
**INFORME DE REFRACCIÓN SÍSMICA
BOYACÁ- SESQUILÉ - VENTAQUEMADA**

Revisión 2



BOGOTÁ – COLOMBIA

Marzo de 2014

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. METODOLOGÍA	5
1.1 El método de refracción sísmica	5
2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO	11
2.1 MAPA DE UBICACIÓN DE LAS LINEAS SÍSMICAS DEL PROYECTO.....	12
3. PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN	13
3.1 EQUIPO DE REGISTRO	14
4. RESULTADOS.....	15
4.1 LINEA 1.....	15
4.2 LINEA 2.....	19
4.3 LINEA 3.....	23
4.4 LINEA 4.....	27
4.5 LINEA 5.....	31
4.6 LINEA 6.....	35
4.7 LINEA 7.....	39
5. CONCLUSIONES.....	45
ANEXO A: REGISTRO FOTOGRÁFICO	46

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Relación entre los tiempos de viaje fuente-receptor medidos en superficie (arriba) con las velocidades y espesores de las primeras capas (abajo).....	6
Figura 2. Ilustración de la trayectoria E-M-N-G desde la fuente hasta el receptor para un pulso refractado críticamente, atravesando una capa superficial de espesor h_1	7
Figura 3. Diagrama generalizado Tiempo-Distancia para una discontinuidad horizontal a través de la cual las velocidades sísmicas cambian de 1400 a 4500 m/s.	8
Figura 4. Ilustración de la llamada “Distancia crítica” en refracción sísmica.....	10
Figura 5. Ubicación geográfica del proyecto.....	11
Figura 6. Vista en planta de ubicación de las líneas sísmicas en coordenadas planas.	12
Figura 7. Equipo de registro subsuelo3D.	14
Figura 8. Línea 1 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica.	16
Figura 9. Línea 1 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica	18
Figura 10. Línea 2 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica. ...	20
Figura 11. Línea 2 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica. ...	22
Figura 12. Línea 3 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica. ...	24
Figura 13. Línea 3 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica. ...	26
Figura 14. Línea 4 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica. ...	28
Figura 15. Línea 4 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica. ...	30
Figura 16. Línea 5 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica. ...	32
Figura 17. Línea 5 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica. ...	34
Figura 18. Línea 6 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica. ...	36
Figura 19. Línea 6 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica	38
Figura 20. Línea 5 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica	40
Figura 21. Línea 5 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica	42
Figura 22. Clasificación de los perfiles de suelo.....	43

INTRODUCCIÓN

La finalidad del presente informe es presentar los perfiles sísmicos de Onda Compresional (Vp) y de Onda de Corte (Vs) de 7 líneas de refracción adquiridos en los municipios de Ventaquemada y Sesquilé, departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Se presentan perfiles de velocidad de onda compresional u Onda P y perfiles de onda de corte u Onda S generados mediante el método de refracción sísmica.

La adquisición de datos se realizó los días del 18 al 19 de Diciembre de 2013; y el procesamiento e interpretación se desarrollaron en el Centro de Proceso de la empresa **SUBSUELO3D S.A.S.** en la ciudad de Bogotá D.C.

El Ing. Alexander Henao (Líder del proyecto) estuvo a cargo de la adquisición de los datos y la Ing. Ada Zamora estuvo a cargo del procesamiento de datos.

La supervisión de la adquisición por parte de **I.C. Ingeniería SAS**, estuvo a cargo del Ing. Jaime Páramo, quien ubicó las zonas y estuvo pendiente del avance de las diferentes etapas del proyecto.

1. METODOLOGÍA

1.1 El método de refracción sísmica

El método de refracción sísmica consiste en la medición del tiempo de viaje de ondas sísmicas compresionales generadas por una fuente impulsiva, desde un punto de disparo hasta unos sensores anclados a la superficie. Estas fuentes impulsivas son diversas, y pueden ser desde un martillo grande (porra o masetta) hasta la ignición de explosivos (Miller et al., 1992). Los tiempos de viaje se registran mediante instrumentos altamente sensibles diseñados para tal propósito. El tiempo de viaje se mide desde el instante del impacto (conocido como “tiempo cero”) hasta el momento en que las ondas son recibidas después de haber viajado por las primeras capas del subsuelo. Dado que los datos registrados corresponden a tiempos de viaje desde la fuente hasta el receptor, estos datos pueden ser convertidos en forma de variaciones de velocidad con la profundidad. La propagación de las ondas sísmicas en el subsuelo ha sido el tema de numerosos estudios de la Física moderna, por su importancia en análisis de sismos naturales y por su aplicación en la exploración de minerales e hidrocarburos. Hoy en día se conocen bien las leyes que gobiernan la refracción de ondas de sonido en el subsuelo, y se sabe que su refracción puede ser descrita mediante la Ley de Snell (Yilmaz, 2004). En otras palabras, con las medidas de tiempos de viaje y distancia es posible entender con buena certeza las velocidades de las ondas en el subsuelo, las cuales son un indicador indirecto de la geometría y propiedades elásticas de esos materiales.

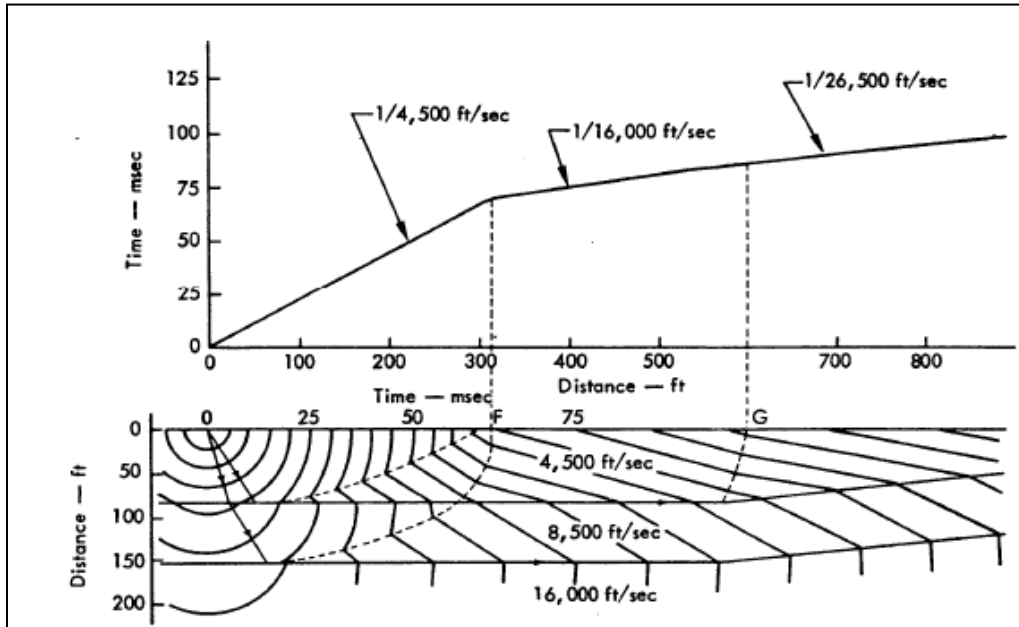


Figura 1. Relación entre los tiempos de viaje fuente-receptor medidos en superficie (arriba) con las velocidades y espesores de las primeras capas (abajo).

Cuando un pulso sísmico se genera en superficie, por ejemplo mediante un impacto producido en el suelo por un martillo, este viaja a través del subsuelo a manera de frentes de onda que se propagan en las tres direcciones del espacio. Aquellos frentes que viajan hacia el centro de la Tierra eventualmente encontrarán interfaces a través de las cuales cambian las propiedades de las capas, por ejemplo por cambios en la litología de las rocas. En esas interfaces las ondas pueden reflejarse, refractarse, o generar otros tipos de ondas, dependiendo del ángulo de aproximación y del contraste entre las impedancias acústicas (el producto de la velocidad por la densidad) de las capas. Para el método de refracción sísmica las ondas de interés son aquellas que han sido refractadas a su paso por las varias capas del subsuelo. La Figura 3 ilustra la trayectoria de un rayo (que es una línea imaginaria perpendicular a los frentes de onda que se muestran en la parte inferior de la Figura 1) refractado críticamente desde la fuente hasta los receptores.

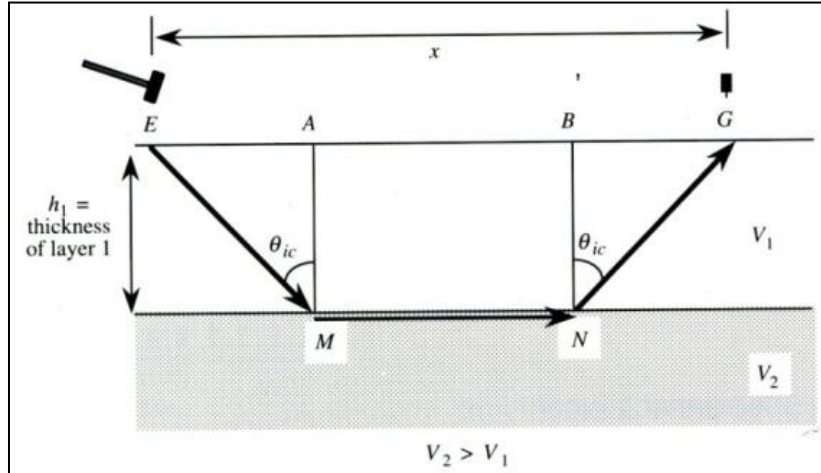


Figura 2. Ilustración de la trayectoria E-M-N-G desde la fuente hasta el receptor para un pulso refractado críticamente, atravesando una capa superficial de espesor h1.

La Figura 2 permite establecer la geometría de una onda que se refracta al llegar a una interface del subsuelo, viajar por ella y luego ser recibida por un sensor en superficie. A partir de esta geometría es posible derivar cuantitativamente las relaciones distancia-tiempo que traen información de las capas enterradas.

Derivación de la ecuación distancia-tiempo Teniendo en cuenta la geometría de la Figura 2 se tiene

$$tiempo = \frac{2h_1(v_2^2 - v_1^2)^{1/2}}{v_2 v_1} + \frac{x}{v_2} \quad (1)$$

En donde h1 es el espesor de la primera capa, x es la distancia fuente – receptor, y V1 y V2 son las velocidades de las ondas a medida que viajan por la primera y segunda capas respectivamente.

Si se deriva la anterior ecuación con respecto a x, entonces

$$\frac{dt}{dx} = \frac{1}{v_2} = pendiente \quad (2)$$

La ecuación anterior se cumple siempre y cuando las velocidades aumenten en profundidad ($V_2 > V_1$), condición importante del método de refracción sísmica.

Análisis de los tiempos de llegada La información de subsuelo que se registra en el método de refracción sísmica proviene del tiempo de llegada del pulso refractado a unos sensores (llamados “geófonos”) que se ubican a intervalos constantes, separados de la fuente por una distancia conocida. Si se tienen en cuenta la Figura 4 y la Tabla 1, es posible entender la relación entre el tiempo de tránsito de las ondas directa y refractada.

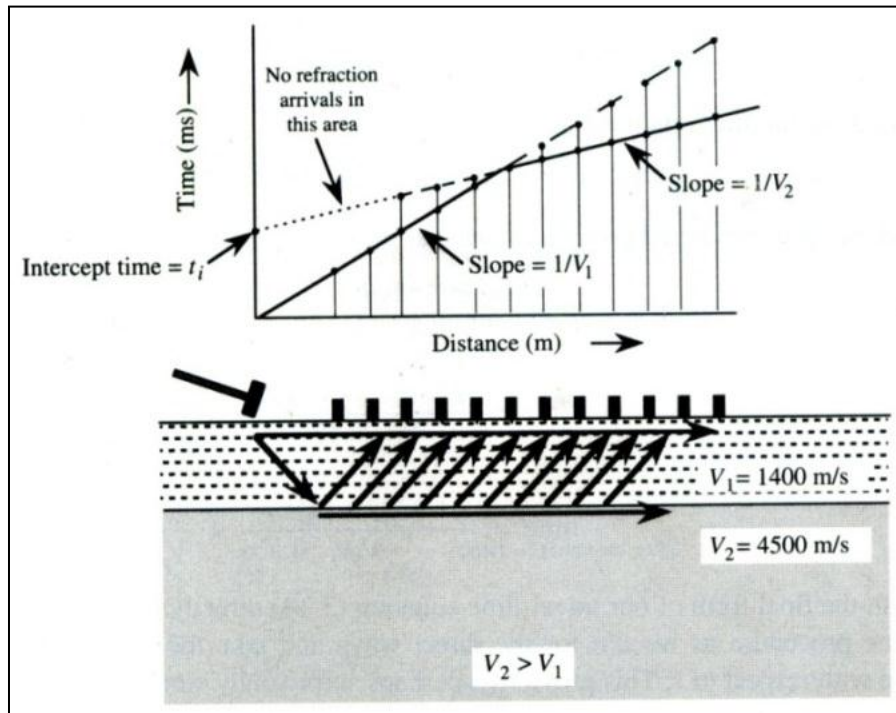


Figura 3. Diagrama generalizado Tiempo-Distancia para una discontinuidad horizontal a través de la cual las velocidades sísmicas cambian de 1400 a 4500 m/s.

Tabla 1. Ejemplo de tiempos de llegada para la onda directa y refractada de la Figura 3.

Distance from Shot (m)	Arrival Times (m/s)	
	Direct Wave	Refracted Wave
0	0.00	13.58
3	2.14	14.24
6	4.29	14.91
9	6.43	15.58
12	8.57	16.24
15	10.71	16.91
18	12.86	17.58
21	15.00	18.24
24	17.14	18.91
27	19.29	19.58
30	21.43	20.24
33	23.57	20.91
36	25.71	21.58
39	27.86	22.24
42	30.00	22.91
45	32.14	23.58
48	34.29	24.24
51	36.43	24.91
54	38.57	25.58
57	40.71	26.24
60	42.86	26.91
63	45.00	27.58
66	47.14	28.24
69	49.29	28.91

Velocity 1-P (m/s)	1400
Velocity 2-P (m/s)	4500
Depth (m)	10

Shot offset (m)	0
Geophone interval (m)	3

No refracted wave intervals before (ms)	6.55
---	------

La Tabla 1 contiene un ejemplo de libro de datos de distancias fuente-receptor (columna izquierda) y de tiempos de llegada para las ondas directa (columna central) y refractada (columna derecha) representadas en la Figura 3. Si se observa cuidadosamente la Tabla 1 se notará que la onda directa llega primero que la refractada a distancias fuente-receptor menores a 27 m. A mayores distancias, la primera onda en llegar es la refractada. Esta observación es fácilmente explicable ya que mientras la onda directa viaja a 1400 m/s, la onda refractada viaja una porción del recorrido paralelamente a 4500 m/s. Si se tienen grandes distancias se puede decir que la velocidad del rayo refractado es ~3 veces mayor que la velocidad del rayo directo.

Determinación del espesor de la capa Examinando la Figura 2 se observa que es posible proyectar la línea recta correspondiente al rayo refractado hasta que intercepte el eje vertical. Este punto es llamado tiempo de intercepto o “ t_i ” Si se toma la ecuación 2 y se reemplaza para $x=0$, se tiene

$$tiempo = t_i = \frac{2h_1(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}}{V_2 V_1} \quad (3)$$

De donde despejando h_1 , se obtiene

$$h_1 = \frac{t_i}{2} * \frac{V_2 V_1}{(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}} \quad (4)$$

Por lo anterior, si se dispone de los tiempos de llegada del rayo directo y refractado, se puede calcular el espesor de la primera capa.

Distancia de cruce Si se observa la curva distancia-tiempo de la Figura 4, se nota que las dos rectas se cruzan en un punto. La coordenada horizontal de este punto, x_{co} , es llamada *crossover distance* y puede ser usada para determinar h_1 . Para este propósito se igualan las distancias de las dos rectas (directa y refractada), obteniéndose

$$h_1 = \frac{x_{co}}{2} * \left(\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} \right)^{1/2} \quad (5)$$

Cabe anotar que mientras la ecuación (6) necesita de las dos rectas, la ecuación (5) solo necesita de la recta refractada (Figura 3).

Distancia crítica Es el punto en el cual la primera energía recibida es la energía de la onda refractada. Esta distancia se mide desde la fuente (punto de disparo) y se llama *critical distance*, x_{crit} . La Figura 3 ilustra su geometría.

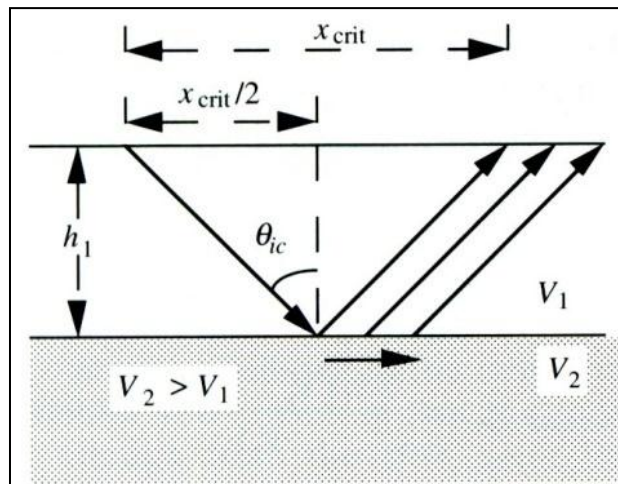


Figura 4. Ilustración de la llamada “Distancia crítica” en refracción sísmica.

Desarrollando esta geometría se tiene,

$$x_{crit} = 2h_1 \tan \left[\sin^{-1} \left(\frac{V_1}{V_2} \right) \right] \quad (6)$$

Si se utilizan identidades trigonométricas, la ecuación (6) quedará de la forma:

$$x_{crit} = \frac{2h_1}{\left[\left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 - 1 \right]^{1/2}} \quad (7)$$

2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado en los municipios de Ventaquemada y Sesquilé, departamentos de Cundinamarca y Boyacá

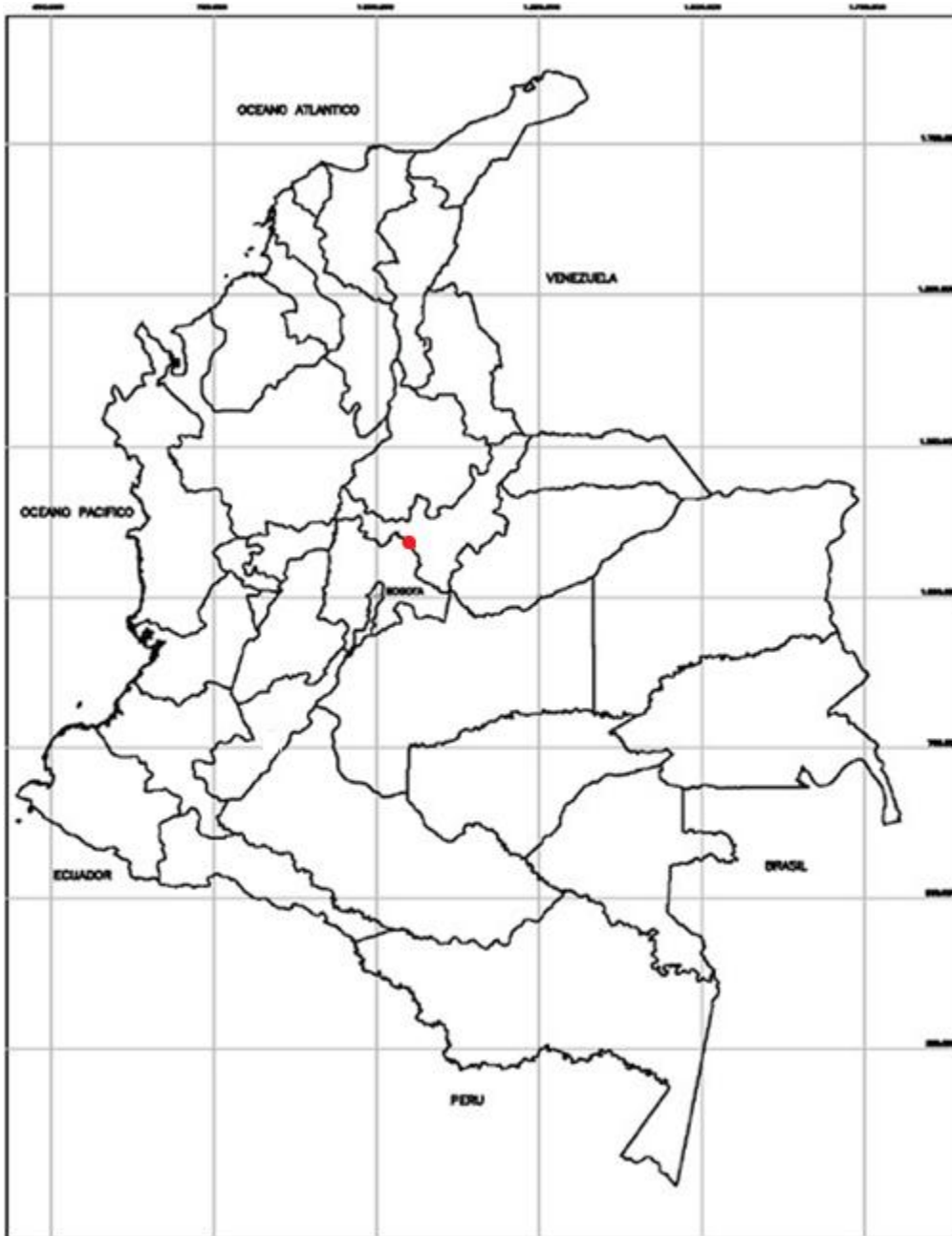


Figura 5. Ubicación geográfica del proyecto

2.1 MAPA DE UBICACIÓN DE LAS LINEAS SÍSMICAS DEL PROYECTO.

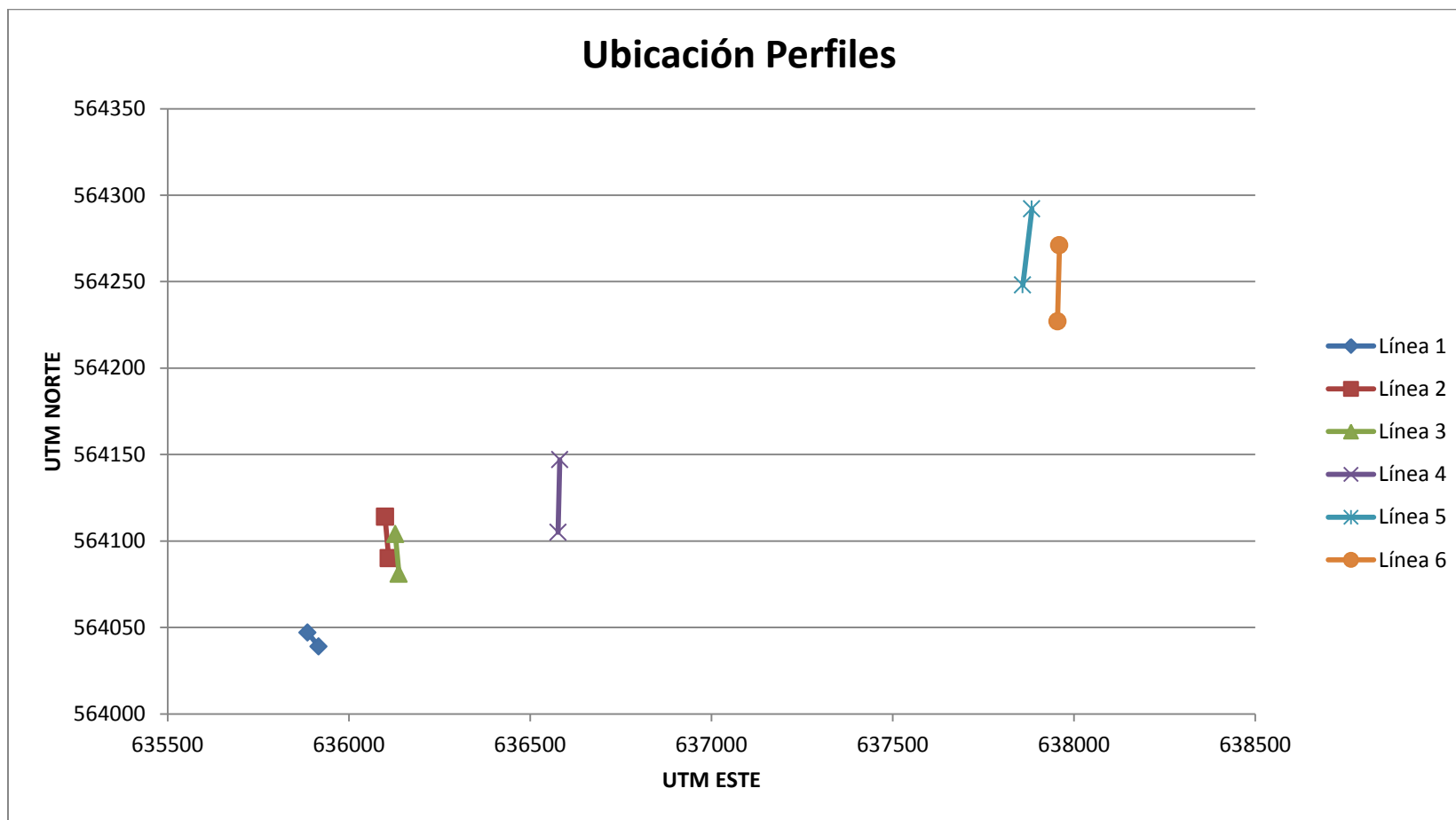


Figura 6. Vista en planta de ubicación de las líneas sísmicas en coordenadas planas.

Tabla 1. Coordenadas de inicio y final de las líneas sísmicas.

PK	Línea	Inicio		Fin	
		UTM Este	UTM Norte	UTM Este	UTM Norte
76+800	1	635886	564047	635917	564039
77+000	2	636100	564114	636110	564090
77+000	3	636128	564104	636138	564081
77+520	4	636582	564147	636577	564105
79+800	5	637859	564248	637884	564292
79+800	6	637955	564227	637960	564271
140+280	7	665726	595671	665818	595681

3. PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN

A continuación se muestran los parámetros empleados durante la adquisición de datos:

Tabla 2. Parámetros de adquisición.

LÍNEA	LONGITUD APROX. (m)	NÚMERO DE REGISTROS		INTERVALO GEÓFONOS (m)	FUENTE SÍSMICA
		ONDA P	ONDA S		
Línea 1	50	4	4	3	Porra
Línea 2	50	4	4	3	Porra
Línea 3	50	4	4	3	Porra
Línea 4	50	4	4	3	Porra
Línea 5	50	4	4	3	Porra
Línea 6	50	4	4	3	Porra
Línea 7	100	4	4	6	Porra
Total	400	56			

Proyecto: Refracción Sísmica Boyacá – Sesquilé - Ventaquemada

Líneas: Línea 1, Línea 2, Línea 3, Línea 4, Línea 5, Línea 6, Línea 7

Registro:

Adquirido por: SUBSUELO3D S.A.S.
 Formato de Grabación: Seg-D
 Intervalo de Muestreo: 0.5 ms
 Longitud de Registro: 1000 ms

Fuente:

Tipo: Almádena (Porra)
 Intervalo de disparo: 3m y 6 m

Receptores:

Geófonos Onda Compresional (P) y corte (S)
 Tendido: Perfil, Contraperfil y puntos medios
 Intervalo de grupo: 3 m y 6 m

3.1 EQUIPO DE REGISTRO

El equipo de registro de SUBSUELO3D es compuesto principalmente por sensores, fuente sísmica y equipo de adquisición de datos (Figura 7).


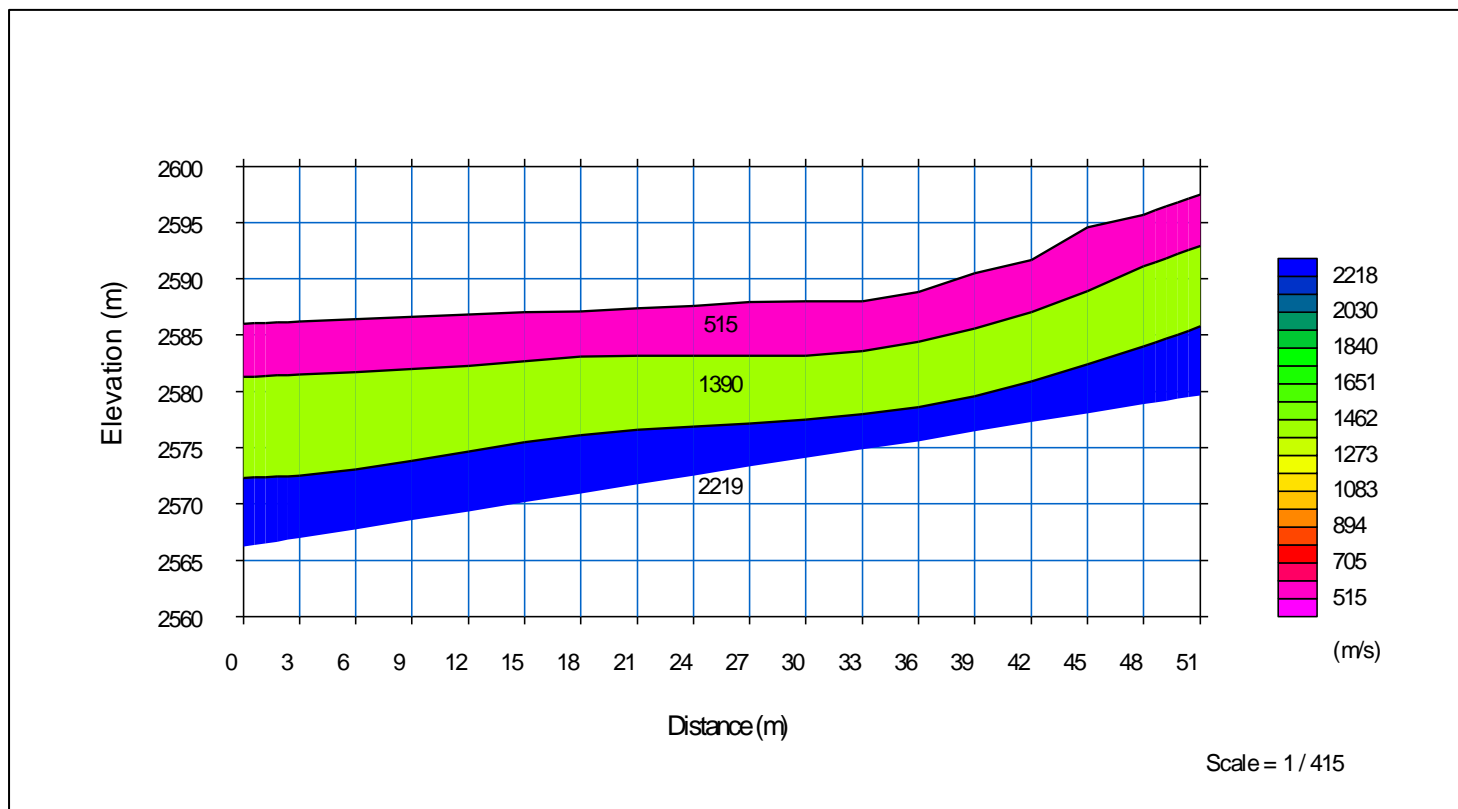
<p>Sensores: Geófonos de 10 Hz, 28 Hz y 40 Hz</p> 	<p>Fuente Sísmica: Porra</p> 
<p>Equipo de Adquisición de datos: Seismex08 Tipo de transmisión: Análoga Numero de canales: 8 diferenciales Numero de Bits ADC: 16 Rango dinámico: 120 dB Ancho de Banda: 0 a 250 Hz Tasa de muestreo : 1 ms Temperatura de operación: -40 a +60 Grados Celsius</p>	

Figura 7. Equipo de registro subsuelo3D.

4. RESULTADOS

4.1 LINEA 1.

Onda P



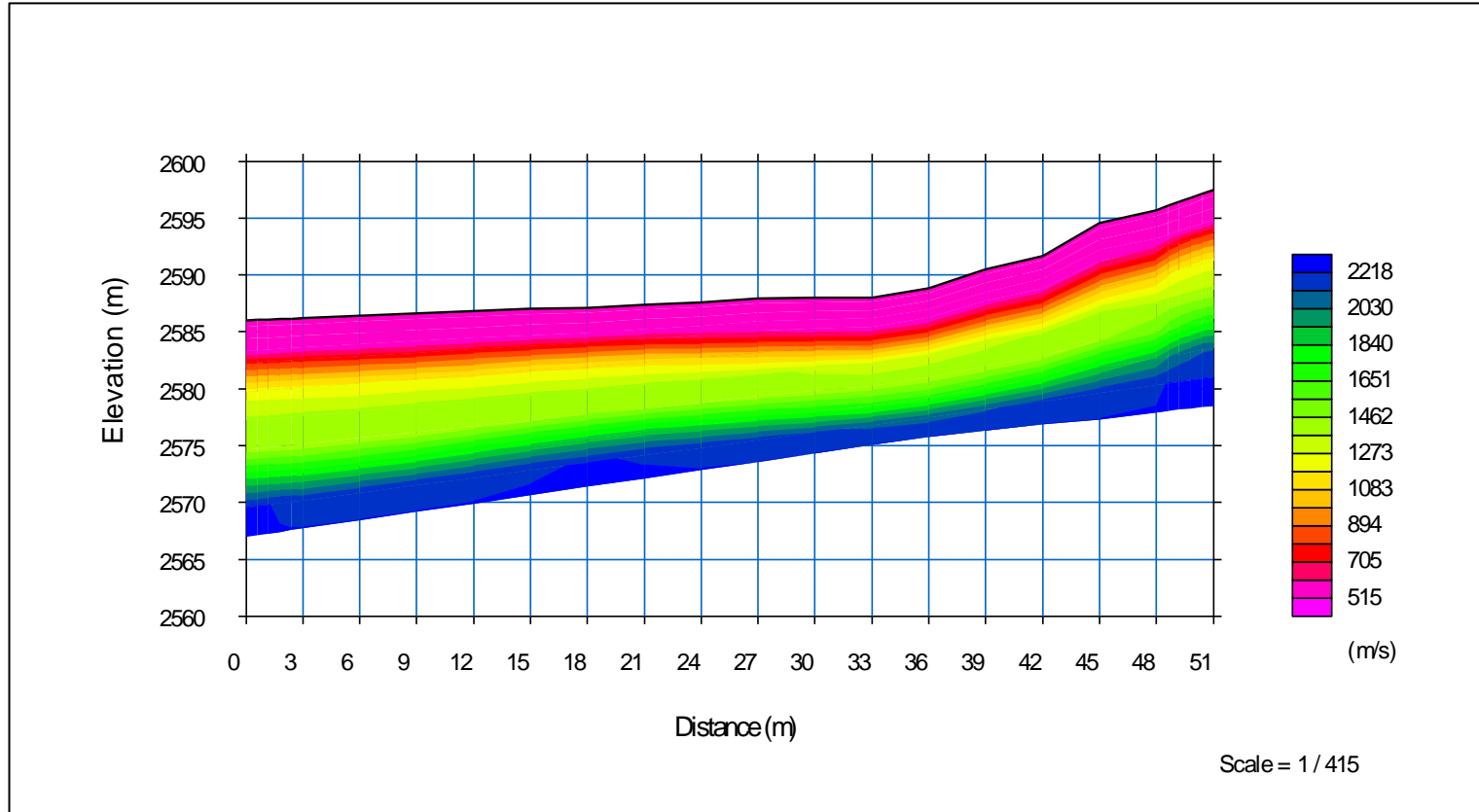
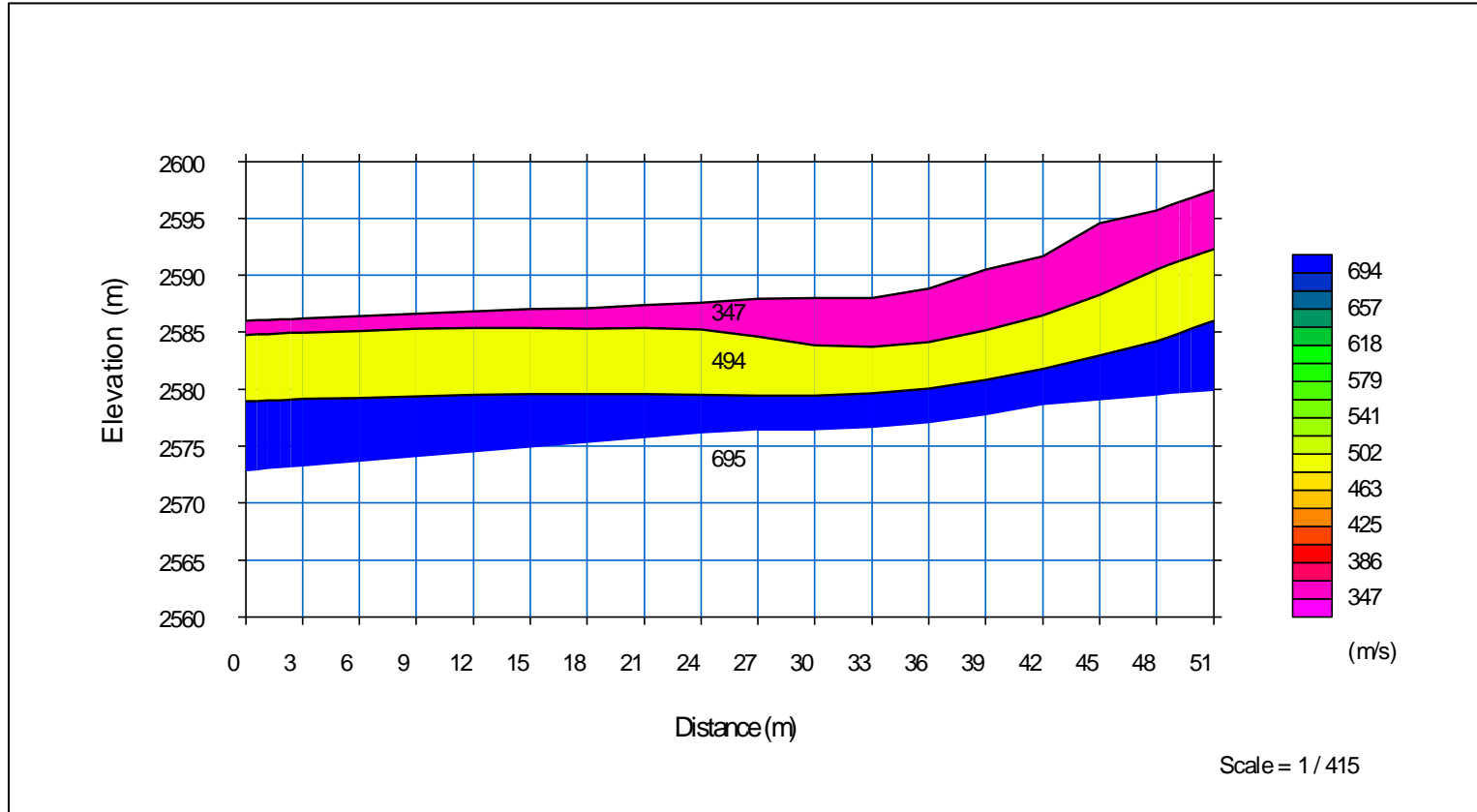


Figura 8. Línea 1 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica.

Onda S



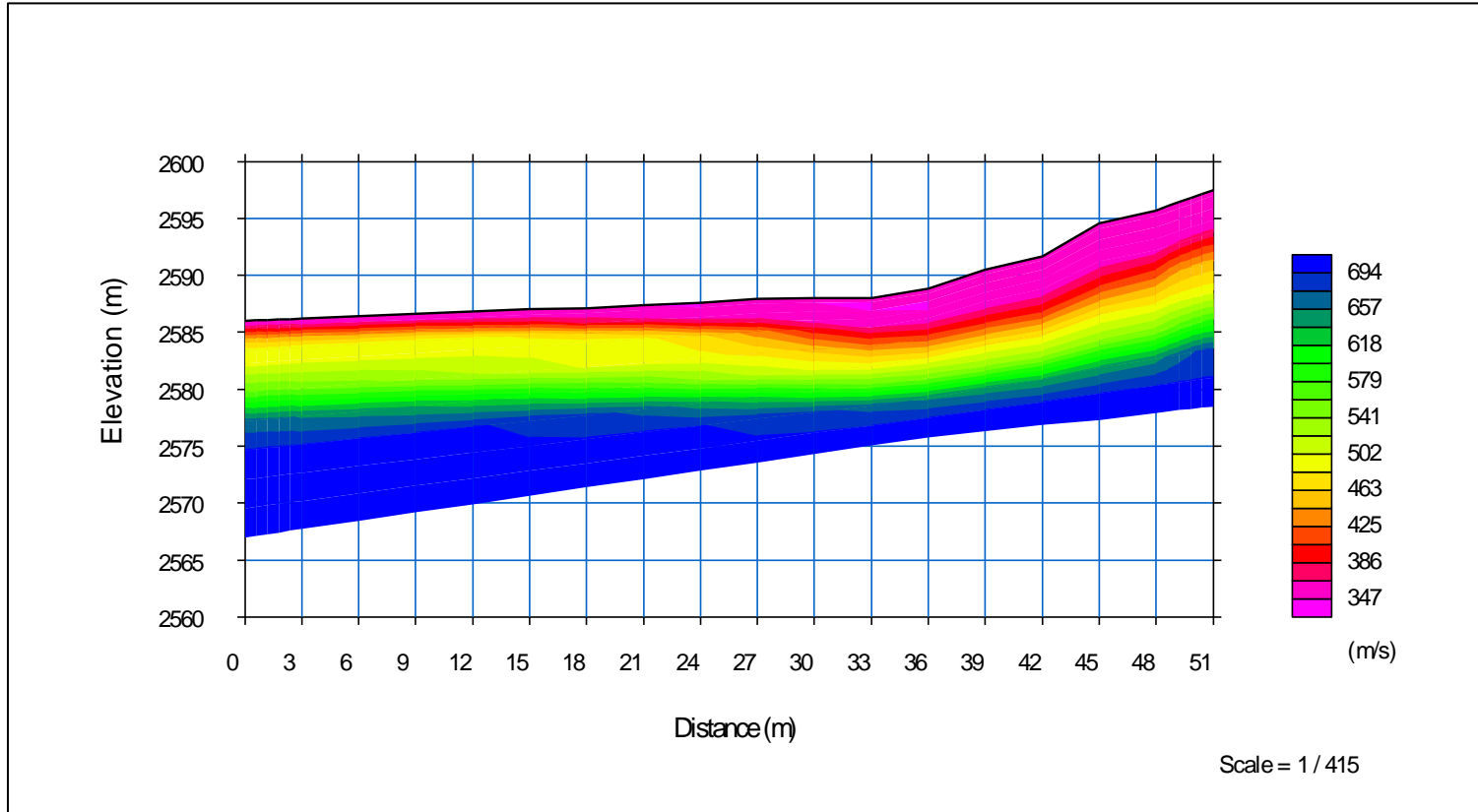
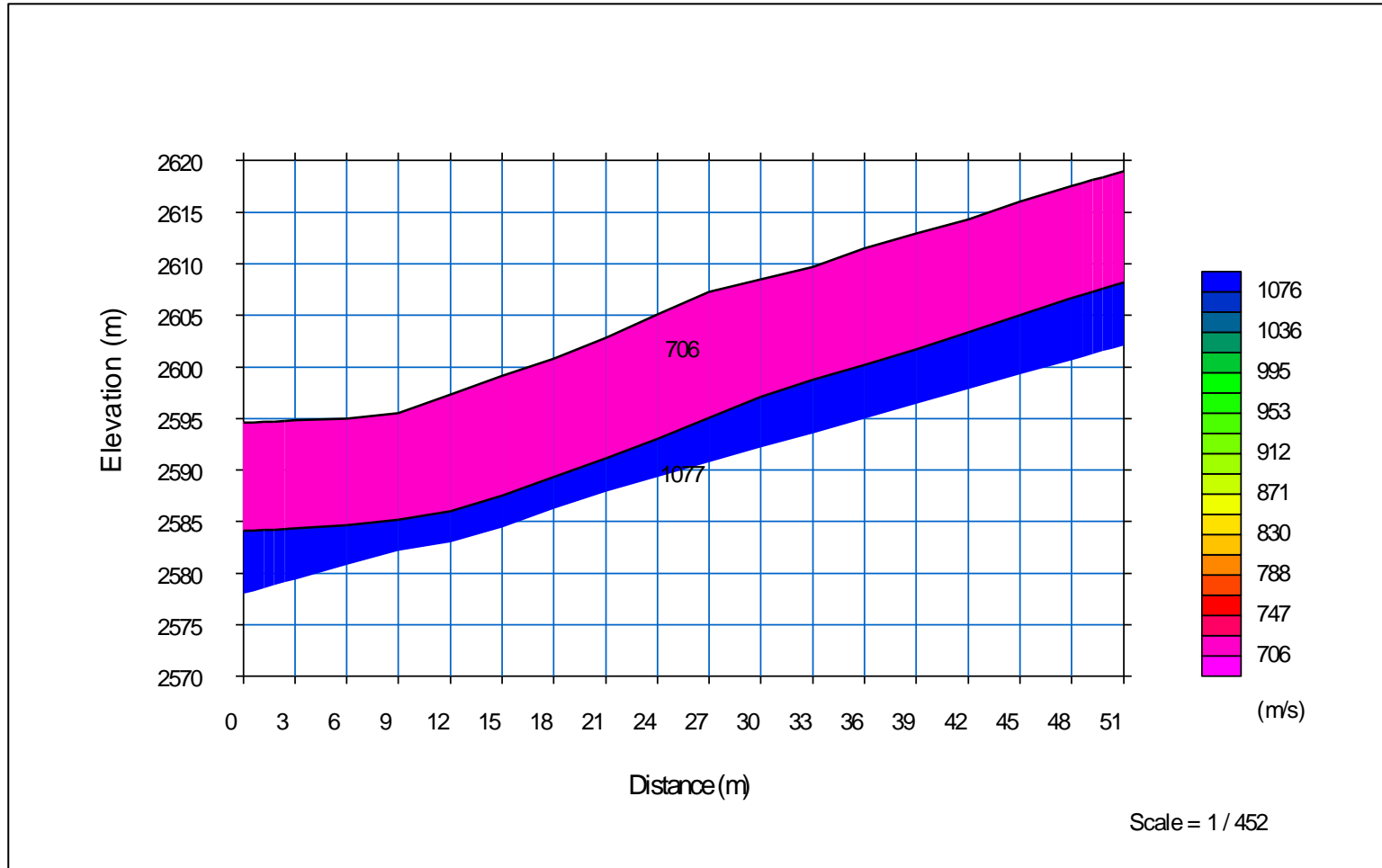


Figura 9. Línea 1 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica

4.2 LINEA 2.

Onda P



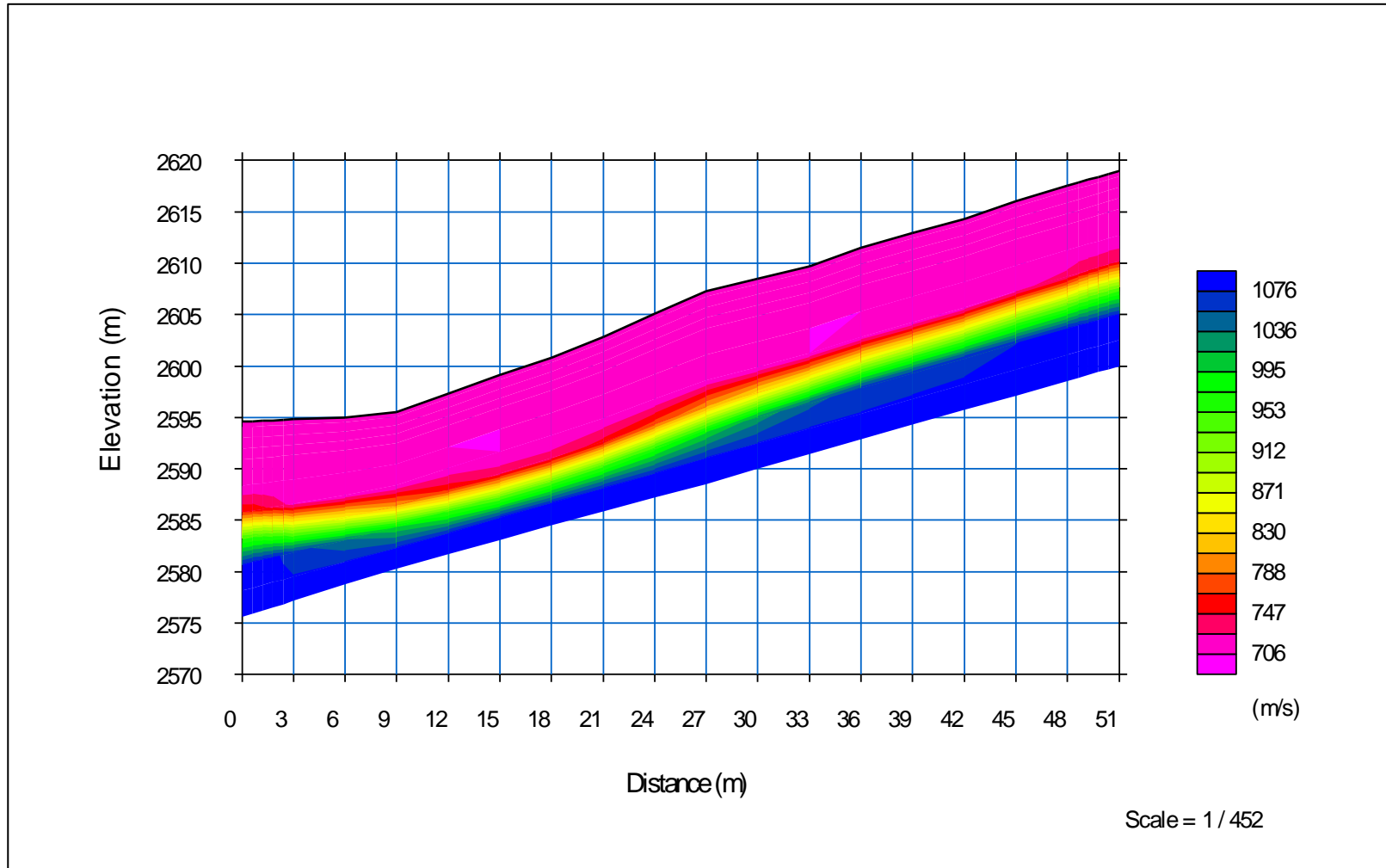
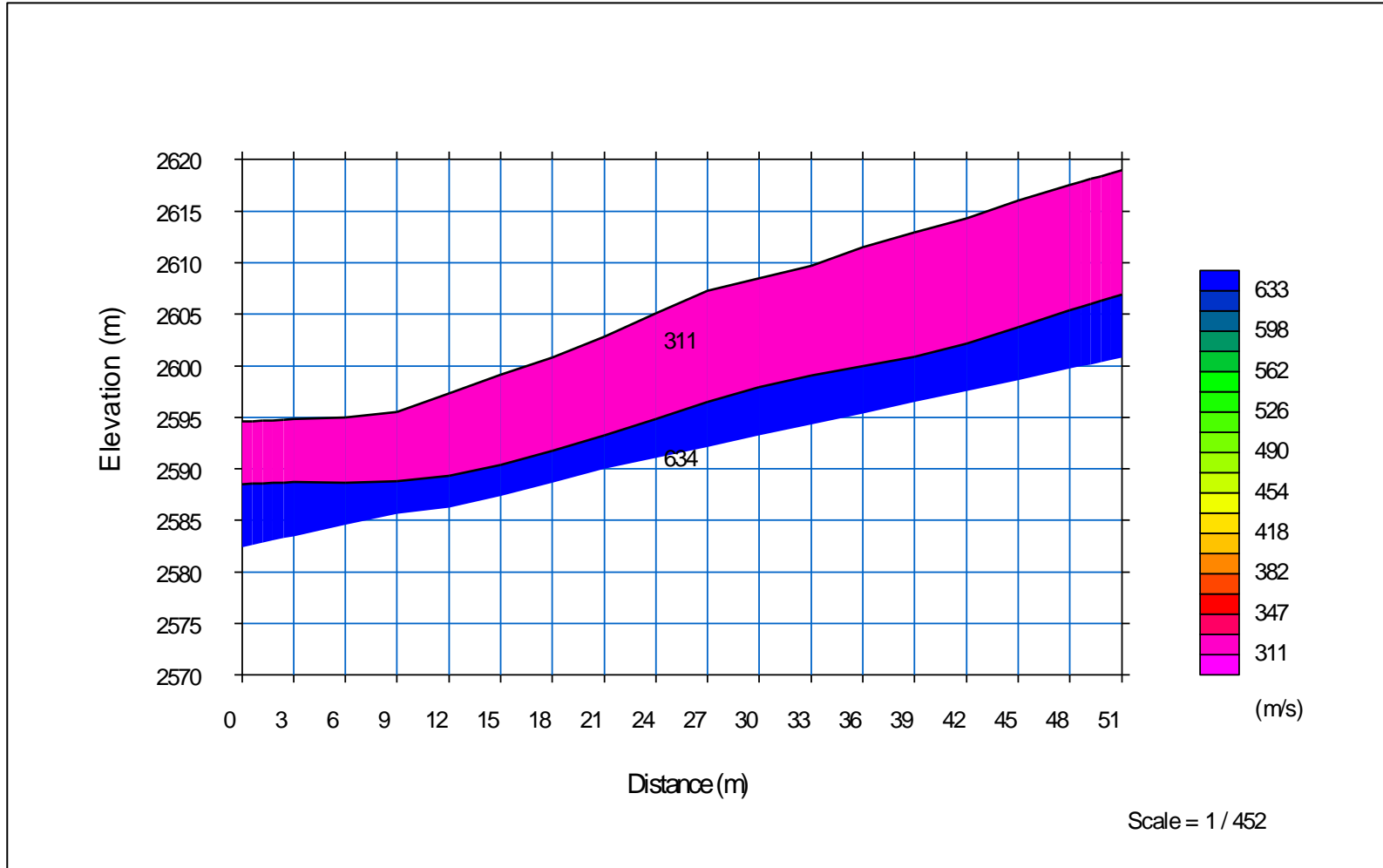


Figura 10. Línea 2 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica.

Onda S



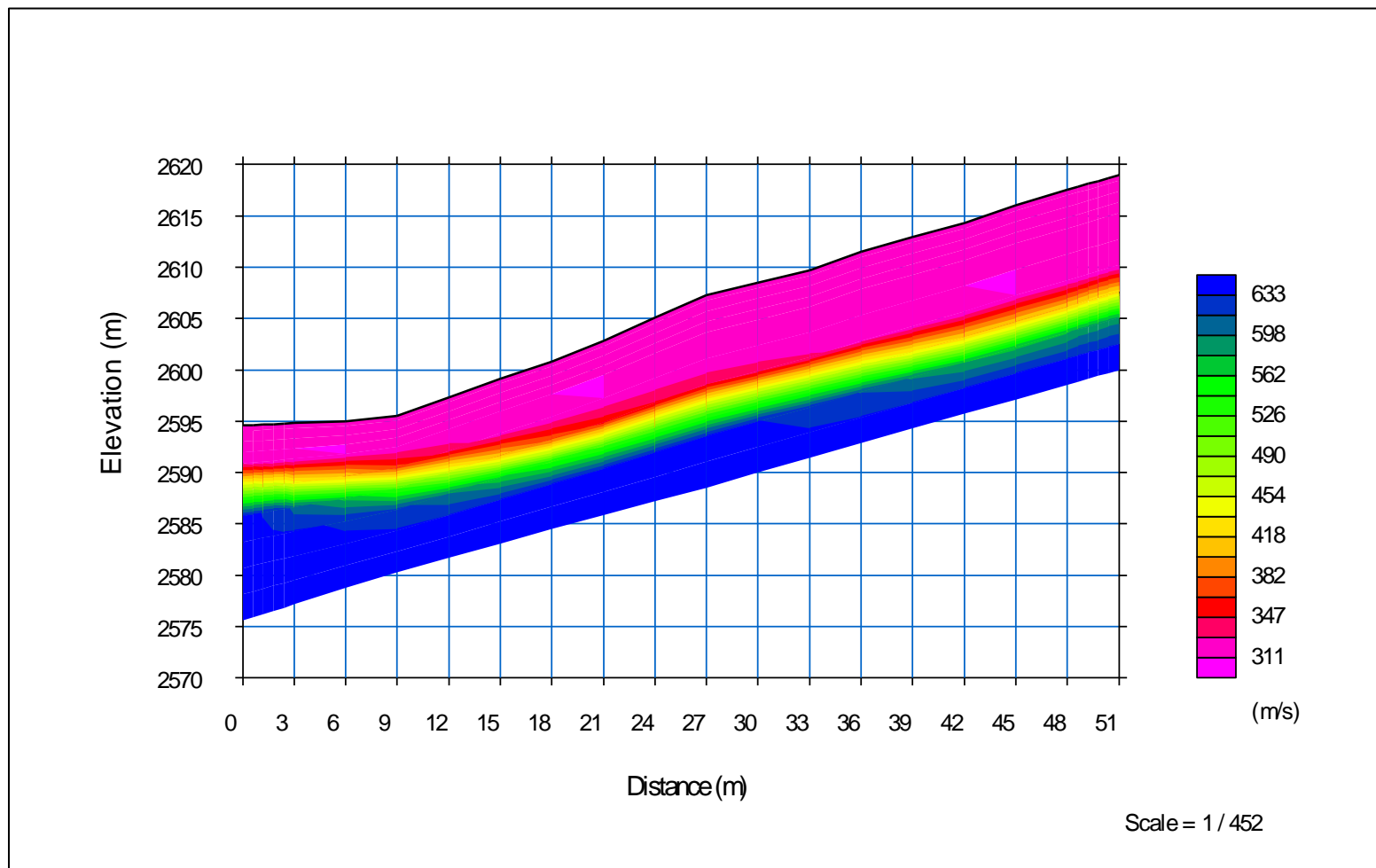
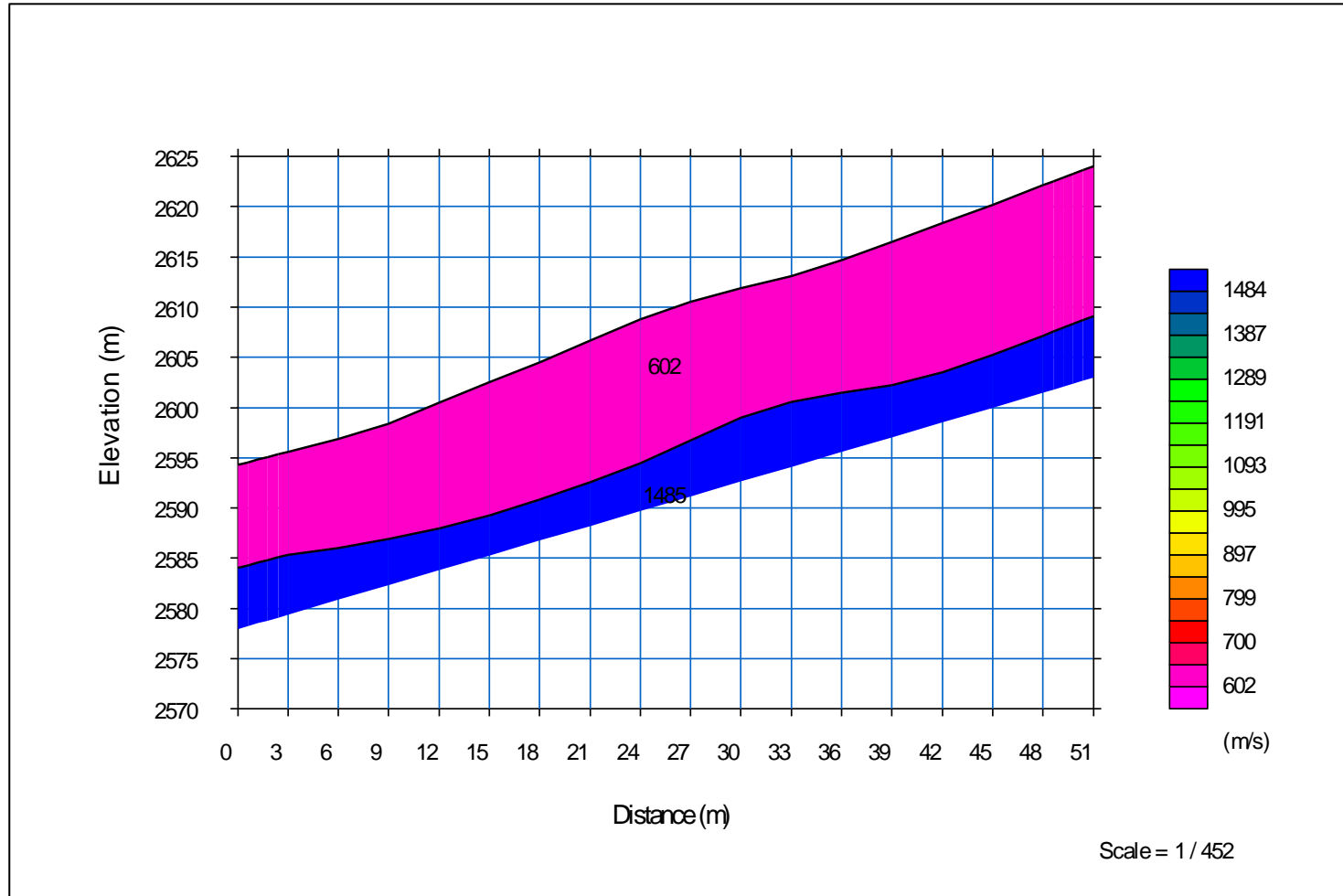


Figura 11. Línea 2 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica.

4.3 LINEA 3.

Onda P



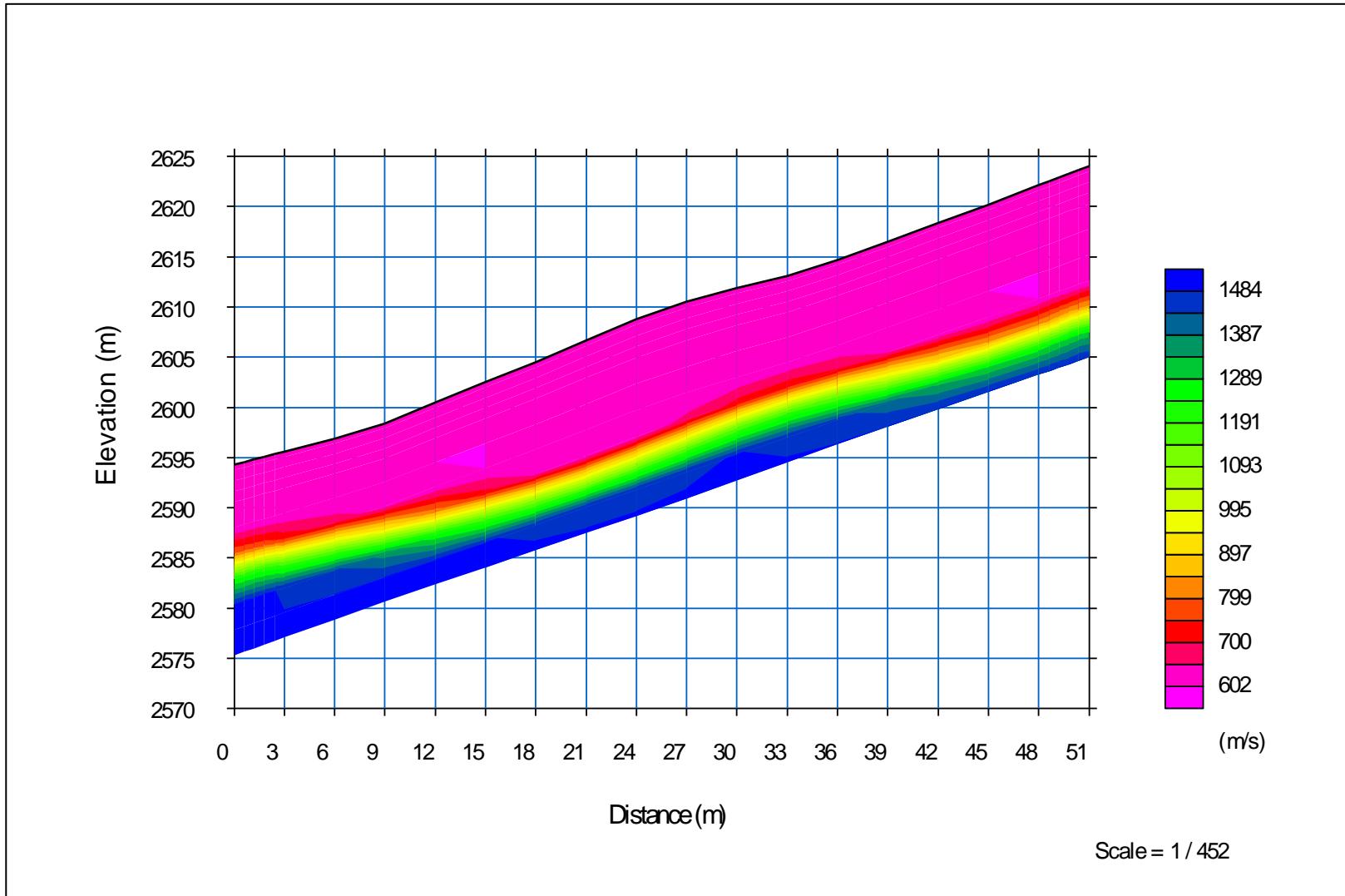
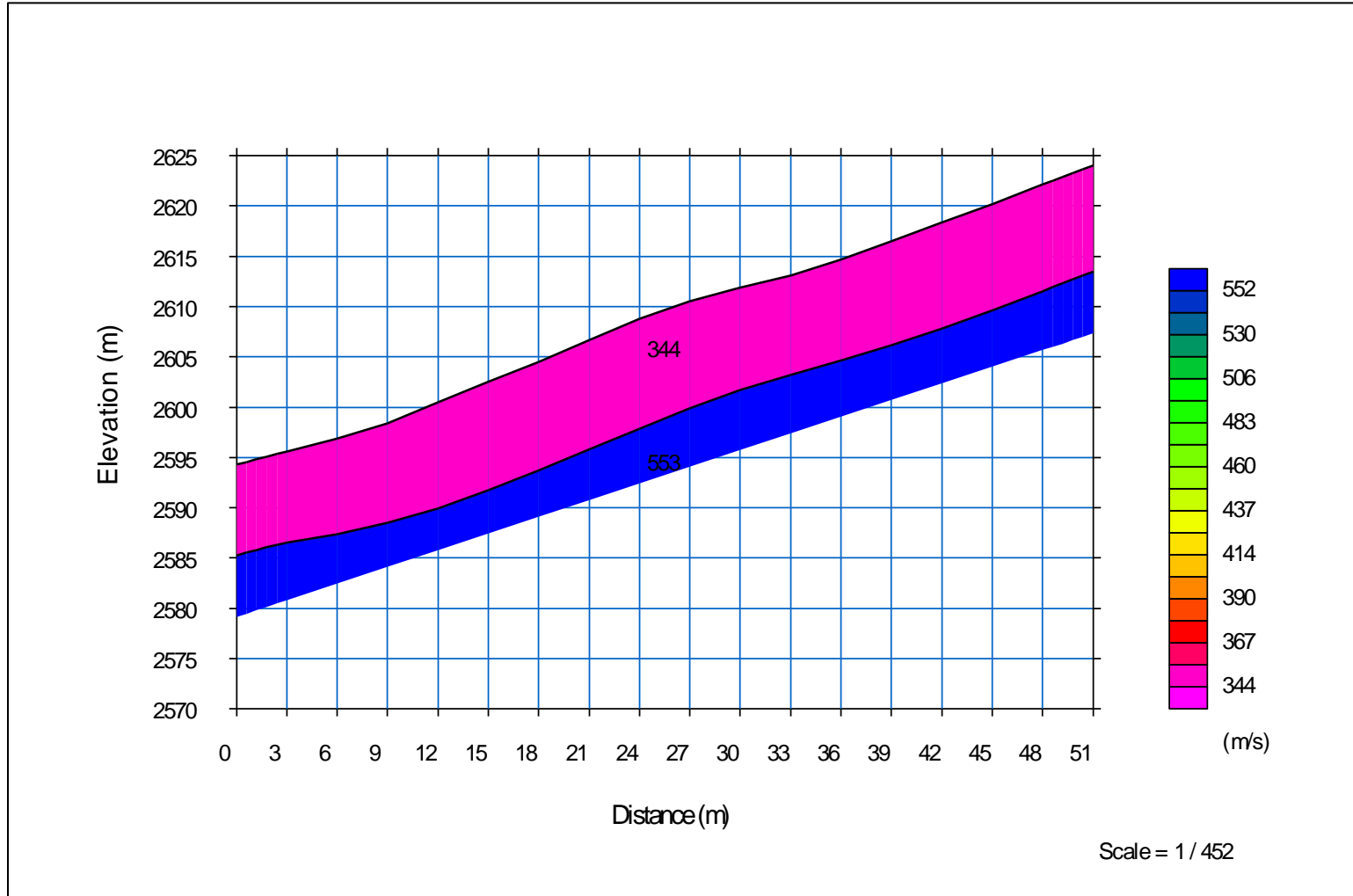


Figura 12. Línea 3 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica.

Onda S



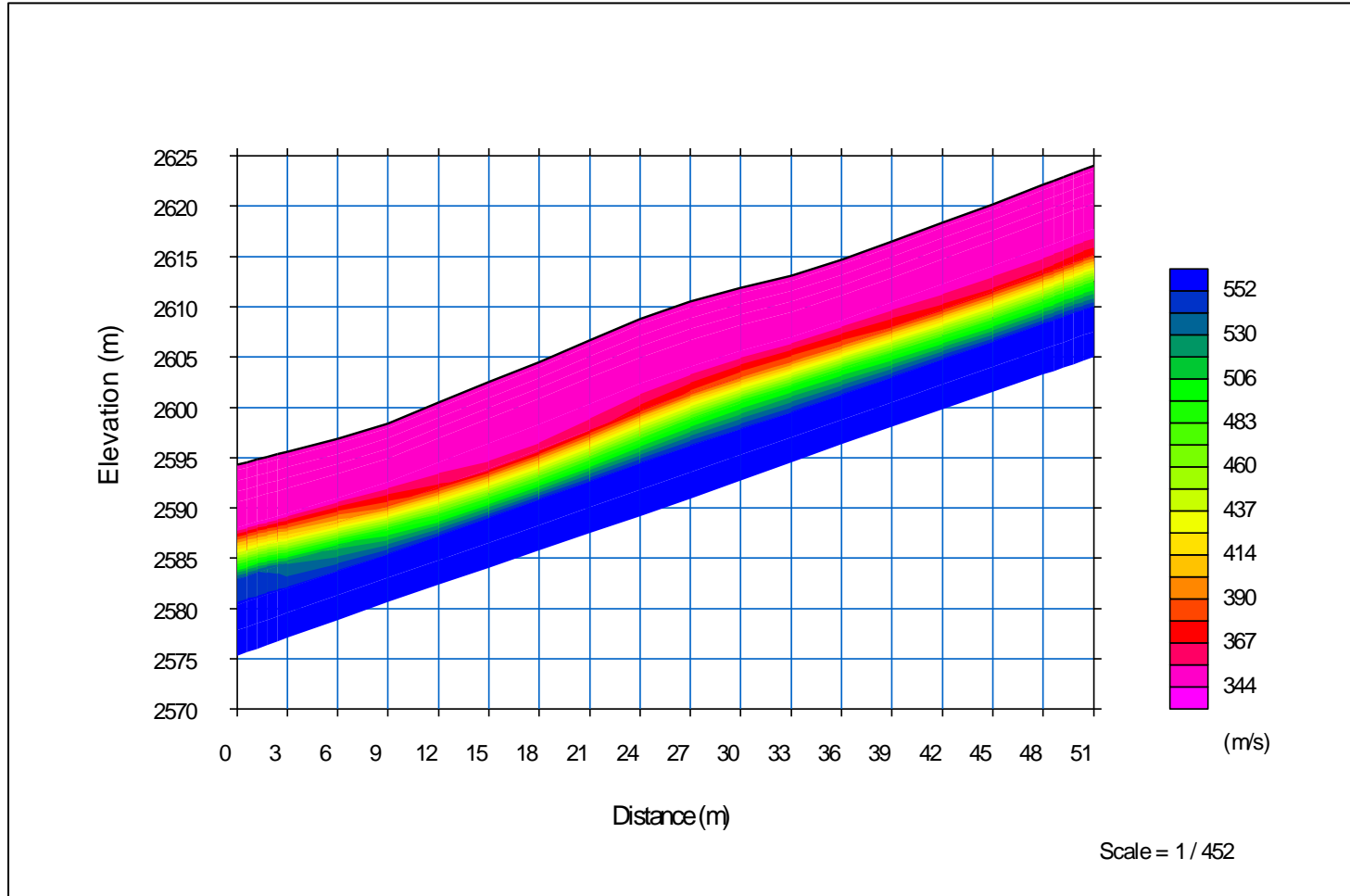
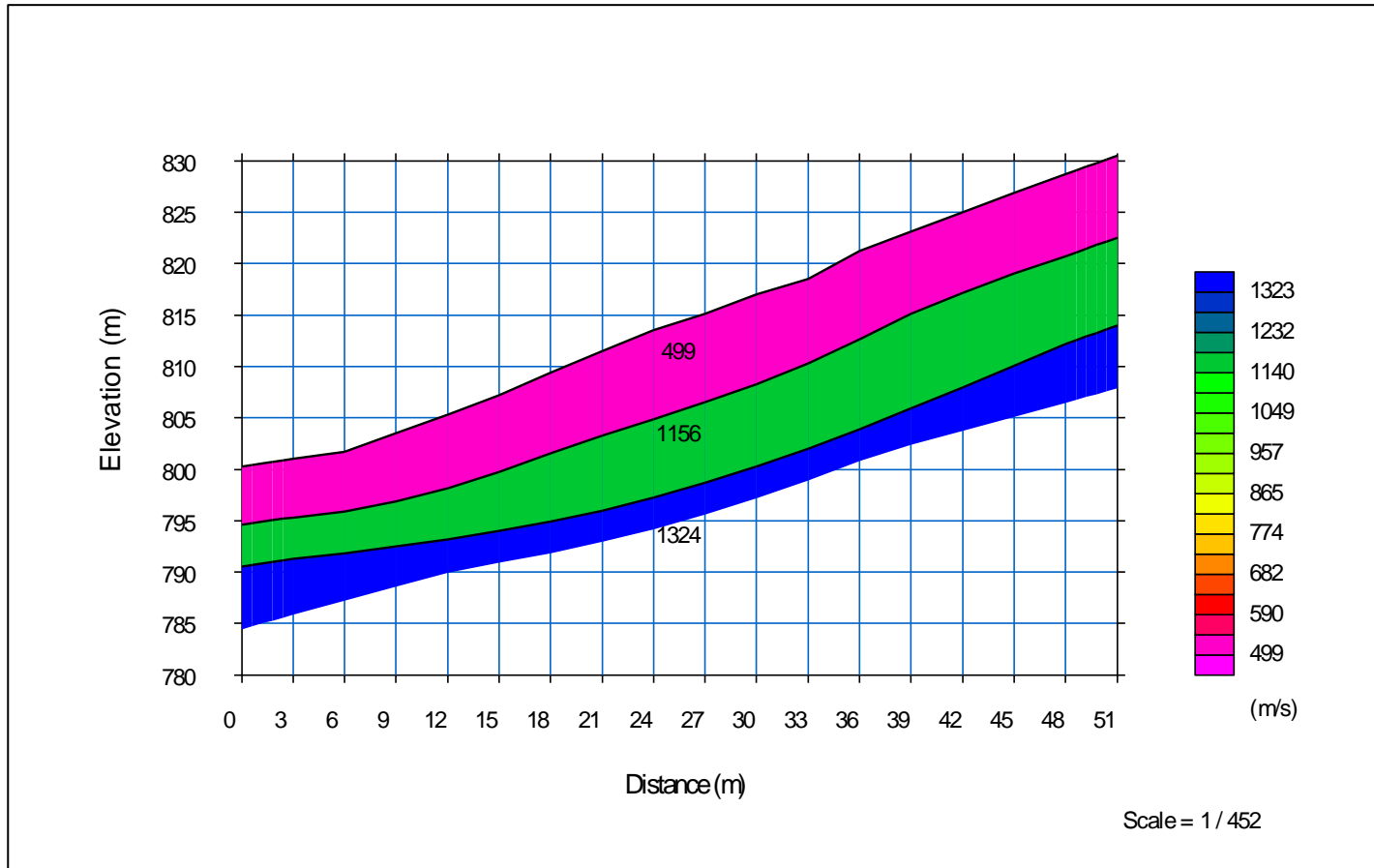


Figura 13. Línea 3 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica.

4.4 LINEA 4.

Onda P



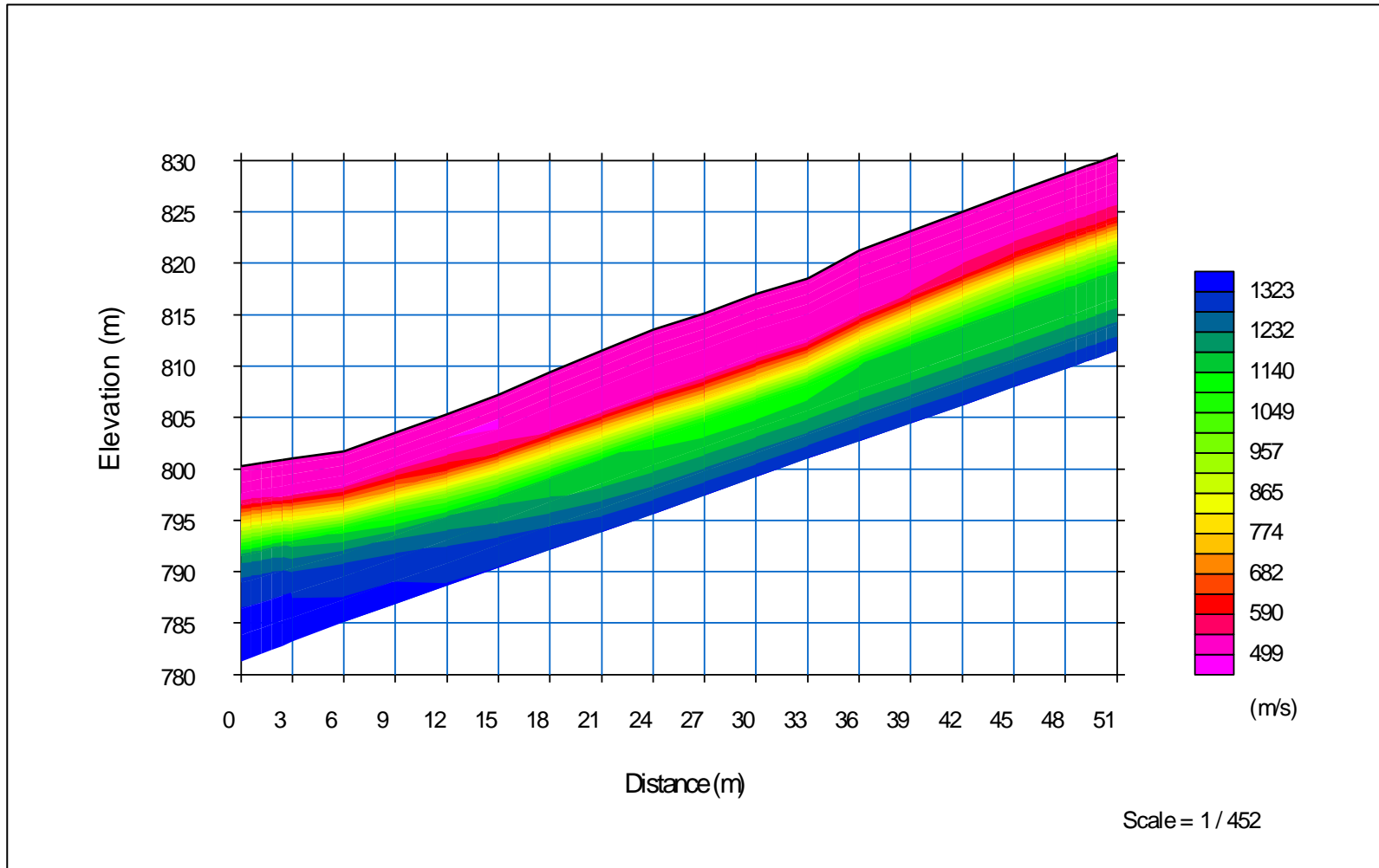
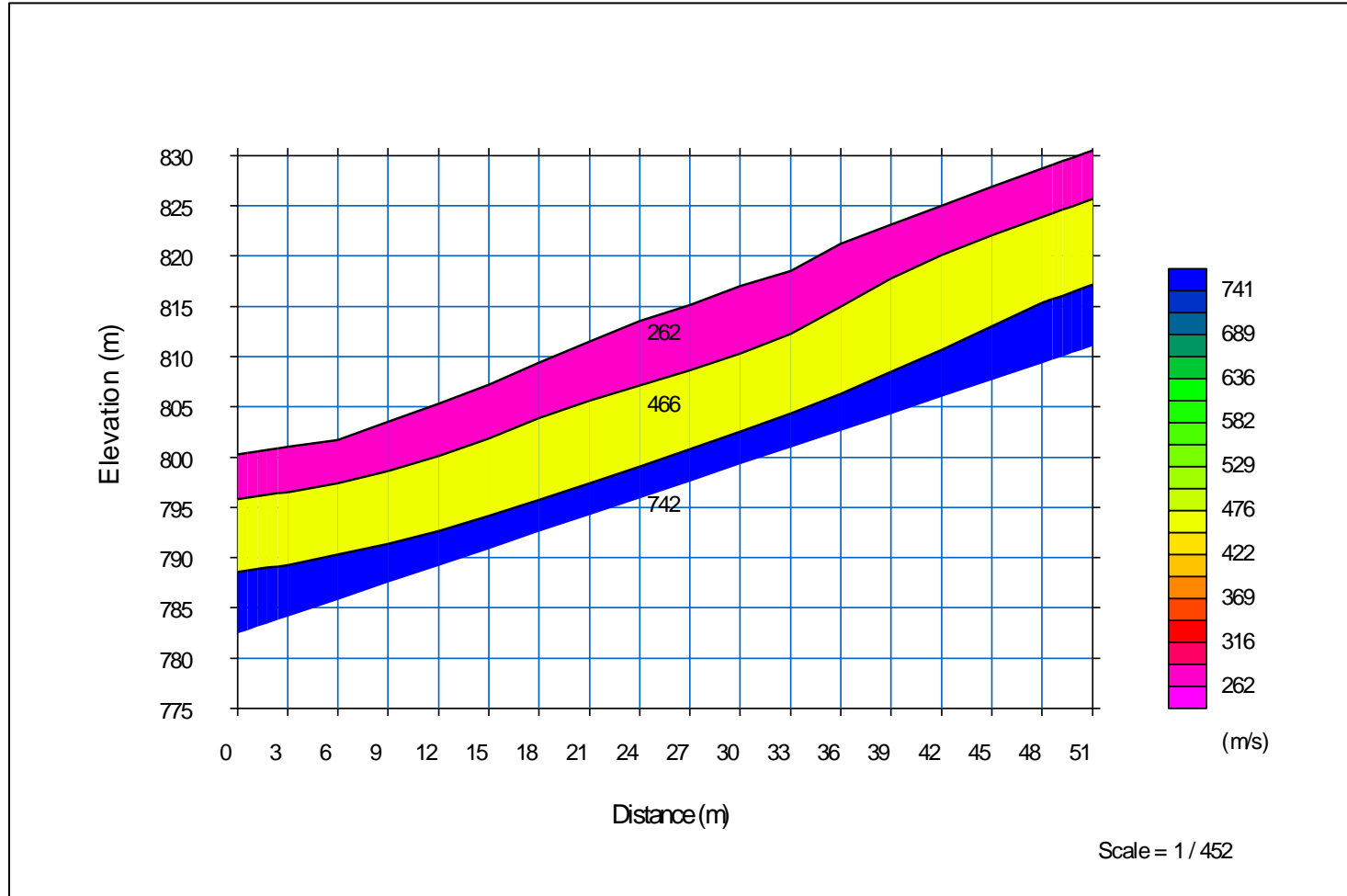


Figura 14. Línea 4 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica.

Onda S



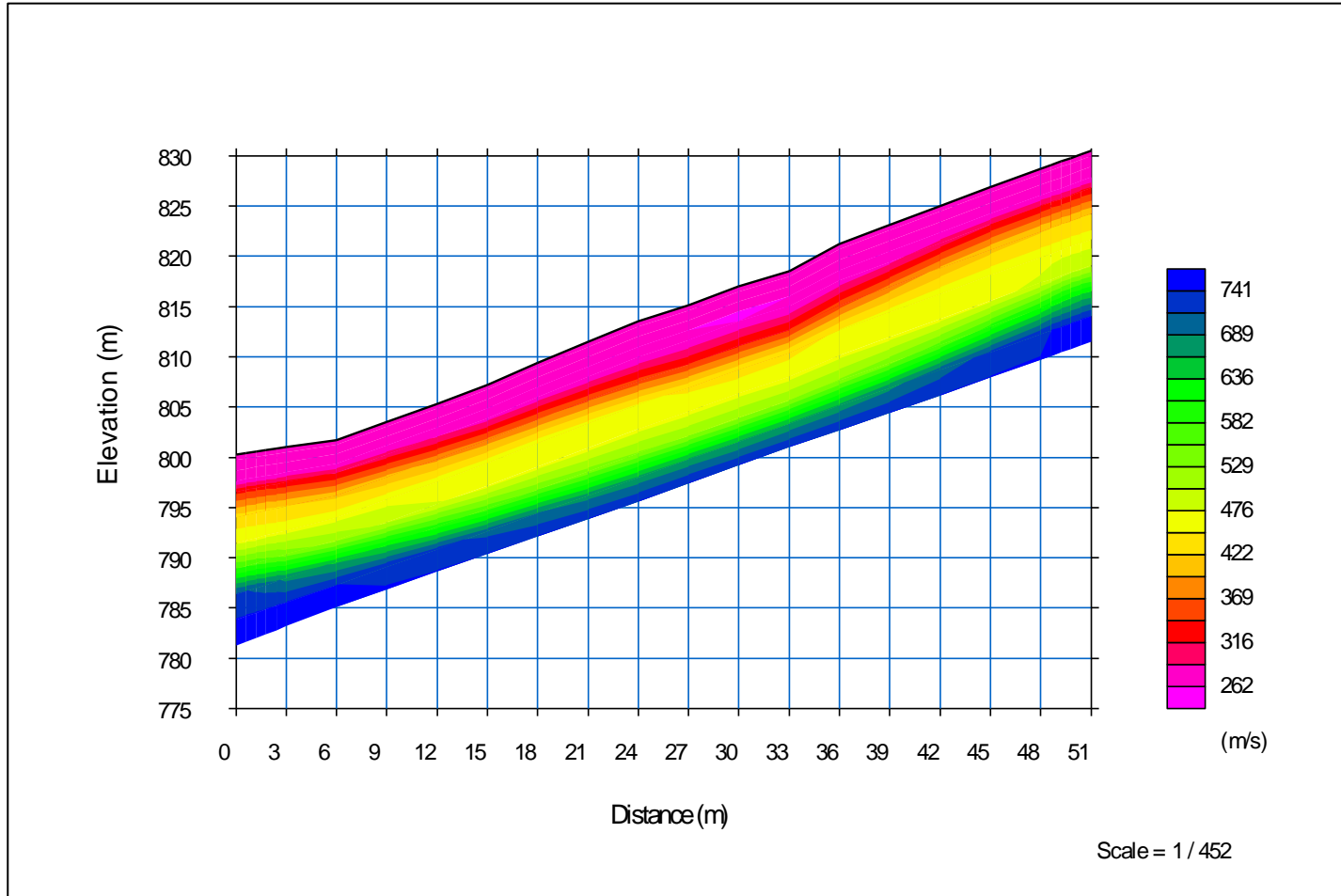
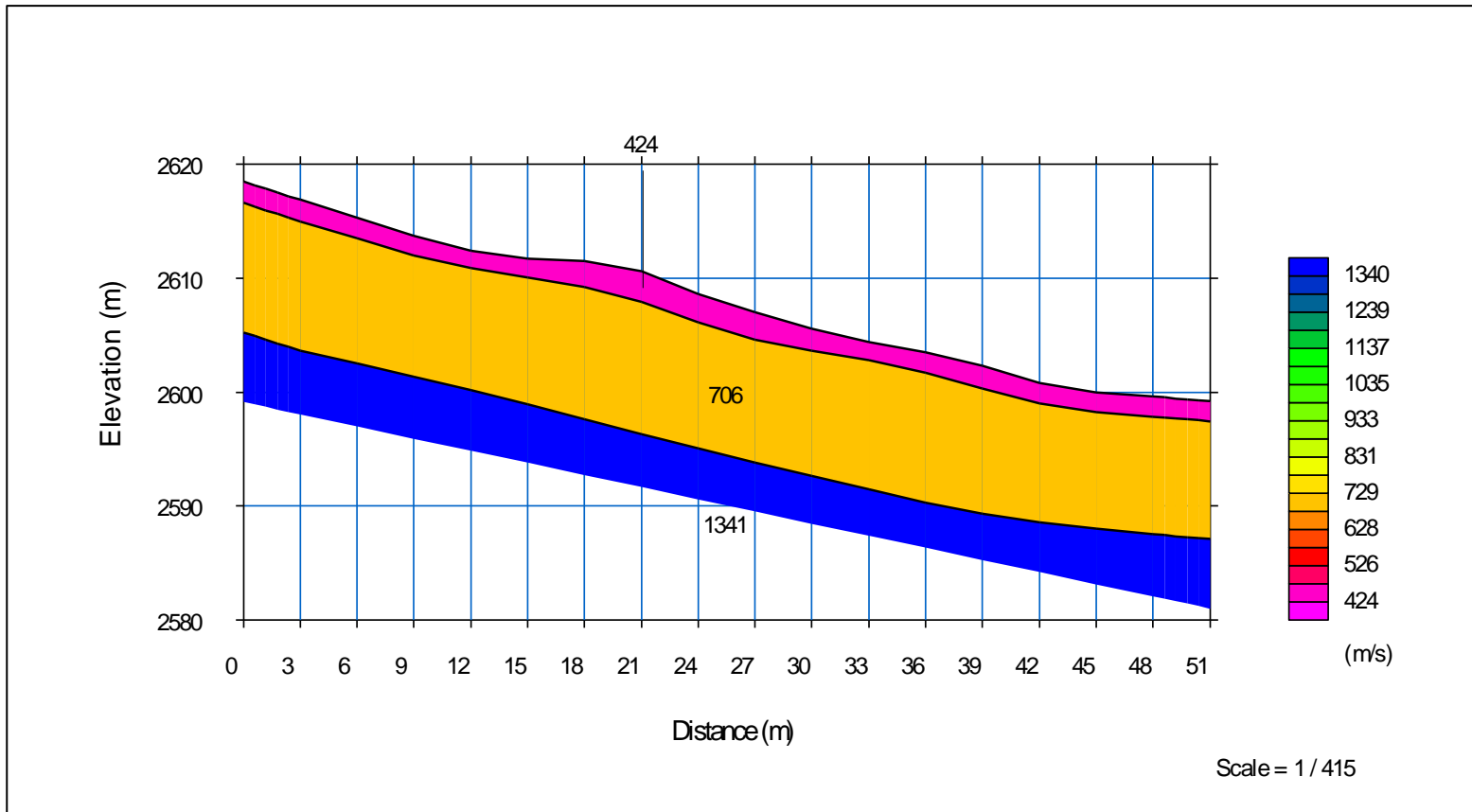


Figura 15. Línea 4 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica.

4.5 LINEA 5.

Onda P



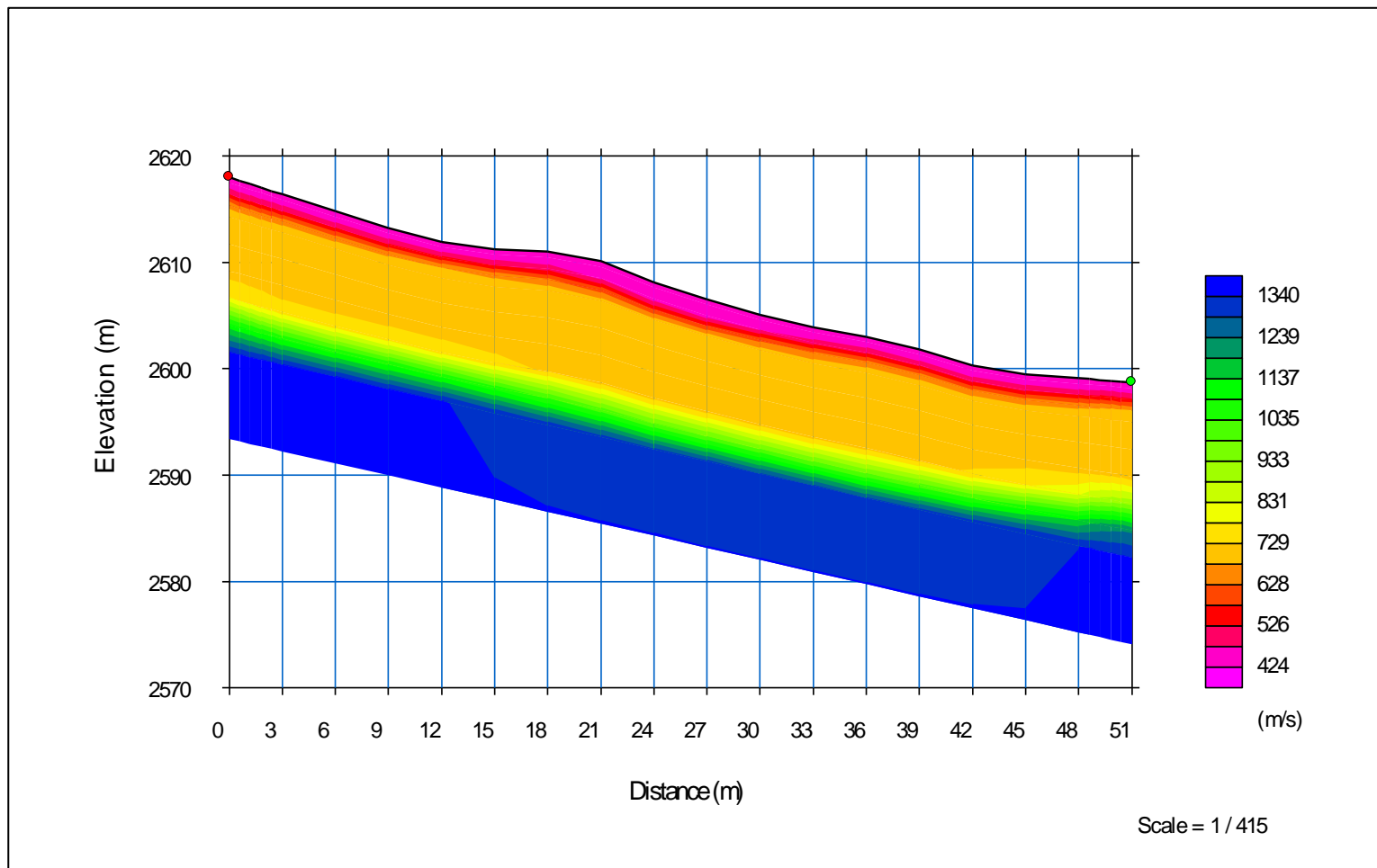
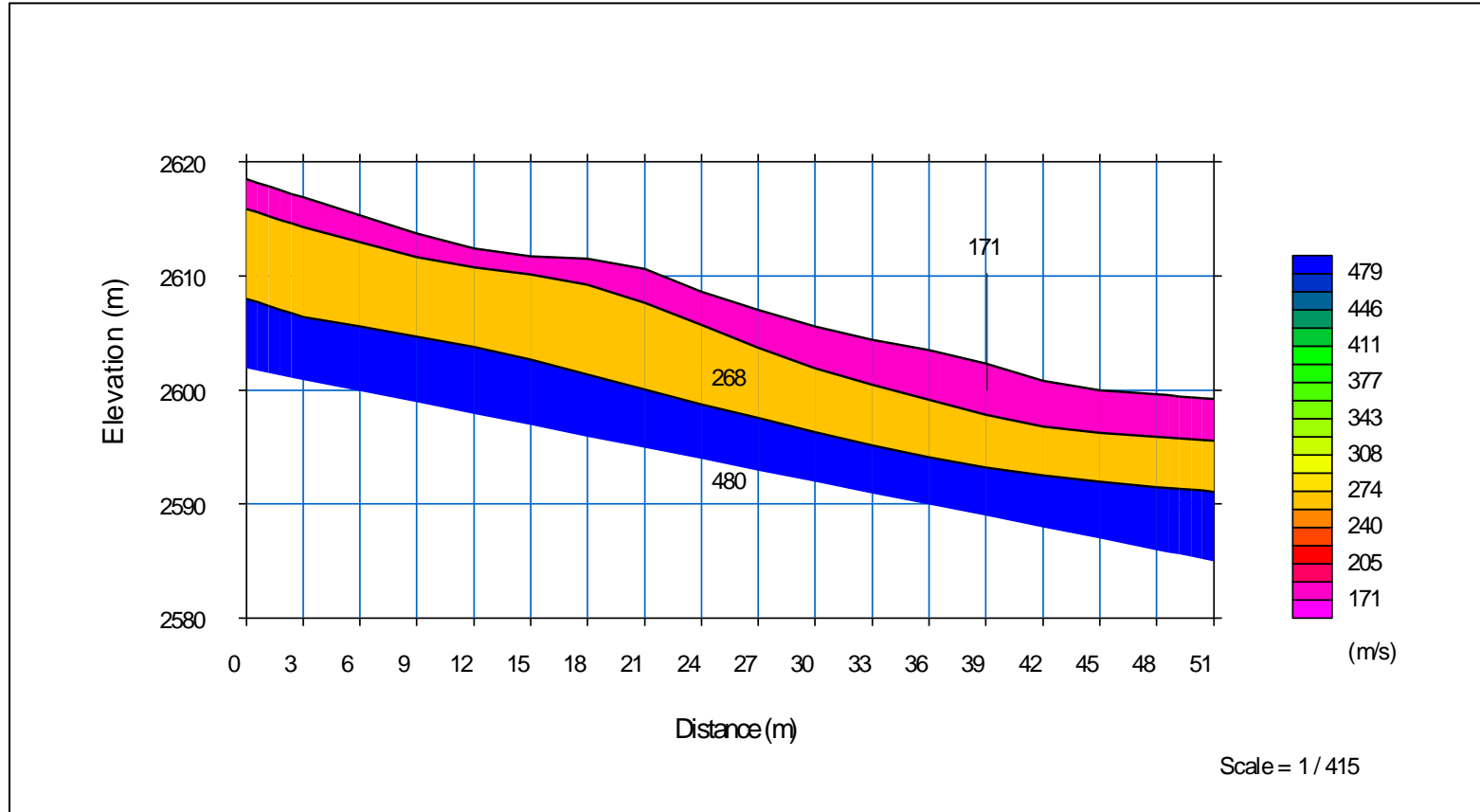


Figura 16. Línea 5 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica.

Onda S



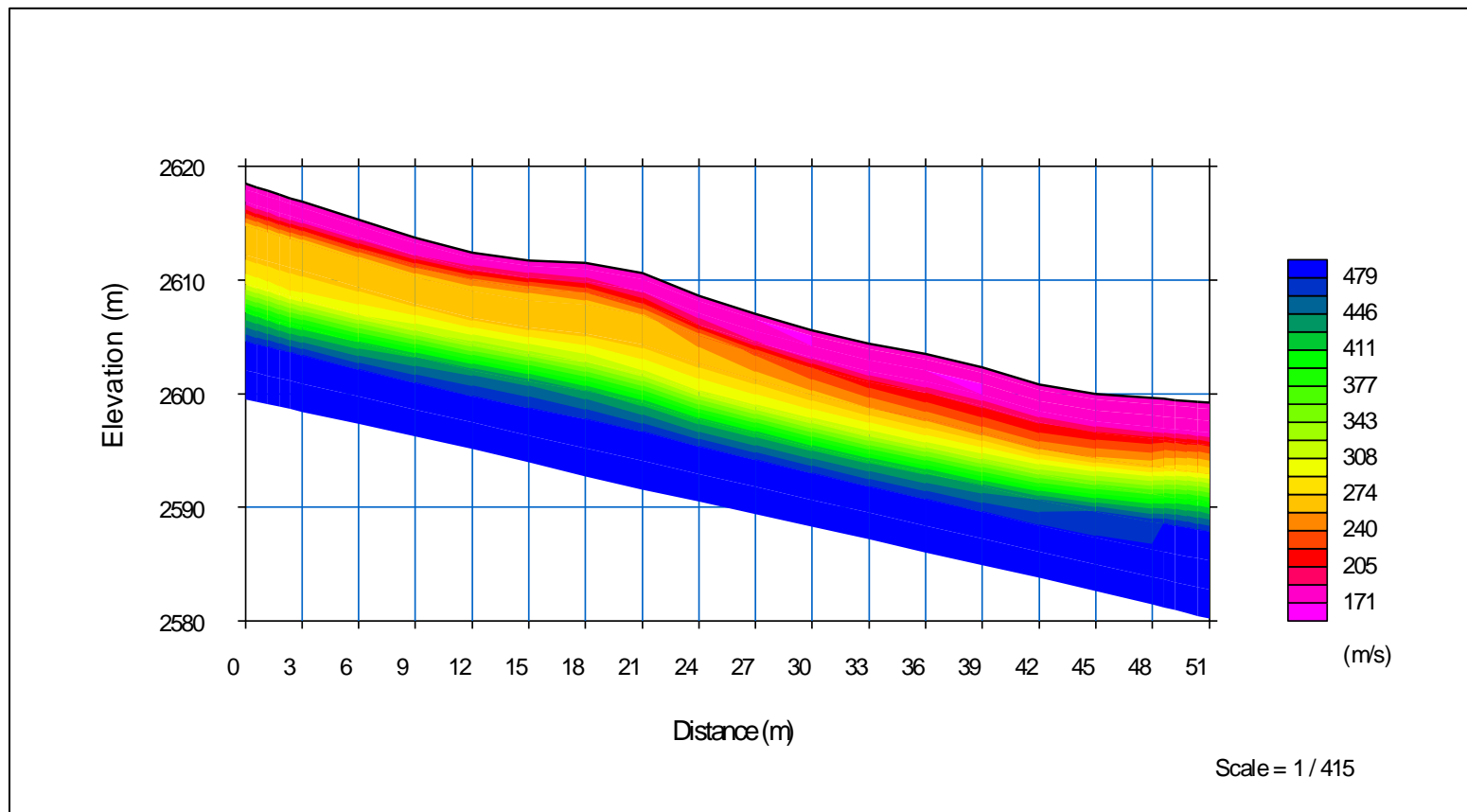
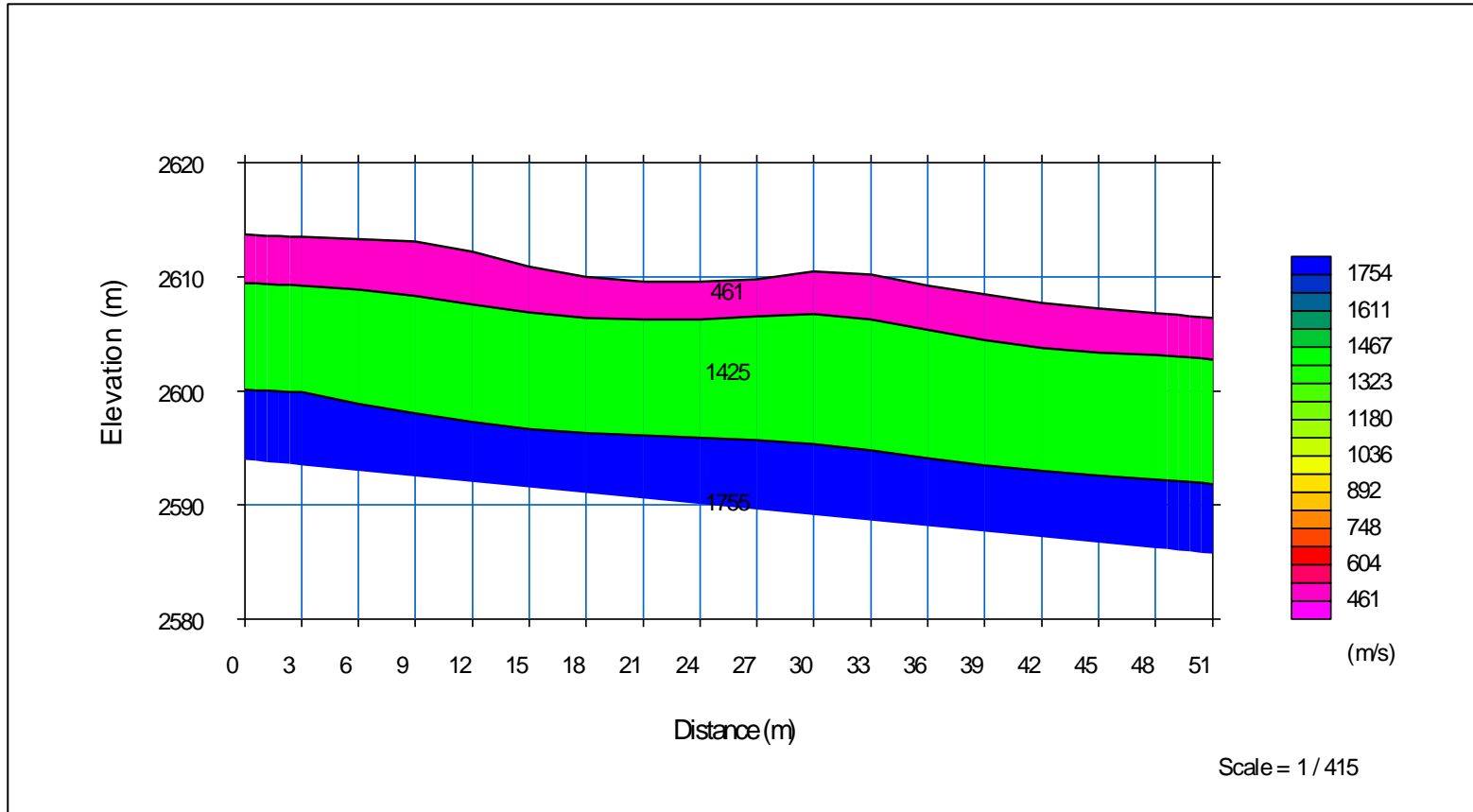


Figura 17. Línea 5 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica.

4.6 LINEA 6.

Onda P



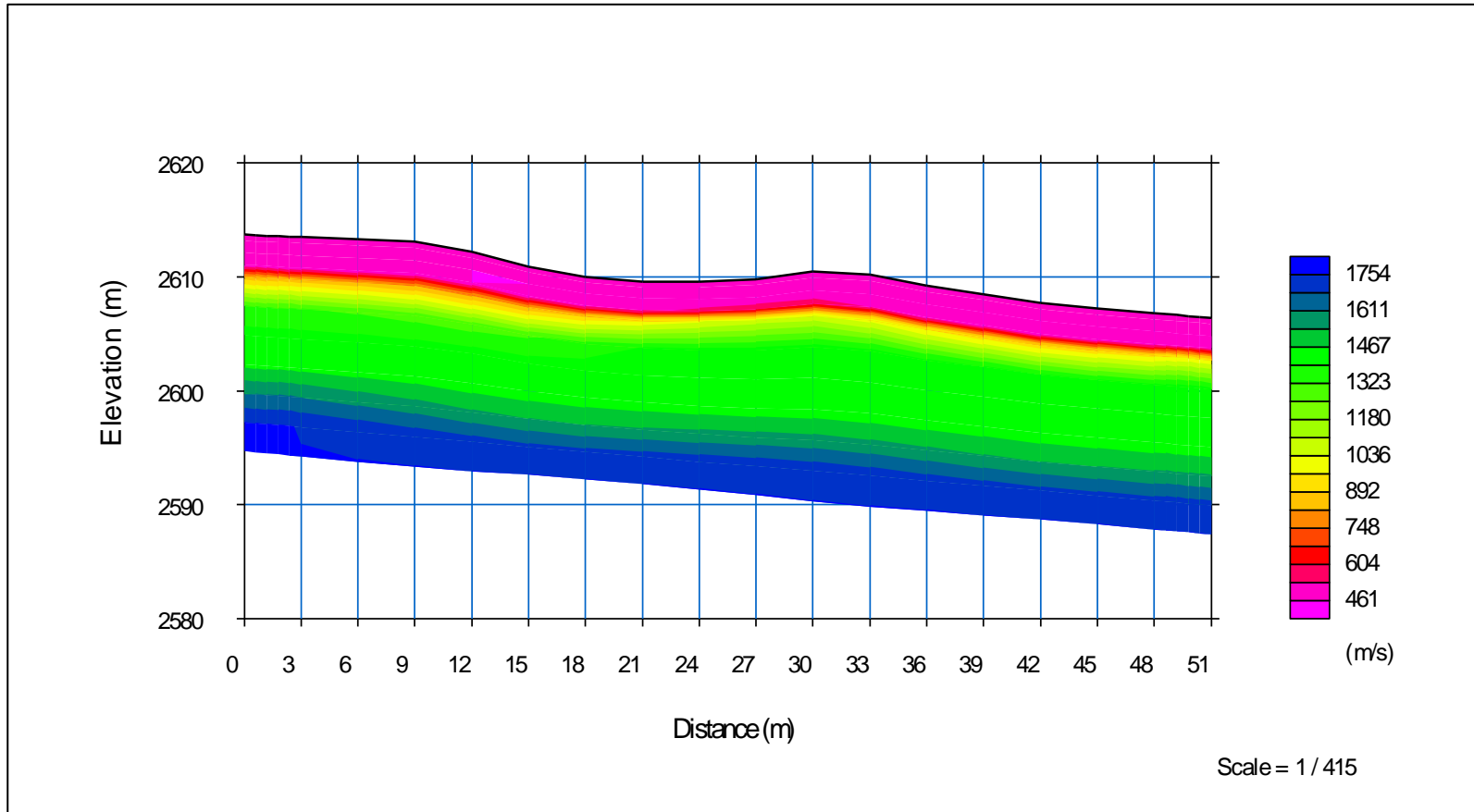
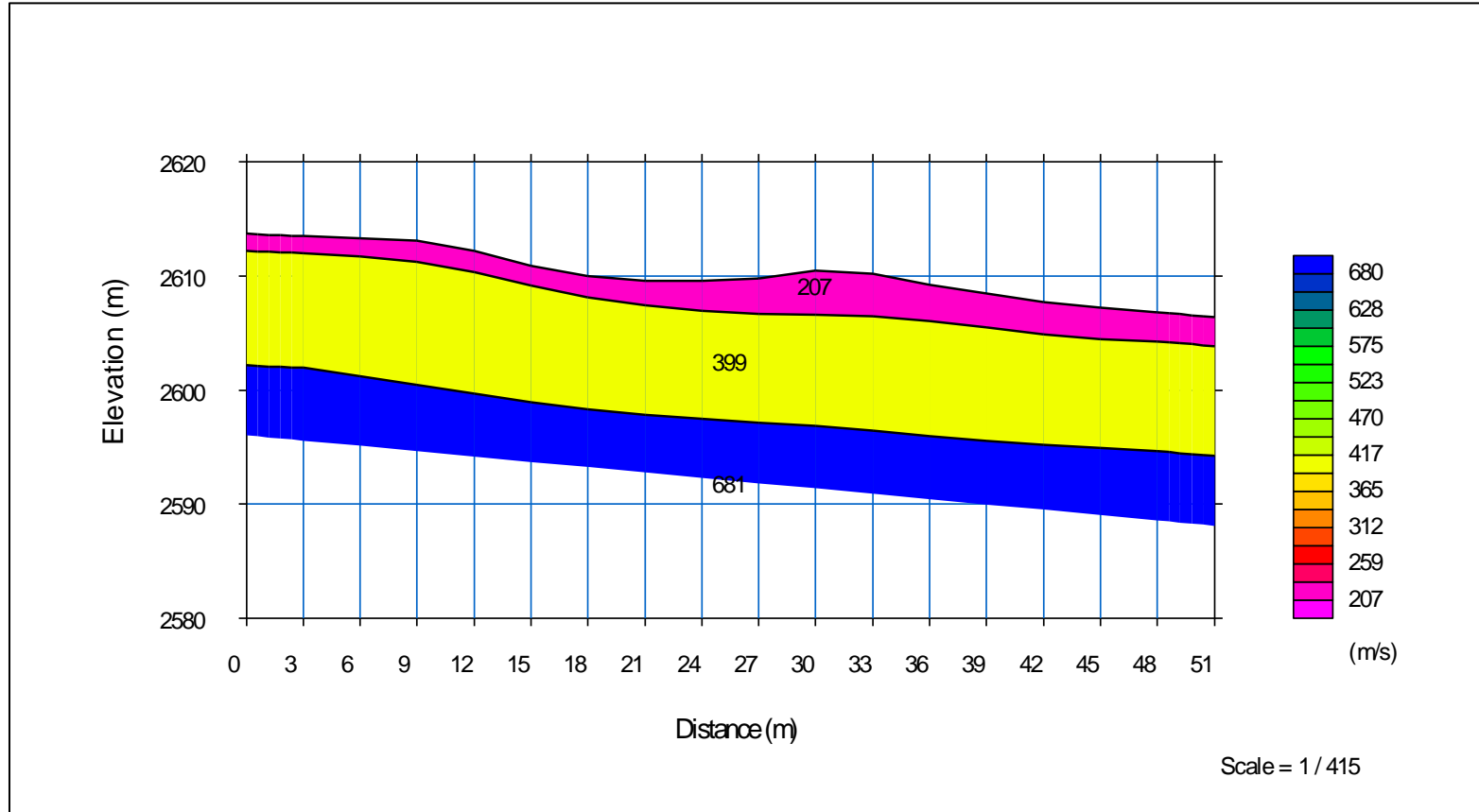


Figura 18. Línea 6 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica.

Onda S



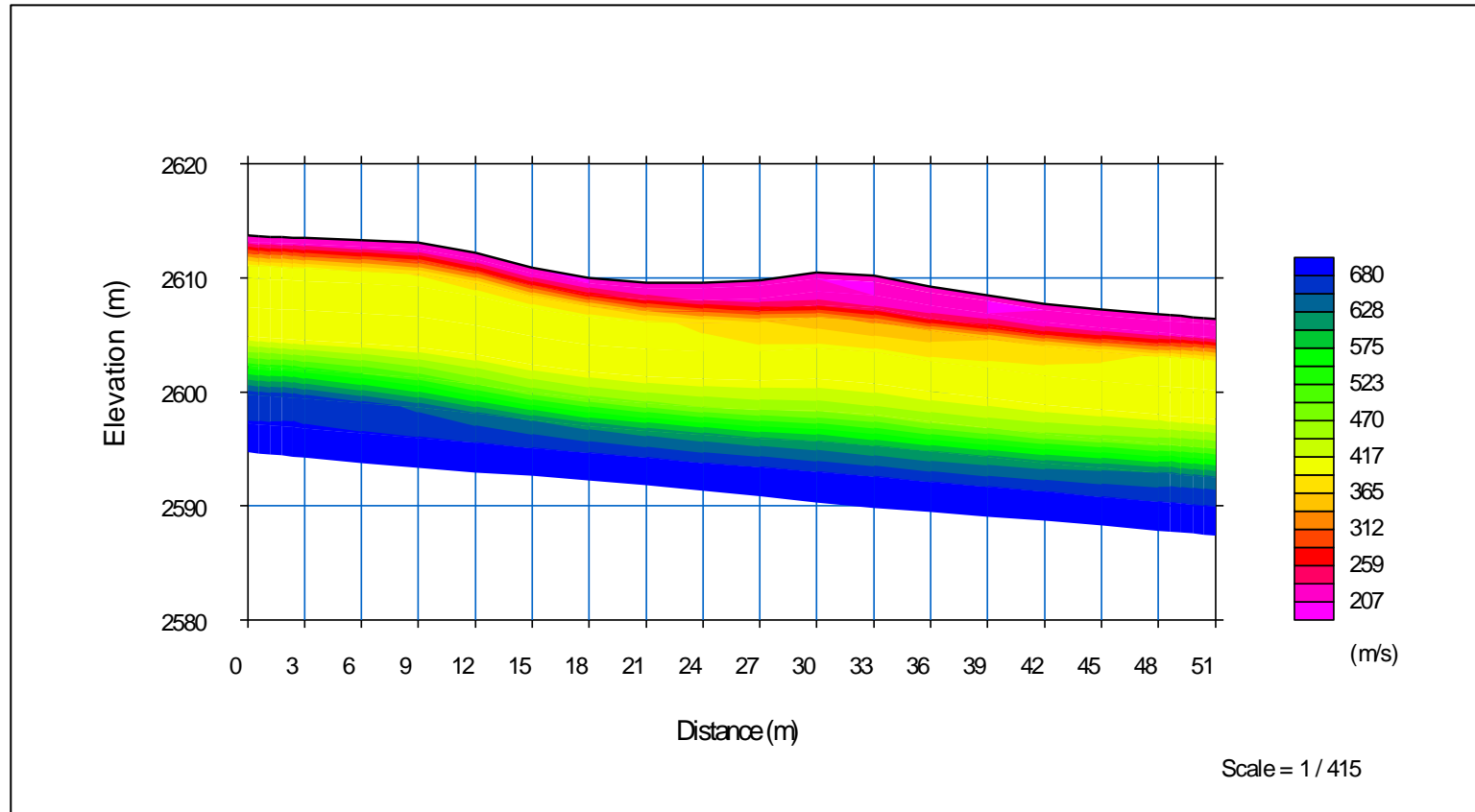
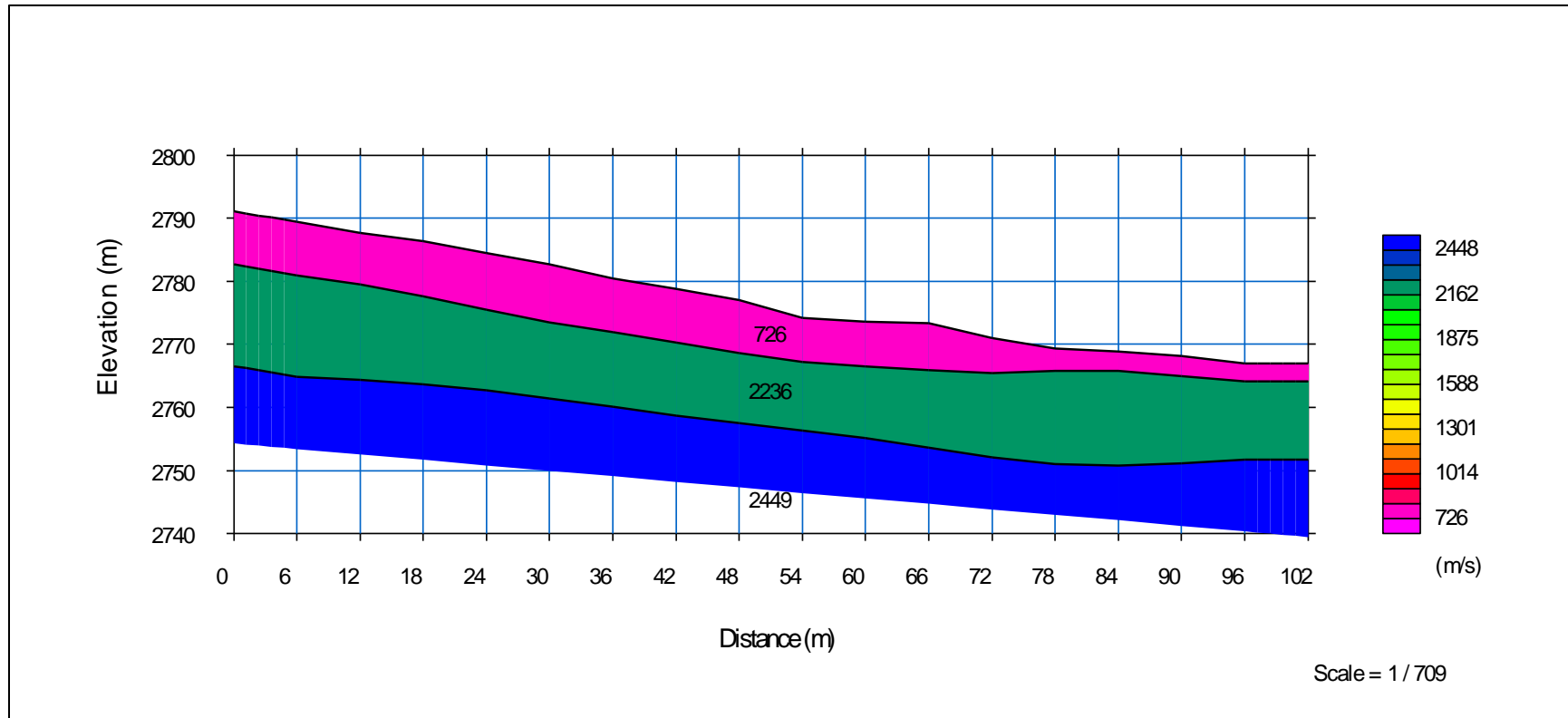


Figura 19. Línea 6 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica

4.7 LINEA 7.

Onda P



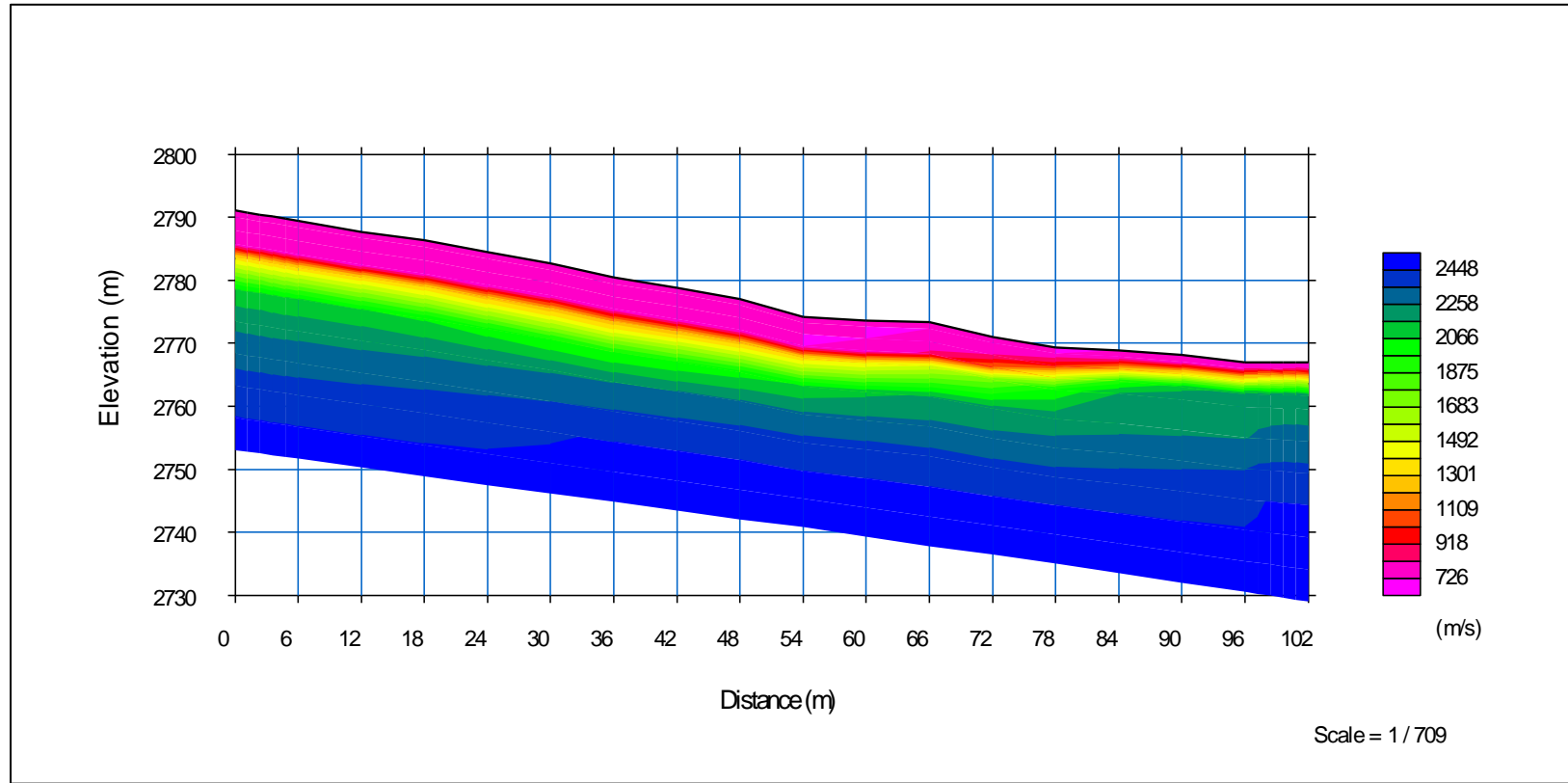
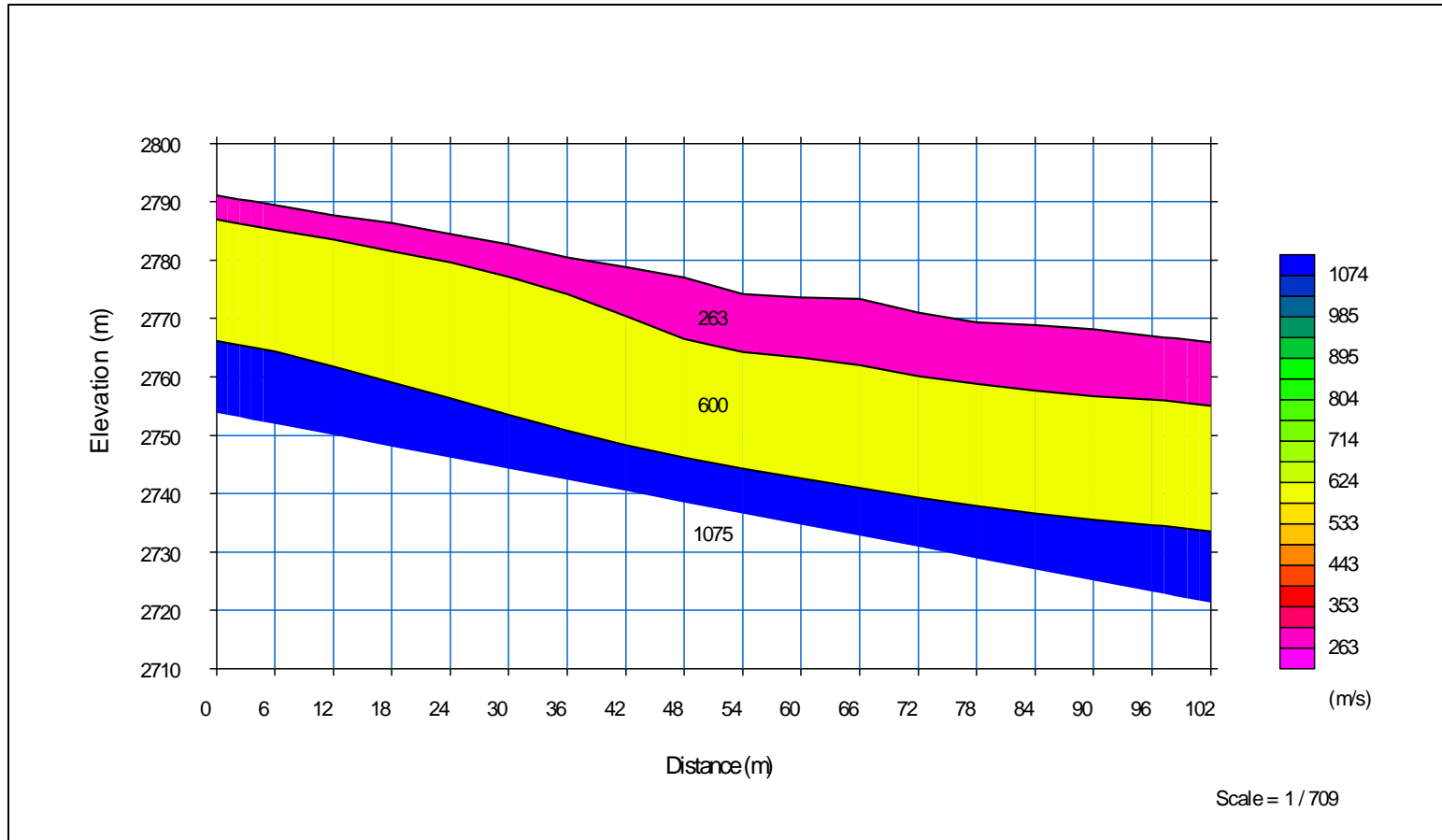


Figura 20. Línea 5 Ondas P (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica

Ondas S



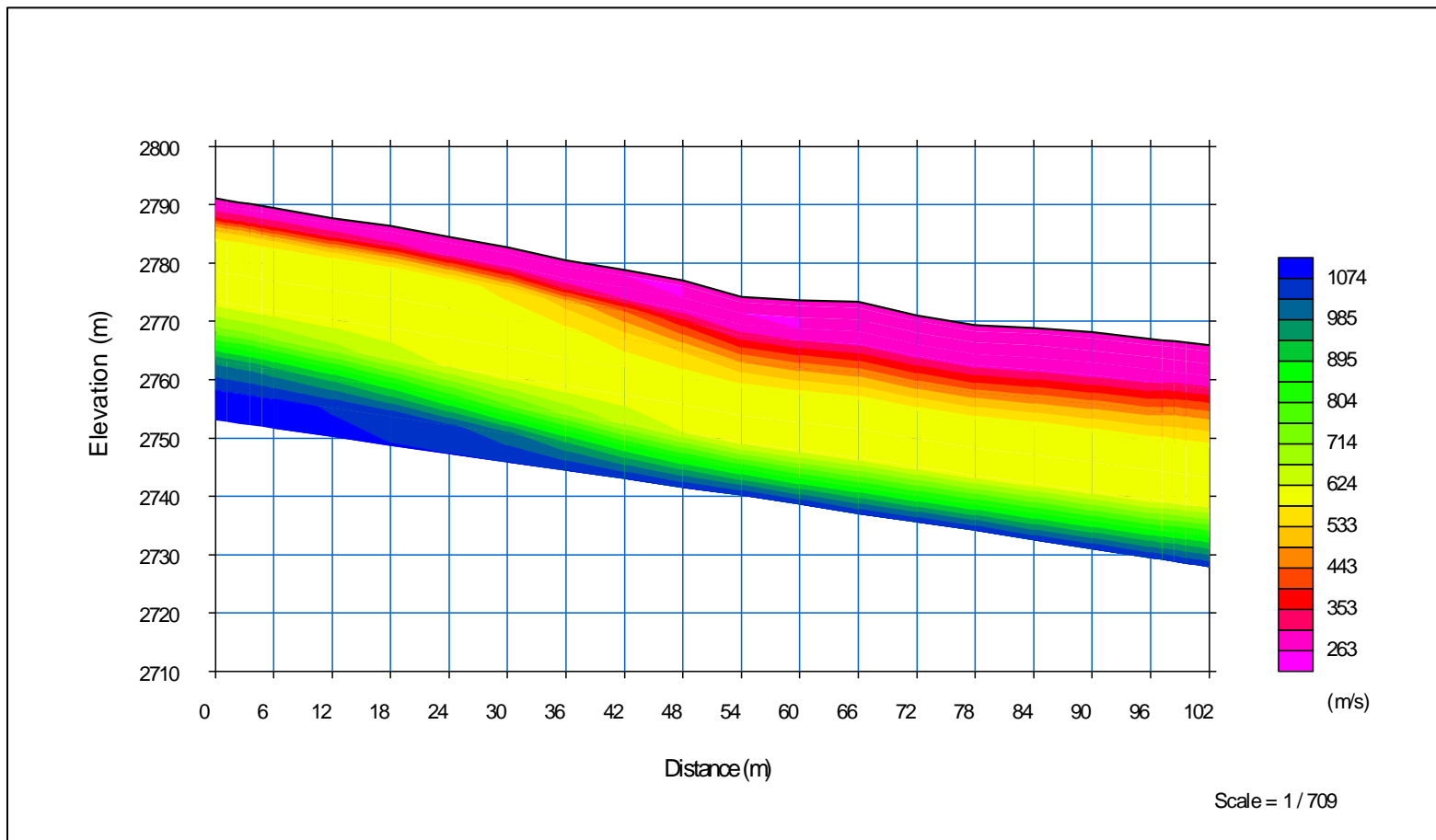


Figura 21. Línea 5 Ondas S (arriba) modelo de capas y (abajo) tomografía sísmica

4.9 CLASIFICACIÓN GENERAL DEL SUBSUELO SEGÚN NORMA NSR – 2010

Teniendo en cuenta los resultados de las velocidades de onda P y velocidades de onda S presentados en los modelos de capas y tomografías sísmicas, es posible clasificar los perfiles del suelo (Figura 22) según la Norma Sismo Resistente 2010 NSR-10 (Tomado de la Tabla A.2.4-1 de la Norma Sismo Resistente 2010 NSR-10).

Tabla A.2.4-1
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F ₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F ₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F ₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F ₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Figura 22. Clasificación de los perfiles de suelo.

LÍNEA	CAPA Ó INTERFASE	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ESPESOR MÁXIMO (m)	TIPO DE PERFIL (Según Tabla A.2.4-1 de la NSR-2010)	DESCRIPCIÓN (Según Tabla A.2.4-1 de la NSR-2010)
Línea 1	1	515	347	8	D	Perfiles de suelos rígidos
	2	1390	494	8	C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda
	3	2219	695		C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda
Línea 2	1	706	311	10	D	Perfiles de suelos rígidos
	2	1077	634		C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda
Línea 3	1	602	344	12	D	Perfiles de suelos rígidos
	2	1485	553		C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda
Línea 4	1	499	262	10	D	Perfiles de suelos rígidos
	2	1156	466	8	C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda
	3	1324	742		C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda
Línea 5	1	424	171	3	E	Perfiles de suelos blandos
	2	706	268	10	D	Perfiles de suelos rígidos
	3	1341	480		C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda
Línea 6	1	461	207	5	D	Perfiles de suelos rígidos
	2	1425	399	10	C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda
	3	1756	681		C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda
Línea 7	1	726	263	5	D	Perfiles de suelos rígidos
	2	2236	600	15	C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda
	3	2249	1075		B	Perfil de roca de rigidez media

En la Tabla 9 no se estiman valores de espesor de la última capa para ninguna de las líneas, debido que el método de refracción no permite determinar el espesor de la última capa. Sin embargo, teniendo en cuenta las tomografías sísmicas la profundidad mínima de la base de la capa 3 podría llegar a los 20 m de profundidad.

5. CONCLUSIONES

- Para área de estudio, según los modelos de capas de ondas compresionales (V_p), se visualizaron 3 tipos de litologías (capas). Donde la profundidad de investigación fue de aproximadamente 20 m y el rango de velocidades de Onda P estuvo entre 424 y 2249m/s.
- Para el sector estudiado, según los modelos de tomografía de ondas de corte (V_s), se visualizaron litologías (capas) en las imágenes, que presentan concordancia con los modelos de V_p . La profundidad de investigación fue de aproximadamente 20 m y el rango de velocidades de Onda S observado esta entre 171 y 1075 m/s.
- Los tipos del perfil calculados según la norma NSR-2010 fueron E (perfiles de suelos blandos) D (perfiles de suelos rígidos), C (perfiles de suelos muy densos o roca blanda) y B (perfil de roca de rigidez media)
- La mayoría de las velocidades de onda de corte (V_s) observadas en la zona de estudio corresponden a velocidades relacionadas con perfiles tipo C y D según la norma NSR-2010.

ANEXO A: REGISTRO FOTOGRÁFICO

Línea 1



Figura 1: Imágenes adquisición línea 1

Línea 2



Figura 2: Imágenes adquisición línea 1B

Línea 3



Figura 3: Imágenes adquisición línea 3

Línea 4



Figura 4: Imágenes adquisición línea 4

Línea 5



Figura 5: Imágenes adquisición línea 5

Línea 6



Figura 6: Imágenes adquisición línea 6

Línea 7



Figura 7: Imágenes adquisición línea 7