



ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES EN TERRITORIO TERRESTRE Y MARINO DEL CINTURON PLEGADO CUBANO

Dr. Gerardo Lino Arriaza Fernández. Tec. Blanca Sosa Álvarez

UCTB, Investigaciones Geofísicas DIGICUPET – CEINPET. Calle 23 No. 105, Vedado, C. Habana.
E-mail: arriaza@digicupet.cu, blanquita@digicupet.cu

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental determinar cuál tipo de velocidad debe emplearse dentro del Cinturón Plegado Cubano para la conversión "tiempo-profundidad".

Se analizaron un total de 81 Km. de líneas sísmicas terrestres PCP y 79.5 Km. de líneas sísmicas marinas. Estas áreas fueron Varadero-Cantel-Guásimas donde existen 10 pozos con PSV y en el área de Varadero Oeste, (mar) al norte de los trabajos de tierra, donde se consultaron las profundidades de los pozos direccionales que hay en ese territorio.

Los resultados obtenidos de este análisis realizados en el primer caso, utilizando las velocidades promedio (V_{ave}), raíz media cuadrática V_{rms} , de intervalo V_{int} , y las obtenidas a partir de la de V_{nmo} fueron los siguientes:

- ◇ Se observan grandes diferencias con respecto a las del pozo, utilizando las V_{ave} y las V_{int} .
- ◇ Con las V_{rms} se obtuvo una menor variación pero oscila según el tiempo de registro.
- ◇ Con las velocidades de migración V_{mig} se obtuvo un mejor resultado por lo que debe ser la seleccionada en los cálculos de la conversión tiempo-profundidad

En territorio marino se utilizaron 5 pozos direccionales. Se obtuvieron curvas "**pto del perfil VS profundidad**" a partir de las V_{nmo} de los cortes suma, de los V_{rms} y V_{int} de los cortes migrados.

Los resultados del análisis en el mar fueron:

- ◇ Deben emplearse tanto las V_{int} desde el horizonte al fondo marino, como las velocidades de intervalo promedio V_{int}^{media} considerando la profundidad del mar

ABSTRACT

VELOCITY ANALYSIS IN THE CUBAN THRUST BELT, ONSHORE AND OFFSHORE AREAS

The objective of this paper is to know what kind of seismic velocity is necessary to apply in the time-depth conversion in the Cuban Thrust Belt.

We analyzed 81 Km of CDP lines onshore and 79.5 Km of CDP lines offshore. We worked in the Varadero – Cantel – Guásima onshore area where there are 10 vertical wells with VSP log. We also worked in Varadero Oeste, offshore area where there are 5 directional wells. This area is located northward Varadero – Cantel – Guasima area.

For this analysis on the onshore area, average, RMS, NMO, interval and migration velocities were used.

The best results were obtained with migration velocity, V_{mig} .

In the offshore area, we used NMO, RMS, interval velocities and V_{int}^{ave} .

The best results were got with V_{int} and V_{int}^{ave} . In this area the depth of seismic horizons should be calculated with the formula

$$H = H_{FM} + \frac{\Delta T x V_{int}}{2}$$



INTRODUCCIÓN

Se conoce que el tema de la elección de la velocidad para la conversión tiempo – profundidad en los trabajos de sismica aplicada, es sumamente difícil siempre que no se cuente con datos de registros de pozos de Perfilaje Sísmico Vertical PSV.

La selección de los verdaderos valores de la velocidad, Talón de Aquiles de la sismica, en los trabajos de interpretación es un tema que resulta ser un poco complejo; sólo hay que observar cuántos tipos de velocidad sísmica el interpretador dispone para hacer su análisis. Una elección errónea de la velocidad puede conllevar tanto a crear pseudo-estructuras como a desaparecer las reales.

El tema es aún más difícil cuando el mismo se aplica a regiones tan complicadas geológicamente como el Cinturón Plegado Cubano CPC, donde existen complejas condiciones sismo-geológicas con la presencia de fuertes medios anisotrópicos.

Dada la presencia de las condiciones de recepción de las ondas sísmicas las cuales son más difíciles al norte de la Isla y en las áreas terrestres y marinas, hemos realizado el análisis en las áreas de Varadero-Cantel-Guásimas (terrestre) y más al norte de ésta en Varadero Oeste (marina).

ESTUDIO DE LAS VELOCIDADES EN EL ÁREA TERRESTRE.

De todos los tipos de velocidades sísmicas, hemos seleccionado las velocidades promedio V_{ave} , las velocidades RMS V_{rms} y las velocidades de intervalo V_{int} que son las más comunes obtenidas durante el procesamiento de los materiales sísmicos. Sus fórmulas son las siguientes:

- Velocidad Promedio: la cual tiene en cuenta una distancia total y un tiempo total de recorrido.

$$V_{Ave}(T) = \frac{\sum_{n=0}^{n=N} V_{int}(n)T_n}{\sum_{n=0}^{n=N} T_n} \quad (1)$$

- Velocidad RMS: Se deriva de la raíz media cuadrática. En nuestro caso se utilizarán las velocidades de migración como una variante suavizada de las RMS.

$$V_{rms}^2(T) = \frac{\sum_{n=0}^{n=N} V_{int}^2(n)T_n}{\sum_{n=0}^{n=N} T_n} \quad (2)$$

- Velocidad de intervalo: combina las velocidades instantáneas sobre un intervalo determinado; las mismas se asocian a las V_{rms} que se derivan de las velocidades suma y se estima durante el procesamiento sísmico a través de la ecuación de Dix:

$$V_{int}^2(n) = \left[\frac{V_{rms}^2(n)T_n - V_{rms}^2(n-1)T_{n-1}}{T_n - T_{n-1}} \right] \quad (3)$$

El mapa de ubicación de las líneas sísmicas terrestres y marinas, de los pozos verticales perforados en tierra y los direccionales dirigidos hacia el mar se relacionan en la fig.11.



En el área Varadero-Cantel-Guásimas, se perforaron 10 pozos con registros PSV, cercanos a las líneas sísmicas, y son: Camarioca 1, 2 y 13, Cantel 1, Varadero 4 y 7, Varadero Sur 4, Guásimas 6, 50 y 51. Las líneas migradas fueron: VP-01, VP-02, VP-02E, VP-04, VP-05, VP-09, IS-02, IS-08 y IS-10.

Una serie de gráficos con las curvas de cada tipo de velocidad fueron confeccionadas donde se observan cada par tiempo - velocidad (V vs T). Éstas se compararon con la curva del registro PSV y se explican a continuación:

1. Línea OFD 95-VP-02E y el pozo Gm-6. Se observa una mayor coincidencia de todas desde 0,2-0,65 s. A mayores tiempos, la V_{mig} ofrece mejores resultados. (Fig. 1)
2. Línea OFD 95-VP-02 y el pozo Gm-6. La curva V_{mig} ofrece mejores resultados hasta los 1,27 s. A tiempos mayores se alejan de la curva del pozo aunque la más cercana sigue siendo la curva de la V_{mig} . (Fig. 2)
3. Línea OFD 95-VP-04 y el pozo Cm -2. El pozo se encuentra ubicado a 400 metros del perfil. Está muy alejado y por lo tanto es poco confiable. Además el registro del pozo tiene poca duración, hasta 0,4 s. Aún así, los valores de la curva de la V_{mig} son los más cercanos a los del pozo. (Fig. 3)
4. Línea OFD 95-VP-04 y el pozo Gm 51. Es el único caso en que los valores de las V_{NMO} son los más cercanos a los del pozo. (Fig. 4)
5. Línea OFD95-VP05 y pozo Cm-13. Los valores más cercanos a los del pozo son los de las V_{rms} . (Fig.5)
6. Línea Vara-IS08 y pozo Gm-50. La duración del registro es de 1.32 s. Hay bastante coincidencia entre las V_{rms} , V_{mig} y V_{ave} . (Fig.6)
7. Línea Vara-IS-10 y pozo Cn-1. Los valores mas cercanos a los del pozo son las V_{mig} . (Fig.7).
8. Línea OFD95- VP-09 y el pozo Varadero 4. Hay bastante coincidencia entre las V_{mig} y las del pozo desde 0,65-1,02 s. (Fig.8).
9. Línea OFD95- VP-09 y el pozo Gm-50. Hay bastante coincidencia entre las V_{mig} y las del pozo desde 0,48-1,48 s. (Fig.9).

Como se puede apreciar la curva obtenida con los datos de la V_{mig} brinda mejores resultados que las demás. Por lo tanto puede concluirse que la velocidad de migración V_{mig} debe ser la seleccionada en los cálculos de la conversión tiempo-profundidad.

ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES EN TERRITORIO MARINO.

En el área marina es necesario considerar la potente capa de agua ya que la misma afecta el análisis de las velocidades durante el proceso del procesamiento de los datos sísmicos. Aquí se utilizaron una serie de pozos direccionales en Varadero los que, conjuntamente con la existencia de una red de perfiles, sirvieron para desarrollar este epígrafe.

En el Anexo 1 se muestran la red de perfiles interceptados por los pozos direccionales y en la tabla 1 se muestran los puntos de análisis escogidos para hacer este estudio.

Las coordenadas X, Y son las de los puntos de intercepción entre la línea y el pozo inclinado. La H es la profundidad tomada en el punto del horizonte de interés.

La formula a utilizar en estos casos sería:

$$H = H_{FM} + \frac{\Delta T_x V_{int}}{2} \quad (1) \text{ donde:}$$



H: profundidad del horizonte de interés
 H_{FM} : Profundidad del Fondo Marino
 V_{int} : Velocidad de Intervalo
 Δt : diferencia de tiempo entre el horizonte y el fondo marino

Los tipos de velocidad de intervalo a utilizar en la conversión tiempo-profundidad se calcularon a partir de las V_{NMO} (de los cortes suma final), V_{rms} y V_{int} (de los cortes migrados).

La fórmula que se emplearía para el cálculo de la V_{int} entre el horizonte y el fondo marino será la de Dix para los dos primeros casos:

$$V_{int}^2(n) = \left[\frac{V_{rms}^2(n)T_n - V_{rms}^2(n-1)T_{n-1}}{T_n - T_{n-1}} \right] \quad (2)$$

En el 3er caso, el cálculo de la velocidad media de intervalo, se procederá de la manera siguiente:

$$V_{int}^{media} = \left[\frac{V_{int1} + V_{int2} + V_{int3} + \dots + V_{intn}}{n} \right] \quad (3)$$

De esta manera se obtendrán los valores de velocidad siguientes:

- $V_{int}^{(nmo)}$ → velocidad de intervalo entre el horizonte y el fondo marino a partir de las V_{nmo} de los cortes suma final
- $V_{int}^{(rms)}$ → velocidad de intervalo entre el horizonte y el fondo marino a partir de las V_{rms} de los cortes migrados
- $V_{int}^{(media)}$ → velocidad media de intervalo entre el horizonte y el fondo marino a partir de las V_{int} de los cortes migrados

Aplicando la formula (1) se conseguirán las profundidades en los puntos de intercepción:

- H_{nmo} → Profundidad calculada a partir de las $V_{int}^{(nmo)}$
- H_{rms} → Profundidad calculada a partir de las $V_{int}^{(rms)}$
- H_{int} → Profundidad calculada a partir de las $V_{int}^{(media)}$

En la tabla 2 se muestran los cálculos de estas profundidades y sus diferencias con respecto a las del pozo.

En la figura 10 se expone un gráfico comparando las profundidades del pozo con las calculadas con los distintos tipos de velocidades.

Observando el gráfico y las diferencias entre las profundidades con respecto a las del pozo en la tabla 2, se puede concluir que los mejores resultados se obtendrán utilizando las $V_{int}^{(nmo)}$ y las $V_{int}^{(media)}$

Las diferencias en las profundidades correspondientes se relacionan a continuación:

- Utilizando las $V_{int}^{(rms)}$ las diferencias van desde (-120) – (+162) m con valores anómalos de (-870) – (+367) m. las que pudieran corresponder a valores erróneos en la elección de las velocidades durante el procesamiento.
- Utilizando las $V_{int}^{(media)}$ las diferencias van desde (-145) – (+150) m con valores anómalos de (+484) – (+189) m.



CONCLUSIONES.

- La velocidad de migración V_{mig} . debe ser la seleccionada en los cálculos de la conversión tiempo-profundidad en las investigaciones sísmicas terrestres dentro del Cinturón Plegado Cubano.
- En el Cinturón Plegado Cubano dentro del territorio marino las velocidades $V_{int}^{(rms)}$ y $V_{int}^{(media)}$ ofrecen mejores resultados que las demás por lo que se deben incluir en el análisis de la conversión tiempo – profundidad.

BIBLIOGRAFIA

- Sorá et al. Proyecto 2511. Etapa 1.
Sorá et al. Proyecto 2511. Etapa 2.
Sorá et al. Proyecto 2511. Etapa 3
G. Arriaza Nuevos enfoques en la interpretación y procesamiento de las ondas refractadas para el estudio del basamento en Cuba. Tesis. 1998.
R. Socorro, S. López, J. I. Prol. Estructura geológica del Bloque6 y los Bloques 7, 9,10 y Varadero Oeste. 1998
R. Socorro, S. López y otros Estructura geológica del bloque 6 y los Bloques 7, 9, 10 y Varadero Oeste. 1998
S. Núñez, E. Martínez, A .del Río Informe al proyecto 1056 sobre trabajos sísmicos marinos de reflexión PCP en el área Bahía de Matanzas a Cayo Mono. 1991
Yilmaz O, 1989 “Seismic data processing” Series: Investigations in Geophysics”Vol 2 SEG

FIGURAS

1. Línea OFD95-VP02E y pozo Gm-6
2. Línea OFD95-VP02 y pozo Gm-6
3. Línea OFD95-VP04 y pozo Cm-2
4. Línea OFD95-VP04 y pozo Gm-51
5. Línea OFD95-VP05 (suma) y pozo Cm-13
6. Línea Vara-IS-08 y pozo Gm-50
7. Línea VARA-IS10 y pozo Cn-1
8. Línea OFD95-VP09 y pozo V-4
9. Línea OFD95-VP09 y pozo Gm-50
10. Gráfico de comparación de las profundidades calculadas por los datos del procesamiento y las de los pozos direccionales en el área marina
11. Esquema de ubicación de las líneas sísmicas, (en mar y tierra), pozos con PSV y los pozos direccionales

TABLAS

1. RELACION DE PERFILES Y POZOS EN EL ÁREA MARINA

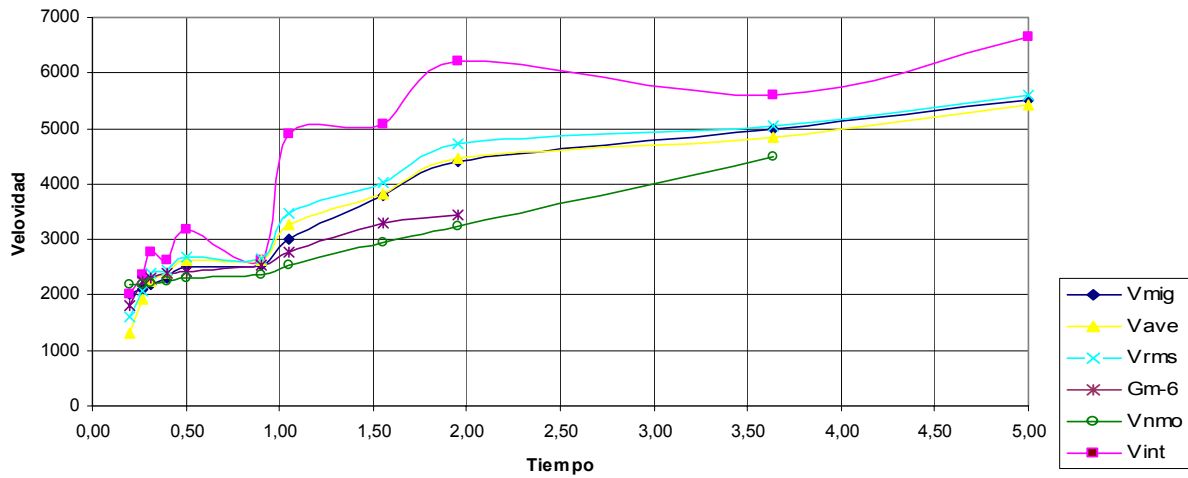


Fig. V.1. Línea OFD95-VP02E y pozo Gm-6

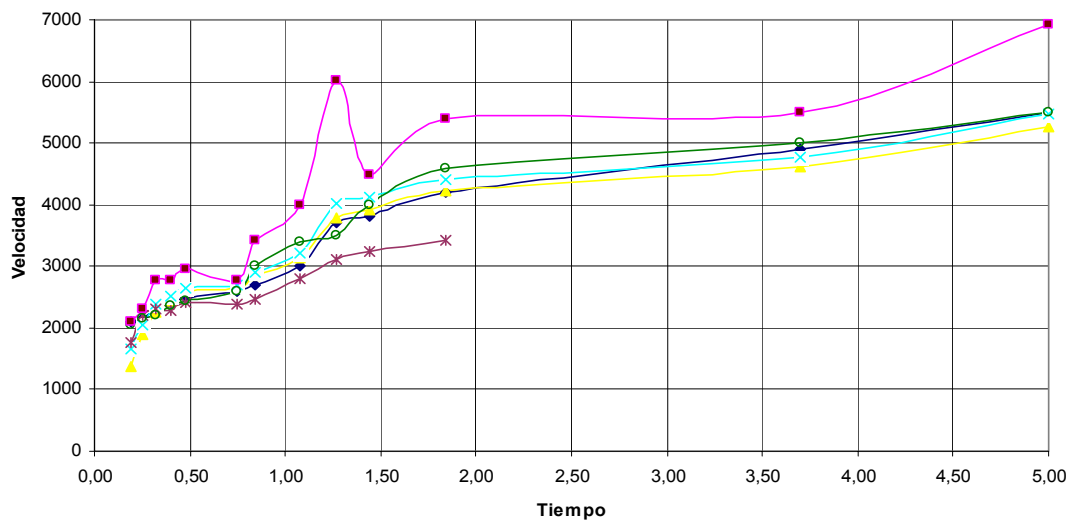


Fig. V.2. Línea OFD95-VP02 y pozo Gm-6

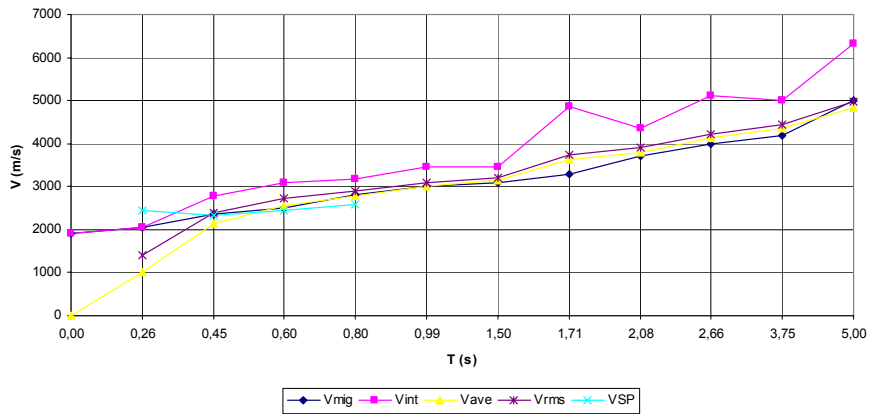


Fig. V.3. Línea OFD95-VP04 y pozo Cm-2

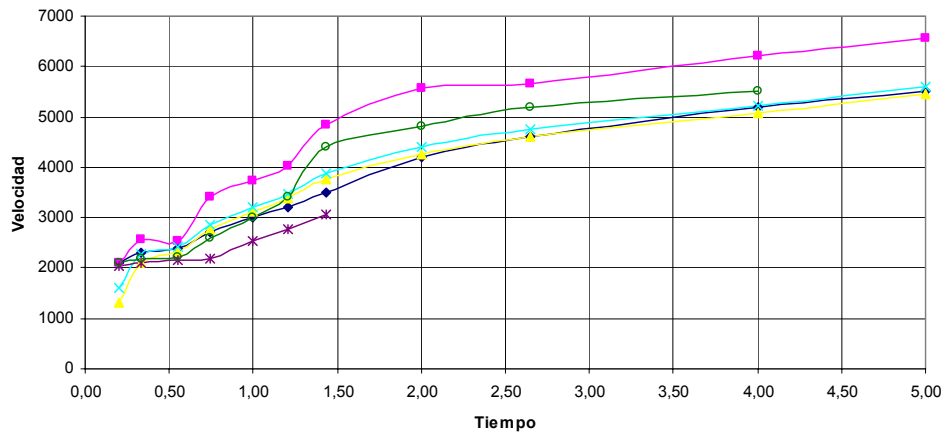


Fig. V.4. Línea OFD95-VP04 y pozo Gm-51

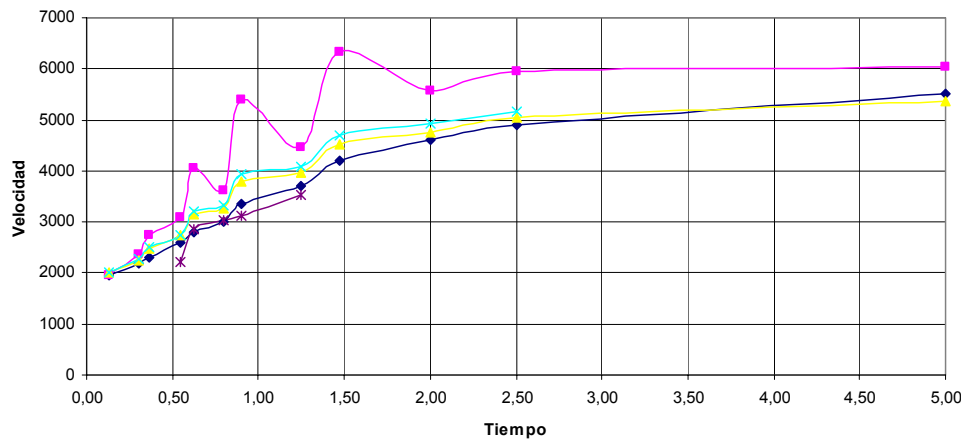


Fig. V.5. Línea OFD95-VP05 (suma) y pozo Cm-13

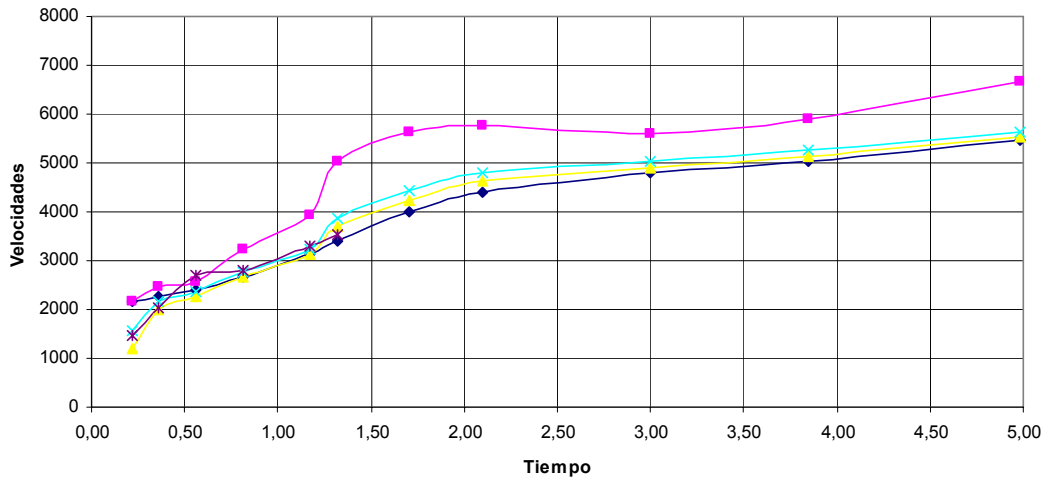


Fig. V.6. Línea Vara-IS-08 y pozo Gm-50

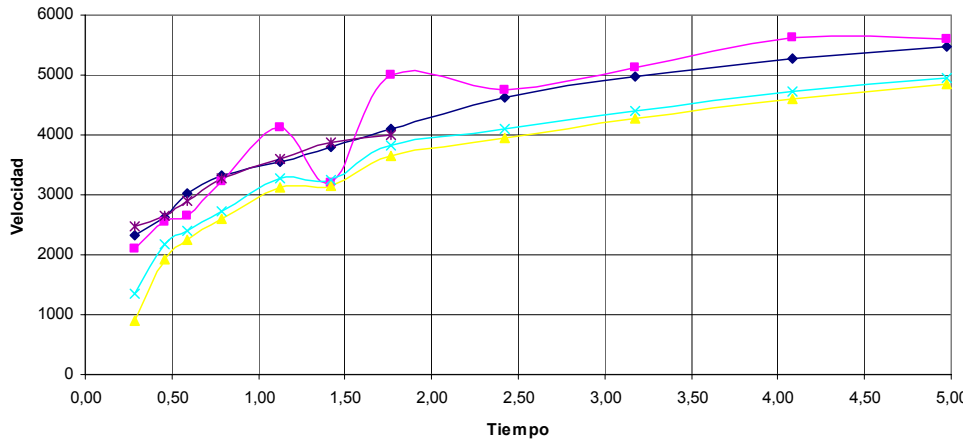


Fig. V.7. Línea VARA-IS10 y pozo Cn-1

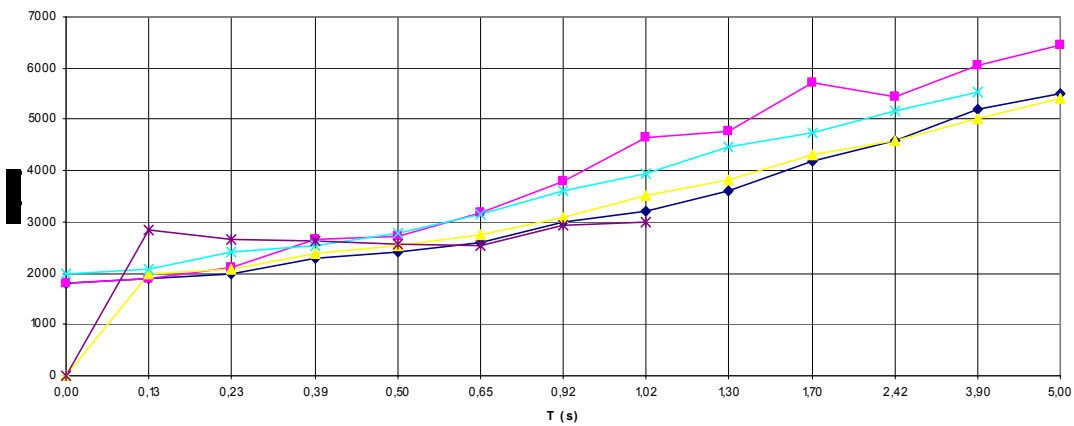


Fig. V.8. Línea OFD95-VP09 y pozo V-4

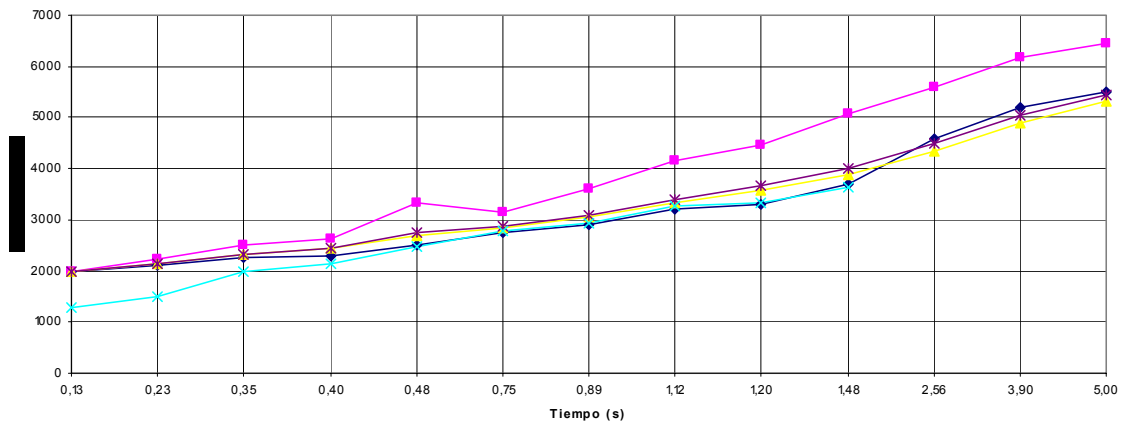


Fig. V.9. Línea OFD95-VP09 y pozo Gm-50

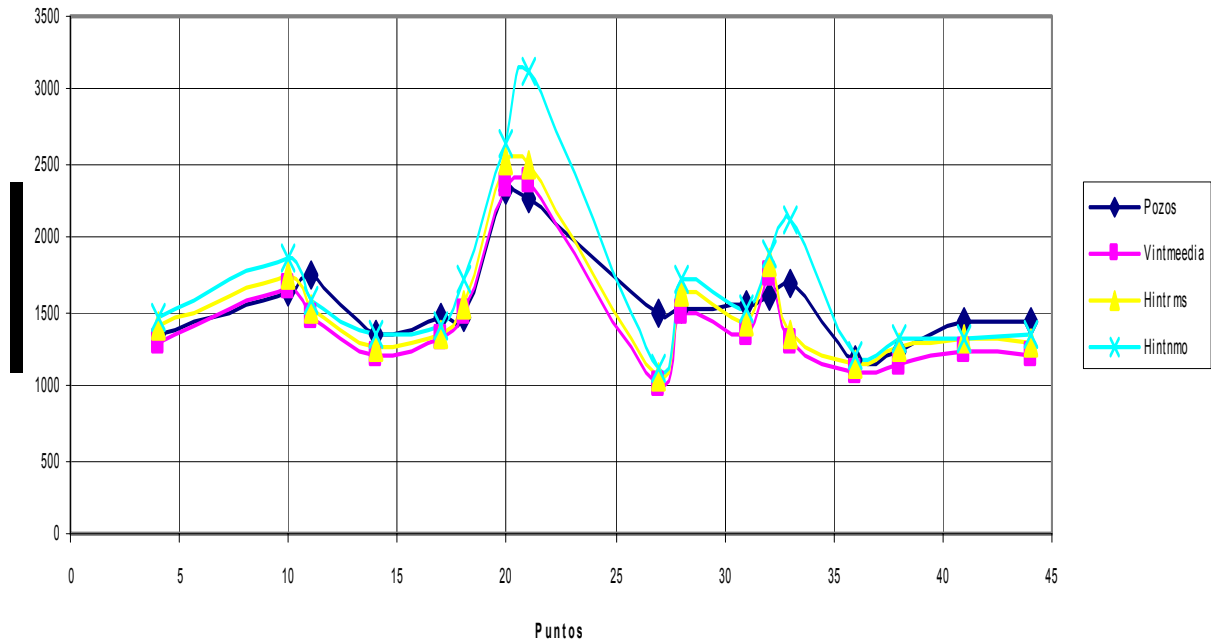


FIG 10. Gráfico de comparación de las profundidades calculadas por los datos del procesamiento y las de los pozos direccionales en el área marina

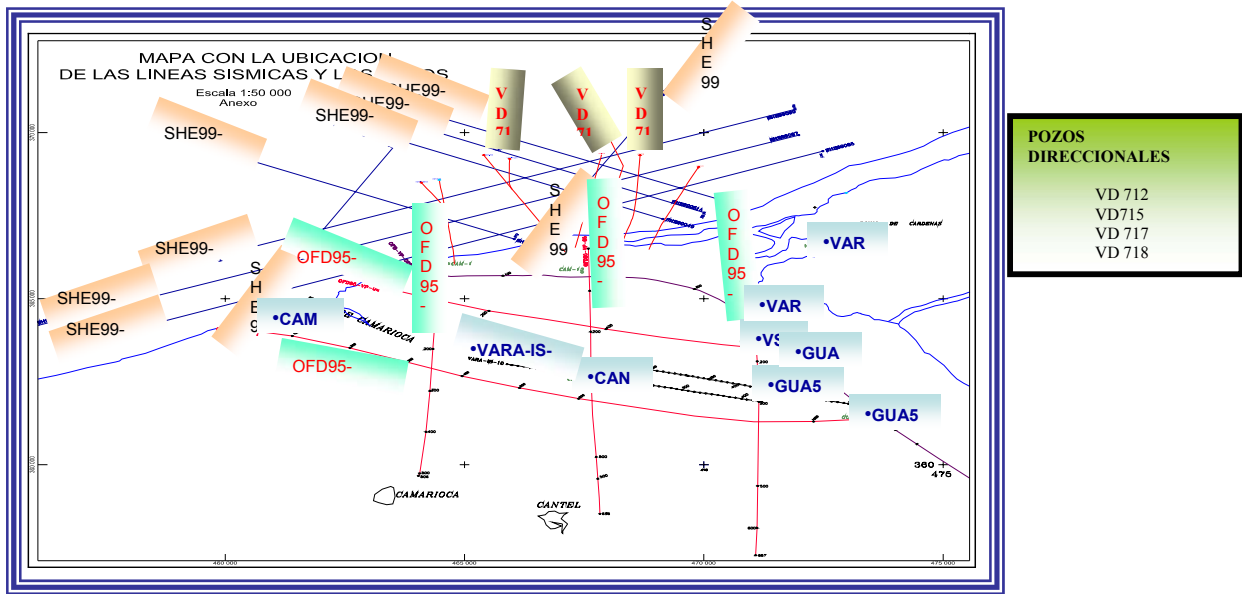


Fig. V.11. Esquema de ubicación de las líneas sísmicas, (en mar y tierra), pozos con PSV y los pozos direccionales

TABLA I. RELACION DE PERFILES Y POZOS EN EL ÁREA MARINA

Pozo	Punto	X	Y	H	Líneas
VD 712	4	466 251	367 957	1340	67
	10	465 874	368 496	1640	69
	11	465 639	368 905	1750	49
VD 715	14	468 058	367 865	1340	49
	17	468 181	368 402	1460	51A
	18	468 218	368 566	1470	67
	20	468 283	368 848	2310	53
	21	468 196	369 345	2270	69
VD 717	27	467 610	368 058	1480	49
	28	367 675	368 370	1520	67
	31	467 765	368 822	1550	51A
	32	467 808	369 054	1600	74
	33	467 843	369 215	1690	69
VD718	36	464 651	367 280	1170	67
	38	464 635	367 397	1220	43
	41	464 549	368 012	1440	69
719	44	468 546	367 660	1425	49