	0.480	0.164	0.471	0.164	0.459
0.174	0.510	0.174	0.501	0.174	0.494	0.174	0.485	0.174	0.473
0.186	0.452	0.186	0.444	0.186	0.439	0.186	0.430	0.186	0.420
0.197	0.422	0.197	0.416	0.197	0.412	0.197	0.404	0.197	0.397
0.210	0.472	0.210	0.464	0.210	0.461	0.210	0.452	0.210	0.444
0.224	0.489	0.224	0.482	0.224	0.478	0.224	0.471	0.224	0.462
0.238	0.425	0.238	0.422	0.238	0.419	0.238	0.413	0.238	0.405
0.253	0.394	0.253	0.390	0.253	0.388	0.253	0.382	0.253	0.376
0.269	0.357	0.269	0.352	0.269	0.350	0.269	0.346	0.269	0.342
0.287	0.340	0.287	0.337	0.287	0.335	0.287	0.331	0.287	0.327
0.305	0.418	0.305	0.416	0.305	0.413	0.305	0.408	0.305	0.403
0.325	0.443	0.325	0.441	0.325	0.438	0.325	0.432	0.325	0.426
0.345	0.404	0.345	0.401	0.345	0.398	0.345	0.392	0.345	0.386
0.368	0.399	0.368	0.396	0.368	0.393	0.368	0.387	0.368	0.381
0.391	0.373	0.391	0.370	0.391	0.368	0.391	0.363	0.391	0.358
0.416	0.343	0.416	0.340	0.416	0.338	0.416	0.333	0.416	0.329
0.443	0.321	0.443	0.317	0.443	0.315	0.443	0.310	0.443	0.306
0.471	0.267	0.471	0.271	0.471	0.270	0.471	0.269	0.471	0.266
0.502	0.351	0.502	0.357	0.502	0.357	0.502	0.358	0.502	0.358
0.534	0.395	0.534	0.401	0.534	0.401	0.534	0.402	0.534	0.403
0.568	0.374	0.568	0.380	0.568	0.380	0.568	0.380	0.568	0.382
0.604	0.315	0.604	0.315	0.604	0.314	0.604	0.311	0.604	0.309
0.643	0.298	0.643	0.298	0.643	0.296	0.643	0.293	0.643	0.291
0.684	0.293	0.684	0.293	0.684	0.292	0.684	0.289	0.684	0.287
0.728	0.303	0.728	0.307	0.728	0.306	0.728	0.305	0.728	0.304
0.775	0.331	0.775	0.332	0.775	0.331	0.775	0.329	0.775	0.327
0.825	0.311	0.825	0.322	0.825	0.323	0.825	0.323	0.825	0.323
0.878	0.327	0.878	0.333	0.878	0.332	0.878	0.329	0.878	0.328
0.934	0.321	0.934	0.330	0.934	0.330	0.934	0.328	0.934	0.326
0.994	0.260	0.994	0.264	0.994	0.265	0.994	0.265	0.994	0.267
1.057	0.257	1.057	0.261	1.057	0.260	1.057	0.257	1.057	0.255
1.125	0.217	1.125	0.219	1.125	0.218	1.125	0.215	1.125	0.212



1.197	0.185	1.197	0.187	1.197	0.188	1.197	0.191	1.197	0.193
1.274	0.197	1.274	0.207	1.274	0.209	1.274	0.212	1.274	0.215
1.356	0.231	1.356	0.243	1.356	0.244	1.356	0.246	1.356	0.248
1.443	0.232	1.443	0.244	1.443	0.244	1.443	0.243	1.443	0.242
1.535	0.233	1.535	0.234	1.535	0.232	1.535	0.226	1.535	0.221
1.634	0.268	1.634	0.271	1.634	0.269	1.634	0.266	1.634	0.262
1.738	0.229	1.738	0.256	1.738	0.260	1.738	0.264	1.738	0.267
1.850	0.273	1.850	0.308	1.850	0.313	1.850	0.319	1.850	0.324
1.968	0.283	1.968	0.322	1.968	0.329	1.968	0.343	1.968	0.357
2.095	0.283	2.095	0.319	2.095	0.327	2.095	0.342	2.095	0.358
2.229	0.208	2.229	0.236	2.229	0.243	2.229	0.254	2.229	0.266
2.372	0.143	2.372	0.161	2.372	0.165	2.372	0.173	2.372	0.180
2.524	0.113	2.524	0.125	2.524	0.128	2.524	0.135	2.524	0.141
2.686	0.107	2.686	0.114	2.686	0.116	2.686	0.118	2.686	0.121
2.858	0.103	2.858	0.110	2.858	0.111	2.858	0.114	2.858	0.117
3.041	0.090	3.041	0.093	3.041	0.094	3.041	0.096	3.041	0.097
3.236	0.085	3.236	0.089	3.236	0.089	3.236	0.091	3.236	0.093
3.444	0.068	3.444	0.071	3.444	0.072	3.444	0.073	3.444	0.075
3.665	0.061	3.665	0.063	3.665	0.063	3.665	0.064	3.665	0.065
3.900	0.045	3.900	0.047	3.900	0.047	3.900	0.048	3.900	0.049
4.150	0.030	4.150	0.032	4.150	0.032	4.150	0.033	4.150	0.033
4.416	0.028	4.416	0.028	4.416	0.028	4.416	0.028	4.416	0.028
4.699	0.021	4.699	0.022	4.699	0.022	4.699	0.022	4.699	0.022
5.000	0.015	5.000	0.016	5.000	0.016	5.000	0.016	5.000	0.016
5.321	0.012	5.321	0.012	5.321	0.012	5.321	0.013	5.321	0.013
5.662	0.009	5.662	0.010	5.662	0.010	5.662	0.010	5.662	0.011
6.025	0.008	6.025	0.008	6.025	0.008	6.025	0.009	6.025	0.009
6.411	0.006	6.411	0.007	6.411	0.007	6.411	0.007	6.411	0.007
6.822	0.005	6.822	0.006	6.822	0.006	6.822	0.006	6.822	0.006
7.260	0.005	7.260	0.005	7.260	0.005	7.260	0.005	7.260	0.005
7.725	0.004	7.725	0.004	7.725	0.004	7.725	0.005	7.725	0.005
8.220	0.003	8.220	0.004	8.220	0.004	8.220	0.004	8.220	0.004
8.747	0.003	8.747	0.003	8.747	0.003	8.747	0.003	8.747	0.004
9.308	0.003	9.308	0.003	9.308	0.003	9.308	0.003	9.308	0.003
9.905	0.002	9.905	0.003	9.905	0.003	9.905	0.003	9.905	0.003
10.000	0.002	10.000	0.002	10.000	0.003	10.000	0.003	10.000	0.003

Tabla C.2.1

Vs=60 m/s		Vs=100 m/s		Vs=142 m/s		Vs=182 m/s		Vs=222 m/s	
Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)
0.010	0.203	0.010	0.217	0.010	0.171	0.010	0.152	0.010	0.145
0.011	0.203	0.011	0.217	0.011	0.171	0.011	0.152	0.011	0.145
0.011	0.203	0.011	0.217	0.011	0.171	0.011	0.152	0.011	0.145
0.012	0.203	0.012	0.217	0.012	0.171	0.012	0.152	0.012	0.145
0.013	0.203	0.013	0.217	0.013	0.171	0.013	0.152	0.013	0.145
0.014	0.203	0.014	0.217	0.014	0.171	0.014	0.152	0.014	0.145
0.015	0.203	0.015	0.218	0.015	0.171	0.015	0.152	0.015	0.145
0.015	0.203	0.015	0.218	0.015	0.171	0.015	0.152	0.015	0.145
0.016	0.203	0.016	0.218	0.016	0.172	0.016	0.152	0.016	0.145
0.017	0.203	0.017	0.218	0.017	0.172	0.017	0.153	0.017	0.146
0.019	0.203	0.019	0.218	0.019	0.172	0.019	0.153	0.019	0.146
0.020	0.203	0.020	0.218	0.020	0.172	0.020	0.153	0.020	0.146
0.021	0.203	0.021	0.218	0.021	0.172	0.021	0.153	0.021	0.146
0.022	0.203	0.022	0.218	0.022	0.172	0.022	0.153	0.022	0.146
0.024	0.203	0.024	0.219	0.024	0.172	0.024	0.153	0.024	0.146
0.025	0.204	0.025	0.219	0.025	0.173	0.025	0.153	0.025	0.146
0.027	0.204	0.027	0.219	0.027	0.173	0.027	0.154	0.027	0.147
0.029	0.204	0.029	0.219	0.029	0.173	0.029	0.154	0.029	0.147
0.031	0.204	0.031	0.220	0.031	0.174	0.031	0.154	0.031	0.147
0.033	0.204	0.033	0.220	0.033	0.174	0.033	0.154	0.033	0.147
0.035	0.204	0.035	0.221	0.035	0.174	0.035	0.155	0.035	0.148
0.037	0.205	0.037	0.221	0.037	0.175	0.037	0.155	0.037	0.148
0.039	0.205	0.039	0.222	0.039	0.175	0.039	0.156	0.039	0.148
0.042	0.205	0.042	0.222	0.042	0.176	0.042	0.156	0.042	0.149
0.044	0.205	0.044	0.223	0.044	0.177	0.044	0.157	0.044	0.150
0.047	0.206	0.047	0.224	0.047	0.178	0.047	0.157	0.047	0.150
0.050	0.206	0.050	0.225	0.050	0.179	0.050	0.158	0.050	0.151
0.054	0.207	0.054	0.226	0.054	0.180	0.054	0.159	0.054	0.152
0.057	0.207	0.057	0.228	0.057	0.181	0.057	0.160	0.057	0.152
0.061	0.208	0.061	0.229	0.061	0.183	0.061	0.162	0.061	0.154
0.065	0.209	0.065	0.232	0.065	0.184	0.065	0.164	0.065	0.156
0.069	0.210	0.069	0.232	0.069	0.187	0.069	0.165	0.069	0.158
0.073	0.211	0.073	0.235	0.073	0.188	0.073	0.161	0.073	0.155
0.078	0.212	0.078	0.238	0.078	0.195	0.078	0.168	0.078	0.159
0.083	0.214	0.083	0.248	0.083	0.209	0.083	0.180	0.083	0.170

0.088	0.216	0.088	0.248	0.088	0.215	0.088	0.180	0.088	0.169
0.094	0.220	0.094	0.253	0.094	0.228	0.094	0.190	0.094	0.176
0.100	0.226	0.100	0.274	0.100	0.254	0.100	0.212	0.100	0.195
0.106	0.232	0.106	0.298	0.106	0.269	0.106	0.226	0.106	0.209
0.113	0.240	0.113	0.323	0.113	0.286	0.113	0.241	0.113	0.221
0.120	0.248	0.120	0.351	0.120	0.304	0.120	0.256	0.120	0.238
0.128	0.260	0.128	0.389	0.128	0.335	0.128	0.280	0.128	0.259
0.136	0.281	0.136	0.457	0.136	0.401	0.136	0.333	0.136	0.306
0.145	0.305	0.145	0.532	0.145	0.462	0.145	0.385	0.145	0.354
0.154	0.313	0.154	0.558	0.154	0.471	0.154	0.396	0.154	0.366
0.164	0.323	0.164	0.595	0.164	0.480	0.164	0.406	0.164	0.378
0.174	0.327	0.174	0.614	0.174	0.494	0.174	0.419	0.174	0.391
0.186	0.308	0.186	0.545	0.186	0.439	0.186	0.377	0.186	0.353
0.197	0.311	0.197	0.533	0.197	0.412	0.197	0.360	0.197	0.339
0.210	0.348	0.210	0.646	0.210	0.461	0.210	0.403	0.210	0.382
0.224	0.353	0.224	0.708	0.224	0.478	0.224	0.420	0.224	0.398
0.238	0.322	0.238	0.640	0.238	0.419	0.238	0.370	0.238	0.352
0.253	0.338	0.253	0.602	0.253	0.388	0.253	0.346	0.253	0.331
0.269	0.350	0.269	0.490	0.269	0.350	0.269	0.325	0.269	0.314
0.287	0.350	0.287	0.426	0.287	0.335	0.287	0.314	0.287	0.305
0.305	0.415	0.305	0.521	0.305	0.413	0.305	0.387	0.305	0.375
0.325	0.450	0.325	0.562	0.325	0.438	0.325	0.408	0.325	0.396
0.345	0.442	0.345	0.513	0.345	0.398	0.345	0.372	0.345	0.362
0.368	0.460	0.368	0.501	0.368	0.393	0.368	0.369	0.368	0.360
0.391	0.460	0.391	0.471	0.391	0.368	0.391	0.348	0.391	0.340
0.416	0.461	0.416	0.429	0.416	0.338	0.416	0.323	0.416	0.318
0.443	0.466	0.443	0.387	0.443	0.315	0.443	0.307	0.443	0.304
0.471	0.414	0.471	0.310	0.471	0.270	0.471	0.263	0.471	0.260
0.502	0.606	0.502	0.400	0.502	0.357	0.502	0.349	0.502	0.346
0.534	0.698	0.534	0.435	0.534	0.401	0.534	0.393	0.534	0.389
0.568	0.661	0.568	0.414	0.568	0.380	0.568	0.372	0.568	0.368
0.604	0.565	0.604	0.334	0.604	0.314	0.604	0.308	0.604	0.306
0.643	0.540	0.643	0.317	0.643	0.296	0.643	0.291	0.643	0.289
0.684	0.547	0.684	0.315	0.684	0.292	0.684	0.287	0.684	0.286
0.728	0.533	0.728	0.323	0.728	0.306	0.728	0.302	0.728	0.300
0.775	0.585	0.775	0.345	0.775	0.331	0.775	0.327	0.775	0.326
0.825	0.563	0.825	0.335	0.825	0.323	0.825	0.319	0.825	0.318
0.878	0.578	0.878	0.344	0.878	0.332	0.878	0.329	0.878	0.327
0.934	0.558	0.934	0.341	0.934	0.330	0.934	0.327	0.934	0.326
0.994	0.435	0.994	0.273	0.994	0.265	0.994	0.262	0.994	0.261
1.057	0.418	1.057	0.265	1.057	0.260	1.057	0.258	1.057	0.257
1.125	0.320	1.125	0.224	1.125	0.218	1.125	0.216	1.125	0.216

1.197	0.253	1.197	0.192	1.197	0.188	1.197	0.188	1.197	0.187
1.274	0.268	1.274	0.212	1.274	0.209	1.274	0.208	1.274	0.208
1.356	0.303	1.356	0.249	1.356	0.244	1.356	0.243	1.356	0.243
1.443	0.307	1.443	0.248	1.443	0.244	1.443	0.243	1.443	0.242
1.535	0.284	1.535	0.235	1.535	0.232	1.535	0.231	1.535	0.230
1.634	0.332	1.634	0.272	1.634	0.269	1.634	0.268	1.634	0.268
1.738	0.305	1.738	0.262	1.738	0.260	1.738	0.259	1.738	0.259
1.850	0.367	1.850	0.316	1.850	0.313	1.850	0.312	1.850	0.312
1.968	0.373	1.968	0.332	1.968	0.329	1.968	0.329	1.968	0.328
2.095	0.359	2.095	0.330	2.095	0.327	2.095	0.326	2.095	0.326
2.229	0.275	2.229	0.245	2.229	0.243	2.229	0.242	2.229	0.242
2.372	0.186	2.372	0.166	2.372	0.165	2.372	0.165	2.372	0.165
2.524	0.144	2.524	0.129	2.524	0.128	2.524	0.128	2.524	0.128
2.686	0.124	2.686	0.116	2.686	0.116	2.686	0.115	2.686	0.115
2.858	0.120	2.858	0.112	2.858	0.111	2.858	0.111	2.858	0.111
3.041	0.101	3.041	0.094	3.041	0.094	3.041	0.094	3.041	0.094
3.236	0.092	3.236	0.090	3.236	0.089	3.236	0.089	3.236	0.089
3.444	0.077	3.444	0.072	3.444	0.072	3.444	0.072	3.444	0.072
3.665	0.067	3.665	0.064	3.665	0.063	3.665	0.063	3.665	0.063
3.900	0.051	3.900	0.047	3.900	0.047	3.900	0.047	3.900	0.047
4.150	0.035	4.150	0.032	4.150	0.032	4.150	0.032	4.150	0.032
4.416	0.030	4.416	0.028	4.416	0.028	4.416	0.028	4.416	0.028
4.699	0.025	4.699	0.022	4.699	0.022	4.699	0.022	4.699	0.022
5.000	0.017	5.000	0.016	5.000	0.016	5.000	0.016	5.000	0.016
5.321	0.013	5.321	0.013	5.321	0.012	5.321	0.012	5.321	0.012
5.662	0.011	5.662	0.010	5.662	0.010	5.662	0.010	5.662	0.010
6.025	0.009	6.025	0.009	6.025	0.008	6.025	0.008	6.025	0.008
6.411	0.008	6.411	0.007	6.411	0.007	6.411	0.007	6.411	0.007
6.822	0.007	6.822	0.006	6.822	0.006	6.822	0.006	6.822	0.006
7.260	0.006	7.260	0.005	7.260	0.005	7.260	0.005	7.260	0.005
7.725	0.005	7.725	0.004	7.725	0.004	7.725	0.004	7.725	0.004
8.220	0.004	8.220	0.004	8.220	0.004	8.220	0.004	8.220	0.004
8.747	0.004	8.747	0.003	8.747	0.003	8.747	0.003	8.747	0.003
9.308	0.003	9.308	0.003	9.308	0.003	9.308	0.003	9.308	0.003
9.905	0.003	9.905	0.003	9.905	0.003	9.905	0.003	9.905	0.003
10.000	0.003	10.000	0.003	10.000	0.003	10.000	0.003	10.000	0.003

Tabla C.2.2

Vs (m/s)	262		222		182		142		100		60
Max PGA (g)	Depth (m)	Max PGA (g)	Depth (m)	Max PGA (g)	Depth (m)	Max PGA (g)	Depth (m)	Max PGA (g)	Depth (m)	Max PGA (g)	Depth (m)
0.21	1.75	0.14	1.75	0.15	1.75	0.22	1.75	0.22	1.75	0.20	1.75
0.14	5.04	0.13	5.04	0.13	5.04	0.11	5.04	0.11	5.04	0.15	5.04
0.12	8.10	0.10	8.10	0.11	8.10	0.12	8.10	0.12	8.10	0.14	8.10
0.11	11.17	0.10	11.17	0.11	11.17	0.13	11.17	0.13	11.17	0.10	11.17
0.16	14.25	0.15	14.25	0.15	14.25	0.13	14.25	0.13	14.25	0.13	14.25
0.18	17.32	0.16	17.32	0.16	17.32	0.13	17.32	0.13	17.32	0.17	17.32
0.16	20.39	0.13	20.39	0.13	20.39	0.13	20.39	0.13	20.39	0.16	20.39
0.14	23.45	0.18	23.45	0.18	23.45	0.17	23.45	0.17	23.45	0.17	23.45
0.18	26.24	0.22	26.24	0.22	26.24	0.21	26.24	0.21	26.24	0.21	26.24
0.19	29.71	0.21	29.71	0.21	29.71	0.21	29.71	0.21	29.71	0.21	29.71
0.18	34.15	0.19	34.15	0.19	34.15	0.19	34.15	0.19	34.15	0.18	34.15
0.16	38.59	0.15	38.59	0.15	38.59	0.15	38.59	0.15	38.59	0.15	38.59
0.15	43.03	0.15	43.03	0.14	43.03	0.14	43.03	0.14	43.03	0.14	43.03
0.16	47.47	0.18	47.47	0.18	47.47	0.18	47.47	0.18	47.47	0.18	47.47
0.16	51.91	0.17	51.91	0.17	51.91	0.17	51.91	0.17	51.91	0.17	51.91
0.16	56.35	0.16	56.35	0.16	56.35	0.16	56.35	0.16	56.35	0.16	56.35
0.18	60.79	0.19	60.79	0.19	60.79	0.19	60.79	0.19	60.79	0.19	60.79
0.20	66.24	0.21	66.24	0.21	66.24	0.21	66.24	0.21	66.24	0.21	66.24
0.20	72.69	0.20	72.69	0.20	72.69	0.20	72.69	0.20	72.69	0.20	72.69
0.19	79.14	0.18	79.14	0.18	79.14	0.18	79.14	0.18	79.14	0.19	79.14
0.18	85.58	0.18	85.58	0.18	85.58	0.18	85.58	0.18	85.58	0.18	85.58
0.18	92.03	0.19	92.03	0.19	92.03	0.19	92.03	0.19	92.03	0.19	92.03
0.19	98.48	0.20	98.48	0.20	98.48	0.20	98.48	0.20	98.48	0.20	98.48
0.21	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9
0.23	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4
0.24	117.8	0.2	117.8	0.2	117.8	0.2	117.8	0.2	117.8	0.2	117.8
0.26	124.3	0.3	124.3	0.3	124.3	0.3	124.3	0.3	124.3	0.3	124.3
0.27	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7

Tabla C.3.1

Vs=142 m/s		Vs=182 m/s		Vs=222 m/s		Vs=262 m/s		Vs=302 m/s	
Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)
0.010	0.092	0.010	0.132	0.010	0.171	0.010	0.213	0.010	0.232
0.011	0.092	0.011	0.132	0.011	0.171	0.011	0.213	0.011	0.232
0.011	0.092	0.011	0.132	0.011	0.171	0.011	0.213	0.011	0.232
0.012	0.092	0.012	0.132	0.012	0.171	0.012	0.213	0.012	0.232
0.013	0.092	0.013	0.132	0.013	0.171	0.013	0.213	0.013	0.232
0.014	0.092	0.014	0.132	0.014	0.171	0.014	0.213	0.014	0.232
0.015	0.092	0.015	0.132	0.015	0.171	0.015	0.213	0.015	0.232
0.015	0.092	0.015	0.132	0.015	0.171	0.015	0.213	0.015	0.232
0.016	0.092	0.016	0.132	0.016	0.172	0.016	0.213	0.016	0.233
0.017	0.092	0.017	0.132	0.017	0.172	0.017	0.214	0.017	0.233
0.019	0.092	0.019	0.132	0.019	0.172	0.019	0.214	0.019	0.233
0.020	0.092	0.020	0.132	0.020	0.172	0.020	0.214	0.020	0.233
0.021	0.092	0.021	0.132	0.021	0.172	0.021	0.214	0.021	0.234
0.022	0.092	0.022	0.132	0.022	0.172	0.022	0.214	0.022	0.234
0.024	0.092	0.024	0.132	0.024	0.172	0.024	0.215	0.024	0.234
0.025	0.092	0.025	0.133	0.025	0.173	0.025	0.215	0.025	0.235
0.027	0.092	0.027	0.133	0.027	0.173	0.027	0.215	0.027	0.235
0.029	0.092	0.029	0.133	0.029	0.173	0.029	0.216	0.029	0.236
0.031	0.092	0.031	0.133	0.031	0.174	0.031	0.216	0.031	0.236
0.033	0.092	0.033	0.133	0.033	0.174	0.033	0.217	0.033	0.237
0.035	0.092	0.035	0.134	0.035	0.174	0.035	0.218	0.035	0.238
0.037	0.092	0.037	0.134	0.037	0.175	0.037	0.218	0.037	0.239
0.039	0.092	0.039	0.134	0.039	0.175	0.039	0.219	0.039	0.240
0.042	0.092	0.042	0.135	0.042	0.176	0.042	0.220	0.042	0.241
0.044	0.092	0.044	0.135	0.044	0.177	0.044	0.222	0.044	0.243
0.047	0.092	0.047	0.135	0.047	0.178	0.047	0.223	0.047	0.244
0.050	0.092	0.050	0.136	0.050	0.179	0.050	0.224	0.050	0.245
0.054	0.092	0.054	0.137	0.054	0.180	0.054	0.225	0.054	0.247
0.057	0.092	0.057	0.137	0.057	0.181	0.057	0.228	0.057	0.250
0.061	0.093	0.061	0.138	0.061	0.183	0.061	0.230	0.061	0.253
0.065	0.093	0.065	0.139	0.065	0.184	0.065	0.232	0.065	0.255
0.069	0.093	0.069	0.140	0.069	0.187	0.069	0.237	0.069	0.263
0.073	0.094	0.073	0.140	0.073	0.188	0.073	0.239	0.073	0.265
0.078	0.094	0.078	0.144	0.078	0.195	0.078	0.251	0.078	0.282
0.083	0.095	0.083	0.148	0.083	0.209	0.083	0.270	0.083	0.302
0.088	0.096	0.088	0.147	0.088	0.215	0.088	0.278	0.088	0.313
0.094	0.097	0.094	0.149	0.094	0.228	0.094	0.297	0.094	0.337

0.100	0.097	0.100	0.150	0.100	0.254	0.100	0.329	0.100	0.378
0.106	0.099	0.106	0.157	0.106	0.269	0.106	0.347	0.106	0.396
0.113	0.101	0.113	0.162	0.113	0.286	0.113	0.368	0.113	0.421
0.120	0.103	0.120	0.173	0.120	0.304	0.120	0.389	0.120	0.441
0.128	0.107	0.128	0.189	0.128	0.335	0.128	0.430	0.128	0.486
0.136	0.110	0.136	0.221	0.136	0.401	0.136	0.517	0.136	0.590
0.145	0.113	0.145	0.253	0.145	0.462	0.145	0.596	0.145	0.675
0.154	0.117	0.154	0.261	0.154	0.471	0.154	0.600	0.154	0.676
0.164	0.122	0.164	0.272	0.164	0.480	0.164	0.603	0.164	0.678
0.174	0.125	0.174	0.281	0.174	0.494	0.174	0.608	0.174	0.680
0.186	0.118	0.186	0.251	0.186	0.439	0.186	0.523	0.186	0.573
0.197	0.120	0.197	0.240	0.197	0.412	0.197	0.485	0.197	0.512
0.210	0.139	0.210	0.278	0.210	0.461	0.210	0.545	0.210	0.573
0.224	0.154	0.224	0.295	0.224	0.478	0.224	0.562	0.224	0.596
0.238	0.155	0.238	0.266	0.238	0.419	0.238	0.473	0.238	0.502
0.253	0.161	0.253	0.263	0.253	0.388	0.253	0.425	0.253	0.433
0.269	0.161	0.269	0.257	0.269	0.350	0.269	0.408	0.269	0.430
0.287	0.166	0.287	0.262	0.287	0.335	0.287	0.393	0.287	0.415
0.305	0.200	0.305	0.322	0.305	0.413	0.305	0.471	0.305	0.498
0.325	0.212	0.325	0.335	0.325	0.438	0.325	0.494	0.325	0.520
0.345	0.203	0.345	0.301	0.345	0.398	0.345	0.453	0.345	0.476
0.368	0.209	0.368	0.309	0.368	0.393	0.368	0.450	0.368	0.476
0.391	0.205	0.391	0.293	0.391	0.368	0.391	0.417	0.391	0.434
0.416	0.200	0.416	0.270	0.416	0.338	0.416	0.386	0.416	0.400
0.443	0.194	0.443	0.253	0.443	0.315	0.443	0.371	0.443	0.387
0.471	0.181	0.471	0.222	0.471	0.270	0.471	0.304	0.471	0.330
0.502	0.240	0.502	0.301	0.502	0.357	0.502	0.350	0.502	0.319
0.534	0.268	0.534	0.336	0.534	0.401	0.534	0.400	0.534	0.373
0.568	0.248	0.568	0.316	0.568	0.380	0.568	0.379	0.568	0.352
0.604	0.215	0.604	0.259	0.604	0.314	0.604	0.338	0.604	0.333
0.643	0.179	0.643	0.218	0.643	0.296	0.643	0.323	0.643	0.321
0.684	0.176	0.684	0.210	0.684	0.292	0.684	0.312	0.684	0.317
0.728	0.159	0.728	0.204	0.728	0.306	0.728	0.374	0.728	0.382
0.775	0.144	0.775	0.205	0.775	0.331	0.775	0.362	0.775	0.337
0.825	0.140	0.825	0.251	0.825	0.323	0.825	0.301	0.825	0.277
0.878	0.139	0.878	0.278	0.878	0.332	0.878	0.291	0.878	0.264
0.934	0.203	0.934	0.336	0.934	0.330	0.934	0.281	0.934	0.254
0.994	0.216	0.994	0.329	0.994	0.265	0.994	0.216	0.994	0.198
1.057	0.219	1.057	0.325	1.057	0.260	1.057	0.220	1.057	0.209
1.125	0.202	1.125	0.267	1.125	0.218	1.125	0.194	1.125	0.186
1.197	0.210	1.197	0.229	1.197	0.188	1.197	0.178	1.197	0.169
1.274	0.246	1.274	0.249	1.274	0.209	1.274	0.193	1.274	0.187

1.356	0.279	1.356	0.275	1.356	0.244	1.356	0.233	1.356	0.226
1.443	0.256	1.443	0.267	1.443	0.244	1.443	0.229	1.443	0.220
1.535	0.246	1.535	0.252	1.535	0.232	1.535	0.217	1.535	0.210
1.634	0.249	1.634	0.282	1.634	0.269	1.634	0.258	1.634	0.251
1.738	0.212	1.738	0.250	1.738	0.260	1.738	0.251	1.738	0.246
1.850	0.219	1.850	0.308	1.850	0.313	1.850	0.302	1.850	0.296
1.968	0.272	1.968	0.343	1.968	0.329	1.968	0.315	1.968	0.306
2.095	0.283	2.095	0.344	2.095	0.327	2.095	0.317	2.095	0.311
2.229	0.216	2.229	0.254	2.229	0.243	2.229	0.234	2.229	0.228
2.372	0.159	2.372	0.176	2.372	0.165	2.372	0.158	2.372	0.153
2.524	0.138	2.524	0.139	2.524	0.128	2.524	0.123	2.524	0.120
2.686	0.127	2.686	0.122	2.686	0.116	2.686	0.111	2.686	0.109
2.858	0.128	2.858	0.119	2.858	0.111	2.858	0.107	2.858	0.105
3.041	0.113	3.041	0.102	3.041	0.094	3.041	0.092	3.041	0.092
3.236	0.110	3.236	0.096	3.236	0.089	3.236	0.088	3.236	0.087
3.444	0.091	3.444	0.077	3.444	0.072	3.444	0.070	3.444	0.069
3.665	0.073	3.665	0.065	3.665	0.063	3.665	0.062	3.665	0.061
3.900	0.056	3.900	0.050	3.900	0.047	3.900	0.046	3.900	0.044
4.150	0.039	4.150	0.034	4.150	0.032	4.150	0.031	4.150	0.031
4.416	0.032	4.416	0.029	4.416	0.028	4.416	0.028	4.416	0.027
4.699	0.026	4.699	0.022	4.699	0.022	4.699	0.021	4.699	0.021
5.000	0.017	5.000	0.016	5.000	0.016	5.000	0.016	5.000	0.015
5.321	0.013	5.321	0.013	5.321	0.012	5.321	0.012	5.321	0.012
5.662	0.011	5.662	0.011	5.662	0.010	5.662	0.010	5.662	0.010
6.025	0.009	6.025	0.009	6.025	0.008	6.025	0.008	6.025	0.008
6.411	0.008	6.411	0.007	6.411	0.007	6.411	0.007	6.411	0.007
6.822	0.006	6.822	0.006	6.822	0.006	6.822	0.006	6.822	0.006
7.260	0.005	7.260	0.005	7.260	0.005	7.260	0.005	7.260	0.005
7.725	0.005	7.725	0.005	7.725	0.004	7.725	0.004	7.725	0.004
8.220	0.004	8.220	0.004	8.220	0.004	8.220	0.004	8.220	0.004
8.747	0.004	8.747	0.004	8.747	0.003	8.747	0.003	8.747	0.003
9.308	0.003	9.308	0.003	9.308	0.003	9.308	0.003	9.308	0.003
9.905	0.003	9.905	0.003	9.905	0.003	9.905	0.002	9.905	0.002
10.000	0.002	10.000	0.003	10.000	0.003	10.000	0.002	10.000	0.002



Tabla C.3.2

Vs (m/s)	302		230		215		182		142
Max PGA (g)	Depth (m)	Max PGA (g)	Depth (m)	Max PGA (g)	Depth (m)	Max PGA (g)	Depth (m)	Max PGA (g)	Depth (m)
0.23	1.75	0.18	1.75	0.16	1.75	0.13	1.75	0.09	1.75
0.15	5.04	0.13	5.04	0.12	5.04	0.11	5.04	0.09	5.04
0.13	8.10	0.11	8.10	0.10	8.10	0.10	8.10	0.08	8.10
0.12	11.17	0.11	11.17	0.11	11.17	0.10	11.17	0.08	11.17
0.14	14.25	0.16	14.25	0.15	14.25	0.11	14.25	0.08	14.25
0.17	17.32	0.16	17.32	0.14	17.32	0.13	17.32	0.11	17.32
0.18	20.39	0.13	20.39	0.14	20.39	0.17	20.39	0.13	20.39
0.17	23.45	0.17	23.45	0.18	23.45	0.20	23.45	0.18	23.45
0.13	26.24	0.21	26.24	0.22	26.24	0.25	26.24	0.28	26.24
0.17	29.71	0.20	29.71	0.21	29.71	0.23	29.71	0.26	29.71
0.18	34.15	0.18	34.15	0.19	34.15	0.20	34.15	0.22	34.15
0.17	38.59	0.15	38.59	0.15	38.59	0.15	38.59	0.15	38.59
0.16	43.03	0.14	43.03	0.15	43.03	0.16	43.03	0.19	43.03
0.16	47.47	0.17	47.47	0.18	47.47	0.20	47.47	0.23	47.47
0.16	51.91	0.17	51.91	0.17	51.91	0.18	51.91	0.20	51.91
0.17	56.35	0.16	56.35	0.16	56.35	0.19	56.35	0.19	56.35
0.18	60.79	0.19	60.79	0.19	60.79	0.21	60.79	0.23	60.79
0.20	66.24	0.21	66.24	0.21	66.24	0.23	66.24	0.25	66.24
0.19	72.69	0.20	72.69	0.20	72.69	0.22	72.69	0.24	72.69
0.18	79.14	0.18	79.14	0.18	79.14	0.20	79.14	0.22	79.14
0.18	85.58	0.18	85.58	0.18	85.58	0.20	85.58	0.22	85.58
0.19	92.03	0.18	92.03	0.19	92.03	0.21	92.03	0.23	92.03
0.19	98.48	0.20	98.48	0.20	98.48	0.22	98.48	0.23	98.48
0.20	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9
0.22	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4	0.3	111.4
0.24	117.8	0.2	117.8	0.2	117.8	0.3	117.8	0.3	117.8
0.25	124.3	0.3	124.3	0.3	124.3	0.3	124.3	0.3	124.3
0.27	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7







Tabla C.4.2

Vs(m/s)	240		220		170		150		130
Max PGA (g)	Depth(m)	Max PGA (g)	Depth(m)	Max PGA (g)	Depth(m)	Max PGA (g)	Depth(m)	Max PGA (g)	Depth(m)
0.17	1.75	0.17	1.75	0.17	1.75	0.16	1.75	0.14	1.75
0.13	5.04	0.13	5.04	0.12	5.04	0.12	5.04	0.11	5.04
0.11	8.10	0.11	8.10	0.10	8.10	0.10	8.10	0.09	8.10
0.12	11.17	0.11	11.17	0.11	11.17	0.10	11.17	0.09	11.17
0.15	14.25	0.15	14.25	0.15	14.25	0.14	14.25	0.12	14.25
0.15	17.32	0.15	17.32	0.15	17.32	0.14	17.32	0.13	17.32
0.13	20.39	0.13	20.39	0.13	20.39	0.12	20.39	0.10	20.39
0.18	23.45	0.18	23.45	0.17	23.45	0.16	23.45	0.15	23.45
0.22	26.24	0.22	26.24	0.21	26.24	0.20	26.24	0.18	26.24
0.21	29.71	0.21	29.71	0.21	29.71	0.22	29.71	0.23	29.71
0.18	34.15	0.18	34.15	0.19	34.15	0.20	34.15	0.22	34.15
0.15	38.59	0.15	38.59	0.16	38.59	0.16	38.59	0.17	38.59
0.15	43.03	0.15	43.03	0.14	43.03	0.14	43.03	0.14	43.03
0.18	47.47	0.18	47.47	0.18	47.47	0.18	47.47	0.19	47.47
0.17	51.91	0.17	51.91	0.17	51.91	0.18	51.91	0.20	51.91
0.16	56.35	0.16	56.35	0.16	56.35	0.15	56.35	0.17	56.35
0.19	60.79	0.19	60.79	0.18	60.79	0.18	60.79	0.18	60.79
0.21	66.24	0.21	66.24	0.21	66.24	0.21	66.24	0.21	66.24
0.20	72.69	0.20	72.69	0.20	72.69	0.20	72.69	0.20	72.69
0.18	79.14	0.18	79.14	0.18	79.14	0.18	79.14	0.18	79.14
0.18	85.58	0.18	85.58	0.18	85.58	0.18	85.58	0.18	85.58
0.19	92.03	0.19	92.03	0.19	92.03	0.19	92.03	0.19	92.03
0.20	98.48	0.20	98.48	0.20	98.48	0.20	98.48	0.21	98.48
0.212	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9
0.234	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4
0.247	117.8	0.2	117.8	0.2	117.8	0.2	117.8	0.2	117.8
0.266	124.3	0.3	124.3	0.3	124.3	0.3	124.3	0.3	124.3
0.275	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7

Tabla C.5.1

Vs=210 m/s		Vs=250 m/s		Vs=293 m/s		Vs=330 m/s		Vs=350 m/s		Vs=370 m/s	
Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)
0.01	0.14	0.01	0.15	0.01	0.17	0.01	0.18	0.01	0.19	0.01	0.19
0.01	0.14	0.01	0.15	0.01	0.17	0.01	0.18	0.01	0.19	0.01	0.19
0.01	0.14	0.01	0.15	0.01	0.17	0.01	0.18	0.01	0.19	0.01	0.19
0.01	0.14	0.01	0.15	0.01	0.17	0.01	0.18	0.01	0.19	0.01	0.19
0.01	0.14	0.01	0.15	0.01	0.17	0.01	0.18	0.01	0.19	0.01	0.19
0.01	0.14	0.01	0.15	0.01	0.17	0.01	0.18	0.01	0.19	0.01	0.19
0.01	0.14	0.01	0.15	0.01	0.17	0.01	0.18	0.01	0.19	0.01	0.19
0.02	0.14	0.02	0.15	0.02	0.17	0.02	0.18	0.02	0.19	0.02	0.19
0.02	0.14	0.02	0.15	0.02	0.17	0.02	0.18	0.02	0.19	0.02	0.19
0.02	0.14	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.18	0.02	0.19	0.02	0.19
0.02	0.14	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.18	0.02	0.19	0.02	0.19
0.02	0.14	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.18	0.02	0.19	0.02	0.19
0.02	0.14	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.18	0.02	0.19	0.02	0.19
0.02	0.14	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.18	0.02	0.19	0.02	0.19
0.02	0.14	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.18	0.02	0.19	0.02	0.19
0.03	0.14	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.19	0.03	0.19	0.03	0.19
0.03	0.14	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.19	0.03	0.19	0.03	0.19
0.03	0.14	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.19	0.03	0.19	0.03	0.19
0.03	0.14	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.19	0.03	0.19	0.03	0.19
0.03	0.14	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.19	0.03	0.19	0.03	0.19
0.03	0.14	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.19	0.03	0.19	0.03	0.19
0.04	0.14	0.04	0.16	0.04	0.17	0.04	0.19	0.04	0.19	0.04	0.19
0.04	0.14	0.04	0.16	0.04	0.18	0.04	0.19	0.04	0.19	0.04	0.20
0.04	0.14	0.04	0.16	0.04	0.18	0.04	0.19	0.04	0.19	0.04	0.20
0.04	0.14	0.04	0.16	0.04	0.18	0.04	0.19	0.04	0.19	0.04	0.20
0.05	0.14	0.05	0.16	0.05	0.18	0.05	0.19	0.05	0.19	0.05	0.20
0.05	0.14	0.05	0.16	0.05	0.18	0.05	0.19	0.05	0.20	0.05	0.20
0.05	0.14	0.05	0.16	0.05	0.18	0.05	0.19	0.05	0.20	0.05	0.20
0.06	0.14	0.06	0.16	0.06	0.18	0.06	0.19	0.06	0.20	0.06	0.20
0.06	0.15	0.06	0.16	0.06	0.18	0.06	0.20	0.06	0.20	0.06	0.20
0.06	0.15	0.06	0.17	0.06	0.18	0.06	0.20	0.06	0.20	0.06	0.20
0.07	0.15	0.07	0.17	0.07	0.19	0.07	0.20	0.07	0.21	0.07	0.21
0.07	0.15	0.07	0.17	0.07	0.19	0.07	0.20	0.07	0.21	0.07	0.21
0.08	0.15	0.08	0.17	0.08	0.19	0.08	0.21	0.08	0.21	0.08	0.22
0.08	0.16	0.08	0.18	0.08	0.21	0.08	0.23	0.08	0.23	0.08	0.23
0.09	0.16	0.09	0.18	0.09	0.21	0.09	0.23	0.09	0.24	0.09	0.24
0.09	0.16	0.09	0.19	0.09	0.23	0.09	0.25	0.09	0.25	0.09	0.26

0.10	0.18	0.10	0.22	0.10	0.25	0.10	0.27	0.10	0.28	0.10	0.29
0.11	0.19	0.11	0.23	0.11	0.27	0.11	0.29	0.11	0.30	0.11	0.30
0.11	0.20	0.11	0.24	0.11	0.29	0.11	0.31	0.11	0.31	0.11	0.32
0.12	0.21	0.12	0.26	0.12	0.30	0.12	0.33	0.12	0.33	0.12	0.34
0.13	0.23	0.13	0.28	0.13	0.34	0.13	0.36	0.13	0.37	0.13	0.37
0.14	0.28	0.14	0.34	0.14	0.40	0.14	0.43	0.14	0.44	0.14	0.45
0.14	0.32	0.14	0.39	0.14	0.46	0.14	0.49	0.14	0.50	0.14	0.51
0.15	0.33	0.15	0.40	0.15	0.47	0.15	0.50	0.15	0.50	0.15	0.51
0.16	0.34	0.16	0.41	0.16	0.48	0.16	0.50	0.16	0.51	0.16	0.51
0.17	0.35	0.17	0.43	0.17	0.49	0.17	0.52	0.17	0.52	0.17	0.53
0.19	0.32	0.19	0.38	0.19	0.44	0.19	0.46	0.19	0.46	0.19	0.47
0.20	0.30	0.20	0.36	0.20	0.41	0.20	0.43	0.20	0.43	0.20	0.44
0.21	0.33	0.21	0.40	0.21	0.46	0.21	0.48	0.21	0.48	0.21	0.49
0.22	0.35	0.22	0.42	0.22	0.48	0.22	0.50	0.22	0.50	0.22	0.50
0.24	0.32	0.24	0.37	0.24	0.42	0.24	0.43	0.24	0.43	0.24	0.43
0.25	0.30	0.25	0.35	0.25	0.39	0.25	0.40	0.25	0.40	0.25	0.40
0.27	0.28	0.27	0.32	0.27	0.35	0.27	0.35	0.27	0.35	0.27	0.36
0.29	0.27	0.29	0.30	0.29	0.33	0.29	0.33	0.29	0.32	0.29	0.32
0.31	0.35	0.31	0.38	0.31	0.41	0.31	0.42	0.31	0.41	0.31	0.40
0.32	0.37	0.32	0.40	0.32	0.44	0.32	0.45	0.32	0.44	0.32	0.43
0.35	0.33	0.35	0.36	0.35	0.40	0.35	0.41	0.35	0.41	0.35	0.41
0.37	0.35	0.37	0.36	0.37	0.39	0.37	0.41	0.37	0.41	0.37	0.41
0.39	0.33	0.39	0.35	0.39	0.37	0.39	0.38	0.39	0.38	0.39	0.38
0.42	0.30	0.42	0.32	0.42	0.34	0.42	0.35	0.42	0.36	0.42	0.35
0.44	0.29	0.44	0.30	0.44	0.31	0.44	0.34	0.44	0.34	0.44	0.35
0.47	0.24	0.47	0.25	0.47	0.27	0.47	0.29	0.47	0.29	0.47	0.29
0.50	0.28	0.50	0.33	0.50	0.36	0.50	0.34	0.50	0.32	0.50	0.30
0.53	0.33	0.53	0.40	0.53	0.40	0.53	0.38	0.53	0.36	0.53	0.35
0.57	0.33	0.57	0.38	0.57	0.38	0.57	0.36	0.57	0.35	0.57	0.34
0.60	0.28	0.60	0.32	0.60	0.31	0.60	0.32	0.60	0.31	0.60	0.31
0.64	0.26	0.64	0.29	0.64	0.30	0.64	0.30	0.64	0.30	0.64	0.30
0.68	0.26	0.68	0.29	0.68	0.29	0.68	0.29	0.68	0.29	0.68	0.29
0.73	0.25	0.73	0.29	0.73	0.31	0.73	0.31	0.73	0.31	0.73	0.31
0.77	0.28	0.77	0.33	0.77	0.33	0.77	0.33	0.77	0.32	0.77	0.31
0.82	0.34	0.82	0.34	0.82	0.32	0.82	0.31	0.82	0.30	0.82	0.29
0.88	0.36	0.88	0.35	0.88	0.33	0.88	0.32	0.88	0.31	0.88	0.31
0.93	0.37	0.93	0.35	0.93	0.33	0.93	0.32	0.93	0.31	0.93	0.30
0.99	0.32	0.99	0.29	0.99	0.26	0.99	0.25	0.99	0.25	0.99	0.25
1.06	0.29	1.06	0.27	1.06	0.26	1.06	0.26	1.06	0.26	1.06	0.26
1.13	0.24	1.13	0.22	1.13	0.22	1.13	0.22	1.13	0.23	1.13	0.23
1.20	0.19	1.20	0.18	1.20	0.19	1.20	0.19	1.20	0.20	1.20	0.20
1.27	0.18	1.27	0.21	1.27	0.21	1.27	0.20	1.27	0.20	1.27	0.20

1.36	0.18	1.36	0.23	1.36	0.24	1.36	0.24	1.36	0.24	1.36	0.24
1.44	0.19	1.44	0.23	1.44	0.24	1.44	0.26	1.44	0.26	1.44	0.26
1.54	0.18	1.54	0.21	1.54	0.23	1.54	0.26	1.54	0.26	1.54	0.27
1.63	0.19	1.63	0.23	1.63	0.27	1.63	0.30	1.63	0.31	1.63	0.32
1.74	0.20	1.74	0.23	1.74	0.26	1.74	0.28	1.74	0.28	1.74	0.29
1.85	0.23	1.85	0.29	1.85	0.31	1.85	0.32	1.85	0.32	1.85	0.32
1.97	0.29	1.97	0.33	1.97	0.33	1.97	0.31	1.97	0.31	1.97	0.30
2.09	0.30	2.09	0.35	2.09	0.33	2.09	0.30	2.09	0.30	2.09	0.29
2.23	0.23	2.23	0.26	2.23	0.24	2.23	0.22	2.23	0.22	2.23	0.21
2.37	0.16	2.37	0.18	2.37	0.17	2.37	0.15	2.37	0.15	2.37	0.14
2.52	0.15	2.52	0.14	2.52	0.13	2.52	0.12	2.52	0.11	2.52	0.11
2.69	0.14	2.69	0.12	2.69	0.12	2.69	0.11	2.69	0.11	2.69	0.11
2.86	0.12	2.86	0.12	2.86	0.11	2.86	0.11	2.86	0.10	2.86	0.10
3.04	0.11	3.04	0.10	3.04	0.09	3.04	0.09	3.04	0.09	3.04	0.09
3.24	0.10	3.24	0.10	3.24	0.09	3.24	0.09	3.24	0.08	3.24	0.08
3.44	0.09	3.44	0.08	3.44	0.07	3.44	0.07	3.44	0.07	3.44	0.07
3.66	0.07	3.66	0.07	3.66	0.06	3.66	0.06	3.66	0.06	3.66	0.06
3.90	0.05	3.90	0.05	3.90	0.05	3.90	0.04	3.90	0.04	3.90	0.04
4.15	0.04	4.15	0.04	4.15	0.03	4.15	0.03	4.15	0.03	4.15	0.03
4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03
4.70	0.02	4.70	0.02	4.70	0.02	4.70	0.02	4.70	0.02	4.70	0.02
5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02
5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01
5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01
6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01
6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01
6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01
7.26	0.01	7.26	0.01	7.26	0.01	7.26	0.01	7.26	0.00	7.26	0.00
7.72	0.00	7.72	0.00	7.72	0.00	7.72	0.00	7.72	0.00	7.72	0.00
8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.00
8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00
9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00
9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00
10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00



Tabla C.5.2

Vs (m/s)	370		350		330		250		210
Max PGA (g)	Depth (m)	Max PGA (g)	Depth (m)	Max PGA (g)	Depth (m)	Max PGA (g)	Depth (m)	Max PGA (g)	Depth (m)
0.19	1.75	0.19	1.75	0.18	1.75	0.15	1.75	0.14	1.75
0.14	5.04	0.14	5.04	0.13	5.04	0.12	5.04	0.11	5.04
0.11	8.10	0.11	8.10	0.11	8.10	0.10	8.10	0.09	8.10
0.13	11.17	0.12	11.17	0.12	11.17	0.10	11.17	0.09	11.17
0.16	14.25	0.16	14.25	0.16	14.25	0.14	14.25	0.12	14.25
0.16	17.32	0.16	17.32	0.16	17.32	0.14	17.32	0.12	17.32
0.14	20.39	0.14	20.39	0.14	20.39	0.11	20.39	0.09	20.39
0.18	23.45	0.18	23.45	0.18	23.45	0.16	23.45	0.13	23.45
0.21	26.24	0.21	26.24	0.22	26.24	0.20	26.24	0.16	26.24
0.20	29.71	0.21	29.71	0.21	29.71	0.19	29.71	0.16	29.71
0.19	34.15	0.19	34.15	0.19	34.15	0.17	34.15	0.15	34.15
0.16	38.59	0.16	38.59	0.16	38.59	0.15	38.59	0.14	38.59
0.13	43.03	0.13	43.03	0.13	43.03	0.16	43.03	0.15	43.03
0.15	47.47	0.16	47.47	0.17	47.47	0.15	47.47	0.17	47.47
0.18	51.91	0.19	51.91	0.19	51.91	0.17	51.91	0.19	51.91
0.18	56.35	0.18	56.35	0.17	56.35	0.20	56.35	0.20	56.35
0.16	60.79	0.15	60.79	0.16	60.79	0.22	60.79	0.21	60.79
0.15	66.24	0.16	66.24	0.18	66.24	0.23	66.24	0.23	66.24
0.17	72.69	0.18	72.69	0.19	72.69	0.21	72.69	0.21	72.69
0.19	79.14	0.19	79.14	0.19	79.14	0.18	79.14	0.17	79.14
0.20	85.58	0.19	85.58	0.18	85.58	0.17	85.58	0.16	85.58
0.19	92.03	0.19	92.03	0.19	92.03	0.19	92.03	0.21	92.03
0.20	98.48	0.20	98.48	0.20	98.48	0.21	98.48	0.23	98.48
0.21	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9
0.21	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4
0.22	117.8	0.2	117.8	0.2	117.8	0.3	117.8	0.3	117.8
0.24	124.3	0.2	124.3	0.2	124.3	0.3	124.3	0.3	124.3
0.26	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7

Tabla C.6.1

Vs=300 m/s		Vs=340 m/s		Vs=389 m/s		Vs=430 m/s		Vs=470 m/s	
Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)
0.01	0.13	0.01	0.16	0.01	0.17	0.01	0.20	0.01	0.21
0.01	0.13	0.01	0.16	0.01	0.17	0.01	0.20	0.01	0.21
0.01	0.13	0.01	0.16	0.01	0.17	0.01	0.20	0.01	0.21
0.01	0.13	0.01	0.16	0.01	0.17	0.01	0.20	0.01	0.21
0.01	0.13	0.01	0.16	0.01	0.17	0.01	0.20	0.01	0.21
0.01	0.13	0.01	0.16	0.01	0.17	0.01	0.20	0.01	0.21
0.01	0.13	0.01	0.16	0.01	0.17	0.01	0.20	0.01	0.21
0.01	0.13	0.01	0.16	0.01	0.17	0.01	0.20	0.01	0.21
0.02	0.13	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.20	0.02	0.21
0.02	0.13	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.20	0.02	0.21
0.02	0.13	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.20	0.02	0.21
0.02	0.13	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.20	0.02	0.21
0.02	0.13	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.20	0.02	0.21
0.02	0.13	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.20	0.02	0.21
0.02	0.13	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.20	0.02	0.21
0.02	0.13	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.20	0.02	0.21
0.02	0.13	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.20	0.02	0.21
0.02	0.13	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.20	0.02	0.21
0.02	0.13	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.20	0.02	0.21
0.02	0.13	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.20	0.02	0.21
0.02	0.13	0.02	0.16	0.02	0.17	0.02	0.20	0.02	0.21
0.03	0.13	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.20	0.03	0.21
0.03	0.13	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.20	0.03	0.21
0.03	0.13	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.20	0.03	0.21
0.03	0.13	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.20	0.03	0.21
0.03	0.13	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.20	0.03	0.21
0.03	0.13	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.20	0.03	0.21
0.03	0.13	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.20	0.03	0.21
0.03	0.13	0.03	0.16	0.03	0.17	0.03	0.20	0.03	0.21
0.04	0.13	0.04	0.16	0.04	0.17	0.04	0.20	0.04	0.21
0.04	0.13	0.04	0.16	0.04	0.18	0.04	0.20	0.04	0.21
0.04	0.13	0.04	0.16	0.04	0.18	0.04	0.21	0.04	0.21
0.04	0.13	0.04	0.16	0.04	0.18	0.04	0.21	0.04	0.21
0.04	0.13	0.04	0.16	0.04	0.18	0.04	0.21	0.04	0.21
0.05	0.13	0.05	0.16	0.05	0.18	0.05	0.21	0.05	0.21
0.05	0.13	0.05	0.17	0.05	0.18	0.05	0.21	0.05	0.21
0.05	0.13	0.05	0.17	0.05	0.18	0.05	0.21	0.05	0.22
0.06	0.13	0.06	0.17	0.06	0.18	0.06	0.21	0.06	0.22
0.06	0.14	0.06	0.17	0.06	0.18	0.06	0.21	0.06	0.22
0.06	0.14	0.06	0.17	0.06	0.18	0.06	0.21	0.06	0.22
0.07	0.14	0.07	0.17	0.07	0.19	0.07	0.22	0.07	0.22
0.07	0.14	0.07	0.17	0.07	0.19	0.07	0.22	0.07	0.22
0.08	0.14	0.08	0.18	0.08	0.19	0.08	0.22	0.08	0.23
0.08	0.15	0.08	0.19	0.08	0.21	0.08	0.24	0.08	0.24
0.09	0.16	0.09	0.19	0.09	0.21	0.09	0.24	0.09	0.25
0.09	0.17	0.09	0.20	0.09	0.23	0.09	0.26	0.09	0.26

0.10	0.18	0.10	0.23	0.10	0.25	0.10	0.28	0.10	0.28
0.11	0.19	0.11	0.24	0.11	0.27	0.11	0.30	0.11	0.30
0.11	0.20	0.11	0.26	0.11	0.29	0.11	0.32	0.11	0.31
0.12	0.22	0.12	0.27	0.12	0.30	0.12	0.34	0.12	0.33
0.13	0.24	0.13	0.30	0.13	0.34	0.13	0.37	0.13	0.36
0.14	0.28	0.14	0.36	0.14	0.40	0.14	0.44	0.14	0.43
0.14	0.33	0.14	0.41	0.14	0.46	0.14	0.50	0.14	0.48
0.15	0.33	0.15	0.42	0.15	0.47	0.15	0.51	0.15	0.49
0.16	0.34	0.16	0.42	0.16	0.48	0.16	0.52	0.16	0.50
0.17	0.35	0.17	0.43	0.17	0.49	0.17	0.54	0.17	0.51
0.19	0.31	0.19	0.39	0.19	0.44	0.19	0.49	0.19	0.46
0.20	0.29	0.20	0.37	0.20	0.41	0.20	0.46	0.20	0.45
0.21	0.33	0.21	0.41	0.21	0.46	0.21	0.51	0.21	0.50
0.22	0.34	0.22	0.42	0.22	0.48	0.22	0.53	0.22	0.51
0.24	0.29	0.24	0.36	0.24	0.42	0.24	0.46	0.24	0.45
0.25	0.27	0.25	0.34	0.25	0.39	0.25	0.43	0.25	0.42
0.27	0.27	0.27	0.34	0.27	0.35	0.27	0.36	0.27	0.36
0.29	0.25	0.29	0.32	0.29	0.33	0.29	0.35	0.29	0.34
0.31	0.30	0.31	0.37	0.31	0.41	0.31	0.41	0.31	0.39
0.32	0.32	0.32	0.39	0.32	0.44	0.32	0.45	0.32	0.43
0.35	0.30	0.35	0.35	0.35	0.40	0.35	0.42	0.35	0.41
0.37	0.32	0.37	0.37	0.37	0.39	0.37	0.41	0.37	0.41
0.39	0.29	0.39	0.35	0.39	0.37	0.39	0.39	0.39	0.38
0.42	0.27	0.42	0.32	0.42	0.34	0.42	0.36	0.42	0.36
0.44	0.26	0.44	0.30	0.44	0.31	0.44	0.34	0.44	0.34
0.47	0.22	0.47	0.25	0.47	0.27	0.47	0.29	0.47	0.29
0.50	0.29	0.50	0.35	0.50	0.36	0.50	0.36	0.50	0.36
0.53	0.34	0.53	0.40	0.53	0.40	0.53	0.41	0.53	0.41
0.57	0.33	0.57	0.38	0.57	0.38	0.57	0.39	0.57	0.39
0.60	0.28	0.60	0.31	0.60	0.31	0.60	0.34	0.60	0.35
0.64	0.25	0.64	0.28	0.64	0.30	0.64	0.33	0.64	0.33
0.68	0.25	0.68	0.28	0.68	0.29	0.68	0.32	0.68	0.33
0.73	0.24	0.73	0.27	0.73	0.31	0.73	0.32	0.73	0.32
0.77	0.27	0.77	0.32	0.77	0.33	0.77	0.36	0.77	0.36
0.82	0.26	0.82	0.30	0.82	0.32	0.82	0.36	0.82	0.38
0.88	0.26	0.88	0.30	0.88	0.33	0.88	0.38	0.88	0.40
0.93	0.27	0.93	0.29	0.93	0.33	0.93	0.37	0.93	0.39
0.99	0.22	0.99	0.23	0.99	0.26	0.99	0.31	0.99	0.36
1.06	0.19	1.06	0.22	1.06	0.26	1.06	0.31	1.06	0.36
1.13	0.15	1.13	0.18	1.13	0.22	1.13	0.26	1.13	0.29
1.20	0.12	1.20	0.15	1.20	0.19	1.20	0.23	1.20	0.26
1.27	0.12	1.27	0.16	1.27	0.21	1.27	0.23	1.27	0.27

1.36	0.12	1.36	0.17	1.36	0.24	1.36	0.27	1.36	0.30
1.44	0.12	1.44	0.19	1.44	0.24	1.44	0.29	1.44	0.32
1.54	0.11	1.54	0.17	1.54	0.23	1.54	0.32	1.54	0.38
1.63	0.13	1.63	0.17	1.63	0.27	1.63	0.38	1.63	0.45
1.74	0.12	1.74	0.20	1.74	0.26	1.74	0.32	1.74	0.35
1.85	0.13	1.85	0.24	1.85	0.31	1.85	0.32	1.85	0.29
1.97	0.16	1.97	0.30	1.97	0.33	1.97	0.29	1.97	0.25
2.09	0.18	2.09	0.31	2.09	0.33	2.09	0.27	2.09	0.22
2.23	0.15	2.23	0.23	2.23	0.24	2.23	0.20	2.23	0.17
2.37	0.14	2.37	0.17	2.37	0.17	2.37	0.13	2.37	0.11
2.52	0.16	2.52	0.15	2.52	0.13	2.52	0.11	2.52	0.10
2.69	0.15	2.69	0.13	2.69	0.12	2.69	0.11	2.69	0.10
2.86	0.14	2.86	0.12	2.86	0.11	2.86	0.10	2.86	0.09
3.04	0.13	3.04	0.10	3.04	0.09	3.04	0.09	3.04	0.08
3.24	0.12	3.24	0.10	3.24	0.09	3.24	0.08	3.24	0.08
3.44	0.10	3.44	0.08	3.44	0.07	3.44	0.06	3.44	0.06
3.66	0.08	3.66	0.07	3.66	0.06	3.66	0.06	3.66	0.06
3.90	0.06	3.90	0.05	3.90	0.05	3.90	0.04	3.90	0.04
4.15	0.04	4.15	0.04	4.15	0.03	4.15	0.03	4.15	0.03
4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03
4.70	0.02	4.70	0.02	4.70	0.02	4.70	0.02	4.70	0.02
5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02
5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01
5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01
6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01
6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01
6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01
7.26	0.01	7.26	0.00	7.26	0.01	7.26	0.00	7.26	0.01
7.72	0.01	7.72	0.00	7.72	0.00	7.72	0.00	7.72	0.00
8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.00
8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00
9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00
9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00
10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00

Tabla C.6.2

Vs (m/s)	470		430		340		300	
Max PGA (g)	Depth(m)	Max PGA (g)	Depth(m)	Max PGA (g)	Depth(m)	Max PGA (g)	Depth(m)	
0.21	1.75	0.20	1.75	0.16	1.75	0.13	1.75	
0.16	5.04	0.15	5.04	0.12	5.04	0.10	5.04	
0.12	8.10	0.11	8.10	0.10	8.10	0.10	8.10	
0.15	11.17	0.14	11.17	0.11	11.17	0.08	11.17	
0.18	14.25	0.17	14.25	0.14	14.25	0.11	14.25	
0.17	17.32	0.17	17.32	0.14	17.32	0.11	17.32	
0.17	20.39	0.14	20.39	0.12	20.39	0.08	20.39	
0.21	23.45	0.19	23.45	0.15	23.45	0.12	23.45	
0.25	26.24	0.23	26.24	0.18	26.24	0.14	26.24	
0.24	29.71	0.22	29.71	0.17	29.71	0.13	29.71	
0.21	34.15	0.19	34.15	0.16	34.15	0.12	34.15	
0.17	38.59	0.16	38.59	0.13	38.59	0.10	38.59	
0.21	43.03	0.17	43.03	0.12	43.03	0.09	43.03	
0.24	47.47	0.21	47.47	0.14	47.47	0.11	47.47	
0.22	51.91	0.20	51.91	0.14	51.91	0.11	51.91	
0.20	56.35	0.18	56.35	0.13	56.35	0.10	56.35	
0.23	60.79	0.20	60.79	0.15	60.79	0.11	60.79	
0.25	66.24	0.23	66.24	0.17	66.24	0.12	66.24	
0.23	72.69	0.21	72.69	0.17	72.69	0.13	72.69	
0.20	79.14	0.19	79.14	0.16	79.14	0.14	79.14	
0.18	85.58	0.17	85.58	0.17	85.58	0.15	85.58	
0.21	92.03	0.20	92.03	0.18	92.03	0.16	92.03	
0.23	98.48	0.21	98.48	0.19	98.48	0.16	98.48	
0.24	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9	0.2	104.9	
0.25	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4	0.2	111.4	
0.26	117.8	0.2	117.8	0.2	117.8	0.2	117.8	
0.26	124.3	0.3	124.3	0.3	124.3	0.2	124.3	
0.26	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7	0.3	130.7	

Tabla C.7.1

CDGraH5		VsH2300		VsH2300H4h3H 5e2		H4h3		H4h5		VsH2H5	
Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)
0.01	0.15	0.01	0.16	0.01	0.15	0.01	0.15	0.01	0.18	0.01	0.19
0.01	0.15	0.01	0.16	0.01	0.15	0.01	0.15	0.01	0.18	0.01	0.19
0.01	0.15	0.01	0.16	0.01	0.15	0.01	0.15	0.01	0.18	0.01	0.19
0.01	0.15	0.01	0.16	0.01	0.15	0.01	0.15	0.01	0.18	0.01	0.19
0.01	0.15	0.01	0.16	0.01	0.15	0.01	0.15	0.01	0.18	0.01	0.19
0.01	0.15	0.01	0.16	0.01	0.15	0.01	0.15	0.01	0.18	0.01	0.19
0.01	0.15	0.01	0.16	0.01	0.15	0.01	0.15	0.01	0.18	0.01	0.19
0.02	0.15	0.02	0.16	0.02	0.15	0.02	0.15	0.02	0.18	0.02	0.19
0.02	0.15	0.02	0.16	0.02	0.15	0.02	0.15	0.02	0.18	0.02	0.19
0.02	0.15	0.02	0.16	0.02	0.15	0.02	0.15	0.02	0.18	0.02	0.19
0.02	0.15	0.02	0.16	0.02	0.15	0.02	0.15	0.02	0.18	0.02	0.19
0.02	0.15	0.02	0.16	0.02	0.16	0.02	0.15	0.02	0.18	0.02	0.19
0.02	0.15	0.02	0.16	0.02	0.16	0.02	0.15	0.02	0.18	0.02	0.19
0.02	0.15	0.02	0.16	0.02	0.16	0.02	0.15	0.02	0.18	0.02	0.19
0.02	0.15	0.02	0.16	0.02	0.16	0.02	0.15	0.02	0.18	0.02	0.19
0.02	0.15	0.02	0.16	0.02	0.16	0.02	0.15	0.02	0.18	0.02	0.19
0.03	0.15	0.03	0.16	0.03	0.16	0.03	0.15	0.03	0.18	0.03	0.19
0.03	0.15	0.03	0.16	0.03	0.16	0.03	0.15	0.03	0.18	0.03	0.19
0.03	0.15	0.03	0.16	0.03	0.16	0.03	0.15	0.03	0.18	0.03	0.19
0.03	0.15	0.03	0.16	0.03	0.16	0.03	0.15	0.03	0.18	0.03	0.19
0.03	0.15	0.03	0.16	0.03	0.16	0.03	0.15	0.03	0.18	0.03	0.19
0.03	0.15	0.03	0.16	0.03	0.16	0.03	0.15	0.03	0.18	0.03	0.19
0.03	0.15	0.03	0.16	0.03	0.16	0.03	0.15	0.03	0.18	0.03	0.19
0.04	0.15	0.04	0.16	0.04	0.16	0.04	0.15	0.04	0.18	0.04	0.19
0.04	0.15	0.04	0.16	0.04	0.16	0.04	0.15	0.04	0.18	0.04	0.19
0.04	0.15	0.04	0.16	0.04	0.16	0.04	0.15	0.04	0.18	0.04	0.19
0.04	0.15	0.04	0.16	0.04	0.16	0.04	0.15	0.04	0.18	0.04	0.19
0.05	0.15	0.05	0.16	0.05	0.16	0.05	0.15	0.05	0.18	0.05	0.19
0.05	0.15	0.05	0.17	0.05	0.16	0.05	0.15	0.05	0.18	0.05	0.19
0.05	0.15	0.05	0.17	0.05	0.16	0.05	0.15	0.05	0.18	0.05	0.19
0.06	0.15	0.06	0.17	0.06	0.16	0.06	0.15	0.06	0.18	0.06	0.19
0.06	0.15	0.06	0.17	0.06	0.16	0.06	0.16	0.06	0.19	0.06	0.20
0.06	0.15	0.06	0.17	0.06	0.16	0.06	0.16	0.06	0.19	0.06	0.20
0.07	0.15	0.07	0.17	0.07	0.17	0.07	0.16	0.07	0.19	0.07	0.20
0.07	0.15	0.07	0.17	0.07	0.17	0.07	0.16	0.07	0.19	0.07	0.20
0.08	0.15	0.08	0.18	0.08	0.17	0.08	0.16	0.08	0.19	0.08	0.20
0.08	0.16	0.08	0.19	0.08	0.18	0.08	0.17	0.08	0.20	0.08	0.20
0.09	0.16	0.09	0.19	0.09	0.19	0.09	0.18	0.09	0.20	0.09	0.21

0.09	0.17	0.09	0.21	0.09	0.20	0.09	0.19	0.09	0.21	0.09	0.21
0.10	0.19	0.10	0.23	0.10	0.22	0.10	0.21	0.10	0.23	0.10	0.21
0.11	0.21	0.11	0.24	0.11	0.23	0.11	0.22	0.11	0.25	0.11	0.22
0.11	0.22	0.11	0.25	0.11	0.25	0.11	0.23	0.11	0.26	0.11	0.23
0.12	0.23	0.12	0.27	0.12	0.26	0.12	0.25	0.12	0.28	0.12	0.23
0.13	0.25	0.13	0.29	0.13	0.29	0.13	0.27	0.13	0.30	0.13	0.26
0.14	0.29	0.14	0.35	0.14	0.35	0.14	0.33	0.14	0.35	0.14	0.27
0.14	0.33	0.14	0.40	0.14	0.40	0.14	0.38	0.14	0.40	0.14	0.29
0.15	0.34	0.15	0.41	0.15	0.40	0.15	0.38	0.15	0.41	0.15	0.30
0.16	0.34	0.16	0.41	0.16	0.40	0.16	0.38	0.16	0.42	0.16	0.31
0.17	0.36	0.17	0.42	0.17	0.42	0.17	0.38	0.17	0.43	0.17	0.32
0.19	0.33	0.19	0.37	0.19	0.37	0.19	0.35	0.19	0.39	0.19	0.29
0.20	0.31	0.20	0.34	0.20	0.35	0.20	0.33	0.20	0.37	0.20	0.28
0.21	0.34	0.21	0.37	0.21	0.38	0.21	0.35	0.21	0.40	0.21	0.32
0.22	0.35	0.22	0.38	0.22	0.38	0.22	0.36	0.22	0.41	0.22	0.37
0.24	0.31	0.24	0.33	0.24	0.33	0.24	0.31	0.24	0.35	0.24	0.36
0.25	0.30	0.25	0.31	0.25	0.31	0.25	0.32	0.25	0.35	0.25	0.38
0.27	0.29	0.27	0.30	0.27	0.30	0.27	0.31	0.27	0.35	0.27	0.38
0.29	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.33	0.29	0.38
0.31	0.34	0.31	0.34	0.31	0.35	0.31	0.35	0.31	0.39	0.31	0.44
0.32	0.37	0.32	0.36	0.32	0.37	0.32	0.37	0.32	0.41	0.32	0.46
0.35	0.35	0.35	0.32	0.35	0.34	0.35	0.33	0.35	0.39	0.35	0.44
0.37	0.36	0.37	0.32	0.37	0.34	0.37	0.34	0.37	0.40	0.37	0.46
0.39	0.34	0.39	0.31	0.39	0.32	0.39	0.33	0.39	0.37	0.39	0.44
0.42	0.34	0.42	0.29	0.42	0.30	0.42	0.31	0.42	0.35	0.42	0.42
0.44	0.35	0.44	0.28	0.44	0.31	0.44	0.31	0.44	0.35	0.44	0.43
0.47	0.30	0.47	0.25	0.47	0.27	0.47	0.27	0.47	0.30	0.47	0.37
0.50	0.30	0.50	0.33	0.50	0.34	0.50	0.36	0.50	0.27	0.50	0.35
0.53	0.35	0.53	0.38	0.53	0.39	0.53	0.41	0.53	0.31	0.53	0.40
0.57	0.34	0.57	0.36	0.57	0.37	0.57	0.39	0.57	0.31	0.57	0.38
0.60	0.32	0.60	0.30	0.60	0.31	0.60	0.32	0.60	0.31	0.60	0.36
0.64	0.31	0.64	0.29	0.64	0.30	0.64	0.30	0.64	0.29	0.64	0.36
0.68	0.31	0.68	0.28	0.68	0.29	0.68	0.30	0.68	0.28	0.68	0.38
0.73	0.31	0.73	0.29	0.73	0.34	0.73	0.31	0.73	0.29	0.73	0.38
0.77	0.34	0.77	0.37	0.77	0.39	0.77	0.39	0.77	0.33	0.77	0.35
0.82	0.34	0.82	0.32	0.82	0.34	0.82	0.37	0.82	0.34	0.82	0.32
0.88	0.36	0.88	0.33	0.88	0.33	0.88	0.36	0.88	0.36	0.88	0.33
0.93	0.36	0.93	0.31	0.93	0.33	0.93	0.35	0.93	0.37	0.93	0.31
0.99	0.30	0.99	0.24	0.99	0.24	0.99	0.27	0.99	0.35	0.99	0.35
1.06	0.31	1.06	0.23	1.06	0.23	1.06	0.25	1.06	0.35	1.06	0.34
1.13	0.26	1.13	0.19	1.13	0.18	1.13	0.20	1.13	0.29	1.13	0.28
1.20	0.23	1.20	0.17	1.20	0.20	1.20	0.19	1.20	0.26	1.20	0.26

1.27	0.24	1.27	0.20	1.27	0.23	1.27	0.22	1.27	0.29	1.27	0.30
1.36	0.27	1.36	0.21	1.36	0.25	1.36	0.24	1.36	0.31	1.36	0.32
1.44	0.30	1.44	0.22	1.44	0.24	1.44	0.24	1.44	0.32	1.44	0.35
1.54	0.34	1.54	0.20	1.54	0.22	1.54	0.22	1.54	0.39	1.54	0.40
1.63	0.41	1.63	0.20	1.63	0.26	1.63	0.24	1.63	0.45	1.63	0.47
1.74	0.36	1.74	0.23	1.74	0.28	1.74	0.26	1.74	0.35	1.74	0.34
1.85	0.36	1.85	0.30	1.85	0.36	1.85	0.35	1.85	0.26	1.85	0.24
1.97	0.31	1.97	0.38	1.97	0.41	1.97	0.41	1.97	0.22	1.97	0.20
2.09	0.28	2.09	0.40	2.09	0.42	2.09	0.42	2.09	0.20	2.09	0.18
2.23	0.21	2.23	0.30	2.23	0.31	2.23	0.32	2.23	0.15	2.23	0.14
2.37	0.14	2.37	0.20	2.37	0.21	2.37	0.21	2.37	0.11	2.37	0.10
2.52	0.11	2.52	0.17	2.52	0.17	2.52	0.17	2.52	0.09	2.52	0.09
2.69	0.11	2.69	0.15	2.69	0.13	2.69	0.14	2.69	0.09	2.69	0.09
2.86	0.10	2.86	0.13	2.86	0.13	2.86	0.13	2.86	0.09	2.86	0.08
3.04	0.09	3.04	0.11	3.04	0.10	3.04	0.11	3.04	0.08	3.04	0.07
3.24	0.08	3.24	0.10	3.24	0.10	3.24	0.10	3.24	0.07	3.24	0.07
3.44	0.07	3.44	0.09	3.44	0.08	3.44	0.08	3.44	0.06	3.44	0.06
3.66	0.06	3.66	0.07	3.66	0.07	3.66	0.07	3.66	0.05	3.66	0.05
3.90	0.04	3.90	0.05	3.90	0.05	3.90	0.05	3.90	0.04	3.90	0.04
4.15	0.03	4.15	0.04	4.15	0.04	4.15	0.04	4.15	0.03	4.15	0.03
4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03
4.70	0.02	4.70	0.02	4.70	0.02	4.70	0.02	4.70	0.02	4.70	0.02
5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02
5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01
5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01
6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01
6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01
6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01
7.26	0.01	7.26	0.01	7.26	0.01	7.26	0.01	7.26	0.01	7.26	0.01
7.72	0.00	7.72	0.00	7.72	0.01	7.72	0.01	7.72	0.00	7.72	0.00
8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.00
8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00
9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00
9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00
10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00



Tabla C.7.2

VsH2_dism_intermedia		H2hH5Vs		Amotiguamiento.dis 40%		Amotiguamiento VelsH1yH2		Amotiguamiento Vel.H5	
Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)	Period (sec)	PSA (g)
0.01	0.18	0.01	0.18	0.01	0.22	0.01	0.21	0.01	0.25
0.01	0.18	0.01	0.18	0.01	0.22	0.01	0.21	0.01	0.25
0.01	0.18	0.01	0.18	0.01	0.22	0.01	0.21	0.01	0.25
0.01	0.18	0.01	0.18	0.01	0.22	0.01	0.21	0.01	0.25
0.01	0.18	0.01	0.18	0.01	0.22	0.01	0.21	0.01	0.25
0.01	0.18	0.01	0.18	0.01	0.22	0.01	0.21	0.01	0.25
0.01	0.18	0.01	0.18	0.01	0.22	0.01	0.21	0.01	0.25
0.02	0.18	0.02	0.18	0.02	0.22	0.02	0.21	0.02	0.25
0.02	0.18	0.02	0.18	0.02	0.22	0.02	0.21	0.02	0.25
0.02	0.18	0.02	0.18	0.02	0.22	0.02	0.21	0.02	0.25
0.02	0.18	0.02	0.18	0.02	0.22	0.02	0.21	0.02	0.25
0.02	0.18	0.02	0.18	0.02	0.22	0.02	0.21	0.02	0.25
0.02	0.18	0.02	0.18	0.02	0.22	0.02	0.21	0.02	0.25
0.02	0.18	0.02	0.18	0.02	0.22	0.02	0.21	0.02	0.25
0.02	0.18	0.02	0.18	0.02	0.22	0.02	0.21	0.02	0.25
0.02	0.18	0.02	0.18	0.02	0.22	0.02	0.21	0.02	0.25
0.03	0.18	0.03	0.18	0.03	0.22	0.03	0.21	0.03	0.25
0.03	0.18	0.03	0.18	0.03	0.22	0.03	0.21	0.03	0.26
0.03	0.18	0.03	0.18	0.03	0.22	0.03	0.21	0.03	0.26
0.03	0.18	0.03	0.18	0.03	0.22	0.03	0.21	0.03	0.26
0.03	0.18	0.03	0.18	0.03	0.22	0.03	0.21	0.03	0.26
0.03	0.18	0.03	0.18	0.03	0.22	0.03	0.21	0.03	0.26
0.04	0.18	0.04	0.18	0.04	0.22	0.04	0.21	0.04	0.26
0.04	0.18	0.04	0.18	0.04	0.22	0.04	0.21	0.04	0.26
0.04	0.18	0.04	0.18	0.04	0.22	0.04	0.21	0.04	0.26
0.04	0.18	0.04	0.18	0.04	0.22	0.04	0.21	0.04	0.26
0.05	0.18	0.05	0.18	0.05	0.22	0.05	0.21	0.05	0.26
0.05	0.18	0.05	0.18	0.05	0.22	0.05	0.21	0.05	0.26
0.05	0.19	0.05	0.19	0.05	0.22	0.05	0.21	0.05	0.27
0.06	0.19	0.06	0.19	0.06	0.23	0.06	0.21	0.06	0.27
0.06	0.19	0.06	0.19	0.06	0.23	0.06	0.21	0.06	0.27
0.06	0.19	0.06	0.19	0.06	0.22	0.06	0.21	0.06	0.27
0.07	0.19	0.07	0.19	0.07	0.23	0.07	0.22	0.07	0.27
0.07	0.19	0.07	0.19	0.07	0.24	0.07	0.23	0.07	0.28
0.08	0.19	0.08	0.19	0.08	0.24	0.08	0.23	0.08	0.28
0.08	0.19	0.08	0.19	0.08	0.25	0.08	0.24	0.08	0.26
0.09	0.20	0.09	0.20	0.09	0.25	0.09	0.24	0.09	0.28

0.09	0.20	0.09	0.20	0.09	0.26	0.09	0.25	0.09	0.29
0.10	0.20	0.10	0.20	0.10	0.29	0.10	0.28	0.10	0.30
0.11	0.20	0.11	0.20	0.11	0.30	0.11	0.29	0.11	0.31
0.11	0.21	0.11	0.21	0.11	0.31	0.11	0.29	0.11	0.32
0.12	0.22	0.12	0.22	0.12	0.32	0.12	0.30	0.12	0.33
0.13	0.24	0.13	0.23	0.13	0.34	0.13	0.32	0.13	0.34
0.14	0.25	0.14	0.25	0.14	0.39	0.14	0.36	0.14	0.38
0.14	0.27	0.14	0.28	0.14	0.44	0.14	0.40	0.14	0.43
0.15	0.27	0.15	0.28	0.15	0.44	0.15	0.41	0.15	0.42
0.16	0.27	0.16	0.29	0.16	0.43	0.16	0.40	0.16	0.41
0.17	0.29	0.17	0.28	0.17	0.42	0.17	0.39	0.17	0.42
0.19	0.27	0.19	0.26	0.19	0.38	0.19	0.35	0.19	0.39
0.20	0.27	0.20	0.26	0.20	0.36	0.20	0.34	0.20	0.37
0.21	0.31	0.21	0.31	0.21	0.39	0.21	0.38	0.21	0.43
0.22	0.35	0.22	0.36	0.22	0.45	0.22	0.43	0.22	0.49
0.24	0.34	0.24	0.36	0.24	0.44	0.24	0.43	0.24	0.49
0.25	0.37	0.25	0.38	0.25	0.48	0.25	0.46	0.25	0.53
0.27	0.37	0.27	0.39	0.27	0.50	0.27	0.48	0.27	0.55
0.29	0.38	0.29	0.39	0.29	0.50	0.29	0.48	0.29	0.56
0.31	0.44	0.31	0.45	0.31	0.57	0.31	0.55	0.31	0.63
0.32	0.46	0.32	0.47	0.32	0.59	0.32	0.57	0.32	0.65
0.35	0.43	0.35	0.45	0.35	0.56	0.35	0.55	0.35	0.61
0.37	0.46	0.37	0.48	0.37	0.59	0.37	0.58	0.37	0.66
0.39	0.45	0.39	0.47	0.39	0.59	0.39	0.57	0.39	0.64
0.42	0.43	0.42	0.46	0.42	0.59	0.42	0.58	0.42	0.63
0.44	0.44	0.44	0.48	0.44	0.63	0.44	0.61	0.44	0.67
0.47	0.39	0.47	0.40	0.47	0.52	0.47	0.51	0.47	0.58
0.50	0.36	0.50	0.42	0.50	0.53	0.50	0.51	0.50	0.52
0.53	0.40	0.53	0.48	0.53	0.59	0.53	0.57	0.53	0.58
0.57	0.39	0.57	0.44	0.57	0.54	0.57	0.53	0.57	0.55
0.60	0.37	0.60	0.41	0.60	0.50	0.60	0.49	0.60	0.52
0.64	0.36	0.64	0.40	0.64	0.48	0.64	0.47	0.64	0.50
0.68	0.38	0.68	0.39	0.68	0.47	0.68	0.46	0.68	0.50
0.73	0.40	0.73	0.40	0.73	0.54	0.73	0.53	0.73	0.53
0.77	0.38	0.77	0.35	0.77	0.47	0.77	0.47	0.77	0.47
0.82	0.34	0.82	0.32	0.82	0.39	0.82	0.38	0.82	0.39
0.88	0.36	0.88	0.33	0.88	0.41	0.88	0.40	0.88	0.41
0.93	0.33	0.93	0.30	0.93	0.38	0.93	0.38	0.93	0.37
0.99	0.36	0.99	0.33	0.99	0.33	0.99	0.33	0.99	0.37
1.06	0.36	1.06	0.33	1.06	0.34	1.06	0.34	1.06	0.37
1.13	0.29	1.13	0.27	1.13	0.30	1.13	0.30	1.13	0.31
1.20	0.26	1.20	0.25	1.20	0.28	1.20	0.27	1.20	0.29

1.27	0.31	1.27	0.29	1.27	0.31	1.27	0.31	1.27	0.34
1.36	0.32	1.36	0.29	1.36	0.31	1.36	0.31	1.36	0.33
1.44	0.35	1.44	0.34	1.44	0.38	1.44	0.38	1.44	0.42
1.54	0.41	1.54	0.40	1.54	0.46	1.54	0.46	1.54	0.50
1.63	0.48	1.63	0.48	1.63	0.60	1.63	0.59	1.63	0.65
1.74	0.36	1.74	0.36	1.74	0.49	1.74	0.49	1.74	0.50
1.85	0.25	1.85	0.27	1.85	0.38	1.85	0.38	1.85	0.34
1.97	0.21	1.97	0.22	1.97	0.30	1.97	0.30	1.97	0.27
2.09	0.19	2.09	0.19	2.09	0.24	2.09	0.24	2.09	0.22
2.23	0.14	2.23	0.15	2.23	0.18	2.23	0.18	2.23	0.17
2.37	0.10	2.37	0.11	2.37	0.13	2.37	0.13	2.37	0.12
2.52	0.09	2.52	0.09	2.52	0.11	2.52	0.11	2.52	0.11
2.69	0.09	2.69	0.09	2.69	0.10	2.69	0.10	2.69	0.10
2.86	0.08	2.86	0.08	2.86	0.10	2.86	0.10	2.86	0.09
3.04	0.08	3.04	0.08	3.04	0.08	3.04	0.08	3.04	0.08
3.24	0.07	3.24	0.07	3.24	0.08	3.24	0.08	3.24	0.07
3.44	0.06	3.44	0.06	3.44	0.06	3.44	0.06	3.44	0.06
3.66	0.05	3.66	0.05	3.66	0.06	3.66	0.06	3.66	0.05
3.90	0.04	3.90	0.04	3.90	0.04	3.90	0.04	3.90	0.04
4.15	0.03	4.15	0.03	4.15	0.03	4.15	0.03	4.15	0.03
4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03	4.42	0.03
4.70	0.02	4.70	0.02	4.70	0.03	4.70	0.03	4.70	0.03
5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02	5.00	0.02
5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01	5.32	0.01
5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01	5.66	0.01
6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01	6.02	0.01
6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01	6.41	0.01
6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01	6.82	0.01
7.26	0.01	7.26	0.01	7.26	0.01	7.26	0.01	7.26	0.01
7.72	0.00	7.72	0.00	7.72	0.01	7.72	0.01	7.72	0.01
8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.00	8.22	0.01
8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00	8.75	0.00
9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00	9.31	0.00
9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00	9.91	0.00
10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00

Tabla C.8

Capa	Espesor (m)	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	V <sub>s</sub> (m/s)
H1	2	17.79	200
H2	1	18.15	300
H2	1	18.02	300
H2	1	18.02	300
H2	2.6	17.66	200
H2	4.3	17.92	200
H2	4.3	17.92	300
H2	3	17.92	300
H3	4	16.68	150
H4	4.4	20.6	280
H4	0.6	20.6	280
H4	1.9	20.6	280
H4	2.1	20.6	280
H4	6.6	20.6	280
H4	2.7	20.6	290
H4	4.9	20.6	290
H4	4.9	20.6	290
H5	5.46	18.64	290
H5	5.46	18.64	290
H5	5.46	18.64	389.4
H5	5.46	18.64	389.4
H5	5.46	18.64	389.4
H5	5.46	18.64	400
H5	5.46	18.64	400
H5	5.46	18.64	450
H5	5.46	18.64	450
H5	5.46	18.64	500
H <sub>total</sub>	105.9		

## ANEXO D : SONDAJES DEL PROFESOR MARIO VALENZUELA

- SONDAJE BARROS ARANA 1164



### 1.- SONDAJE DE PENETRACION S1 (30,45 m. de profundidad)

#### 1.1.- MUESTREO Y ENSAYO SPT ASTM D 1586-99

Inicio sondaje : 01-02-2010

Termino del sondaje : 05-02-2010

Sonda : Acker AMC-2

Operador sonda : Alex González R

Ubicación : Calle Barros Arana N° 1164

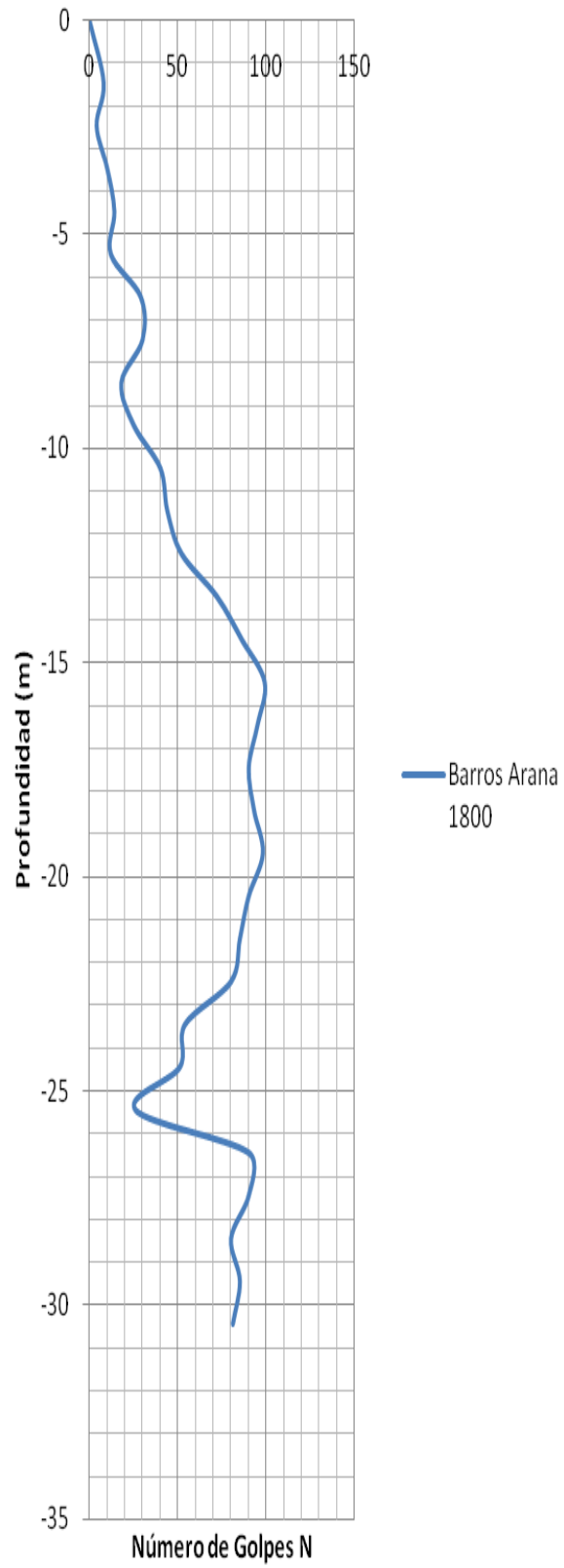
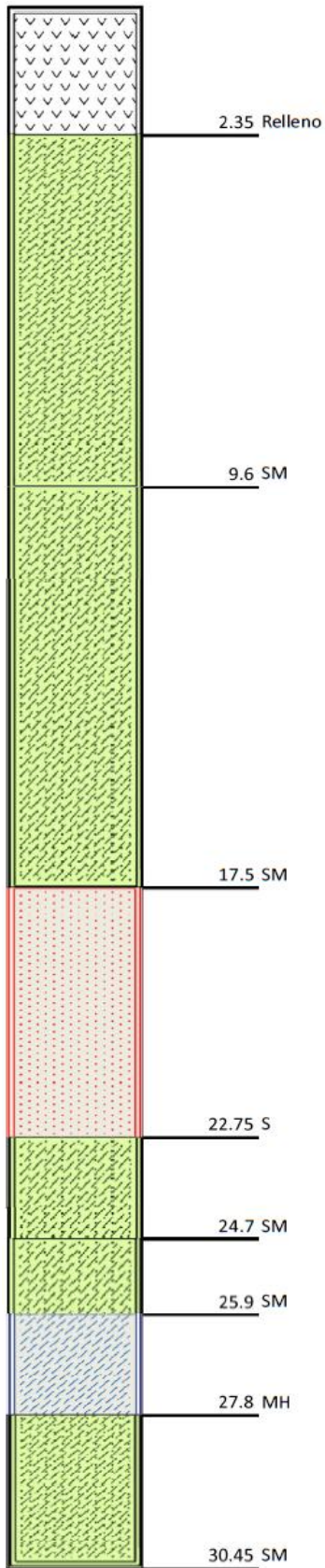
Cota de boca: nivel de terreno actual

Muestra	Profundidad (m)	SPT (golpes /30cm)	Muestreador Tipo
1	1,00-1,45	8	CN
2	2,00-2,45	4	CN
3	3,00-3,45	10	CN
4	4,00-4,45	14	CN
5	5,00-5,45	12	CN
6	6,00-6,45	29	CN
7	7,00-7,45	30	CN
8	8,00-8,45	18	CN
9	9,00-9,45	25	CN
10	10,00-10,45	40	CN
11	11,00-11,45	44	CN
12	12,00-12,45	52	CN
13	13,00-13,45	72	CN
14	14,00-14,45	86	CN
15	15,00-15,45	99	CN
16	16,00-16,45	95	CN
17	17,00-17,45	90	CN
18	18,00-18,45	93	CN
19	19,00-19,45	98	CN
20	20,00-20,45	90	CN
21	21,00-21,45	85	CN
22	22,00-22,45	80	CN
23	23,00-23,45	54	CN
24	24,00-24,45	51	CN
25	25,00-25,45	26	CN
26	26,00-26,50	--	Sh
27	27,00-27,50	--	Sh
28	28,00-28,45	80	CN
29	29,00-29,45	85	CN
30	30,00-30,45	81	CN



### 1.3.-ESTRATIGRAFIA OBSERVADA EN SONDAJE S1

Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
1	0,00-0,20	Suelo vegetal
2	0,20-2,35	Relleno de arena fina y escombros
3	2,35-9,60	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, de compacidad media, humedad alta hasta 7,00m, bajo esa profundidad el estrato se presenta saturado
4	9,60-17,50	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, compacta a muy compacta, saturada
5	17,50-22,75	Arena fina, con algo de fino, color gris, muy compacta , saturada
6	22,75-24,70	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada
7	24,70-25,90	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, de compacidad media, saturada
8	25,90-27,80	Limo de alta compresibilidad, plástico, color gris, de consistencia semi dura, saturado
9	27,80-30,45	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada



- SONDAJE CASTELLON 1300

## 1.- SONDAJE DE PENETRACION S1 (34,95 m. de profundidad)

## 1.1.- MUESTREO Y ENSAYO SPT ASTM D 1586-99

Inicio sondaje : 28-03-2012

Termino del sondaje : 05-04-2012

Sonda : Acker AMC-2

Operador sonda : Alex González R

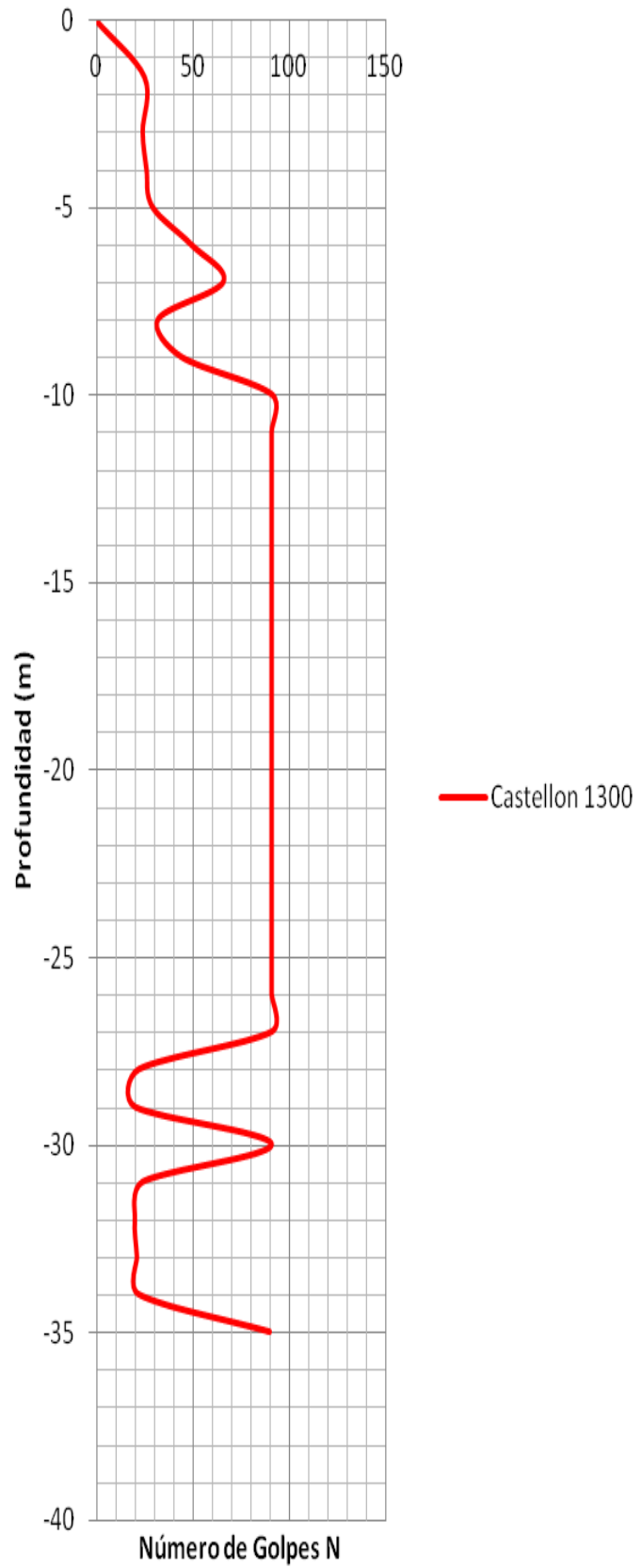
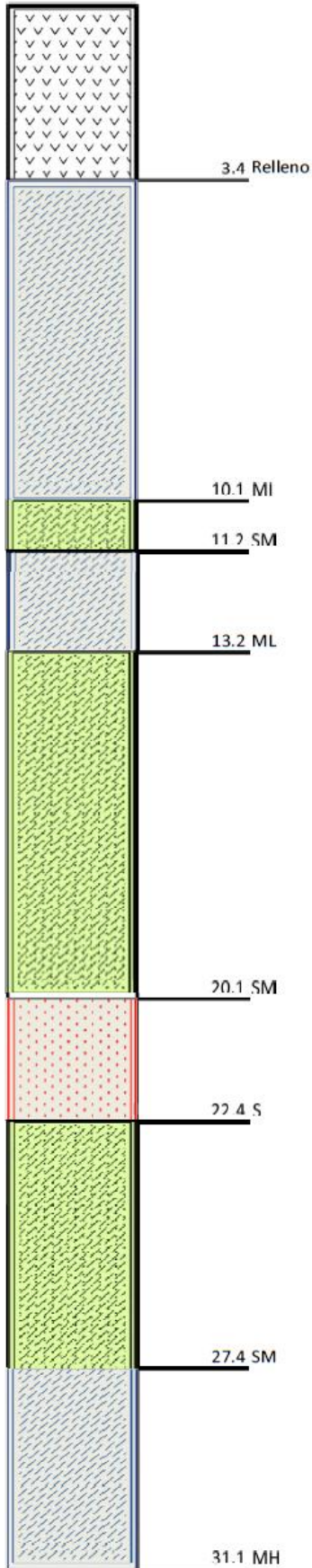
Cota de boca: nivel de losa estacionamiento subterráneo

Muestra Nº	Profundidad (m)	Muestreador Tipo	Índice de Penetracion			SPT
			N1	N2	N3	
Antepozo	1,50					
1	2,50-2,95	CN	12	15	10	25
2	3,50-3,95	CN	7	12	12	24
3	4,50-4,95	CN	8	12	14	26
4	5,50-5,95	CN	9	14	15	29
5	6,50-6,95	CN	20	23	26	49
6	7,50-7,95	CN	23	31	35	66
7	8,50-8,95	CN	13	16	16	32
8	9,50-9,95	CN	15	18	26	44
9	10,50-10,95	CN	36	74	R	R
10	11,50-11,95	CN	15	24	48	72
11	12,50-12,95	CN	11	38	53	91
12	13,50-13,95	CN	46	84	R	R
13	14,50-14,95	CN	21	68	R	R
14	15,50-15,95	CN	31	72	R	R
15	16,50-16,95	CN	39	97	R	R
16	17,50-17,95	CN	37	68	R	R
17	18,50-18,95	CN	34	69	R	R
18	19,50-19,95	CN	37	71	R	R
19	20,50-20,95	CN	54	81	R	R
20	21,50-21,95	CN	41	69	R	R
21	22,50-22,95	CN	35	64	R	R
22	23,50-23,95	CN	35	64	R	R
23	24,50-24,95	CN	61	R	R	R
24	25,50-25,95	CN	100	R	R	R
25	26,50-26,95	CN	96	R	R	R
26	27,50-27,95	CN	7	10	12	22
27	28,50-28,95	CN	6	7	13	20
28	29,50-30,00	Sh	--	--	--	--
29	30,50-30,95	CN	9	12	12	24
30	31,50-31,95	CN	6	8	12	20
31	32,50-32,95	CN	7	9	12	21
32	33,50-33,95	CN	7	8	14	22
33	34,50-34,95	CN	32	32	R	R



## 1.3.-ESTRATIGRAFIA OBSERVADA EN SONDAJE S1

Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
1	0,00-0,10	Losa de hormigón del Estacionamiento Subterráneo
2	0,10-0,25	Relleno conformado por base estabilizada.
3	0,25-3,40	Relleno de arena media, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, compacto, humedad alta hasta 2,20m., bajo esa profundidad el estrato se presenta saturado. Se observa algo de escombros hasta 1,40m.
4	3,40-8,65	Limo de baja compresibilidad, no plástico, color gris, de consistencia dura a muy dura, saturado
5	8,65-9,20	Limo de baja compresibilidad, plástico, color gris, consistencia muy dura, saturado
6	9,20-10,10	Limo de baja compresibilidad, no plástico, color gris, de consistencia muy dura, saturado
7	10,10-11,20	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta saturada
8	11,20-13,20	Limo de baja compresibilidad, no plástico, color gris, de consistencia muy dura, saturado
9	13,20-18,15	Arena fina, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, muy compacta saturada
10	18,15-20,10	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta saturada
11	20,10-22,40	Arena media, limpia de finos, color gris, muy compacta, saturada
12	22,40-27,40	Arena fina, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, muy compacta saturada
13	27,40-31,10	Limo de alta compresibilidad, plástico, color gris, de consistencia dura, saturado.
14	31,10-34,20	Limo de baja compresibilidad, plástico, color gris, de consistencia



- SONDAJE COCHRANE 1200

1.- SONDAJE DE PENETRACION S1 (30,45 m. de profundidad)

1.1.- MUESTREO Y ENSAYO SPT ASTM D 1586-99

Inicio sondaje : 05-11-2008

Termino del sondaje : 11-11-2008

Sonda : Acker N5-W

Operador sonda : Alex González R

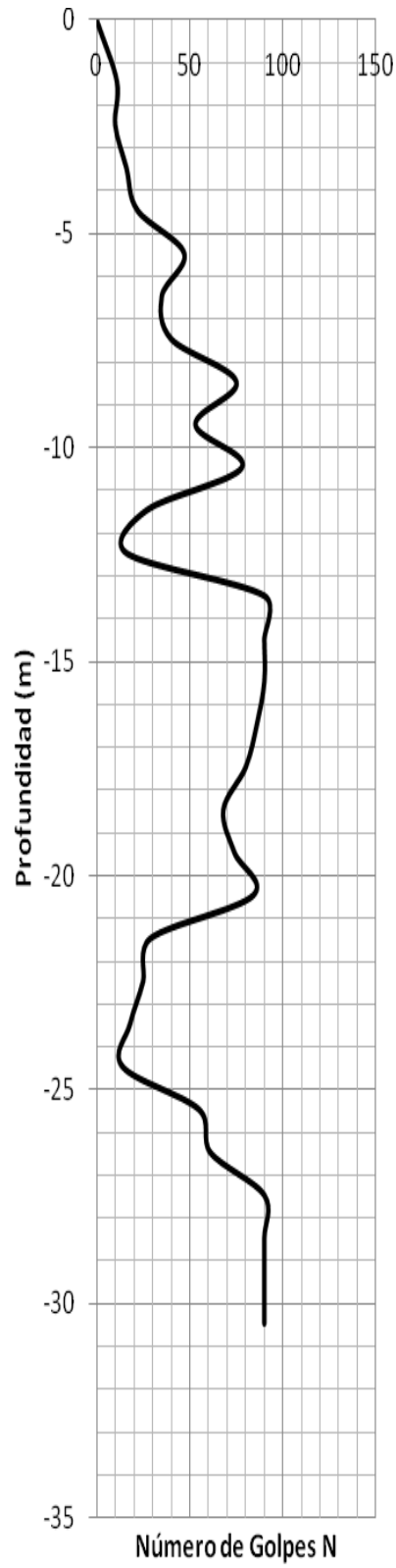
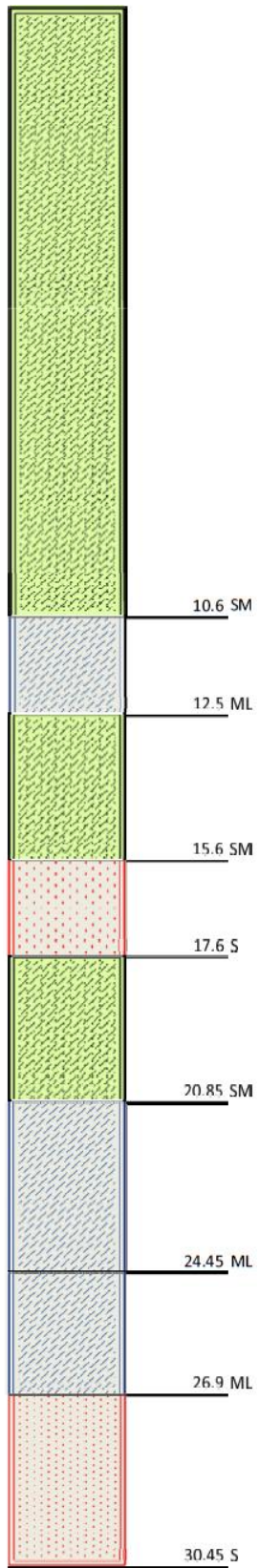
Ubicación : Calle Cochrane

Cota de boca: nivel de terreno actual

Muestra N °	Profundidad (m)	Muestreador	SPT (Golpes/30cm.)
1	1,00-1,45	CN	11
2	2,00-2,45	CN	10
3	3,00-3,45	CN	16
4	4,00-4,45	CN	22
5	5,00-5,45	CN	47
6	6,00-6,45	CN	35
7	7,00-7,45	CN	40
8	8,00-8,45	CN	75
9	9,00-9,45	CN	53
10	10,00-10,45	CN	78
11	11,00-11,45	CN	27
12	12,00-12,45	CN	16
13	13,00-13,45	CN	R
14	14,00-14,45	CN	R
15	15,00-15,45	CN	R
16	16,00-16,45	CN	86
17	17,00-17,45	CN	80
18	18,00-18,45	CN	68
19	19,00-19,45	CN	74
20	20,00-20,45	CN	84
21	21,00-21,45	CN	29
22	22,00-22,45	CN	25
23	23,00-23,45	CN	18
24	24,00-24,45	CN	14
25	25,00-25,45	CN	55
26	26,00-26,45	CN	61
27	27,00-27,45	CN	R
28	28,00-28,45	CN	R
29	29,00-29,45	CN	R
30	30,00-30,45	CN	R

## 1.3.- ESTRATIGRAFIA OBSERVADA EN SONDAJE S1

Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
1	0,00-4,80	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, de compacidad media , humedad alta.
2	4,80-10,60	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, compacta a muy compacta a medida que se profundiza, humedad alta hasta 5,70 m., bajo esa profundidad el estrato se presenta saturado
3	10,60-12,50	Limo de baja compresibilidad, no plástico, color gris, de consistencia dura, saturado
4	12,50-15,60	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada.
5	15,60-17,60	Arena media a fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada
6	17,60-20,85	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada
7	20,85-24,45	Limo de baja compresibilidad, plástico, color gris, de consistencia dura, saturado
8	24,45-26,90	Limo de baja compresibilidad, no plástico, color gris, de consistencia muy dura, saturado
9	26,90-30,45	Arena fina, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada



— Cochrane 1200

- SONDAJE FREIRE 1800



1.- SONDAJE DE PENETRACION S1 (30,45 m. de profundidad)

1.1.- MUESTREO Y ENSAYO SPT ASTM D 1586-99

Inicio sondaje : 20-03-2013

Termino del sondaje : 26-03-2013

Sonda : Acker AMC-2

Operador sonda : Alex González R

Cota de boca: nivel de terreno actual

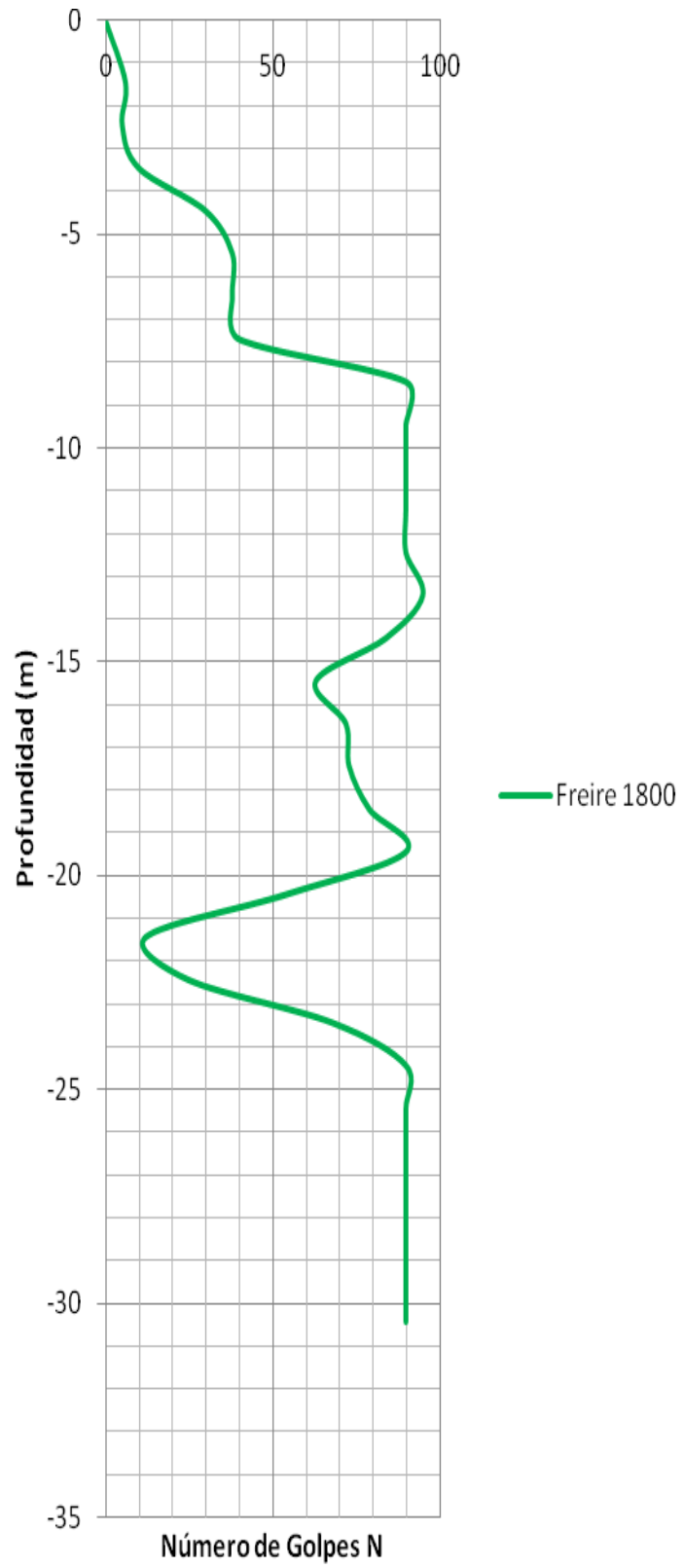
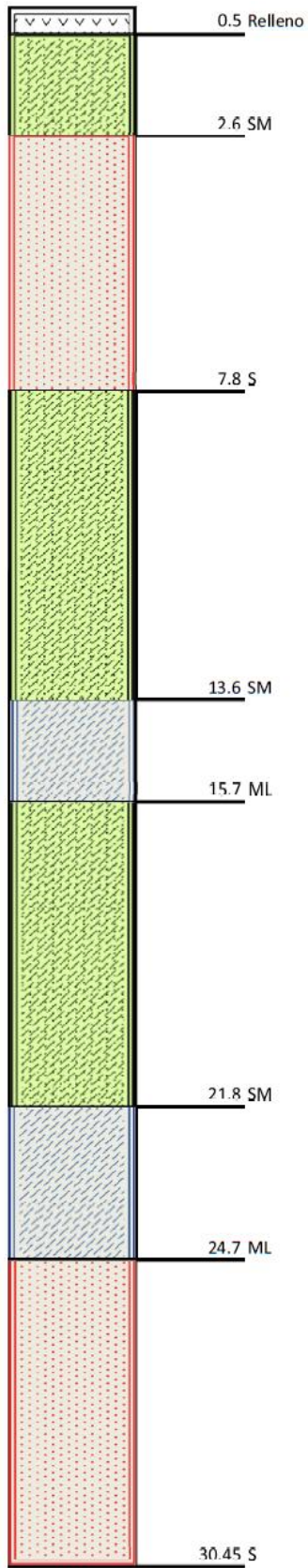
Muestra Nº	Profundidad (m)	Muestreador Tipo	Índice de Penetracion			
			N1	N2	N3	SPT
1	1,00-1,45	CN	4	3	3	6
2	2,00-2,45	CN	2	3	2	5
3	3,00-3,45	CN	4	4	6	10
4	4,00-4,45	CN	10	14	16	30
5	5,00-5,45	CN	12	17	21	38
6	6,00-6,45	CN	9	15	23	38
7	7,00-7,45	CN	13	19	21	40
8	8,00-8,45	CN	45	59	R	R
9	9,00-9,45	CN	41	61	R	R
10	10,00-10,45	CN	38	56	R	R
11	11,00-11,45	CN	39	62	R	R
12	12,00-12,45	CN	37	60	R	R
13	13,00-13,45	CN	23	45	50	95
14	14,00-14,45	CN	30	44	40	84
15	15,00-15,45	CN	28	36	27	63
16	16,00-16,45	CN	26	33	39	72
17	17,00-17,45	CN	26	31	42	73
18	18,00-18,45	CN	25	27	45	72
19	19,00-19,45	CN	21	33	46	79
20	20,00-20,45	CN	25	48	R	R
21	21,00-21,45	CN	16	21	33	54
22	22,00-22,45	CN	5	5	7	12
23	23,00-23,45	CN	9	12	13	25
24	24,00-24,45	CN	21	32	36	68
25	25,00-25,45	CN	36	80	R	R
26	26,00-26,45	CN	42	R	R	R
27	27,00-27,45	CN	34	48	R	R
28	28,00-28,45	CN	26	50	R	R
29	29,00-29,45	CN	31	48	R	R
30	30,00-30,45	CN	29	58	R	R





### 1.3.-ESTRATIGRAFIA OBSERVADA EN SONDAJE S1

Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
1	0,00-0,20	Base estabilizada
2	0,20-0,30	Capa de asfalto
3	0,30-0,50	Relleno de maicillo
4	0,50-2,60	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, suelta, humedad alta.
5	2,60-7,80	Arena fina, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, de compacidad media a compacta, humedad alta hasta 3,30m., bajo esa profundidad el estrato se presenta saturado
6	7,80-10,60	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, compacta a muy compacta, saturada
7	10,60-13,60	Arena fina, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada
8	13,60-15,70	Limo de baja compresibilidad, no plástico, color gris, muy duro, saturado
9	15,70-21,80	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada
10	21,80-22,90	Limo de alta compresibilidad, plástico, color gris, de consistencia semi dura , saturado
11	22,90-24,70	Limo de baja compresibilidad, plástico, color gris, de consistencia dura a muy dura, saturado
12	24,70-30,45	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada





- SONDAJE JANEQUEO 560



1.- SONDAJE DE PENETRACION S1 (30,45 m. de profundidad)

1.1.- MUESTREO Y ENSAYO SPT ASTM D 1586-99

Inicio sondaje : 14-04-2014

Termino del sondaje : 22-04-2014

Sonda : Acker AM C-2

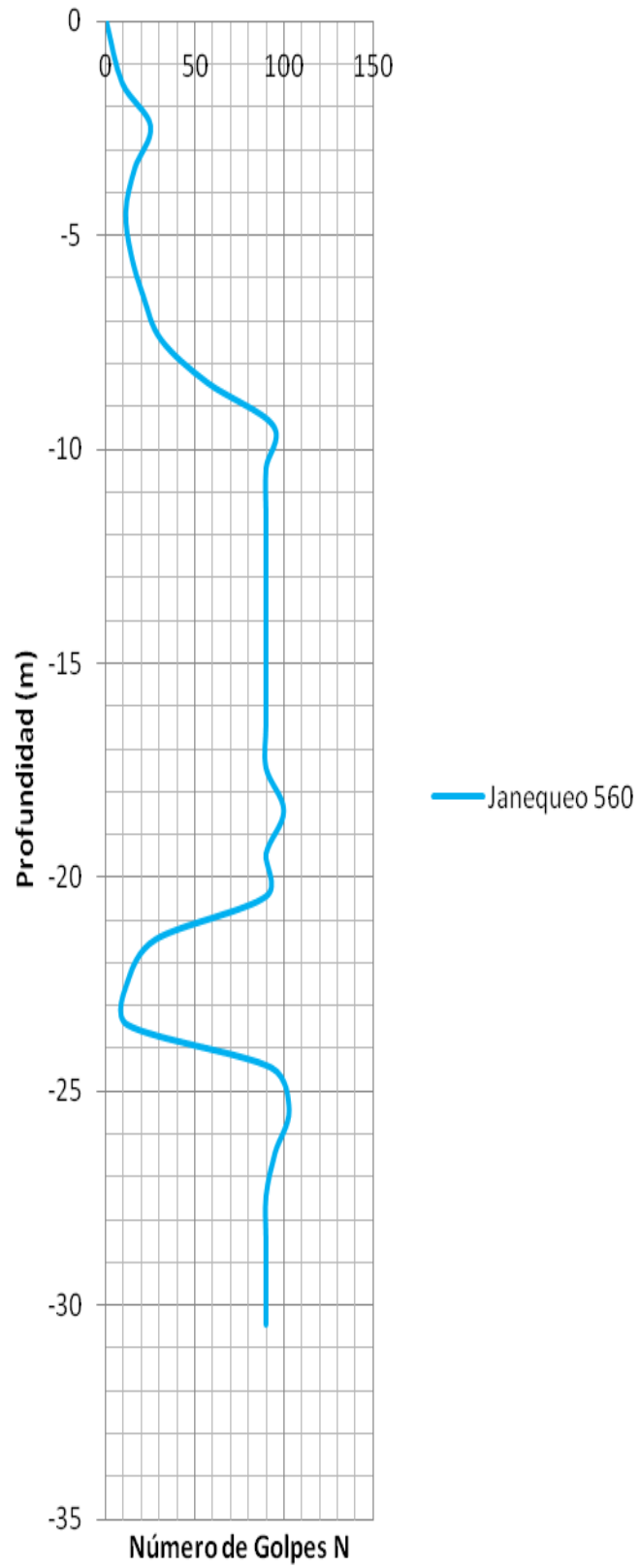
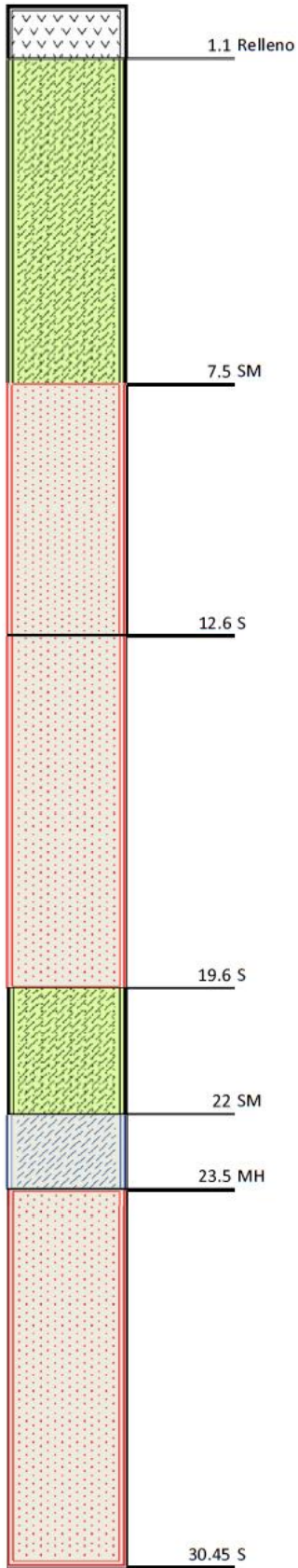
Operador sonda : Alex González R

Cota de boca: nivel de terreno actual

Muestra Nº	Profundidad (m)	Muestreador Tipo	Índice de Penetracion			
			N1	N2	N3	SPT
1	1,00-1,45	CN	5	5	4	9
2	2,00-2,45	CN	10	13	12	25
3	3,00-3,45	CN	8	8	8	16
4	4,00-4,45	CN	5	5	6	11
5	5,00-5,45	CN	4	4	10	14
6	6,00-6,45	CN	5	8	13	21
7	7,00-7,45	CN	10	14	17	31
8	8,00-8,45	CN	23	28	29	57
9	9,00-9,45	CN	32	43	51	94
10	10,00-10,45	CN	37	61	R	R
11	11,00-11,45	CN	34	63	R	R
12	12,00-12,45	CN	31	61	R	R
13	13,00-13,45	CN	52	R	R	R
14	14,00-14,45	CN	45	81	R	R
15	15,00-15,45	CN	49	83	R	R
16	16,00-16,45	CN	51	87	R	R
17	17,00-17,45	CN	49	86	R	R
18	18,00-18,45	CN	37	49	51	100
19	19,00-19,45	CN	31	53	R	R
20	20,00-20,45	CN	51	R	R	R
21	21,00-21,45	CN	14	12	16	28
22	22,00-22,45	CN	5	6	6	12
23	23,00-23,45	CN	6	5	7	12
24	24,00-24,45	CN	29	41	52	93
25	25,00-25,45	CN	32	43	62	103
26	26,00-26,45	CN	26	44	51	95
27	27,00-27,45	CN	31	52	R	R
28	28,00-28,45	CN	29	66	R	R
29	29,00-29,45	CN	36	72	R	R
30	30,00-30,45	CN	41	79	R	R

### 1.3.-ESTRATIGRAFIA OBSERVADA EN SONDAJE S1

Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
1	0,00-0,10	Losa de hormigón
2	0,10-1,00	Relleno heterogéneo conformado por arena fina, trozos de ladrillos, grava y bolones. Estrato duro
3	1,00-7,50	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, de compacidad media humedad media hasta 5,30., bajo esa profundidad el estrato se presenta saturado
4	7,50-12,60	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada
5	12,60-19,60	Arena media, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada.
6	19,60-22,00	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada.
7	22,00-23,50	Limo de alta compresibilidad, plástico, color gris, de consistencia semi dura, saturado
8	23,50-30,45	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada.



- SONDAJE LINCOYAN 26



### 1.- SONDAJE DE PENETRACION S1 (30,45. de profundidad)

#### 1.1.- MUESTREO Y ENSAYO SPT ASTM D 1586-99

Inicio sondaje :02-10-2013

Termino del sondaje : 05-10-2013

Sonda : Acker AMC-2

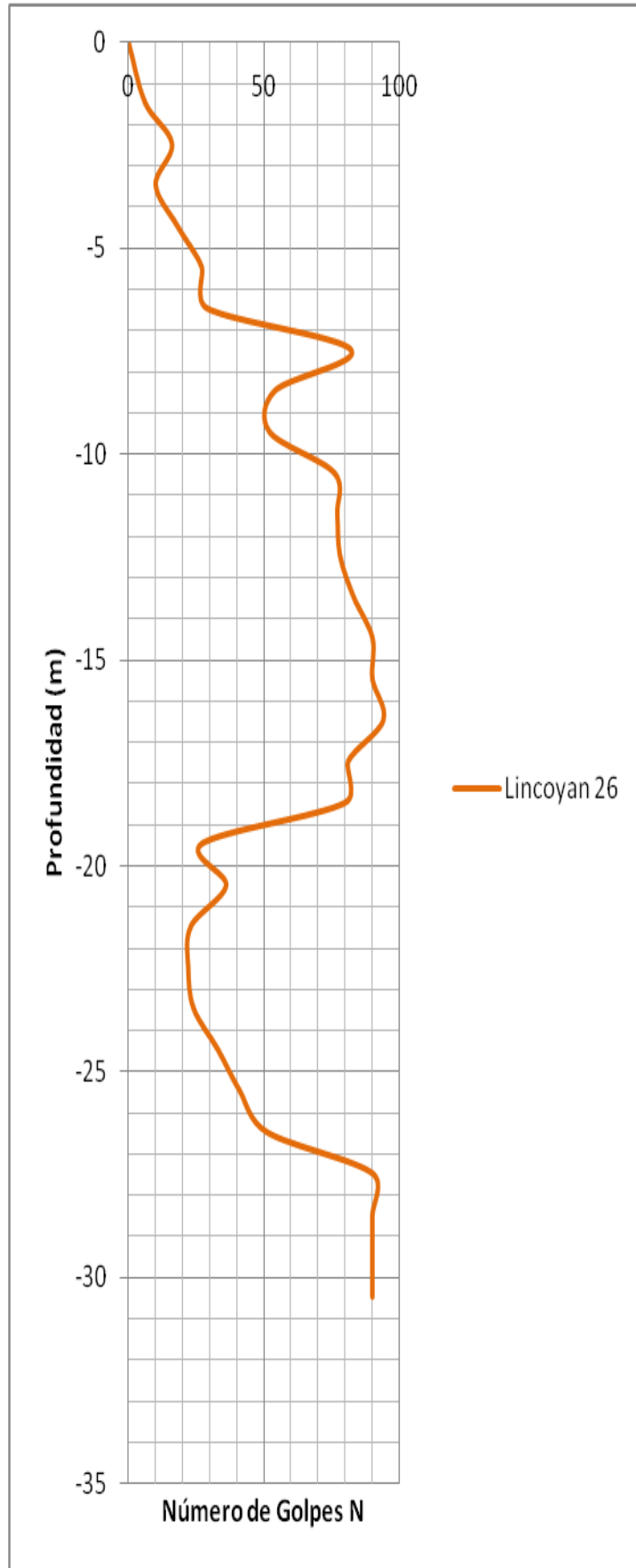
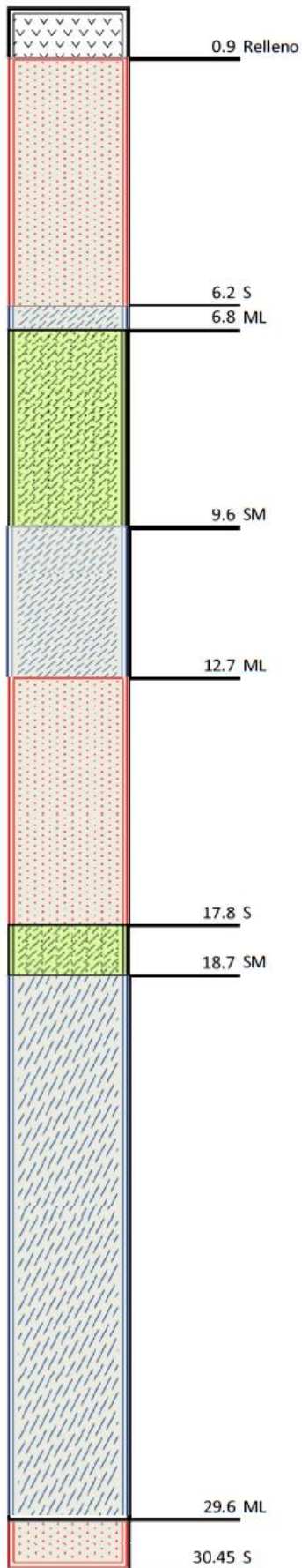
Operador sonda : Alex González R

Cota de boca: nivel de terreno actual

Muestra Nº	Profundidad (m)	Muestreador Tipo	Índice de Penetracion			
			N1	N2	N3	SPT
1	1,00-1,45	CN	3	3	3	6
2	2,00-2,45	CN	7	7	9	16
3	3,00-3,45	CN	3	4	6	10
4	4,00-4,45	CN	10	9	9	18
5	5,00-5,45	CN	13	12	15	27
6	6,00-6,45	CN	13	12	17	29
7	7,00-7,45	CN	19	31	51	82
8	8,00-8,45	CN	17	23	31	54
9	9,00-9,45	CN	14	20	32	52
10	10,00-10,45	CN	26	26	50	76
11	11,00-11,45	CN	32	42	35	77
12	12,00-12,45	CN	34	40	38	78
13	13,00-13,45	CN	24	33	50	83
14	14,00-14,45	CN	36	71	R	R
15	15,00-15,45	CN	38	83	R	R
16	16,00-16,00	CN	40	41	53	94
17	17,00-17,45	CN	35	39	42	81
18	18,00-18,45	CN	19	38	42	80
19	19,00-19,45	CN	8	12	15	27
20	20,00-20,45	CN	11	15	21	36
21	21,00-21,45	CN	5	9	14	23
22	22,00-22,45	CN	6	10	12	22
23	23,00-23,45	CN	7	10	14	24
24	24,00-24,45	CN	12	17	16	33
25	25,00-25,45	CN	7	13	28	41
26	26,00-26,45	CN	16	24	27	51
27	27,00-27,45	CN	41	56	R	R
28	28,00-28,45	CN	68	R	R	R
29	29,00-29,45	CN	71	R	R	R
30	30,00-30,45	CN	77	R	R	R

### 1.3.-ESTRATIGRAFIA OBSERVADA EN SONDAJE S1

Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
1	0,00-0,20	Suelo vegetal
2	0,20-0,90	Relleno de arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, de compacidad suelta a media, humedad media
3	0,90-6,20	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, de compacidad media, humedad alta
4	6,20-6,80	Limo de baja compresibilidad, plástico, color gris, de consistencia dura, humedad alta.
5	6,80-9,60	Arena fina, limosa, de fino, de fino no plástico, color gris, muy compacta, humedad alta hasta 8,90 m., bajo esa profundidad el estrato se presenta saturado.
6	9,60-12,70	Limo de baja compresibilidad, no plástico, color gris, muy duro, saturado.
7	12,70-17,80	Arena media, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada
8	17,80-18,70	Arena fina, limosa, de fino, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada.
9	18,70-29,60	Limo de baja compresibilidad, plástico, color gris de consistencia dura a muy dura, saturado.
10	29,60-30,45	Arena fina, limosa, de fino, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada.





- SONDAJE MAIPU 1400



## 2.- SONDAJE DE PENETRACION S2 (30,45 m. de profundidad)

### 2.1.- MUESTREO Y ENSAYO SPT ASTM D 1586-99

Inicio sondaje : 06-06-2013

Termino del sondaje : 12-06-2013

Sonda : Acker AMC-2

Operador sonda : Alex González R

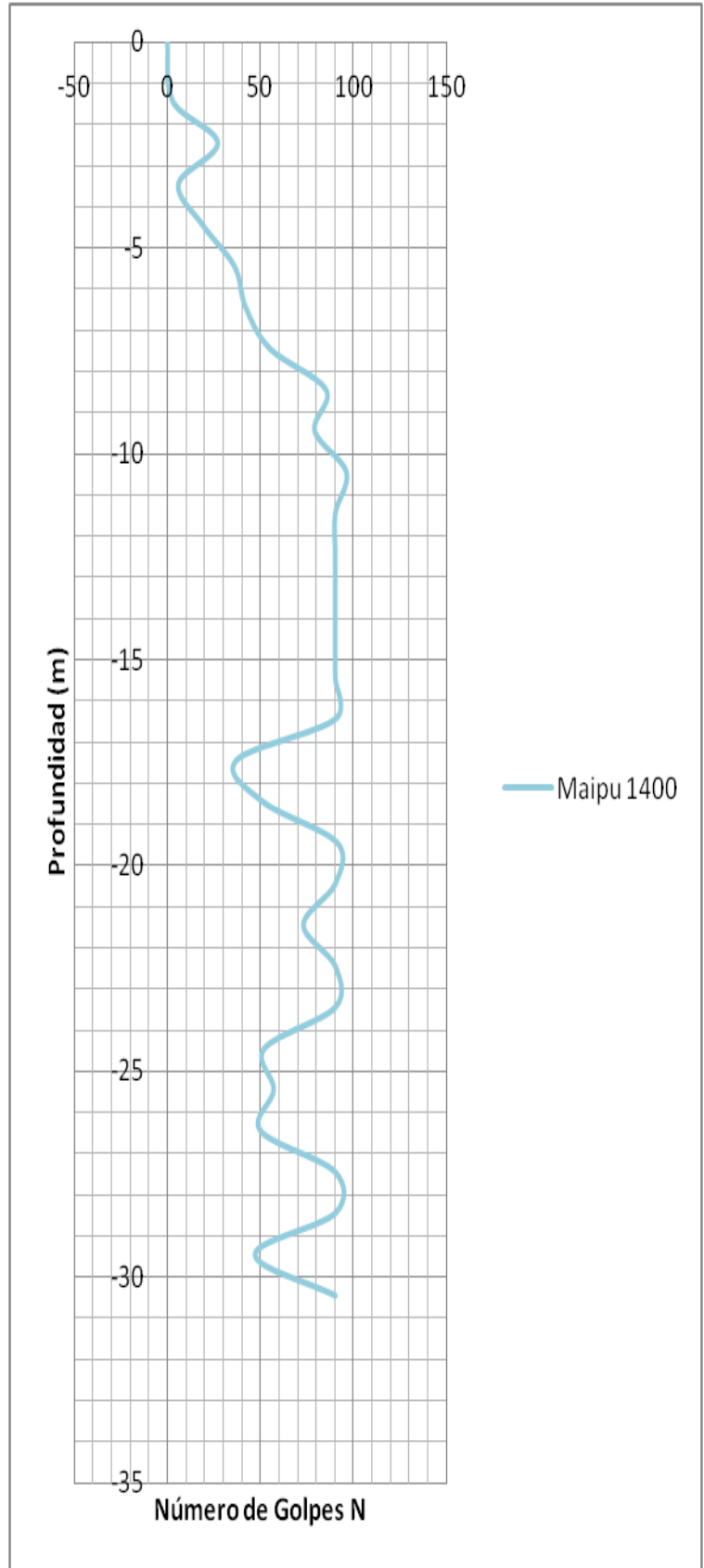
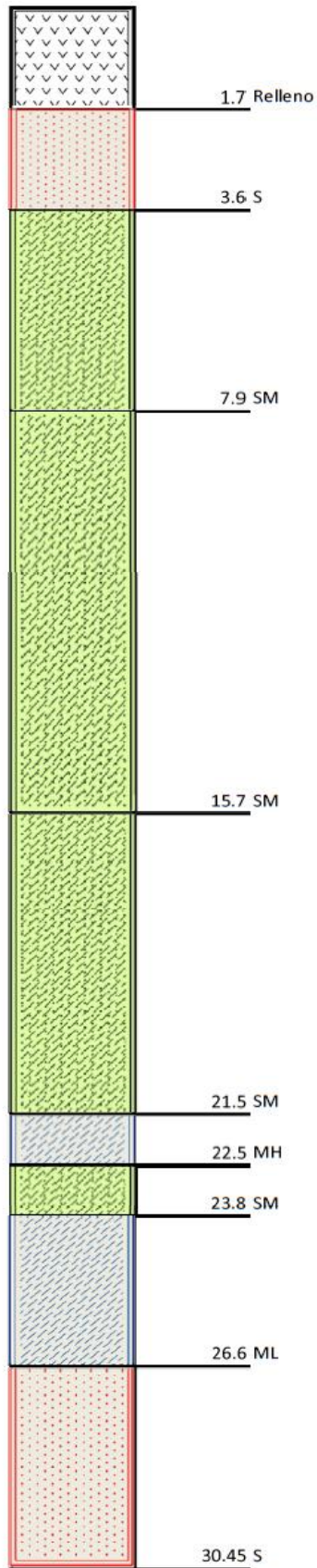
Cota de boca: nivel de terreno actual

Muestra N°	Profundidad (m)	Muestreador Tipo	Índice de Penetracion			SPT
			N1	N2	N3	
1	1,00-1,45	CN	1	1	2	3
2	2,00-2,45	CN	10	12	15	27
3	3,00-3,45	CN	3	3	3	6
4	4,00-4,45	CN	9	9	10	19
5	5,00-5,45	CN	15	17	19	36
6	6,00-6,45	CN	16	20	22	42
7	7,00-7,45	CN	19	25	30	55
8	8,00-8,45	CN	27	35	50	85
9	9,00-9,45	CN	28	37	42	79
10	10,00-10,45	CN	33	46	50	96
11	11,00-11,45	CN	33	49	R	R
12	12,00-12,45	CN	30	44	R	R
13	13,00-13,45	CN	29	33	54	90
14	14,00-14,45	CN	38	56	R	R
15	15,00-15,45	CN	36	49	R	R
16	16,00-16,45	CN	29	45	R	R
17	17,00-17,45	CN	15	21	16	37
18	18,00-18,45	CN	19	22	29	51
19	19,00-19,45	CN	39	59	32	91
20	20,00-20,45	CN	63	77	R	R
21	21,00-21,45	CN	26	34	39	73
22	22,00-22,50	Sh	--	--	--	--
23	23,00-23,45	CN	49	80	R	R
24	24,00-24,45	CN	24	26	26	52
25	25,00-25,45	CN	22	28	29	57
26	26,00-26,45	CN	19	23	27	50
27	27,00-27,45	CN	46	59	R	R
28	28,00-28,45	CN	63	R	R	R
29	29,00-29,45	CN	38	26	21	47
30	30,00-30,45	CN	53	R	R	R

### 2.3.-ESTRATIGRAFIA OBSERVADA EN SONDAJE S2

Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
1	0,00-1,70	Relleno heterogéneo conformado por arena fina, limosa y escombros en los primeros 0,40m., estrato suelto, humedad baja.
2	1,70-2,70	Arena media, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, de compacidad media, humedad baja.
3	2,70-3,60	Arena media, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, suelta, humedad media.
4	3,60-7,90	Arena fina, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, de compacidad media a muy compacta, humedad alta hasta 4,60 m., bajo esa profundidad el estrato se presenta saturado..
5	7,90-10,70	Arena media, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada
6	10,70-15,70	Arena media, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada
7	15,70-21,50	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada. Entre cotas 17,00-17,60 m.se detectó capa o bolsón de arena muy fina y compacta.
8	21,50-22,50	Limo de alta compresibilidad, plástico, color gris, muy duro, saturado
9	22,50-23,80	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturado
10	23,80-26,60	Limo de baja compresibilidad, arenoso, no plástico, color gris, muy duro, saturado. Entre cotas 24,00 a 24,45., presencia de conchuelas
11	26,60-30,45	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada





- SONDAJE O'HIGGINS 1100



### 1.- SONDAJE DE PENETRACION S1 (30,45 m. de profundidad)

#### 1.1.- MUESTREO Y ENSAYO SPT ASTM D 1586-99

Inicio sondaje : 03-09-2012

Termino del sondaje : 07-09-2012

Sonda : Acker AMC-2

Operador sonda : Alex González R

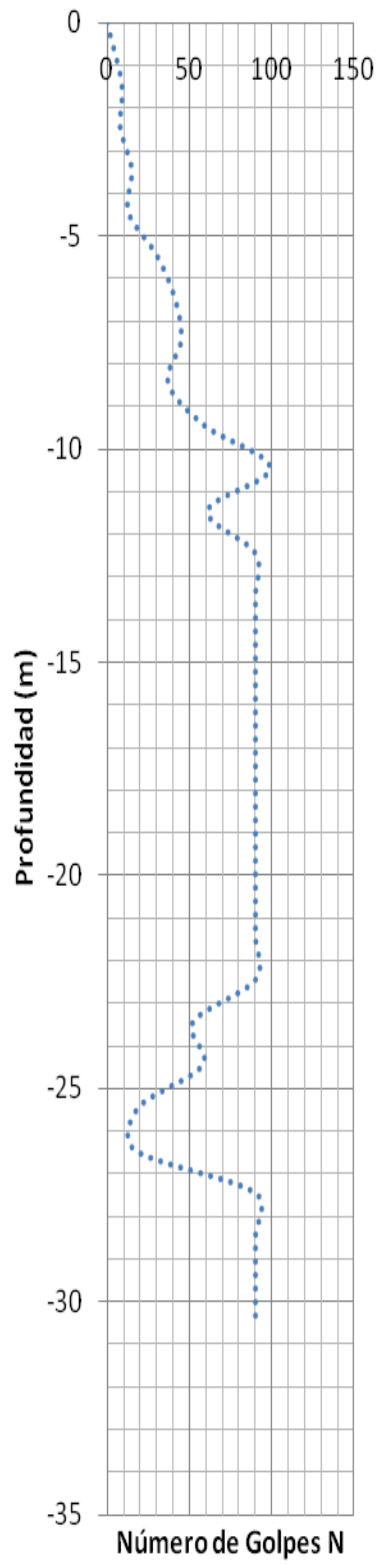
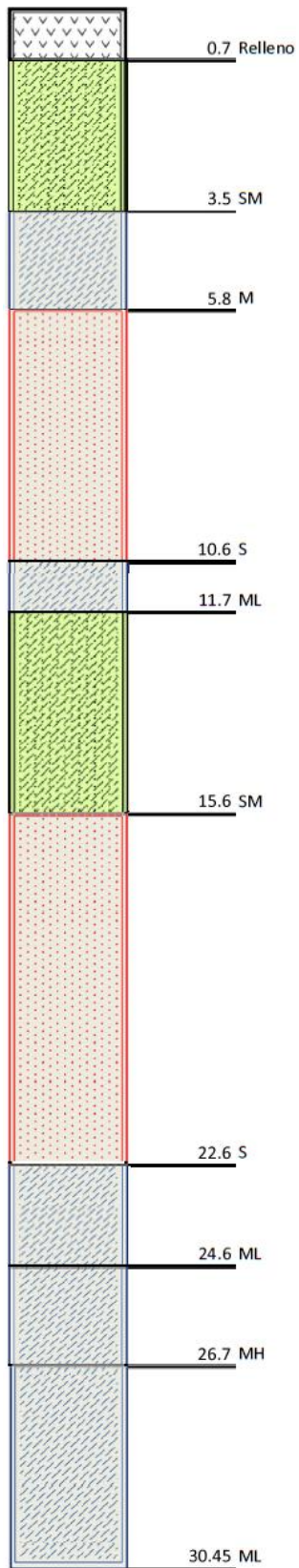
Cota de boca: nivel de terreno actual

Muestra Nº	Profundidad (m)	Muestreador Tipo	Índice de Penetracion			SPT
			N1	N2	N3	
1	1,00-1,45	CN	5	4	5	9
2	2,00-2,45	CN	6	4	4	8
3	3,00-3,45	CN	6	7	8	15
4	4,00-4,45	CN	8	6	7	13
5	5,00-5,45	CN	7	10	20	30
6	6,00-6,45	CN	14	20	21	41
7	7,00-7,45	CN	14	16	29	45
8	8,00-8,45	CN	16	16	21	37
9	9,00-9,45	CN	30	31	28	59
10	10,00-10,45	CN	27	42	57	99
11	11,00-11,45	CN	21	23	38	61
12	12,00-12,45	CN	42	53	R	R
13	13,00-13,45	CN	25	60	R	R
14	14,00-14,45	CN	66	R	R	R
15	15,00-15,45	CN	32	73	R	R
16	16,00-16,45	CN	67	R	R	R
17	17,00-17,45	CN	68	R	R	R
18	18,00-18,45	CN	60	R	R	R
19	19,00-19,45	CN	44	53	R	R
20	20,00-20,45	CN	57	R	R	R
21	21,00-21,45	CN	51	68	R	R
22	22,00-22,45	CN	49	70	R	R
23	23,00-23,45	CN	25	26	26	52
24	24,00-24,45	CN	31	25	33	58
25	25,00-25,45	CN	12	11	8	19
26	26,00-26,45	CN	6	8	9	17
27	27,00-27,45	CN	90	R	R	R
28	28,00-28,45	CN	100	R	R	R
29	29,00-29,45	CN	85	R	R	R
30	30,00-30,45	CN	92	R	R	R



### 1.3.-ESTRATIGRAFIA OBSERVADA EN SONDAJE S1

Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
1	0,00-0,70	Relleno heterogéneo conformado por escombros y arena fina, de compacidad media, humedad media.
2	0,70-3,50	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, de compacidad suelta a media, humedad alta.
3	3,50-5,80	Limo de baja compresibilidad, no plástico, color gris, de consistencia semi dura a dura, humedad alta.
4	5,80-10,60	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, compacta a muy compacta, saturada
5	10,60-11,70	Limo de baja compresibilidad, no plástico, color gris, muy duro, saturado.
6	11,70-15,60	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta saturada
7	15,60-22,60	Arena media con algo de fino, de fino no plástico, color gris, muy compacta saturada.
8	22,60-24,60	Limo de baja compresibilidad, no plástico, color gris, muy duro, saturado.
9	24,60-26,70	Limo de alta compresibilidad, plástico, color gris, de consistencia dura, saturado.
10	26,70-30,45	Limo de baja compresibilidad, no plástico, color gris, muy duro, saturado



..... O'Higgins  
1100

- SONDAJE O'HIGGINS ESQ. AVDA. PRAT

		
---	--	--

1.- SONDAJE DE PENETRACION S1 (34,45m. de profundidad)

1.1.- MUESTREO Y ENSAYO SPT ASTM D 1586-99

Inicio sondaje : 07-09-2011

Termino del sondaje : 13-09-2011

Sonda : Acker AMC-2

Operador sonda : Alex González R

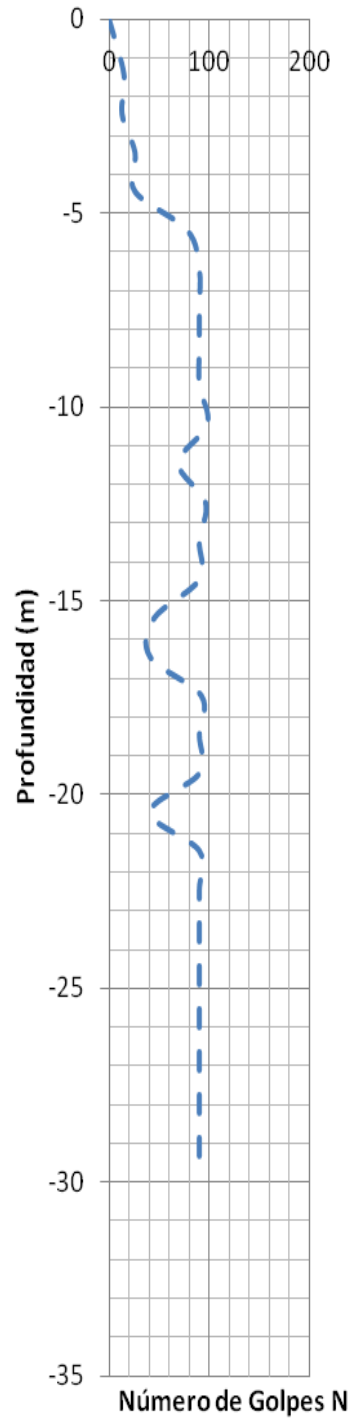
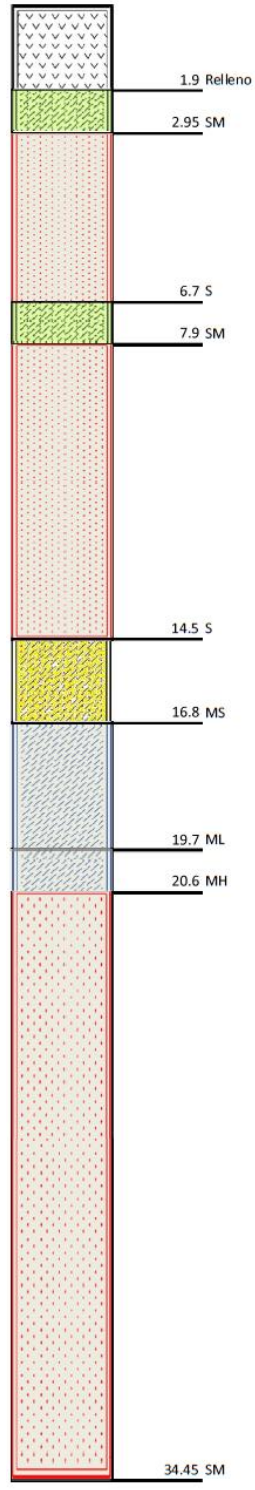
Cota de boca: nivel de terreno actual

Muestra N°	Profundidad (m)	Muestreador Tipo	Índice de Penetracion			
			N1	N2	N3	SPT
1	1,00-1,45	CN	5	6	9	15
2	2,00-2,45	CN	9	6	7	13
3	3,00-3,45	CN	9	12	14	26
4	4,00-4,45	CN	17	13	13	26
5	5,00-5,45	CN	22	31	47	78
6	6,00-6,45	CN	24	41	49	90
7	7,00-7,45	CN	27	54	R	R
8	8,00-8,45	CN	31	72	R	R
9	9,00-9,45	CN	47	82	R	R
10	10,00-10,45	CN	38	47	51	98
11	11,00-11,45	CN	34	34	35	69
12	12,00-12,45	CN	34	40	56	96
13	13,00-13,45	CN	38	49	R	R
14	14,00-14,45	CN	40	53	R	R
15	15,00-15,45	CN	19	21	24	45
16	16,00-16,45	CN	16	17	24	41
17	17,00-17,45	CN	31	40	52	92
18	18,00-18,45	CN	41	57	R	R
19	19,00-19,45	CN	52	80	R	R
20	20,00-20,45	CN	8	23	18	41
21	21,00-21,45	CN	60	85	R	R
22	22,00-22,45	CN	68	79	R	R
23	23,00-23,45	CN	49	90	R	R
24	24,00-24,45	CN	69	R	R	R
25	25,00-25,45	CN	70	R	R	R
26	26,00-26,45	CN	70	R	R	R
27	27,00-27,45	CN	76	R	R	R
28	28,00-28,45	CN	88	R	R	R
29	29,00-29,45	CN	69	R	R	R
30	30,00-30,45	CN	61	R	R	R
31	31,00-31,45	CN	41	68	R	R
32	32,00-32,45	CN	53	69	R	R
33	33,00-33,45	CN	68	75	R	R

### 1.3.-ESTRATIGRAFIA OBSERVADA EN SONDAJE S1

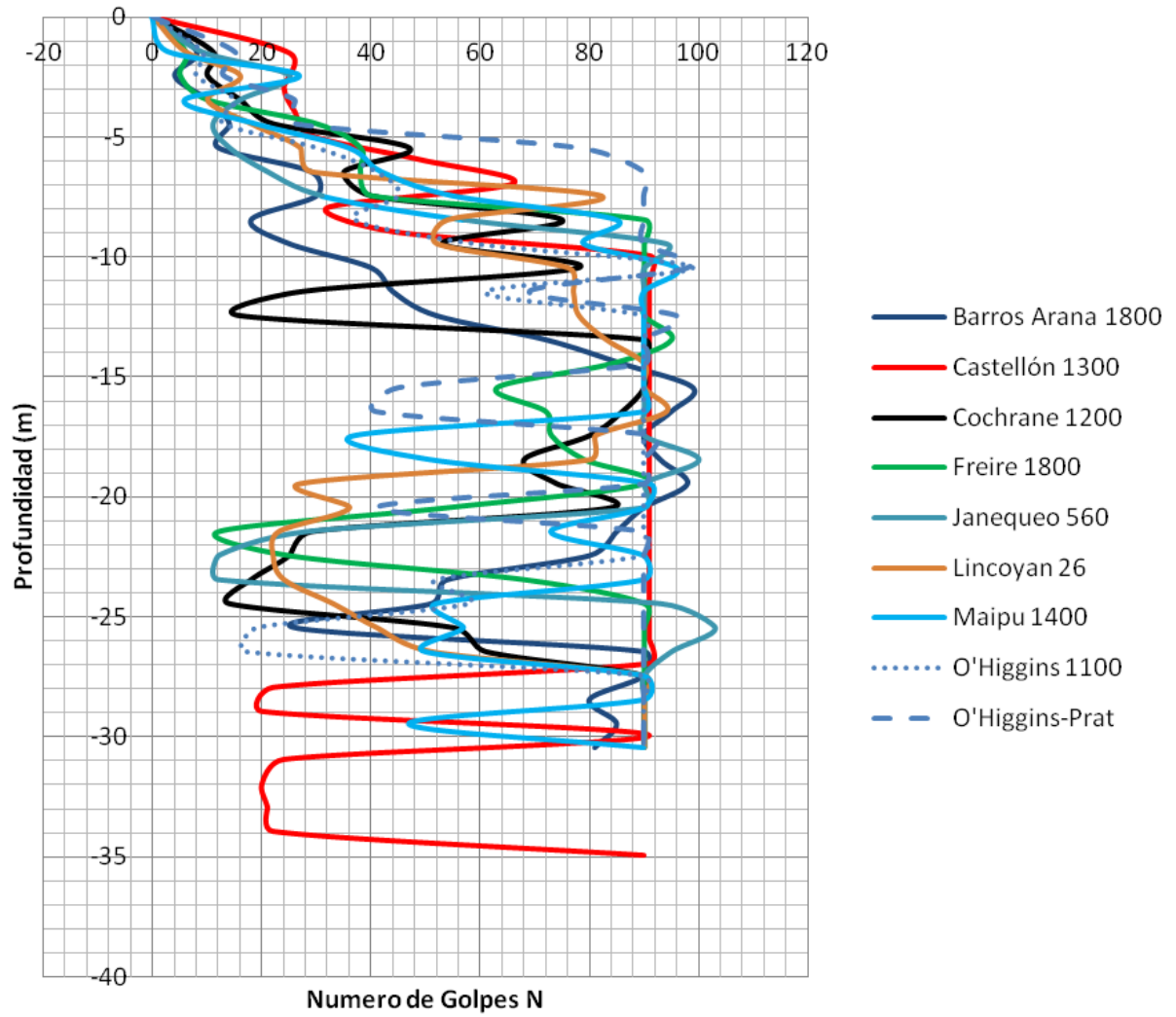
Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
1	0,00-0,10	Pavimento asfáltico
2	0,10-0,20	Base estabilizada
3	0,20-0,70	Relleno heterogéneo conformado por arena media, escombros y basura
4	0,70-1,90	Relleno de arena media, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, de compactidad media, humedad media.
5	1,90-2,95	Arena fina, limosa de fino no plástico, color gris, de compactidad media, humedad media.
6	2,95-6,70	Arena media con algo de fino, de fino no plástico, color gris, de compactidad media a muy compacta, humedad alta hasta 6,30m., bajo esa profundidad el estrato se presenta saturado.
7	6,70-7,90	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada.
8	7,90-14,50	Arena media con algo de fino, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada.
9	14,70-16,80	Limo de baja compresibilidad, arenoso, de fino no plástico, color gris, muy duro, saturado
10	16,80-19,70	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada
11	19,70-20,60	Limo de alta compresibilidad, plástico, color gris, muy duro, saturado. Se observa materia orgánica en descomposición.
12	20,60-29,60	Arena fina, con algo de fino, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada.
13	29,60-34,45.	Arena fina, limosa, de fino no plástico, color gris, muy compacta, saturada.





--- O'Higgins  
Prat

- COPARACIÓN DE ENSAYOS SPT





## ANEXO E: MARCO TEÓRICO

### E.1 ANÁLISIS UNIDIMENSIONAL DE LA RESPUESTA DE TIERRA

El Análisis de Respuesta del Suelo o Análisis de la Respuesta de Sitio se realiza para determinar el diseño de espectros de respuesta, para el diseño sísmico de estructuras de tierra, para determinar deformaciones y tensiones dinámicas que permitan predecir daños por licuefacción y cargas sísmicas o desplazamientos que actúan sobre las estructuras de tierra. El Análisis ideal de la Respuesta del Suelo es bastante difícil, aún así la respuesta de suelo del sitio inherente relacionada con el movimiento del lecho de roca, generalmente se predice. Al realizar el análisis de respuesta del suelo, las aceleraciones máximas del suelo y las tensiones de corte en la profundidad, el esfuerzo de corte, el espectro de respuesta para el acelerograma sísmico y los períodos de vibración de estructuras, son todos obtenidos. La aceleración máxima en la superficie del suelo se utiliza principalmente para el diseño sísmico de estructuras de retención de tierras, y las deformaciones por corte en profundidad se utilizan principalmente para calcular los desplazamientos de tierra debido a la presión del suelo que actúa sobre las paredes de las estructuras de tierra durante terremotos. También el espectro de respuesta de las estructura se utiliza para calcular la carga máxima sísmica que actúa sobre ésta, y el acelerograma de vibración se utiliza para el análisis dinámico de la estructura (Ref.[16]).

El análisis unidimensional de la respuesta de suelo se basa en la suposición de que todos los estratos que componen el depósito son horizontales y que la respuesta del suelo es causada predominantemente por ondas SH que se propagan verticalmente desde el lecho de roca subyacente, como se ilustra en la figura E-1. Para el análisis de respuesta unidimensional del

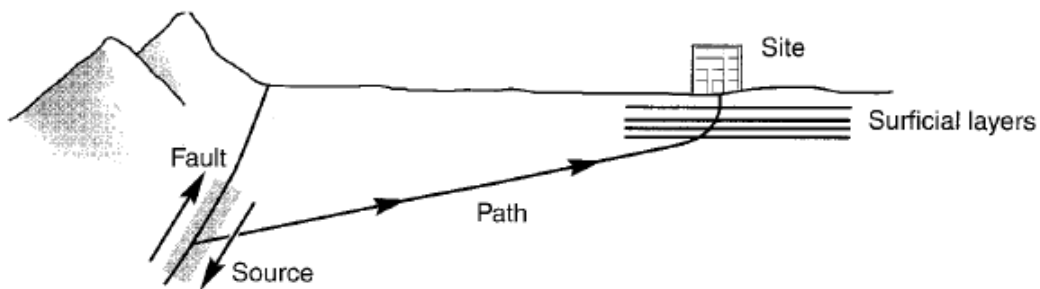


Figura E-1: Esquema que explica las suposiciones fundamentales del análisis unidimensional [6].

terreno, la superficie del suelo y la roca madre se supone que se extienden infinitamente en la dirección horizontal. Se ha demostrado que los procedimientos basados en este supuesto, para predecir la respuesta de tierra, es razonablemente de acuerdo con la respuesta medida en muchos casos (Ref.[6]).

El movimiento en la superficie de un depósito de suelo es de movimiento de superficie libre. El movimiento en la base del depósito de suelo (también la parte superior de la roca basal) se llama movimiento de la roca basal. El movimiento en un lugar donde la roca madre está expuesta en la superficie de la tierra se llama un movimiento de afloramiento de roca. Ver fig. E-2.

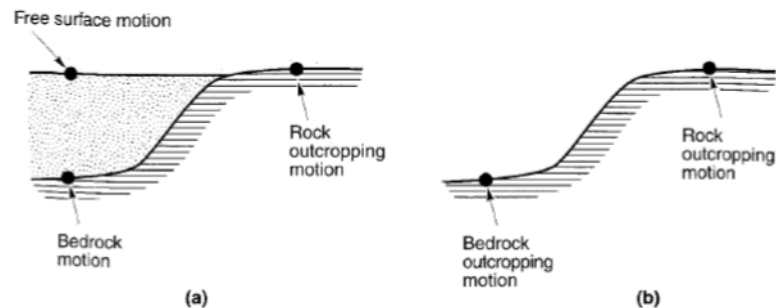


Figura E-2: Esquema que explica la denominación del movimiento según la posición [6].

En términos de la figura E-3, el problema fundamental consiste en la obtención de la respuesta del movimiento de superficie libre (Punto C) a partir del registro de aceleraciones tomado en afloramiento rocoso (Punto B), que es la situación más común.

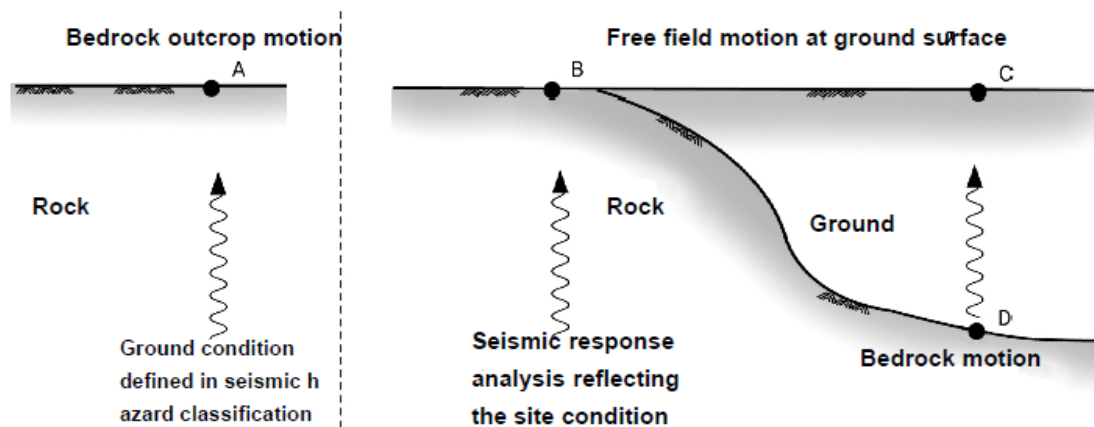


Figura E-3: Esquema que explica la propagación del movimiento sísmico [16].

Esto se consigue convirtiendo previamente, a través de un proceso de deconvolución, el movimiento registrado en afloramiento rocoso a un movimiento en la base rocosa. El movimiento en el punto B es llevado al punto C mediante una Función de Transferencia que relaciona las Transformadas de Fourier de los puntos B y D. A su vez, debe considerarse otra Función de Transferencia que relacione el movimiento deconvolucionado en D y las amplitudes del movimiento de la superficie. Dicha Función de Transferencia depende de las condiciones físicas (propiedades de amortiguamiento y rigidez) que en términos lineales se asuman para la roca basal y los diferentes estratos que compongan el depósito de suelo. Cada término en la Serie de Fourier del movimiento de la base rocosa (input) es entonces multiplicado por la Función de Transferencia para producir la Serie de Fourier del movimiento de la superficie del suelo (output). El movimiento de la superficie del suelo puede ser entonces expresado en el dominio del tiempo usando la Transformada Inversa de Fourier (FFT). En tal sentido, la Función de Transferencia determina cómo cada frecuencia del movimiento en la base rocosa (input) es amplificada, o deamplificada, por el depósito del suelo (Ref.[6]).

De acuerdo a la combinación de las condiciones físicas (propiedades de amortiguamiento y rigidez) que en términos lineales se asuman para la roca basal y los diferentes estratos que compongan el depósito de suelo se tienen las siguientes Funciones de Amplificación, que son los módulos de las Funciones de Transferencia:

- **Suelo Uniforme sin Amortiguamiento sobre Roca Rígida.**

$$|F_1(\omega)| = \frac{1}{|\cos(\omega H/v_s)|} \quad (\text{Ec. E - 1})$$

- **Suelo Uniforme con Amortiguamiento sobre Roca Rígida.**

$$|F_2(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{\cos^2(\omega H/v_s) + [\xi(\omega H/v_s)]^2}} \quad (\text{Ec. E - 2})$$

- **Suelo Uniforme con Amortiguamiento sobre Roca Elástica.**

$$|F_3(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{\cos^2 k_s H + \alpha_z^2 \sin^2 k_s H}} \quad (\text{Ec. E - 3})$$

Donde:

$\omega$ : Frecuencia natural del movimiento del depósito de suelo.

$H$ : Espesor del depósito de suelo.

$v_s$ : Velocidad de la Onda de Corte que viaja a través del depósito de suelo.

$k_s$ : Número de ondas.

Al considerar la elasticidad de la roca, ahora no sólo se toma en cuenta la mitigación de los efectos de amplificación a partir del amortiguamiento intrínseco del suelo, sino que se incluye el efecto de amortiguamiento radiativo y la importancia del contraste de impedancia en la transmisión del movimiento de la roca al suelo. La figura E-4 nos muestra la manera en que puede variar la amplificación del movimiento en la medida que se considere o no el contraste de impedancia.

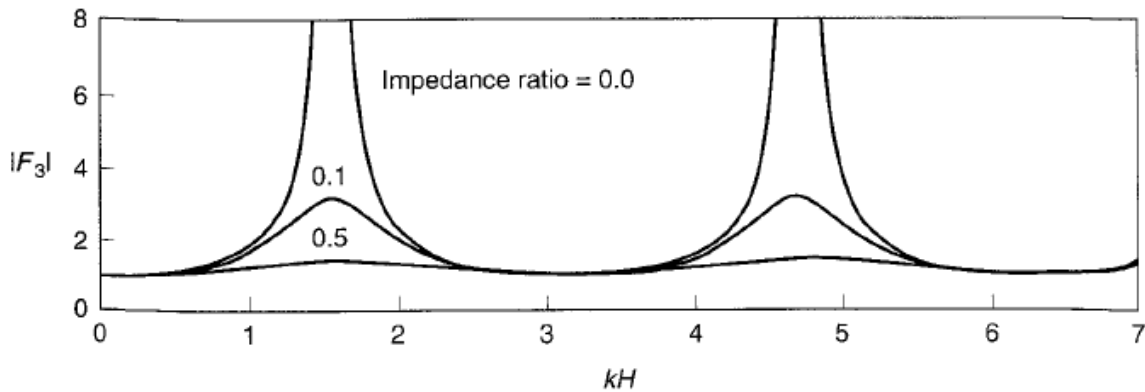


Figura E-4: Amplificación y deamplificación del movimiento por el contraste de Impedancia [6].

• **Suelo Estratificado con Amortiguamiento sobre Roca Elástica.**

Los problemas reales de respuesta de suelo usualmente envuelven depósitos de suelo con estratos de diferentes características de rigidez y amortiguamiento con interfaces en que la energía elástica de la onda se reflejará y/o transmitirá. Tales condiciones requieren el desarrollo de funciones de transferencias para los depósitos de suelo estratificado (Ref. [6]).

Considerando una onda que se propaga por un depósito sólido consistente en N estratos horizontales donde la n-ésima capa es la base rocosa (ver figura E-5). La solución a la ecuación de la onda puede ser expresada en la forma

$$u(z, t) = Ae^{i(\omega t + k^*z)} + Be^{i(\omega t - k^*z)} \tag{Ec. E - 4}$$

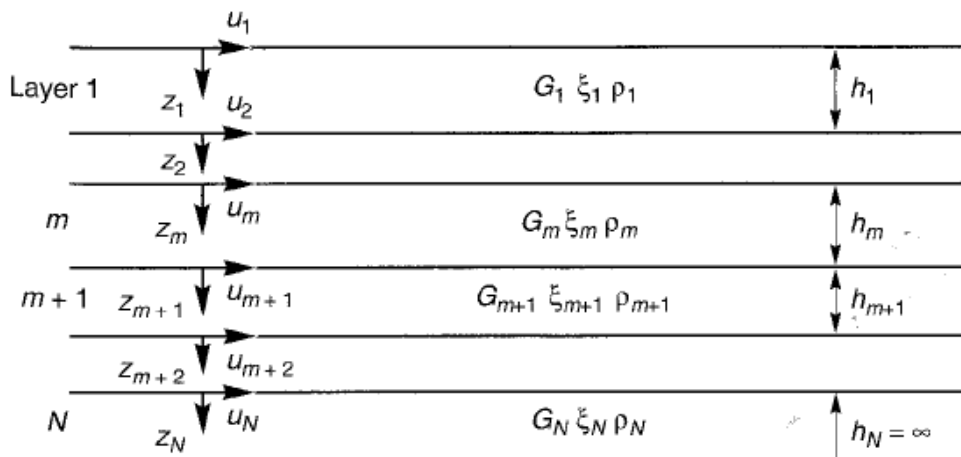


Figura E-5: Suelo estratificado con N capas, donde la n-ésima capa es el lecho rocoso [6].

Donde A y B representan las amplitudes de las ondas viajando las direcciones  $-z$  y  $+z$ , respectivamente.

Por otro lado, dado que en la superficie libre el esfuerzo de corte tiene que ser igual a cero, entonces se requiere que  $A_1 = B_1$ , luego se tiene que las funciones que relacionan las amplitudes en el estrato m respecto a aquellas en el estrato 1 pueden ser expresadas como

$$A_m = a_m(\omega)A_1 \quad (\text{Ec. E - 5})$$

$$B_m = b_m(\omega)B_1 \quad (\text{Ec. E - 6})$$

La función de Transferencia que relaciona la amplitud de desplazamiento en el estrato i con el estrato j vienen dadas por

$$|F_{ij}(\omega)| = \frac{|u_i|}{|u_j|} = \frac{a_i(\omega) + b_i(\omega)}{a_j(\omega) + b_j(\omega)} \quad (\text{Ec. E - 7})$$

## E.2 ANÁLISIS LINEAL EQUIVALENTE

El Análisis de la Respuesta del Suelo en 1D, se puede clasificar en dominio de frecuencia y dominio del tiempo dependiendo del dominio de análisis. El análisis en el dominio de frecuencia mantiene las ventajas de un menor número de propiedades del material para la entrada y cálculo más rápido, pero su inconveniente es que asume el comportamiento de suelo como elástico lineal. A fin de reflejar el comportamiento no lineal del suelo en el dominio de la frecuencia, se ha propuesto el análisis lineal equivalente (Ref. [16]).

“Dado que el enfoque lineal requiere que G y  $\xi$  sean constantes para cada capa de suelo, el problema se convierte en la determinación de los valores que son coherentes con el nivel de inducido de deformación en cada capa. Para abordar este problema, se necesita una definición objetiva del nivel de deformación. Es común para caracterizar el nivel de deformación del registro en términos de una deformación efectiva de corte que se ha encontrado empíricamente y que varía entre aproximadamente 50 y 70% de la tensión máxima de corte. La respuesta calculada no es particularmente sensible a este porcentaje, sin embargo, la deformación de corte efectivo se toma a menudo como un 65% de la tensión máxima de corte. Dado que el nivel de deformación calculado depende de los valores de las propiedades lineales equivalentes, se requiere un

procedimiento iterativo para asegurar que las propiedades que se utilizan en el análisis son compatibles con los niveles de deformación calculados en todas las capas.

El método de aproximación Lineal Equivalente usa de referencia curvas de comportamiento dinámico del suelo, curva de degradación de rigidez y curva de amortiguamiento, definidas de manera discreta por puntos o mediante la definición matemática de una curva hiperbólica (ver ecuación E-8) que se ajusta acorde a parámetros que dependen del tipo de suelo, llamada curva esqueleto (ver figura E-8).

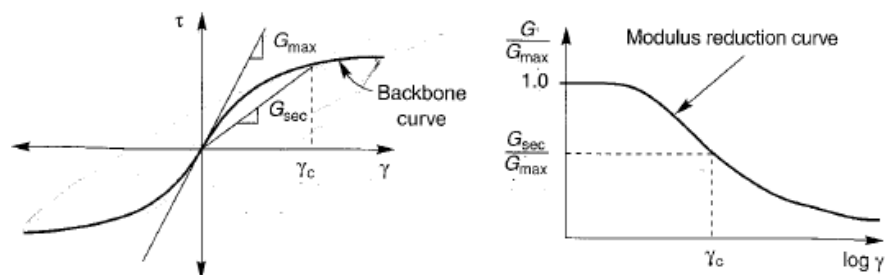


Figura E-6: Curva Esqueleto y Curva de Degradación de Rigidez [6].

La función curva esqueleto  $\tau = F_{bb}(\gamma)$ , puede ser descrita por una hipérbola dada por la siguiente ecuación:

$$F_{bb}(\gamma) = \frac{G_{max}\gamma}{1 + (G_{max}/\tau_{max})|\gamma|} \quad (E - 8)$$

Aun cuando se considera las deformaciones permanentes en el suelo, el método sigue siendo un análisis lineal. Esto se debe a que las propiedades de las capas de suelo se mantienen constantes en todo momento. Con la variación del tamaño de las deformaciones también viene consigo una degradación del módulo de corte y un aumento en las características de amortiguamiento. Por lo que el método es incapaz de representar los cambios de rigidez durante la ocurrencia de un terremoto.

El comportamiento no lineal histerético esfuerzo-deformación puede ser aproximado por las propiedades lineales equivalentes del suelo. El módulo corte lineal equivalente,  $G$ , es por lo general tomada como un módulo de corte secante y la relación de amortiguamiento lineal

equivalente,  $\xi$ , como la relación de amortiguamiento que produce la misma energía perdida en un ciclo simple durante loop de histéresis (ver figura E-7).

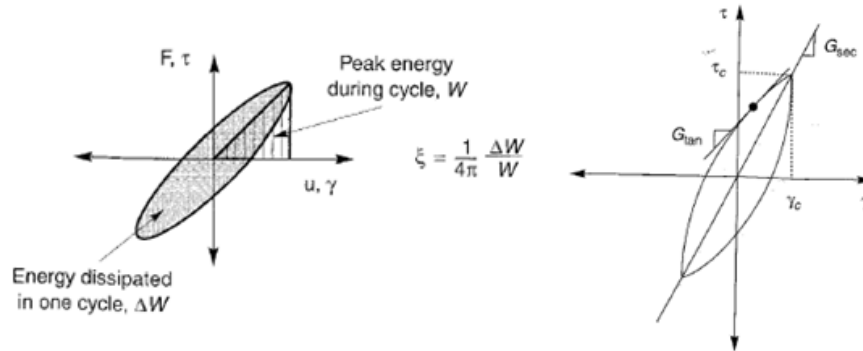


Figura E-7: Propiedades lineal equivalentes: módulo de corte y relación de amortiguamiento [6].

Ya que el nivel de deformación computado depende del valor de las propiedades lineal equivalente, se requiere un procedimiento iterativo para asegurar que las propiedades usadas en el análisis son compatibles con el nivel de deformación computado en todos los estratos.

Refiriéndonos a la figura E-8, el procedimiento iterativo opera como sigue:

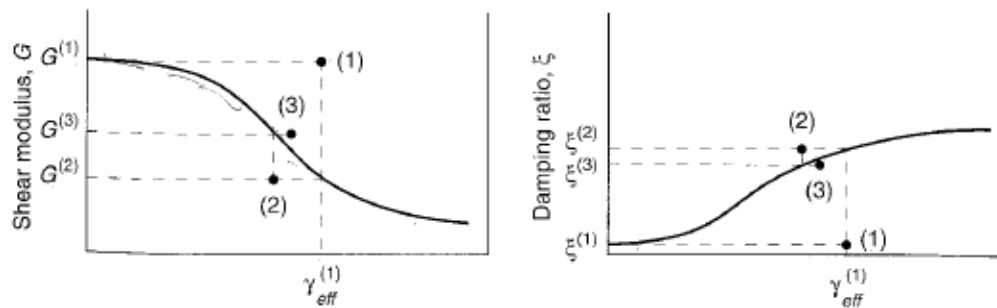


Figura E-8: Ilustra el proceso iterativo para aproximar las propiedades no lineales [6].

1. La estimación inicial de  $G$  y  $\xi$  son hechos para cada estrato. Los valores estimados inicialmente corresponden al mismo nivel de deformación; los valores de baja deformación son con frecuencia usados para la estimación inicial.
2. Los valores de  $G$  y  $\xi$  estimados son usados para computar la respuesta del suelo, incluyendo el registro de deformaciones de corte para cada estrato.



3. La deformación efectiva de corte en cada estrato es determinada desde la máxima deformación de corte en el registro de aceleraciones computadas. Para el estrato  $j$

$$\gamma_{eff j}^{(i)} = R_\gamma \gamma_{max j}^{(i)}$$

Donde el superíndice se refiere al número de iteración y  $R_\gamma$  es la relación de la deformación efectiva de corte y la máxima deformación de corte.  $R_\gamma$  depende de la magnitud del terremoto y puede ser estimada a partir de

$$R_\gamma = \frac{M - 1}{10}$$

4. De esta deformación de corte efectiva, los nuevos valores lineales equivalentes  $G^{(i+1)}$  y  $\xi^{(i+1)}$  son seleccionadas para una próxima iteración.
5. Los pasos 2 a 4 son repetidos hasta que las diferencias de los valores computados entre el módulo de corte y la relación de amortiguamiento en dos sucesivas iteraciones caigan por debajo de algún valor predeterminado en todos los estratos. Aunque la convergencia no es absolutamente garantizada, las diferencias menores que el 5 a 10% son usualmente alcanzadas en 3 a 5 iteraciones (Schnabel et al., 1972).

Aunque el enfoque lineal equivalente es computacionalmente conveniente y provee resultados razonables para muchos problemas prácticos, proporciona una aproximación del problema de un proceso continuo no-lineal de la respuesta sísmica del suelo” (Ref.[6]).

La siguiente figura E-9 ilustra, a través de la curva de degradación de rigidez normalizada los rangos de formaciones para los cuales el suelo se comporta de manera lineal o no-lineal con o sin degradación de rigidez. Esto nos puede ayudar a entender para qué márgenes de deformación puede ser plausible el uso del método o enfoque lineal equivalente y cuando considerar implementar un análisis no-lineal, a partir de este criterio de deformaciones.

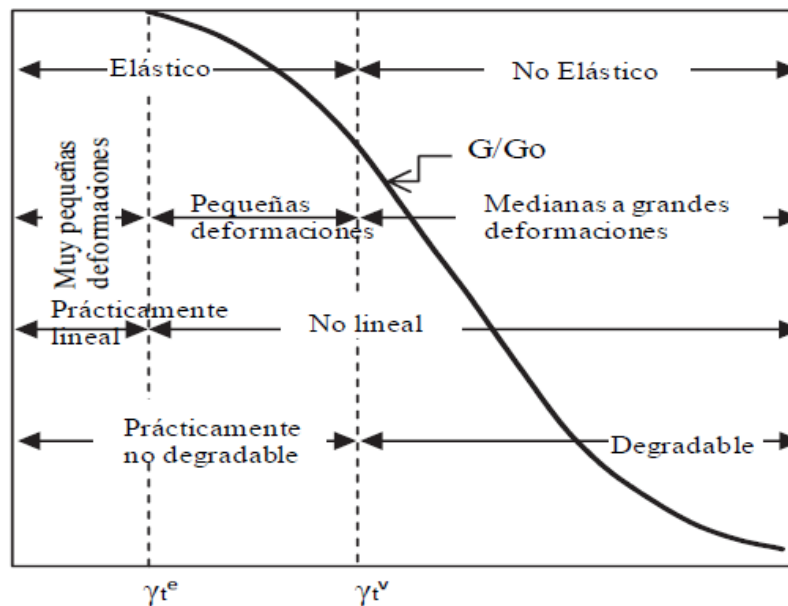


Figura E-9: Zonas de deformación y sus correspondientes niveles de degradación [17].

“La deformación cortante se divide en pequeñas ( $10^{-6}$ - $10^{-5}$ ), medianas ( $10^{-5}$ - $10^{-3}$ ) y grandes ( $10^{-3}$ - $10^{-2}$ ) deformaciones teniendo en cuenta los límites arbitrarios que han sido aceptados para diferenciar el modelo para evaluar el comportamiento dinámico del suelo, teniendo como referencia los rangos de deformaciones presentados por Ishihara.

El límite entre las pequeñas y las medianas deformaciones fue definido por Vucetic, como la deformación cortante arriba de la cual la microestructura del suelo es irreversiblemente alterada por corte cíclico. Esto se puede explicar por la aparición de cambios irreversibles en la presión de poros en el volumen del suelo, y es conocido como el umbral volumétrico de la deformación cortante ( $\gamma_t^v$ )” (Ref.[17]).

Aún cuando las deformaciones superen el límite de deformación elástica ( $\gamma_t^e$ ), si se observa el gráfico anterior, el comportamiento del suelo sigue siendo elástico porque prácticamente no hay degradación de rigidez, pero también el suelo ya ha entrado en un rango no-lineal antes incluso de llegar a la deformación ( $\gamma_t^v$ ). De ahí que el análisis lineal equivalente puede ser eficiente hasta este valor de deformación.

Algunas de las siguientes conclusiones respecto a los resultados que se pueden obtener del análisis de la respuesta del suelo a partir del análisis lineal equivalente y el análisis no-lineal

confirman la aseveración anterior y también entregan otro criterio en el que se advierte la eficiencia del método y las limitaciones de este:

“1. La linealidad inherente del análisis lineal equivalente puede conducir a resonancias espurias (altos niveles de amplificación que resultan de la coincidencia de una componente fuerte del movimiento de entrada con una de las frecuencias naturales del depósito de suelo lineal equivalente). Ya que la rigidez del suelo es no-lineal, cambia continuamente con la duración de un gran terremoto, tales niveles de gran amplificación no se desarrollaran en el campo.

2. El uso de una deformación efectiva de corte en un análisis lineal equivalente puede conducir a un suelo de propiedades suaves y sobre-amortiguado cuando la deformación de corte máxima es mucho más grande que el resto de las deformaciones de corte, o un suelo menos suave y menos amortiguado cuando la amplitud de la deformación cortante es cercanamente uniforme.

3. El análisis lineal equivalente puede ser mucho más eficiente que el análisis no-lineal, particularmente cuando el movimiento de entrada puede ser caracterizado con precisión aceptable por un número menor de términos en una serie de Fourier. Por ejemplo, la mayoría de los terremotos contienen relativamente pequeña cantidad de energía de ondas elásticas en frecuencias por encima de 15 a 20 Hz. Consecuentemente, la respuesta puede usualmente computarse con razonable precisión con considerar solamente las frecuencias por debajo de 15 a 20 Hz. Como la potencia, la velocidad, y accesibilidad de las computadoras han incrementado en los años recientes, la significancia práctica de las diferencias en eficiencia del análisis de respuesta en una dirección ha decrecido substancialmente.

4. Los métodos no-lineales pueden ser formulados en términos de los esfuerzos efectivos para permitir modelar la generación, redistribución, y eventual disipación del exceso de presión de poros durante y después la sacudida de un terremoto. El método lineal equivalente no tiene esta capacidad.

5. Los métodos no-lineales requieren un modelo constitutivo de esfuerzo-deformación confiable. Los parámetros que describen tales modelos no son tan bien fundados como aquellos del modelo lineal equivalente. Un substancial programa de pruebas de campo y laboratorio puede ser requerido para evaluar los parámetros del modelo no-lineal.

6. Las diferencias entre los resultados de los análisis lineal equivalente y no-lineal depende del grado de no linealidad de la presente respuesta del suelo. Para problemas donde los niveles de deformaciones se mantengan bajas (propiedades de rigidez del suelo y/o relativamente movimientos de entrada débiles), ambos análisis pueden producir estimaciones razonables de la respuesta del suelo. Para problemas que envuelven grandes niveles de deformación, particularmente problemas en que los esfuerzos de corte inducidos aproximan a la capacidad al esfuerzo de corte disponible del suelo, los análisis no lineales son probablemente los que proveen resultados razonables.

**ANEXO F: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESPUESTA DEL SUELO  
APARTIR DE INPUTS COMO OUTCROP Y WITHIN MOTION**

En base a las tablas B-2 y B-4 del anexo B y la tabla F-1 (que contiene los esfuerzos y deformaciones de referencia de cada tipo de suelo que compone el perfil estratigráfico) se deconvolucionó el acelerograma de UTFSM, mostrado en las figuras III-7 y III-8, registrado en afloramiento rocoso, con la finalidad de obtener el movimiento en la roca basal.

Tabla F-1: Muestra los parámetros de referencia según tipo de suelo

Horizonte	Curva de Propiedades Dinámicas Usadas	$\xi$ (%)	$\gamma_r$ (%)	$\sigma_r$ (%)
H1	Sand Seed & Idriss (mean)	0.2694	0.07	0.18
H2	Sand Seed & Idriss (mean)	0.2694	0.07	0.18
H3	Sand Seed & Idriss (low)	0.4175	0.039	0.18
H3	Sand Seed & Idriss (low)	0.4175	0.039	0.18
H4	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo	0.4175	0.039	0.18
H5	Sand Seed & Idriss (mean)	0.2694	0.07	0.18
H5	Sand Seed & Idriss (mean)	0.2694	0.07	0.18
H5	Sand Seed & Idriss (mean)	0.2694	0.07	0.18
H6	Limo Idriss	0.6679	0.2214	0.18
H7	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo	0.4175	0.039	0.18
H8	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo	0.4175	0.039	0.18
H9	Sand Seed & Idriss (mean)	0.2694	0.07	0.18
H10	Vuecetic Arcilla IP=15	0.817	0.0486	0.18
H11	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo	0.4175	0.039	0.18
H12	Limo Idriss	0.6679	0.2214	0.18
H13	Sand Seed & Idriss (low)	0.4175	0.039	0.18
H13	Sand Seed & Idriss (low)	0.4175	0.039	0.18
H14	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo	0.4175	0.039	0.18
H15	Limo Idriss	0.6679	0.2214	0.18
H16	Sand Seed & Idriss (low)	0.4175	0.039	0.18
H17	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo	0.6679	0.2214	0.18
H17	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo	0.6679	0.2214	0.18
H18	Sand Seed & Idriss (low) ó Limo	0.6679	0.2214	0.18
H18	Seed & Idriss (low) ó Limo	0.6679	0.2214	0.18
H19	Sand Seed & Idriss (mean)	0.2694	0.07	0.18
H19	Sand Seed & Idriss (mean)	0.2694	0.07	0.18
H19	Sand Seed & Idriss (mean)	0.2694	0.07	0.18
H19	Sand Seed & Idriss (mean)	0.2694	0.07	0.18
H20	Gravel Seed	0.2	0.003	0.18
H20	Gravel Seed	0.2	0.003	0.18
H20	Gravel Seed	0.2	0.003	0.18
H21	Rock Seed	0.9	0.272	0.18

El proceso de deconvolución ejecutado en DEEPSOIL arrojó el siguiente resultado, que se detalla de forma comparativa en las figuras F-1.a y F-1.b respecto al movimiento registrado en afloramiento rocoso de la UTFSM.

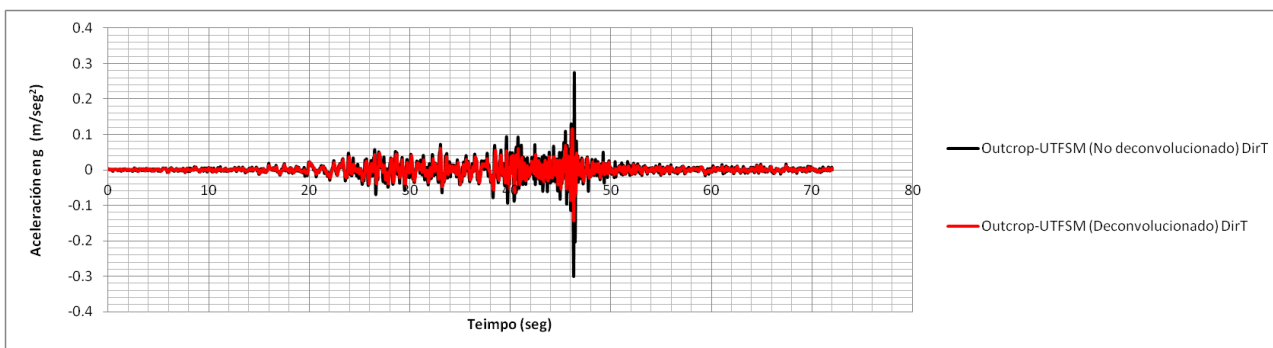


Figura F-1.a: Comparación de registros en Dir.T outcrop y within (por la deconvolución).

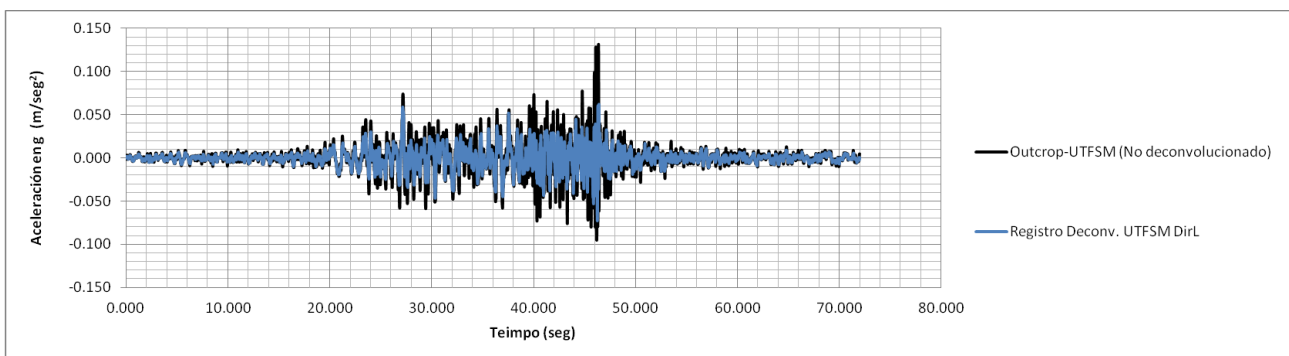


Figura F-1.b: Comparación de registros en Dir.L outcrop y within (por la deconvolución).

Consecuentemente, para tener un mayor alcance comparativo también se obtuvieron los correspondiente Espectros de Pseudo Aceleraciones para ambos registros:



Figura F-2.a: Comparación Espectros de Pseudo Aceleraciones Dir.T, outcrop y within motion.

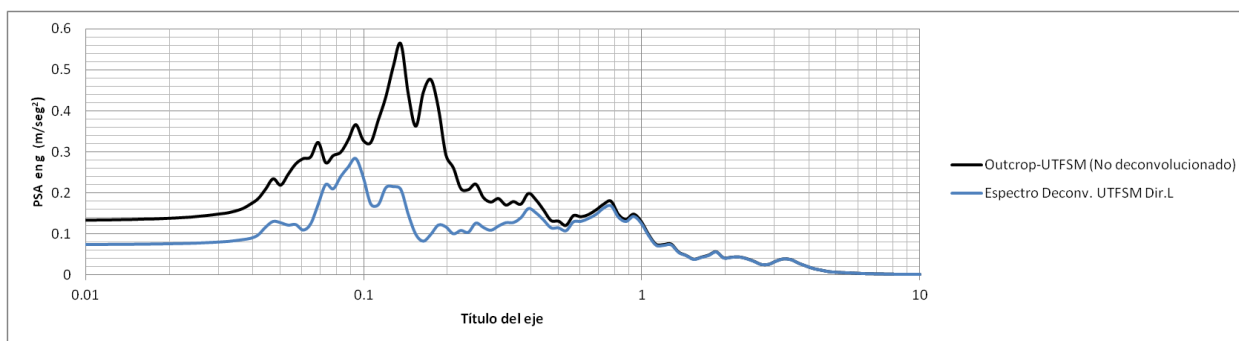


Figura F-2.b: Comparación Espectros de Pseudo Aceleraciones Dir.L, outcrop y within motion.

Si bien en las figuras F-1.a y F-1.b, así como las figuras F-2.a y F-2.b puede notarse que estos movimientos registrados no se acoplan perfectamente, y respectivamente se muestra que sus efectos en términos de las Pseudo Aceleraciones son diferentes. Los movimientos registrados en afloramiento están un tanto más amplificadas. Lo cual es efectivamente cierto dado que en el afloramiento no existe interacción con ningún tipo de suelo.

Ahora si revisamos las respuesta en la superficie libre del suelo, notamos (ver figuras F-3.a y F-3.b) que las respuestas obtenidas utilizando un movimiento outcrop o un movimiento within, son muy aproximadas siempre, que se consideren en los análisis que la roca tiene propiedades elásticas cuando se implemente un movimiento registrado en afloramiento y propiedades muy rígidas cuando se utilice un registro en la base.

Dichos resultados, también son abalados por los análisis desarrollados por Youssef M. Hashash, según referencia [18].

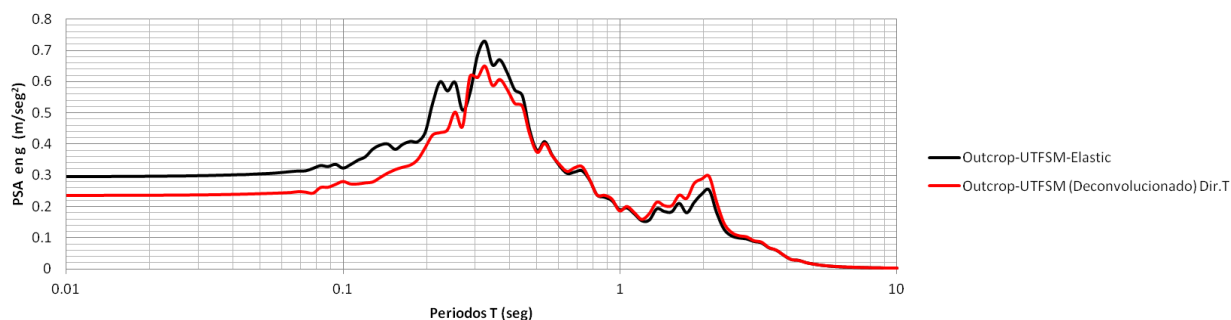


Figura F-3.a: Comparación Espectros de Pseudo Aceleraciones Dir.T en superficie libre del suelo.

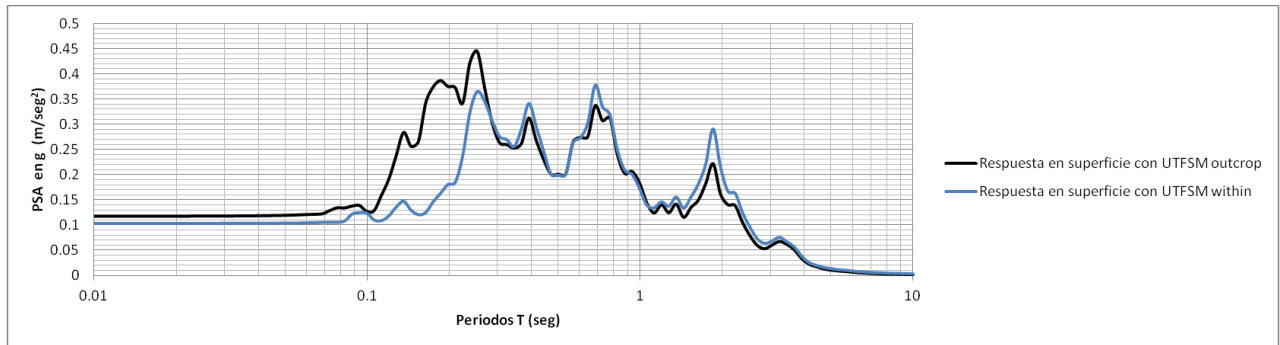


Figura F-3.a: Comparación Espectros de Pseudo Aceleraciones Dir.L en superficie libre del suelo.

Con estos resultados se concluye que es posible realizar análisis de respuesta del suelo, de manera directa, a partir de registros obtenidos en el afloramiento rocoso; como es nuestro caso, al ocupar el registro UTFSM.



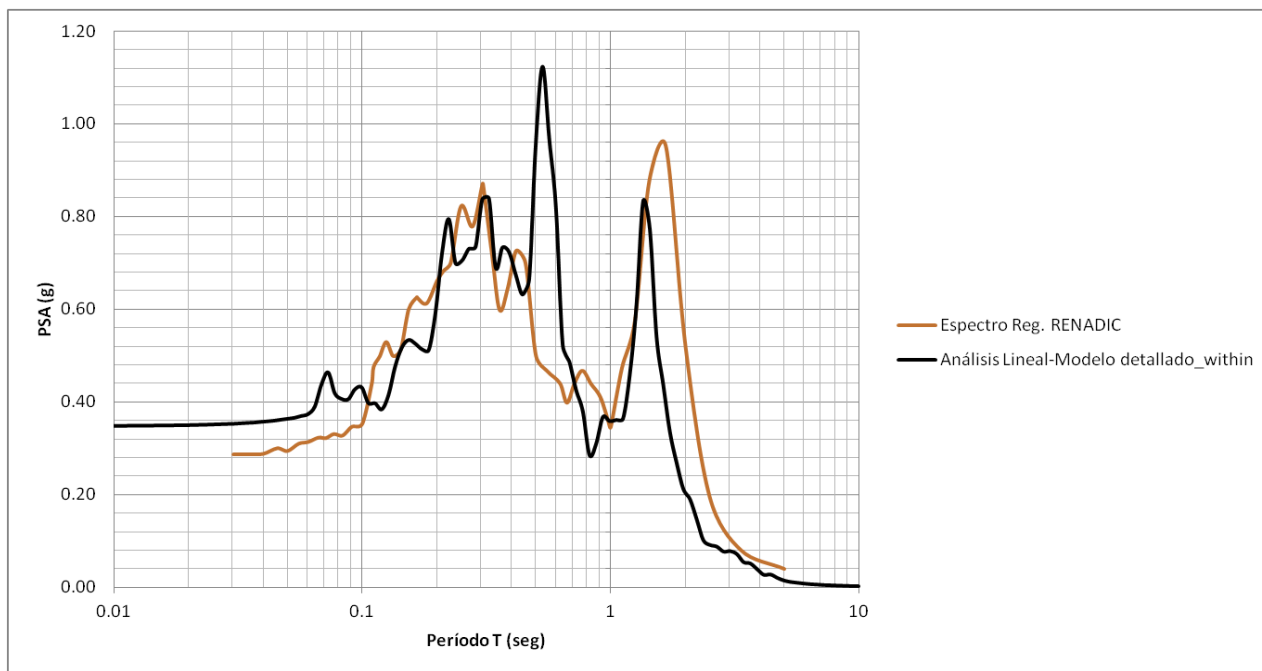
**ANEXO G: ANÁLISIS LINEAL EN MODELO DETALLADO DE POBLETE**

Figura G-1: Análisis Lineal con Modelo Detallado de Poblete, dirección T.

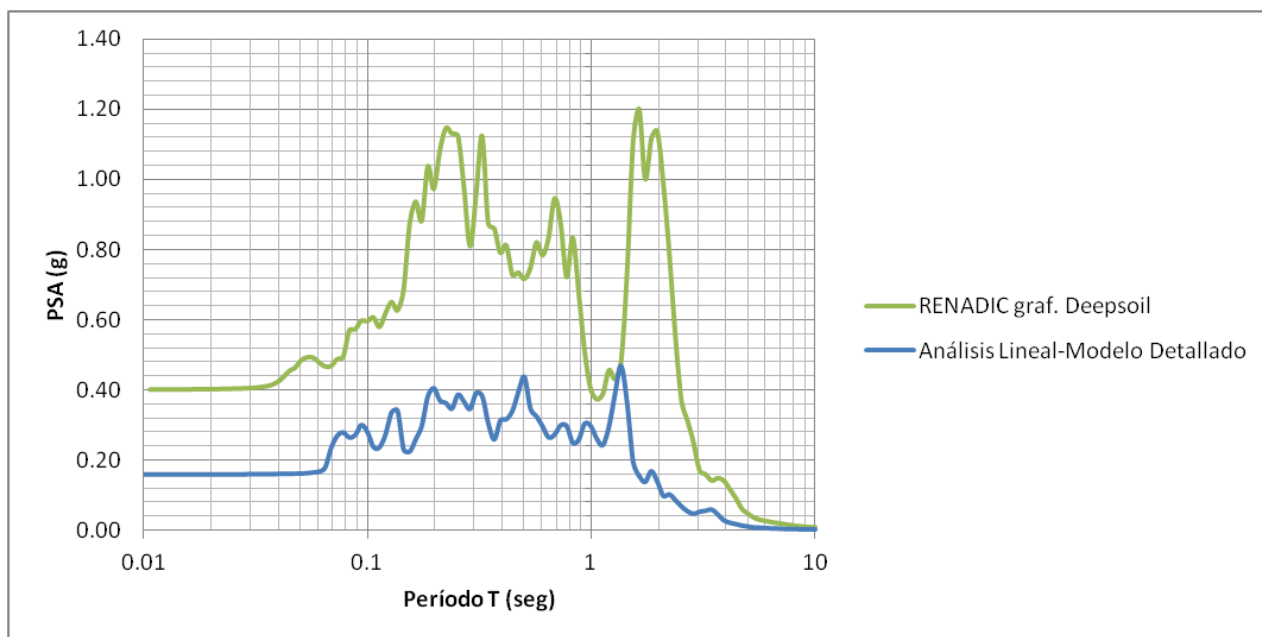


Figura G-2: Análisis Lineal con Modelo Detallado de Poblete, dirección L