



134 Hubman Landing  
Canmore, Alberta, T1W 3L3  
[www.mustagh.com](http://www.mustagh.com)  
[ncooper@mustagh.com](mailto:ncooper@mustagh.com)  
teléfono: +1 (403) 265-5255  
fax: +1 (403) 609-3877

Septiembre 9, 2010



AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS  
Agencia Nacional de Hidrocarburos  
Avenida Calle 26 No. 59-65, Piso 2  
Bogotá D.C., Colombia

Atención: **Prof. Luis Briceño**  
[Pi03@anh.gov.co](mailto:Pi03@anh.gov.co)

Respetado Prof. Briceño:

**Asunto: Reporte Final Contrato 13426-07-2010**

Mustagh Resources Ltd. fue contratada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos para prestar servicios de asesoría en los tres siguientes requerimientos:

1. Realizar el diseño de parámetros de adquisición para un programa sísmico 2D de aproximadamente 726 km de longitud en el Departamento del Chocó, según mapa y coordenadas a ser proporcionadas por la ANH. La calidad de la información deberá ser óptima, con un cubrimiento múltiple no inferior al 100 % y duración de registro que permita observar toda la secuencia sedimentaria, no inferior a 8 s.
2. Presentar una recomendación justificada de equipos para adquisición de programas sísmicos en parte continental (onshore) del territorio colombiano. Este trabajo incluirá equipos de comunicación, topografía, perforación, registro y logísticos complementarios y estará basado en ofertas y disponibilidad del mercado nacional e internacional.
3. Realizar un acompañamiento y supervisión al contrato ANH – Universidad Nacional de Colombia, para la “Elaboración del plan de cubrimiento sísmico nacional y diseño de programas de adquisición 2D, de tipo regional y subregional, para el periodo 2010 – 2025”

## ***1. DISEÑO SÍSMICO CHOCÓ 2D***

Mustagh Resources ha revisado la información perteneciente a la Cuenca Chocó y ha diseñado parámetros para levantamientos 2D con la intención de definir oportunidades de exploración.

## Área del Proyecto

El levantamiento está ubicado en Colombia en el Departamento del Chocó (Figura 1).

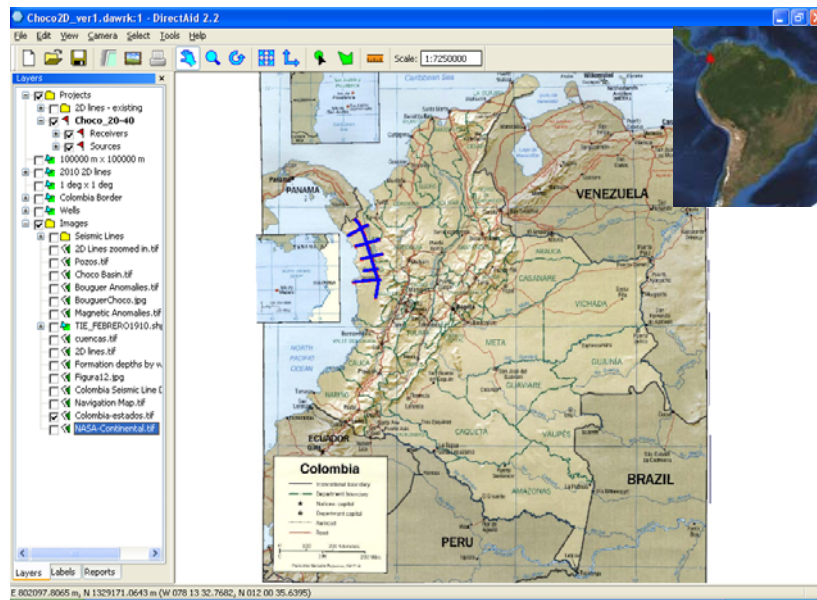


Figura 1 Mapa Político de Colombia

El proyecto consta de 6 líneas 2D ubicadas en su mayoría sobre la Cuenca Atrato y una pequeña porción sobre la Cuenca San Juan (Figura 2). Las líneas están ubicadas en el Norte a unos 2 Km de la frontera con Panamá; a lo largo de la Costa del Pacífico cubren las Serranías de los Saltos y de Baudó; 2 líneas entran al piedemonte de la Cordillera Occidental y la parte sur termina a unos 125 Km del puerto de Buenaventura (Figura 3).

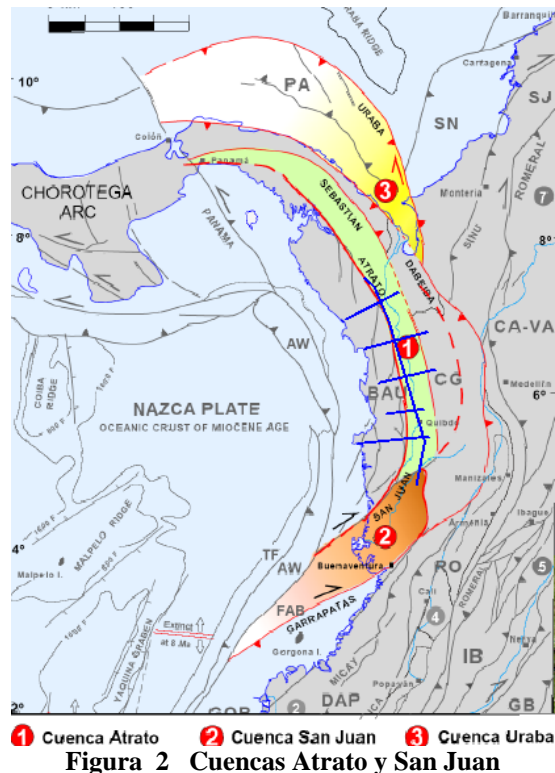
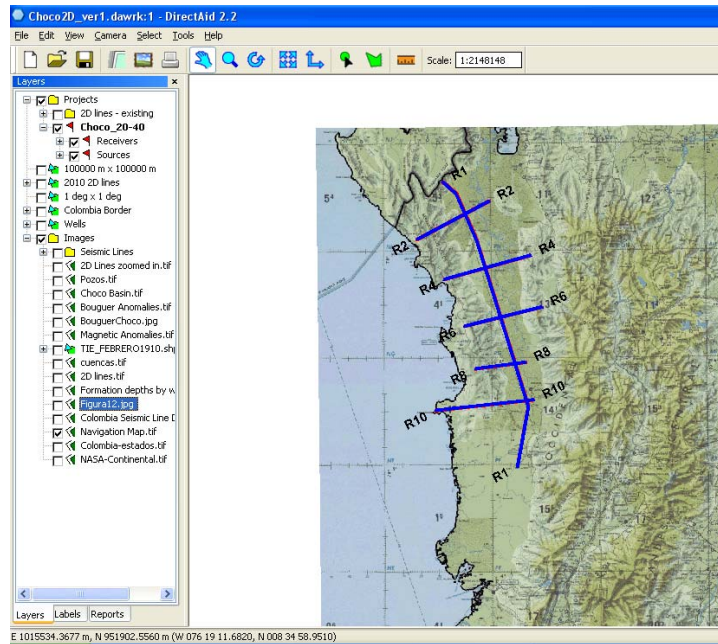
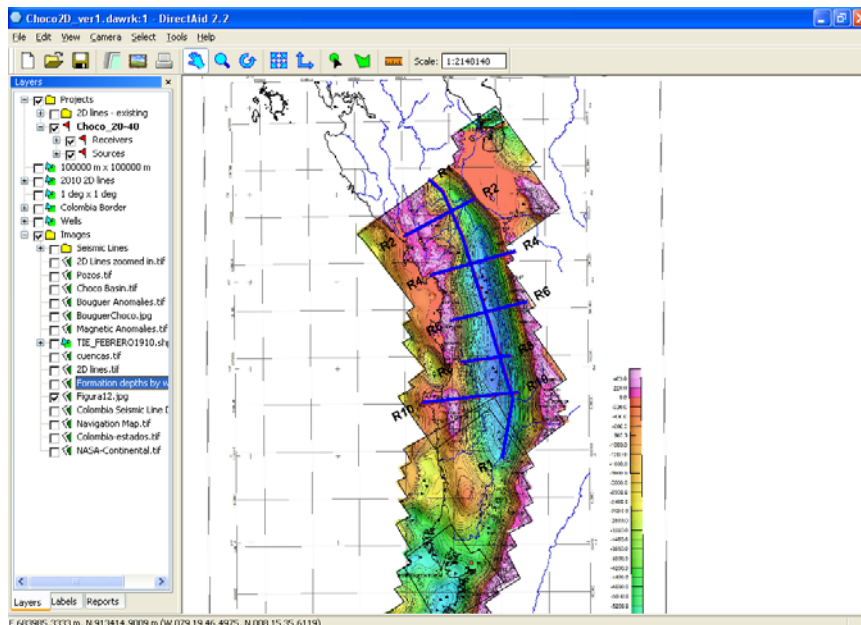


Figura 2 Cuencas Atrato y San Juan



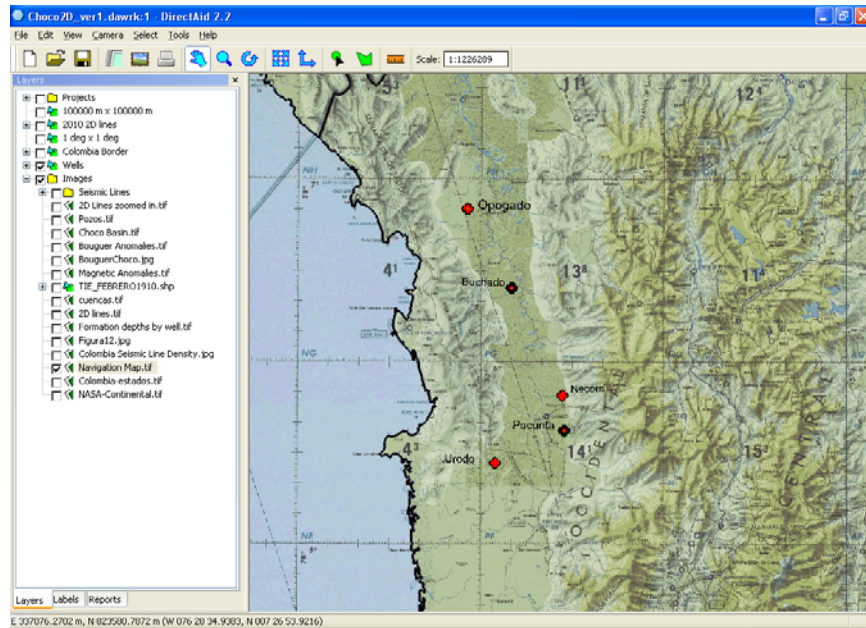
**Figura 3 Límites de las líneas 2D**

El levantamiento propuesto está diseñado con la finalidad de proporcionar datos 2D actuales a lo largo de las zonas inexploradas de la Cuenca del Chocó. La ANH seleccionó previamente la posición de estas líneas. El objetivo de esta sísmica es el de retratar diferentes objetivos geológicos potenciales cuyas profundidades varían desde 300 metros de la superficie hasta el basamento, el cual puede alcanzar una profundidad de 9000 metros, como se observa en la Figura 4.



**Figura 4 Profundidad de la Cuenca Atrato**

Para el estudio, se contó con 5 pozos exploratorios perforados en la Cuenca: Opogadó, Buchadó, Necora, Pacurita y Urodó (Figura 5). La ANH proporcionó los registros de pozos disponibles y afortunadamente hubo registros sísmicos para la mayoría. El pozo Buchadó no tuvo registro sísmico pero sí Check-Shot.



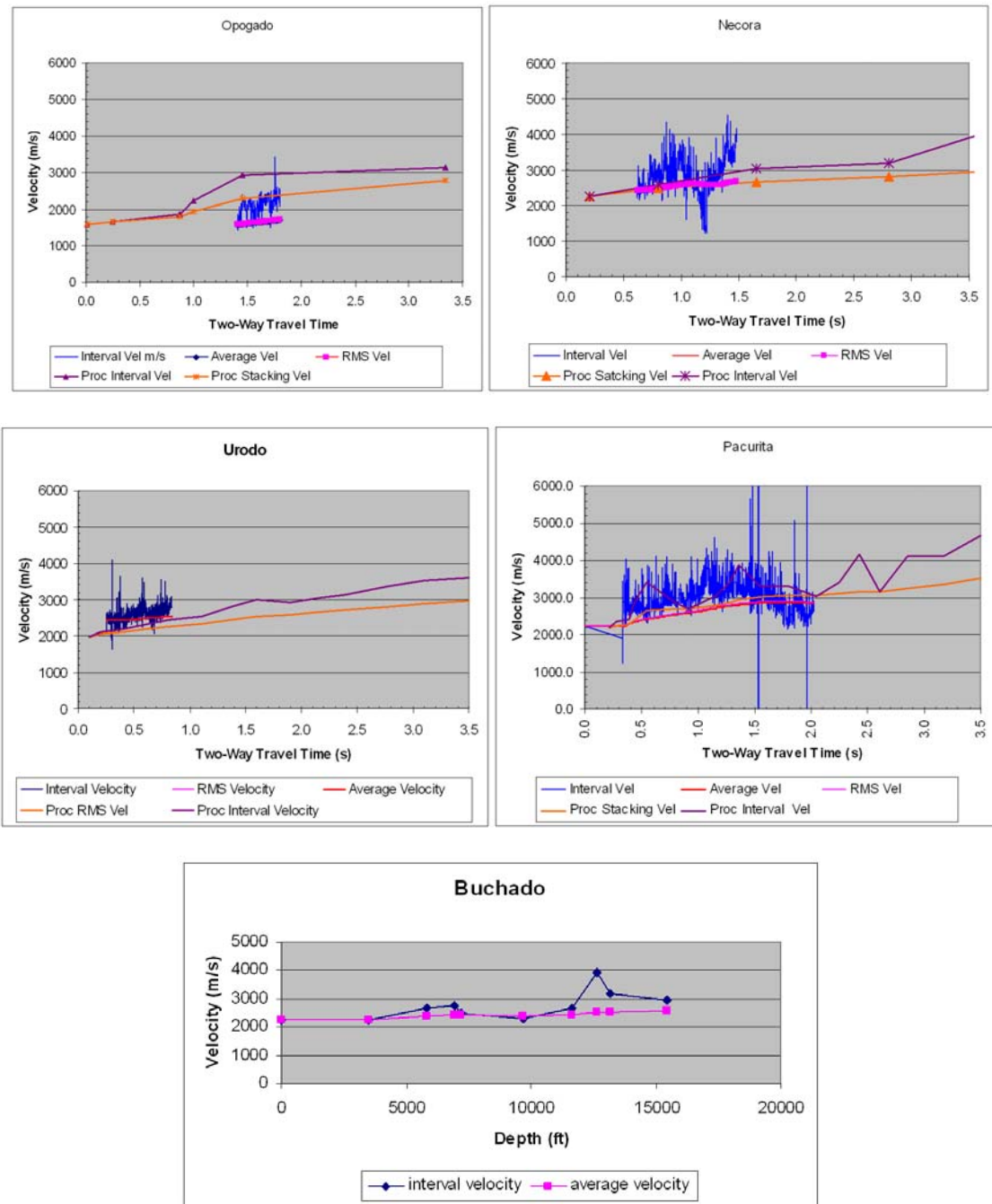
**Figura 5 Pozos exploratorios existentes**

### ***Modelo Geológico***

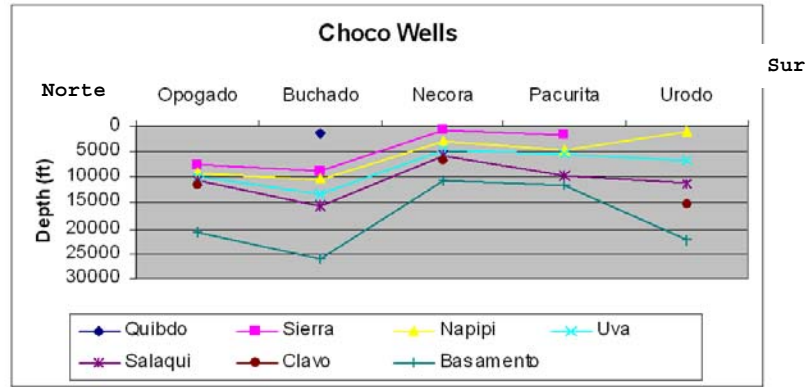
Se revisaron todos los registros de pozos proporcionados por el cliente. De los registros sísmicos de Opogadó, Necora, Pacurita y Urodó se analizaron las velocidades de intervalo, promedio y RMS de las secciones registradas y se compararon con las velocidades de intervalo y de apilado usadas por los procesadores (Figura 6). Se puede observar que los registros sísmicos corresponden a diferentes intervalos de tiempo en los diferentes pozos, siendo Pacurita el más completo. De igual manera, el check-shot de Buchadó proporciona otro control de velocidades en un rango grande de profundidades.

Del reporte “Evaluación Integral de la Información Geológica, Geofísica y Geoquímica de la Cuenca Atrato y Cuenca San Juan” elaborado por la Universidad EAFIT en el 2007, se tomaron las profundidades de los reflectores y muestras de diferentes líneas 2D interpretadas existentes. Se seleccionaron las profundidades indicadas por Suárez en 1990 por ser las más completas (Figura 7). Ninguno de los pozos llegó al basamento, por lo tanto, estas profundidades fueron tomadas de la Figura 4. Obsérvese la buena correlación entre las profundidades del basamento en las diferentes áreas de la cuenca y las profundidades de los reflectores en las mismas áreas.

Se estudiaron una gran variedad de líneas sísmicas proporcionadas por el cliente. Se seleccionaron aquellas que tenían amarres con los pozos para mayor control. La línea sísmica mostrada en la Figura 8 corresponde a la línea QA-1982-20 (amarre con el pozo Pacurita) y la Figura 9 a la línea L-1972-K (amarre con el pozo Urodó). Aún cuando se tiene un buen control de velocidades en el pozo Buchadó, desafortunadamente no existen líneas sísmicas en esta área de la cuenca. Por lo tanto, se seleccionó una línea 2D con amarre con el pozo Urodó, el cual tiene una profundidad muy similar al Buchadó al lado opuesto de la cuenca.



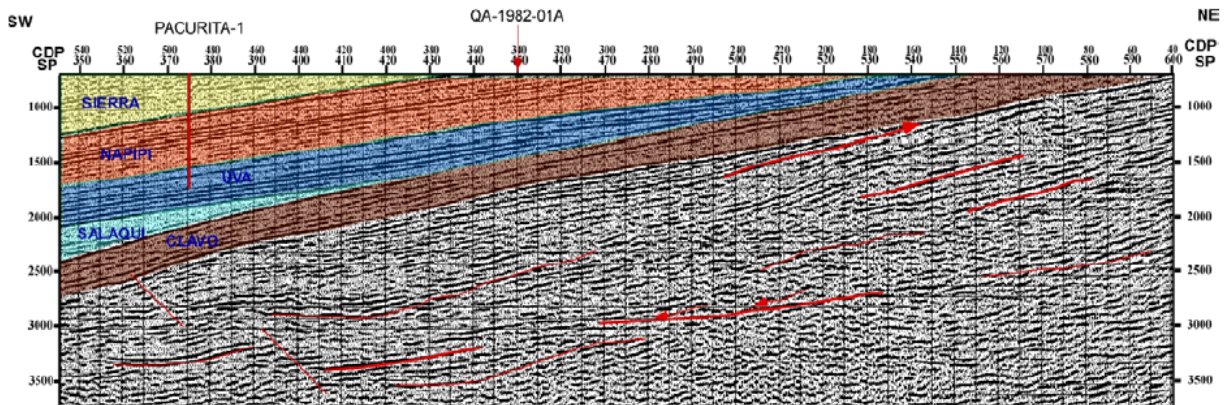
**Figura 6 Análisis de Velocidades**



**Figura 7 Profundidades de los reflectores de interés por pozo**

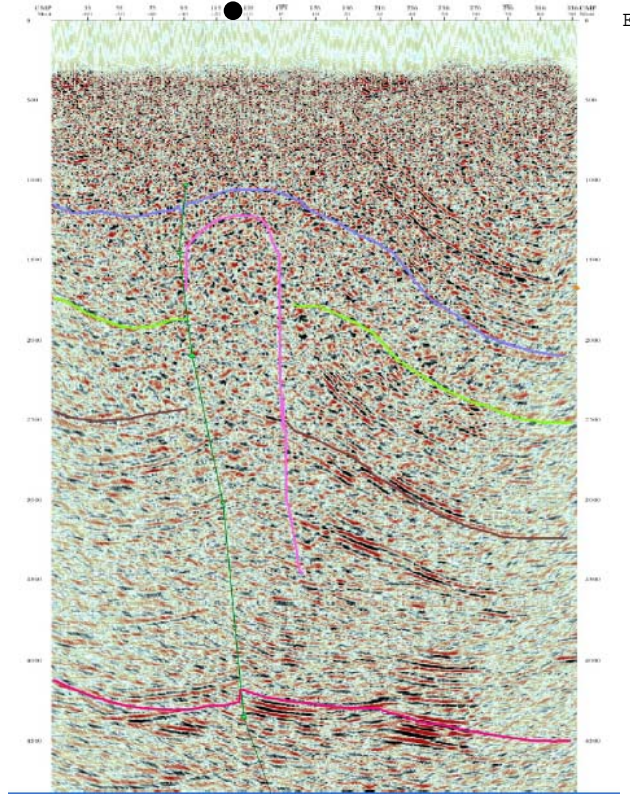
Los parámetros de adquisición usados en la línea QA-1982-20 son 50 m de intervalo de receptoras, 100 m de intervalo de las fuentes; fue registrada con 96 canales y un fold nominal de 24; se usó un pozo a 19 metros pero se desconoce el tamaño de la carga. En la línea L-1972-K se usaron 70 m de intervalo de receptoras y 140 m de intervalo de las fuentes; fue registrada con 24 canales y un fold nominal de 6; se usó un pozo a 90 pies y un tamaño de la carga de 25 lbs.

El estilo estructural es complejo con series de fallas compresionales, zonas triangulares, diapiros, etc. Los buzamientos más dominantes se observan con 30 grados para las difracciones y entre 35-45 grados en los reflectores más profundos. Se observa mucho ruido en los datos con frecuencias dominantes bajas.

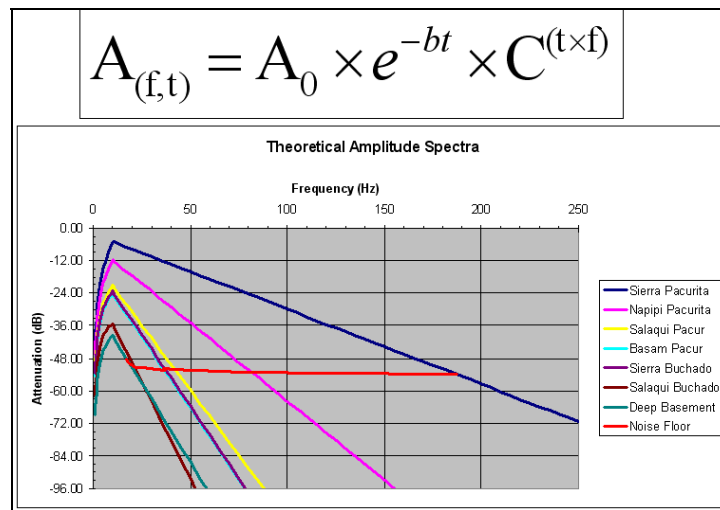


**Figura 8 Línea QA-1982-20**

Los límites superiores de las frecuencias recuperables se han calculado a partir de las consideraciones teóricas que incluyen una estimación del nivel del ruido, coeficientes típicos de absorción y de atenuación para cuencas sedimentarias similares. Utilizando la ecuación de la Figura 10, se modelan los espectros de las amplitudes de las frecuencias versus la atenuación esperada teniendo en consideración los mecanismos de pérdida de energía (absorción, divergencia esférica, transmisión y modo de conversión). Luego se comparan estos valores con las observaciones realizadas en las secciones 2D existentes.



**Figura 9** Línea L-1972-K



**Figura 10** Espectro de amplitudes teórico

Con el conocimiento de las profundidades, tiempos dobles, velocidades, frecuencias y con los buzamientos esperados se procedió a la determinación de los parámetros de adquisición. Se seleccionaron cuatro reflectores en dos ubicaciones (pozos) diferentes de la cuenca. El primer paso corresponde a la definición de los parámetros geológicos mostrados en la Tabla 1.

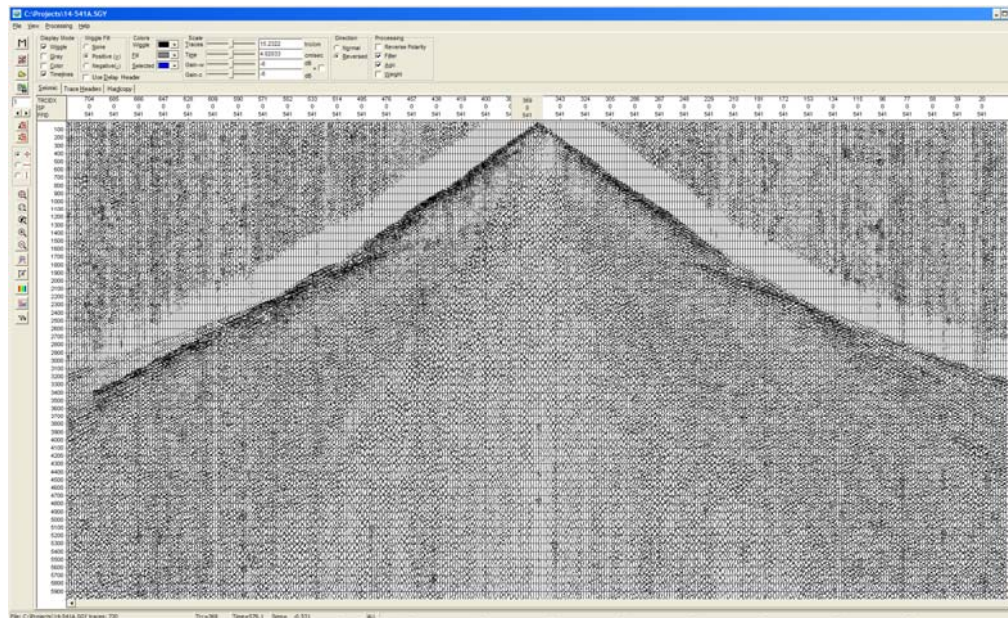
<b>GEOLOGICAL PARAMETERS</b>							
Target name	Sierra Pacurita	Napiipi Pacurita	Salaqui Pacur	Basam Pacur	Sierra Buchado	Salaqui Buchado	Deep Basement
Depth to target	489	1387	2892	3500	2649	4750	9000
Time to target	420	1044	2025	2350	2200	3640	5000
Average velocity	2330	2657	2857	2979	2408	2610	3600
RMS velocity	2353	2711	2945	3103	2457	2719	3871
Avg / RMS ratio	99	98	97	96	98	96	93
Multiple velocity	1900	1950	2000	2050	2100	2200	2300
Maximum frequency	360	168	86	73	80	43	26
Dominant period	5	10	19	23	21	39	64
Dip direction dip	15	20	25	25	30	35	45
Strike direction dip	10	15	20	20	25	30	40

**Tabla 1 Parámetros de la geología**

Cualquier diseño 2D debe ser robusto dadas pequeñas variaciones en estos parámetros, no es necesario que sean precisos, pero se espera que estas estimaciones indiquen la tendencia correcta.

### **Revisión de la Calidad de los Datos Existentes**

Se analizaron muestras de registros de campo, proporcionadas por G2Seismic, correspondientes a los datos registrados en 2010. En la Figura 11, se ha generado un registro de campo de la línea 14 (adquirida en 2010 en la parte sur de la Cuenca Atrato) con un AGC de 500 ms. En términos generales, la relación señal/ruido es pobre con abundancia de spikes de ruido significativos debido al goteo sobre los sensores digitales; la calidad de los datos es baja. En la mayoría de los registros no se observan contribuciones fuertes de energía de reflexión siendo los primeros arribos los eventos de mayores amplitudes.



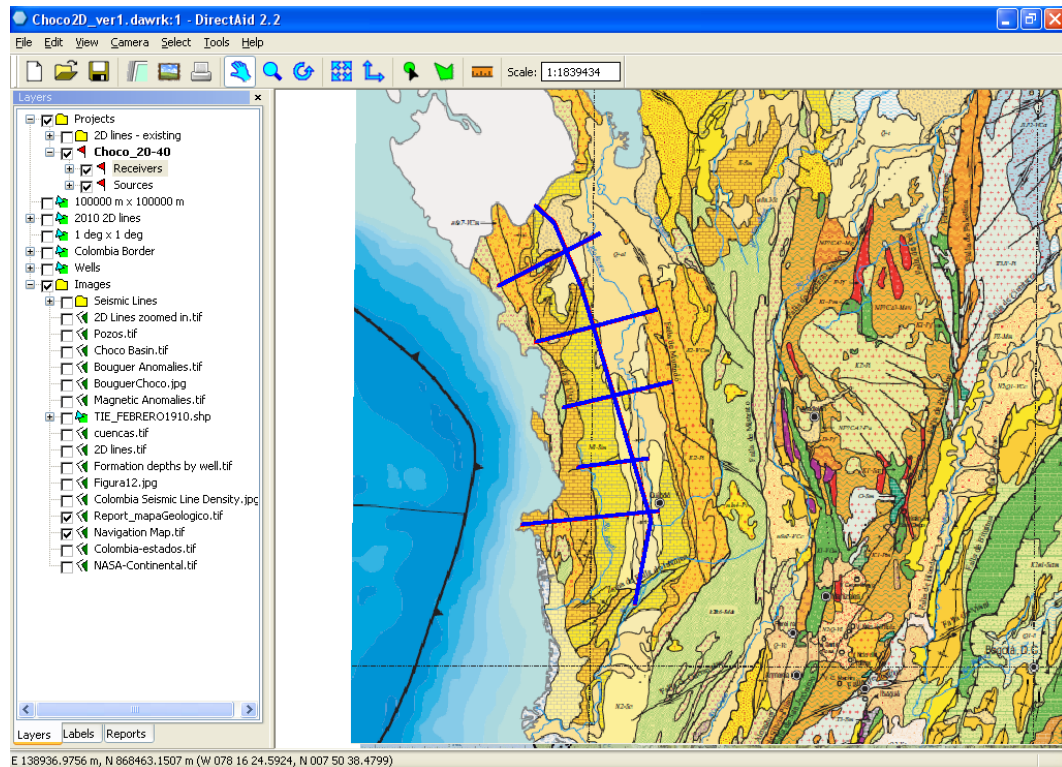
**Figura 11 Registro de campo de la línea 14 con AGC**

Los primeros arribos son muy útiles en la determinación de las velocidades de las capas cercanas a la superficie. Se utiliza un análisis de refracción estándar para determinar el porcentaje de energía que se va a transmitir a las siguientes capas del subsuelo, tal como se muestra en la Tabla 2.

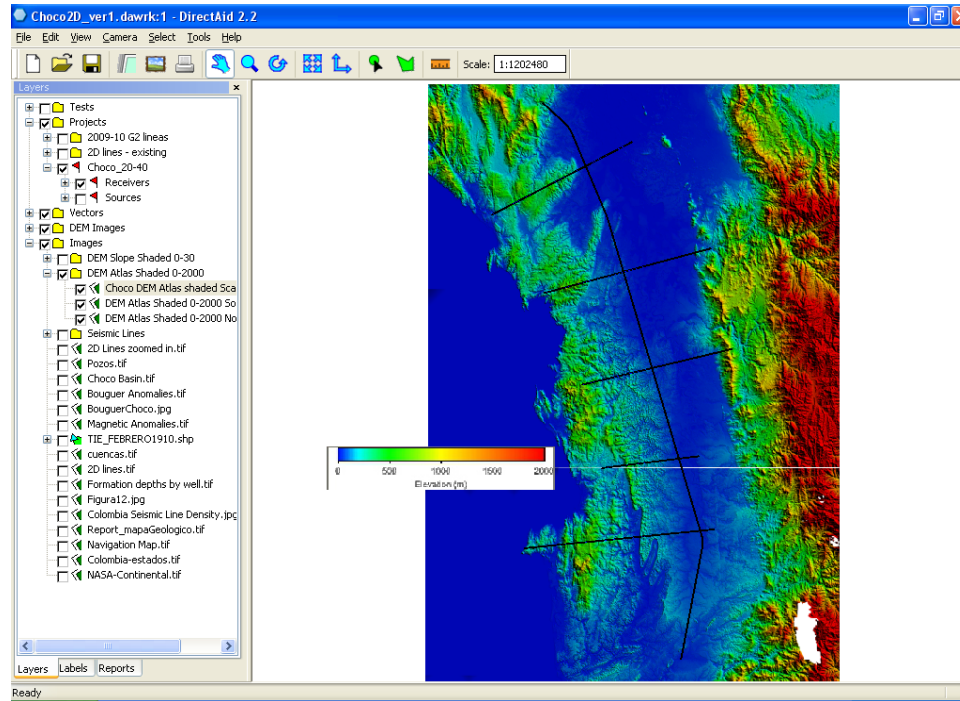
<b>Direct wave velocity</b>	<b>1,600 m/s</b>
<b>Refractor velocity</b>	<b>2,200 m/s</b>
<b>Refractor intercept</b>	<b>40 ms</b>
<b>Calculated Interface Depth</b>	<b>47 meters</b>
<b>Critical Angle</b>	<b>46.66 degrees</b>
<b>Trapped Mode Pass</b>	<b>31.37% <span style="color: red;">Note: does not include any allowance for</span></b>
<b>Trapped Mode Trapped</b>	<b>68.63% <span style="color: red;">reflected energy inside "cone of penetration"</span></b>
<b>Center refl coeff</b>	<b>15.79%</b>
<b>rms transmission coeff</b>	<b>80.22%</b>
<b>Total Pass</b>	<b>25.16%</b>
<b>Total Trapped</b>	<b>74.84%</b>

**Tabla 2 Energía transmitida**

Estas estadísticas indican que no se espera observar mucho ruido de modo atrapado o de ondas guiadas en los datos debido a los contrastes de velocidades de las capas cercanas a la superficie. Al estudiar mapas de la geología de la superficie (Figura 12), mapas topográficos (Figura 3) y modelos de elevación digital (Figura 13), se espera una topografía rugosa en las serranías y piedemonte con elevaciones superiores a los 500 m sobre el nivel del mar; zonas muy pantanosas a lo largo del río Atrato, al igual que un valle fluvial ancestral. Por lo tanto, se espera gran variabilidad en los registros de campo con presencia de puntos de esparcimiento de la energía sísmica. Hay evidencia de ondas transversales generadas por ondas de la superficie y de onda de tierra que pueden generar problemas en la relación señal/ruido de los datos.



**Figura 12 Geología de la superficie**



**Figura 13 Modelo de Elevaciones 0-2000 m**

***Limitaciones de Offset y Muestreo Espacial***

La Tabla 3 muestra las estimaciones de varios límites potenciales en los offsets mínimos requeridos y máximos offsets potenciales para cada una de las zonas estudiadas (expresados en metros).

<b>OFFSET LIMITATIONS</b>								
	Sierra Pacurita	Napipi Pacurita	Salaqui Pacur	Basam Pacur	Sierra Buchado	Salaqui Buchado	Deep Basement	
Direct wave interference	473	1666	3479	4022	4176	6792	8459	
Refractor interference	638	2728	5702	6432	8737	12335	12692	
NMO stretch	619	1773	3736	4568	3386	6199	12124	
Minimum for NMO	188	481	1004	1254	918	1781	3811	
Minimum for Multiples	215	492	968	1176	1114	2047	3217	
Approx. AVO occurrence	558	1563	3220	3848	2985	5223	9531	
Estimated X-max	550	1590	3360	4110	3040	5570	10910	

**Tabla 3 Limitaciones de Offsets**

En los offsets lejanos la relación señal/ruido se deteriora significativamente, la señal es más débil y las frecuencias son muy bajas. Por estas razones, es posible que no se utilicen offsets mayores a 6000 metros. Se recomienda reprocesar la línea 2D CH-2005-04 con offsets de 0 a 6000 metros y con offsets entre 6000 y 9000 metros (la línea mencionada fue procesada originalmente con offsets de 0 a 9000 metros). La intención del reprocesamiento es analizar si existe información útil entre los 6000 y 9000 metros para definir con certeza los offsets a usar en el tendido durante el registro y optimizar de esta manera la inversión de la ANH.

Para la selección del intervalo del CDP y del intervalo de las receptoras se estudiaron una variedad de factores (Tabla 4). Mientras que los límites máximos calculados para los intervalos de las estaciones se aplican con frecuencia al diseño de levantamientos 3D, es una práctica común el diseñar levantamientos 2D tal que sobre muestreen el campo de ondas. Por lo tanto, se recomienda usar un intervalo de grupo de 20 metros. Esto también va a ayudar en el muestreo de algunos modos de ruido con longitudes de ondas cortas.

<b>SURFACE SAMPLE LIMITATIONS</b>							
	Sierra Pacurita	Napiji Pacurita	Salaqui Pacur	Basam Pacur	Sierra Buchado	Salaqui Buchado	Deep Basement
Aliasing of receiver dips	17	31	52	64	40	71	131
Aliasing of source dips	25	41	65	79	48	82	144
Aliasing of NMO	9	22	46	57	42	87	203
Aliasing of noise	36	36	36	36	36	36	36
Potential Vert. Res. ( $\lambda/4$ )	1.6	4.0	8.3	10.2	7.5	15.3	34.8
Potential Horiz. Res. ( $\lambda/2$ )	3.2	7.9	16.6	20.3	15.1	30.6	69.6

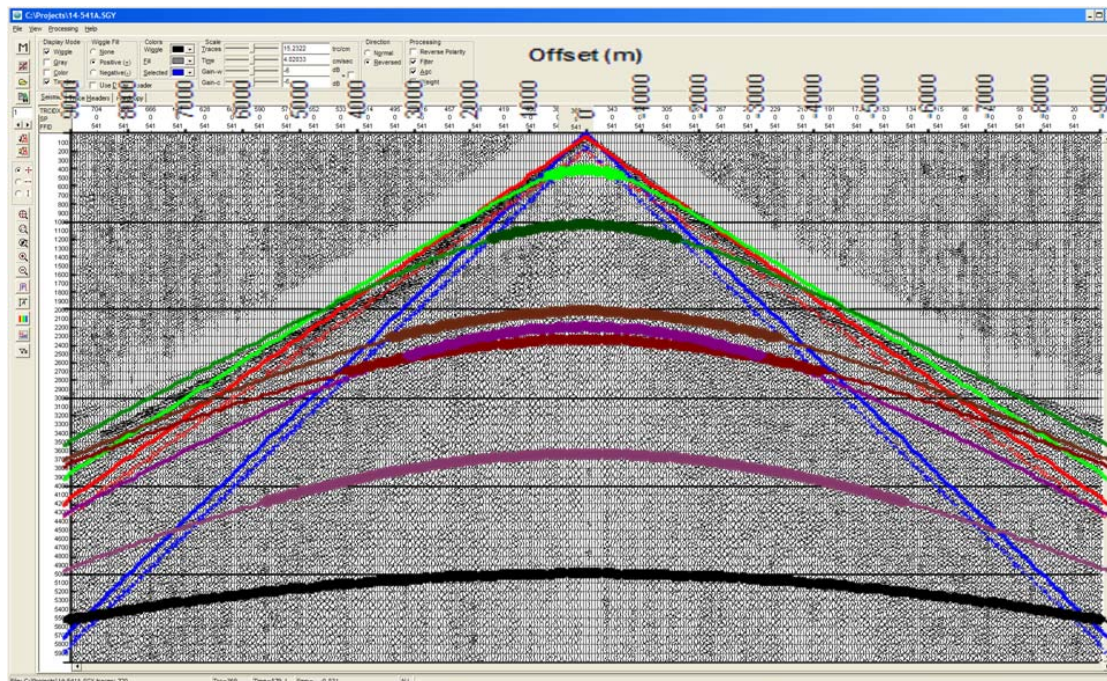
**Tabla 4 Limitaciones del muestreo del campo de ondas en la superficie**

También se estudiaron los márgenes potenciales de estadísticas pobres y las aperturas de las migraciones necesarias (Tabla 5). Se recomienda que las líneas se extiendan más allá de cualquier amarre con otra línea, o más allá de cualquier amarre con pozos, una distancia de por lo menos la mitad del offset máximo utilizable (“margen de fold bajo”) más la mitad de un estimado moderado de la apertura de la migración.

<b>SURVEY MARGINS</b>							
	Sierra Pacurita	Napiji Pacurita	Salaqui Pacur	Basam Pacur	Sierra Buchado	Salaqui Buchado	Deep Basement
Poor statistics Margin	275	795	1680	2055	1520	2785	5455
Migration aperture - rec	131	505	1349	1632	1529	3326	9000
Migration aperture - src	86	372	1053	1274	1235	2742	7552
Approx. Fresnel Diameter	151	385	794	982	734	1394	2889
Recommended Margin	341	1047	2354	2871	2289	4718	11728

**Tabla 5 Márgenes del levantamiento**

Se espera que un registro de campo de buena calidad se asemeje al modelo sobrepuesto a los datos de campo mostrado en la Figura 14. En el registro modelo se ven las velocidades de los primeros arribos y diferentes reflectores estudiados. Esta gráfica de control de calidad confirma las velocidades estimadas, así como también los tiempos de los reflectores, las limitaciones de los offsets y enmudecimientos a aplicar.



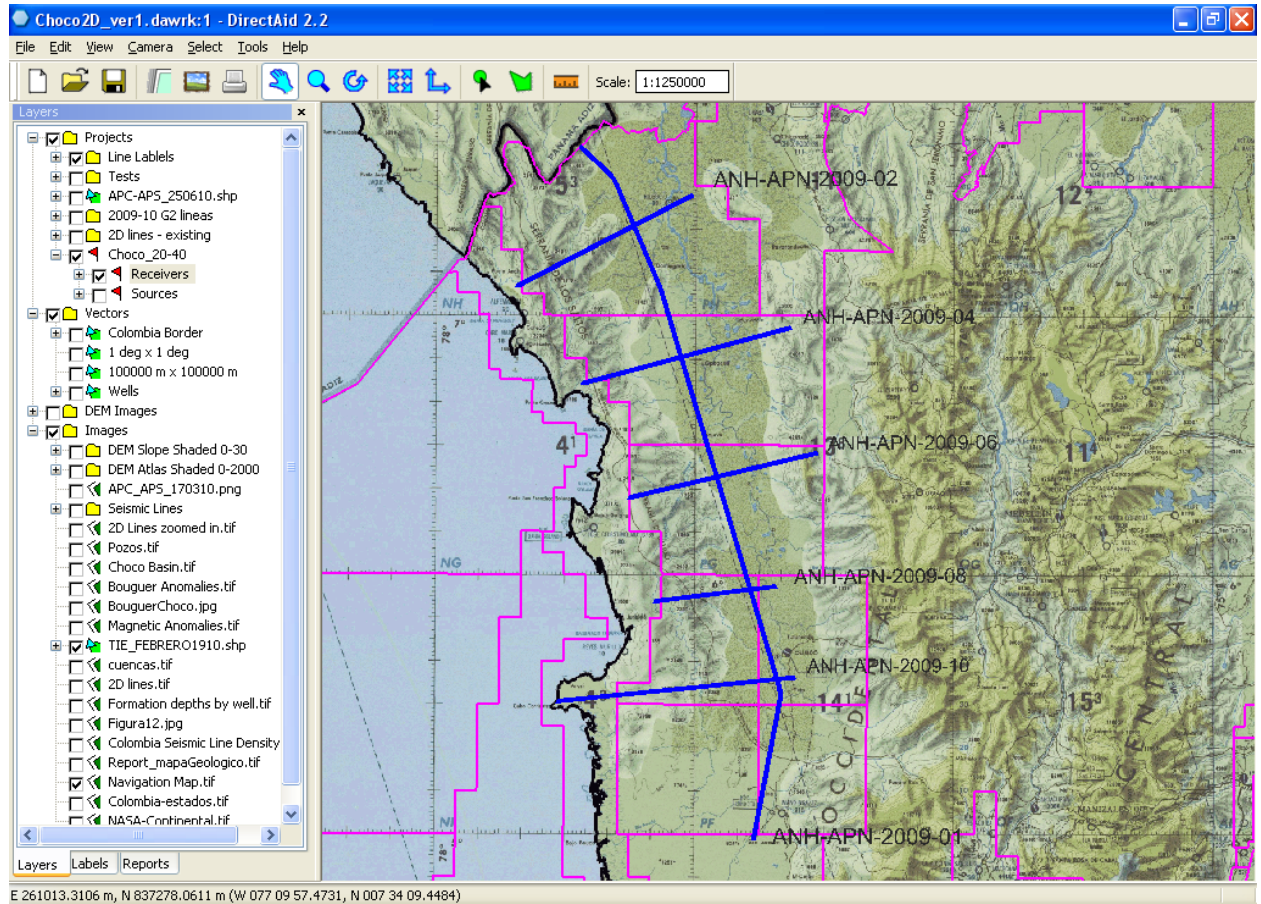
**Figura 14 Modelo de velocidades**

**Programa Propuesto y Parámetros**

La ANH proporcionó las coordenadas de las líneas 2D (Tabla 6). Los archivos SegP1 se aportan junto con este reporte en formato digital. Las líneas ANH-APN-2009-01 y ANH-APN-2009-01A se han unido para formar la línea 1. En la Figura 15 se puede apreciar la posición de las líneas sobre los bloques de exploración.

LINEA	LONGITUD (m)	ESTE INICIAL	NORTE INICIAL	ESTE FINAL	NORTE FINAL
ANH-APN-2009-01	295054.426	642695.4584	1325809.898	701546.8989	1043278.179
ANH-APN-2009-01A	19249.242	642695.4584	1325809.898	628535.112	1338848.989
ANH-APN-2009-02	84274.644	601059.9747	1279448.921	675975.6266	1318047.636
ANH-APN-2009-04	92158.009	628683.7369	1237649.805	717760.8223	1261279.689
ANH-APN-2009-06	82247.681	648800.1398	1188874.417	728852.4006	1207750.768
ANH-APN-2009-08	51889.384	659719.1027	1144605.939	711236.0425	1150811.832
ANH-APN-2009-10	101545.989	618103.1331	1102015.473	719168.3423	1111885.196

**Tabla 6 Coordenadas de inicio y fin de las líneas 2D**



**Figura 15 Levantamiento 2D**

Al tener en cuenta el espaciamiento de los puntos medios (lluvia de puntos medios) a ser introducidos por los quiebres a lo largo de la línea 1, se concluye que los quiebres proporcionados por la ANH son muy pronunciados y superiores a 10 grados. La consecuencia de esta disposición original de la línea dorsal es que durante el procesamiento de los datos, sólo se incluirán en las áreas de los quiebres los puntos medios con offsets medios. Se

descartarán las contribuciones con offsets cercanos y lejanos lo cual cambiará el carácter de las ondículas. Por esta razón, se han cambiado las coordenadas de las estaciones alrededor de los quiebres para que línea ANH-APN-2009-01 no tenga quiebres mayores de 10 grados, como se muestra en la Tabla 7.

Queiebres en Línea 1 de Choco 2D Coordenadas en Bogota Central Magna in decimeters					
Line	Source Pt	Lat-Long (dddmmss.ss)	Easting (dm)	Northing (dm)	angle of bend
1	10001.0	04585542N076460364W	7015467	10432781	Beginning of Line
1	13063.5	05313318N076395767W	7130817	11034317	8.94
1	13189.5	05325509N076395550W	7131595	11059500	8.71
1	13305.5	05340992N076400499W	7128773	11082523	9.62
1	22179.5	07061480N077075009W	6625692	12784527	6.29
1	24627.5	07303784N077181716W	6436215	13235974	8.55
1	24747.5	07314407N077185842W	6423697	13256447	7.93
1	24869.5	07324506N077194920W	6408243	13275327	8.13
1	25704.0	07384940N077263189W	6285467	13388382	End of Line

Tabla 7 Ángulos de los quiebres de la línea 1

Este levantamiento proporciona un total de 730.793 Km. de cobertura la cual generará información regional. Note que el programa yace en su totalidad en una zona selvática con mucha precipitación. Las áreas bajas son pantanosas ubicadas en un valle fluvial con presencia de lagos de herradura abandonados. 5 líneas 2D suben sobre las Serranías de Baudó y de los Saltos y 2 suben al piedemonte de la Cordillera Occidental. Se esperan condiciones muy húmedas, pero también se deben esperar perforaciones sobre gravas y rocas muy duras. La Figura 16 muestra las áreas de pendientes entre 0 y 30 grados.

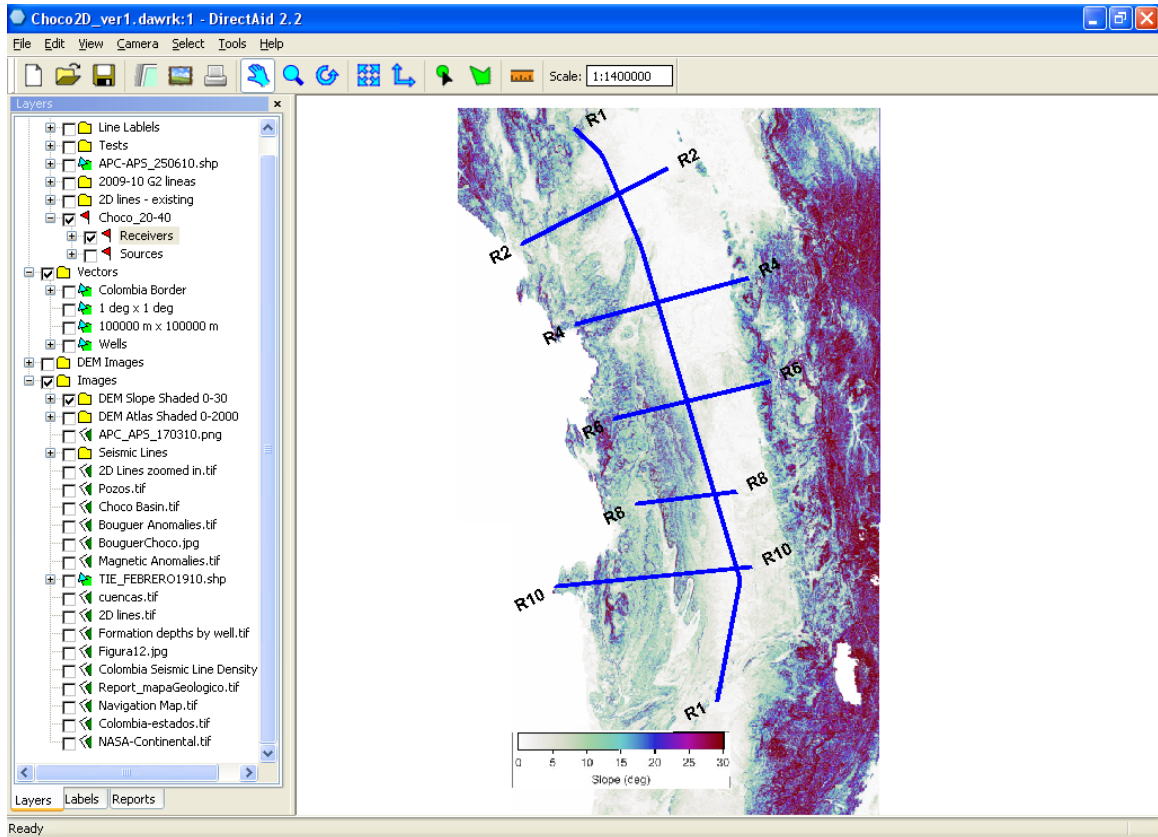


Figura 16 Mapa de pendientes

En la Figura 12 se puede observar que en las Serranías de Baudó y de los Saltos se espera encontrar en la superficie, rocas sedimentarias de ambiente marino. A lo largo del río Atrato la geología de la superficie está

compuesta por depósitos de aluviones y rocas sedimentarias de ambiente continental. En el piedemonte se encuentran rocas vulcanoclásticas de ambiente marino.

Una variedad de parámetros se han utilizado en la adquisición de líneas 2D en esta cuenca, como se puede observar en la Tabla 8. Estas líneas proporcionan información general acerca de la configuración estructural pero no proporcionan información confiable de la estratigrafía. Los intervalos de las receptoras han variado desde 25 hasta 70 m y el de las fuentes desde 50 hasta 140 m. Las profundidades de las cargas varían desde 26 hasta 90 ft y el tamaño de la carga desde 4.5 hasta 9.8 Kg.

Línea sísmica	Profundidad de la carga	Tamaño de la carga	Ri (m)	Si (m)	Fold
QA-1981-01 a la 06	1 x 8 m		50	100	12
L-1972-A a la M	1 x 90 ft	25 lbs	70	140	6
QA-82-1A a la 20	1 x 19 m		50	100	24
L-1979-14 y 18			50	100	12
CH-2005-01, 06 y 08	1 x 39 ft	5400 gr	25	50	180
CH-2005-02 y 04	1 x 36 ft	4500 gr	25	50	180
ANH-CH-2006-03 y 14	1 x 45 ft	6300 gr	25	50	180

**Tabla 8 Parámetros de carga usados en el pasado**

Mustagh Resources recomienda realizar pruebas de campo para determinar el tamaño de la carga y la profundidad del pozo a emplear (las cuales se especifican más adelante). Sin embargo, por razones de logística, es necesario tener un tamaño de la carga y una profundidad inicial. Por tal razón, se usarán 6300 gr a una profundidad de 18 metros para minimizar la cantidad de pozos soplados y cráteres en la superficie.

Los métodos modernos reconocen que muchas fuentes de ruido, tales como el modo atrapado, las ondas guiadas, las ondas esparcidas de la superficie, las ondas transversales de la superficie, la onda de tierra, et cetera se manejan mejor a través de intervalos de muestreo espacial más pequeños, geometría efectiva, muestreo de offsets (stack array), y un buen esfuerzo en el acoplamiento de las fuentes y de las receptoras.

Para facilitar que los intervalos de fuentes sean más pequeños para un mejor muestreo del ruido generado por la fuente y dependiente de los offsets, se recomienda usar pozos más someros (ahorro en costos) siempre y cuando se pueda lograr un buen acoplamiento de la fuente.

El programa propuesto proporciona cobertura suficiente para la definición de la Cuenca y para identificar estructuras mayores. Los pozos ubicados en esta cuenca son exploratorios y han sido usados para el control de la geología fundamental. Un programa 2D más agresivo o un 3D regional serán necesarios para definir objetivos de gas y petróleo específicos y para asistir a la evaluación más completa de las reservas potenciales en esta región.

Se recomienda comenzar las operaciones de campo al Sur del levantamiento por la cercanía con el campamento ya existente.

Se han seleccionado 2 sets de parámetros: los recomendados y los alternos (Tabla 9). Los parámetros recomendados son los ideales dadas las condiciones de ruido presente. Los parámetros alternos son propuestos sólo para comparación.

## Choco 2D Model Comparisons

Diseñador		Mustagh Recomendado	Mustagh Alterno
		Norm Cooper	Norm Cooper
Intervalo de las receptoras	(m)	20	25
Intervalo de las fuentes	(m)	40	50
Canales	(m)	900	720
Offsets cercanos	(m)	10.0	12.5
Offsets lejanos	(m)	8,990.0	8,987.5
Tendido		Symmetric	Symmetric
Relación Si / Ri		2.0	2.0
Número de líneas		6	6
Número de receptoras		36,324	29,010
Número de fuentes		18,161	14,510
Kilómetros lineales	(km)	730.793	730.793
<b>Fold Nominal 2D</b>		<b>225.0</b>	<b>180.0</b>
<b>Fold en Sierra Pacurita, offsets 0 - 550 m</b>		<b>13.8</b>	<b>11.0</b>
<b>Fold en Napipi Pacurita, offsets 0 - 1590 m</b>		<b>39.8</b>	<b>31.8</b>
<b>Fold en Salaqui Pacur, offsets 0 - 3290 m</b>		<b>82.3</b>	<b>65.8</b>
<b>Fold en Basam Pacur, offsets 0 - 3920 m</b>		<b>98.0</b>	<b>78.4</b>
<b>Fold en Sierra Buchado, offsets 0 - 2840 m</b>		<b>71.0</b>	<b>56.8</b>
<b>Fold en Salaqui Buchado, offsets 0 - 5080 m</b>		<b>127.0</b>	<b>101.6</b>
<b>Fold en Deep Basement, offsets 0 - 9690 m</b>		<b>225.0</b>	<b>180.0</b>

Tabla 9 Parámetros de adquisición recomendados versus alternos

**Resumen de Parámetros – Levantamiento Sísmico Chocó 2D 2010**

**(Recomendado por Mustagh)**

<b>Levantamiento</b>	6 Líneas	
	Longitud Total	= 730,793 km
	Área Total	= 21642,08 km <sup>2</sup>
	Densidad de cubrimiento	= 0,03377 km lineales por km <sup>2</sup>
<b>Receptoras</b>	intervalo de las receptoras	= 20 m
	número total de estaciones	= 36.324
	producción estimada	= 140 Rcv's / día, (260 días de producción)
	geófonos	= 10 Hz, baja distorción, ej: Oyo GS30-CT 6 separados por 3.3333 metros centrados en la estaca
<b>Fuentes</b>	intervalo de la fuente	= 40 m
	Número total de PT's	= 18.161
	Producción estimada	= 70 PT's / día, (260 días de producción)
	fuerza	= 1 pozo, 6300 gr, 18 m de profundidad (dependiendo del resultado de las pruebas de campo)
<b>Instrumentos</b>	sistema	= SN 428 o equivalente
	Formato de los datos	= IEEE, SegD
	Intervalo de la muestra	= 2 ms
	Longitud del registro en cinta	= 10.000 segundos
	Longitud del registro en papel	= 5.000 segundos
	Filtro de F altas	= 0.8 Ny Min
<b>Tendido</b>	canales activos	= 900 tendido simétrico
	Tendido	8990 – 10 – PT – 10 – 8990 m

**Fold promedio en diferentes objetivos:**

Formation	Xmax	2D Fold
Sierra Pacurita	550	13.8
Napiipi Pacurita	1590	39.8
Salaqui Pacur	3290	82.3
Basam Pacur	3920	98.0
Sierra Buchado	2840	71.0
Salaqui Buchado	5080	127.0
Deep Basement	9690	224.8

### Análisis de la Longitud de onda de la Señal

Para el diseño de patrones, es importante reconocer las longitudes de onda aparente esperadas de las señales de reflexión. Para cada objetivo, se calcula la longitud de onda aparente para las frecuencias más altas y los offsets más lejanos esperados, usando la ecuación de la Figura 17.

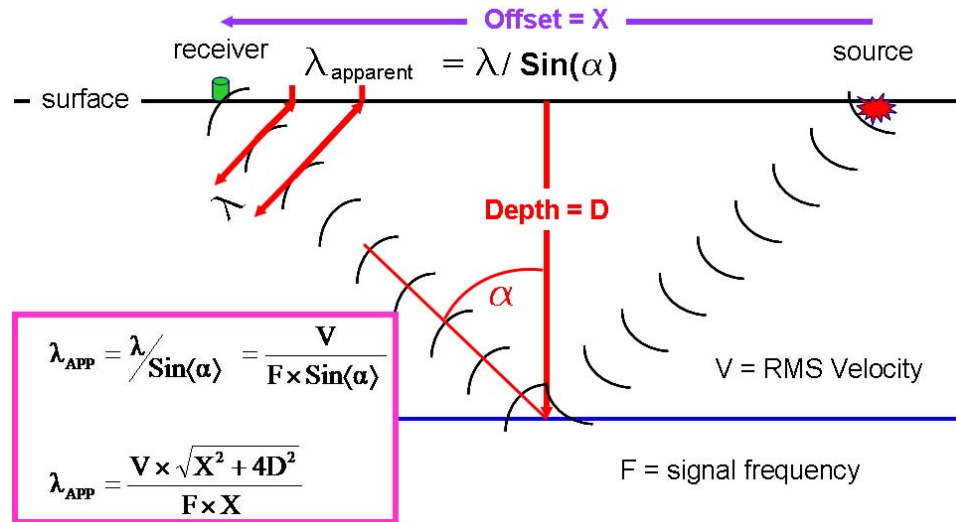


Figura 17 Longitud de onda aparente

Se genera una gráfica de “cuchara” diseñada para la profundidad esperada y la velocidad RMS de cada reflector de interés (Figura 18). Para una velocidad y profundidad fijas, la longitud de onda aparente es una función de las frecuencias y offsets. Las gráficas de “cuchara” representan una superficie tridimensional de longitudes de ondas aparentes versus frecuencias y offsets. La línea amarilla representa el límite máximo de offsets utilizables esperados y la línea verde representa el límite máximo de frecuencias recuperables esperadas. Por lo tanto, las longitudes de onda de las señales se representan por el área de la cuchara delimitada por estas dos líneas. Las longitudes de ondas de las señales más cortas esperadas ocurren en la intersección de estas dos líneas.

Cuando se diseñan patrones, es importante asegurarse de que todas las longitudes de ondas de las señales importantes están protegidas adentro del pasa banda de la respuesta del patrón.

También es importante asegurarse de que el patrón forme un filtro anti-alias espacial efectivo. El Número de Onda de Nyquist para el intervalo de la traza registrada de 20 metros es:

$$K_{Ny} = \frac{1}{2 \times \Delta X} = \frac{1}{2 \times 20m} = 0.025 \text{cy/m}$$

La banda de rechazo del patrón debe actuar como un filtro efectivo para eliminar números de ondas mayores (longitudes de ondas cortas) que de otra manera pueden tener aliasing y contaminar las longitudes de ondas de las señales. Ésta es una parte muy importante de la protección de la integridad de la señal.

La Figura 18, Figura 19, Figura 20 y Figura 21 muestran las longitudes de ondas aparentes esperadas para los reflectores Sierra, Napipí, Salaquí y el basamento del pozo Pacurita. La Figura 22 y Figura 23 muestran las longitudes de ondas aparentes esperadas para los reflectores Sierra y Salaquí del pozo Buchado. La Figura 24 muestra las longitudes de ondas aparentes esperadas para la máxima profundidad del basamento en la cuenca Atrato.

Sierra (Pacurita): Profundidad 490 m; Vrms 2357 m/s; Fmax 187 Hz; Xmax 550 m;  $\lambda$ ap más corta: 25.8 m

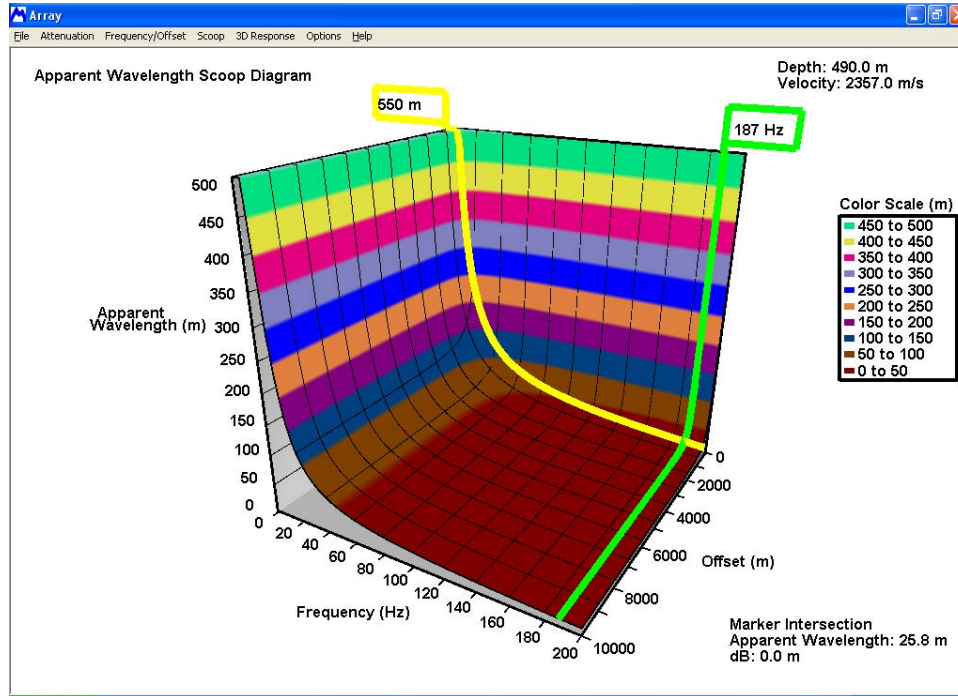


Figura 18 Longitudes de onda aparente para el reflector Sierra

Napipí (Pacurita): Profundidad 1390 m; Vrms 2715 m/s; Fmax 82 Hz; Xmax 1590 m;  $\lambda$ ap más corta: 66.7 m

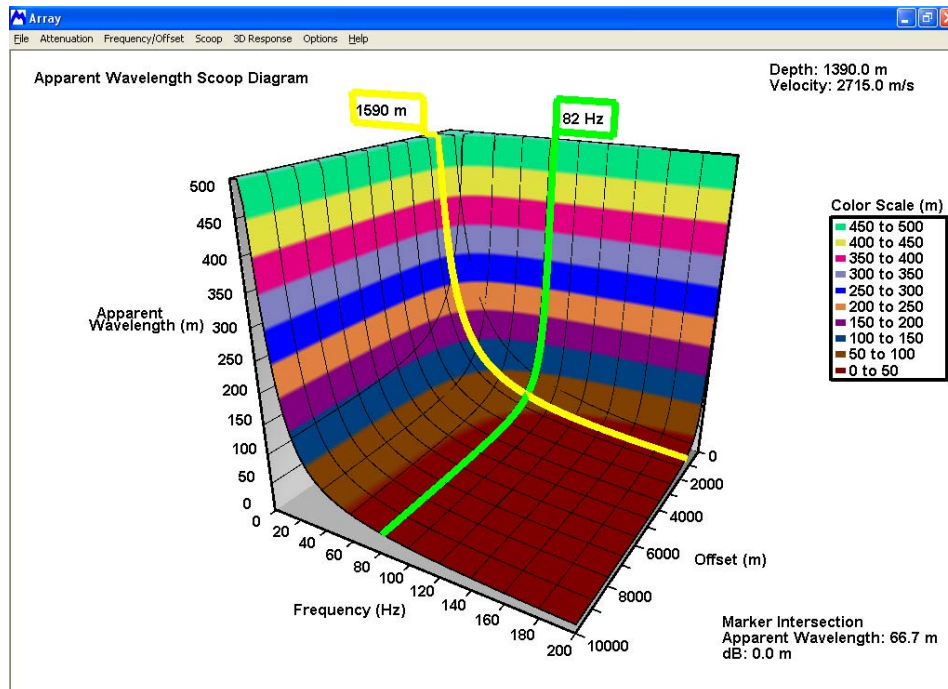


Figura 19 Longitudes de onda aparente para el reflector Napipí

Salaquí (Pacurita): Profundidad 2900 m; Vrms 2953 m/s; Fmax 42 Hz; Xmax 3290 m;  $\lambda$ ap más corta: 142.5 m

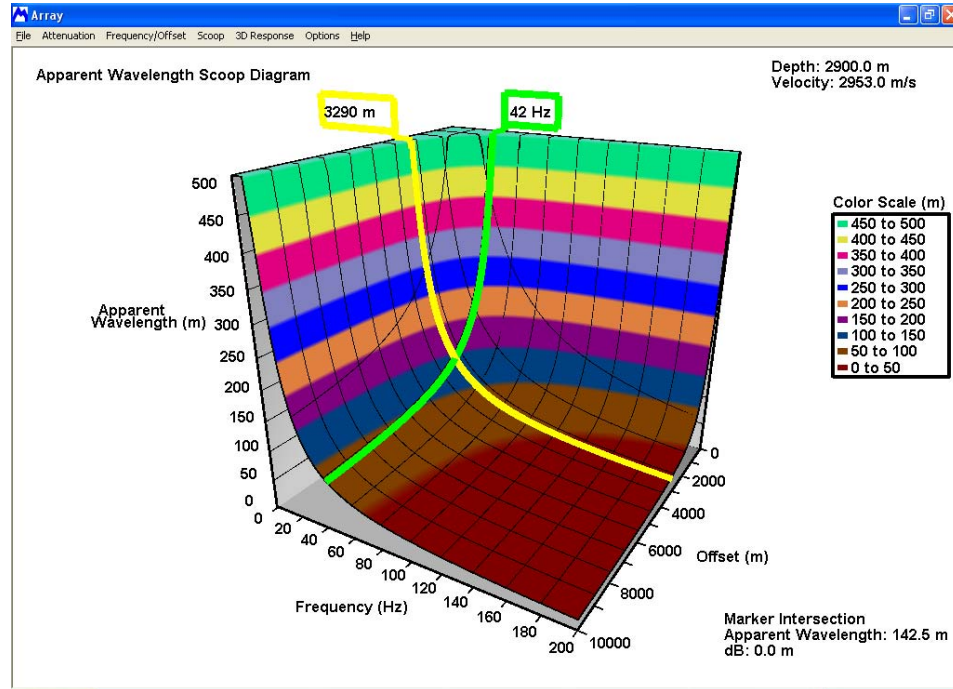


Figura 20 Longitudes de onda aparente para el reflector Salaquí

Basamento (Pacurita): Profundidad 3500 m; Vrms 3103 m/s; Fmax 36 Hz; Xmax 3920 m;  $\lambda$ ap más corta: 176.4 m

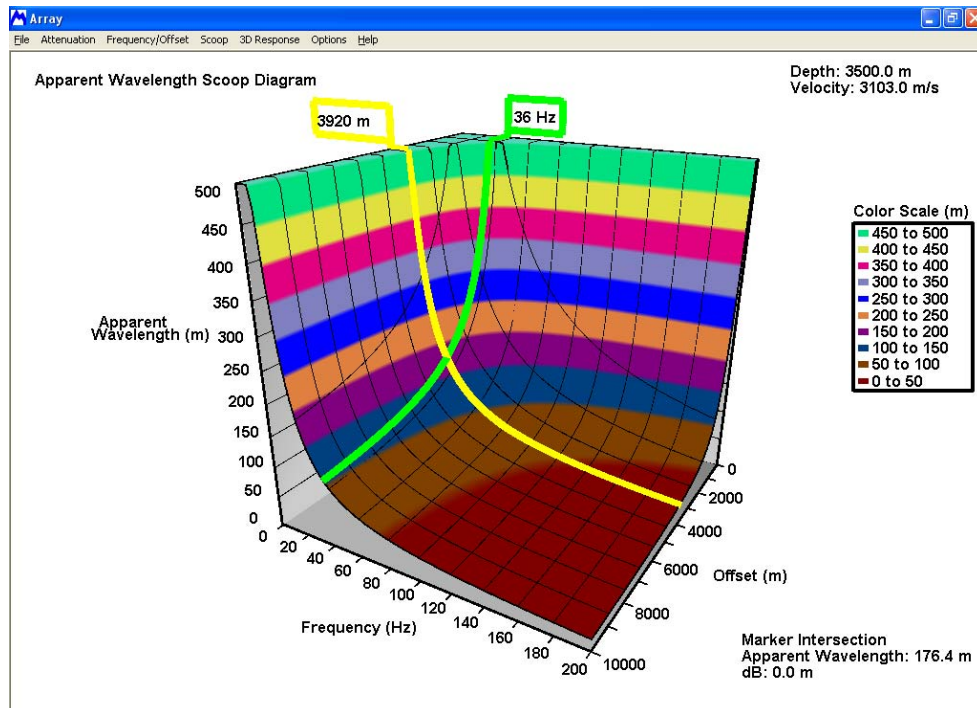


Figura 21 Longitudes de onda aparente para el basamento

Sierra (Buchado): Profundidad 2650 m; Vrms 2458 m/s; Fmax 38 Hz; Xmax 2840 m;  $\lambda$ ap más corta: 137 m

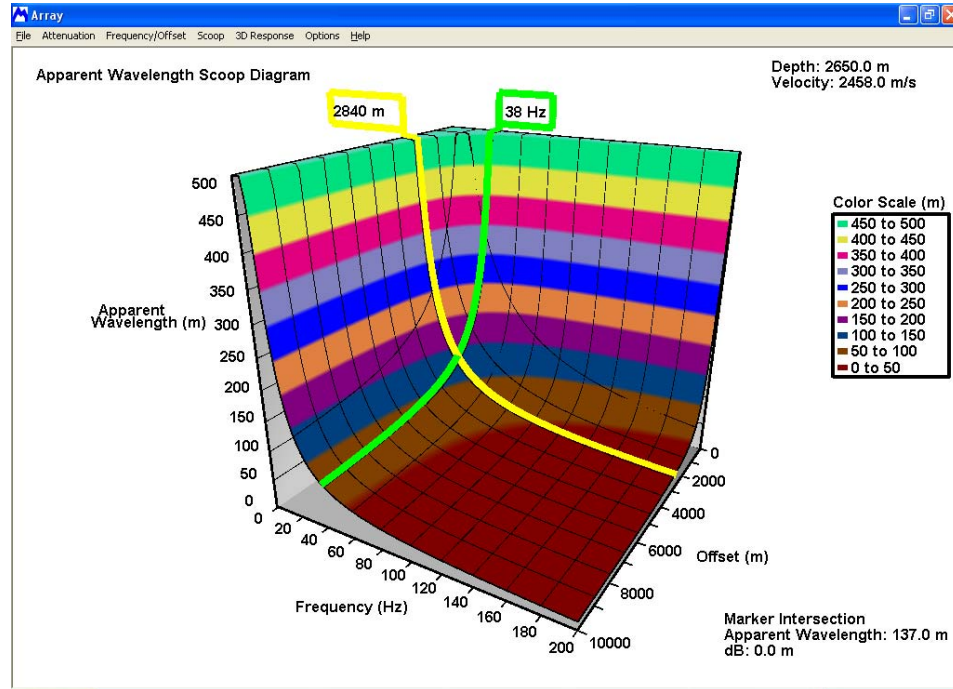


Figura 22 Longitudes de onda aparente para el reflector Sierra

Salaquí (Buchado): Profundidad 4750 m; Vrms 2719 m/s; Fmax 21 Hz; Xmax 5080 m;  $\lambda$ ap más corta: 274.6 m

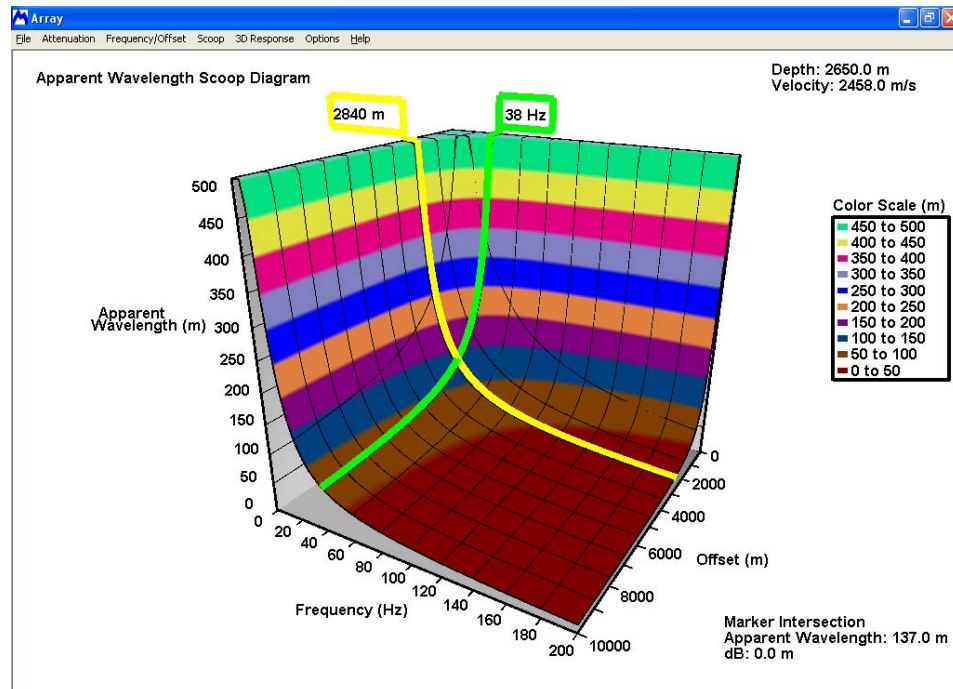
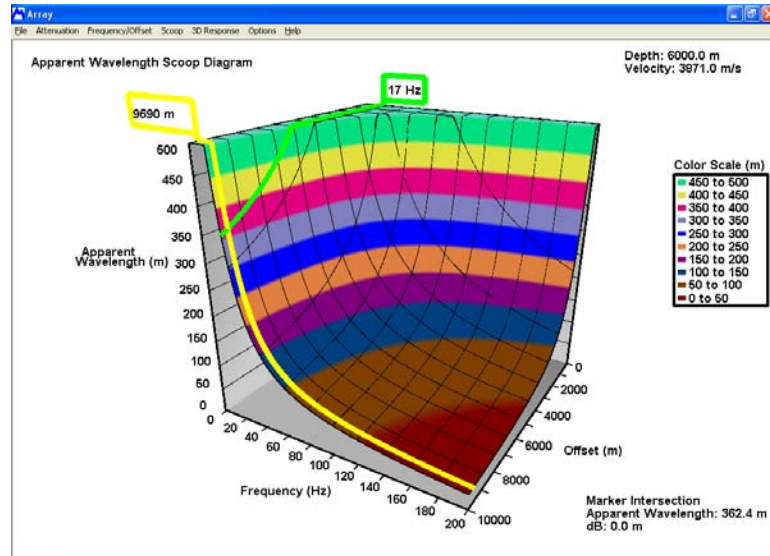


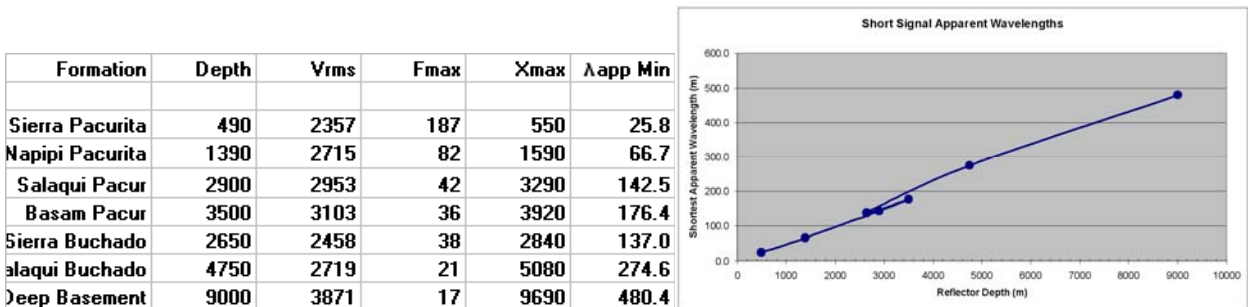
Figura 23 Longitudes de onda aparente para el reflector Salaquí

Basamento (mayor): Profundidad 9000 m;  $V_{rms}$  3871 m/s;  $F_{max}$  17 Hz;  $X_{max}$  9690 m;  $\lambda_{app}$  más corta: 480.4 m



**Figura 24** Longitudes de onda aparente para el basamento

La Figura 25 muestra un resumen del análisis de las longitudes de ondas aparentes más cortas de las señales de reflexión que se deben preservar.



**Figura 25** Longitudes de ondas aparentes más cortas

Se debe hacer un esfuerzo para proteger las longitudes de onda de las señales más grandes de 40 metros (o números de onda menores que 0.025 cy/m). Un patrón con una longitud efectiva de 20 metros va a satisfacer esta condición. El objetivo de este levantamiento es generar una símica regional y no el desarrollo de un yacimiento; por lo tanto se pueden sacrificar las frecuencias muy altas y una alta resolución en el reflector más somero (Sierra, pozo Pacurita).

## Propuesta de Patrones

### Patrones de Geófonos

Se propone usar 6 geófonos por ristra con una ristra por estación de receptoras. Todos los elementos deben ser modernos con una construcción de de Baja Distorsión o de Pequeñas Tolerancias. Todos los grupos de geófonos deben pasar las especificaciones de las pruebas estándares de la industria medidas con un SMT 200 o unidad de pruebas equivalente antes de ser usadas en este trabajo. Además, también se deben realizar las pruebas de leakage en tanque. Los grupos muestreados que circulen por el laboratorio durante el curso normal de las operaciones también deben ser probados antes de ser aceptados para el re-uso. Se deben preservar los registros de los resultados de las pruebas de cada grupo de geófonos y se debe indexar con un sistema numérico. Las pruebas se deben coordinar de tal manera que cada grupo sea probado una vez al mes durante el levantamiento.

Los geófonos se deben distribuir uniformemente sobre un intervalo de receptoras. La separación entre los geófonos finales de dos grupos sucesivos debe ser la misma que la distancia entre cada geófono dentro del grupo, tal como lo muestra la Figura 26.

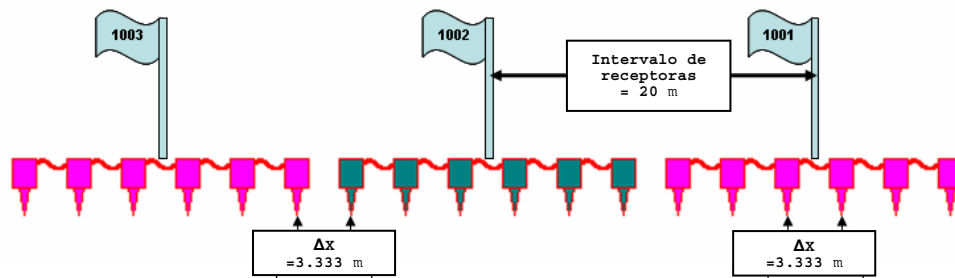


Figura 26 Patrones de geófonos

La gráfica de repuesta de los patrones representa la atenuación de varios número de onda de las señales (inverso de la longitud de onda aparente) debido a los patrones. La Figura 27 muestra la respuesta del patrón de geófonos para un grupo de 6 geófonos y una separación de 3.333 metros. El relleno de color marrón representa una atenuación máxima de 24 dB. Este límite se debe a un error promedio anticipado en la implementación en el campo de un 20% (Newman y Mahoney, "Patterns with a Pinch of Salt", Geophysical Prospecting, 1973).

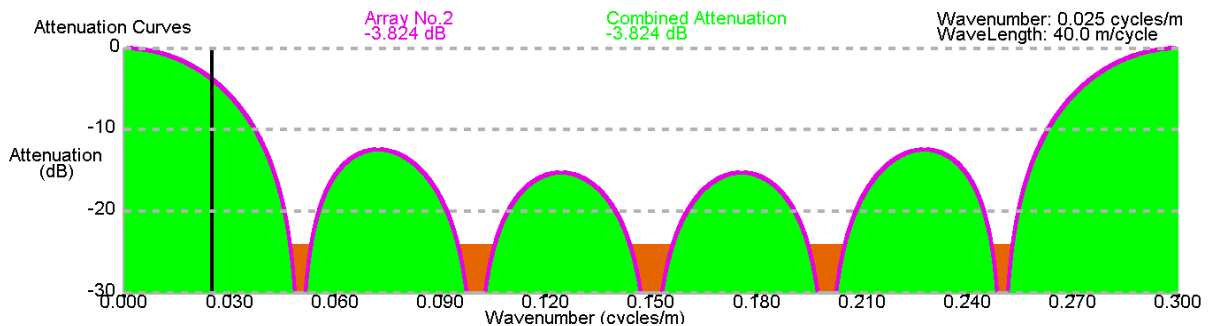
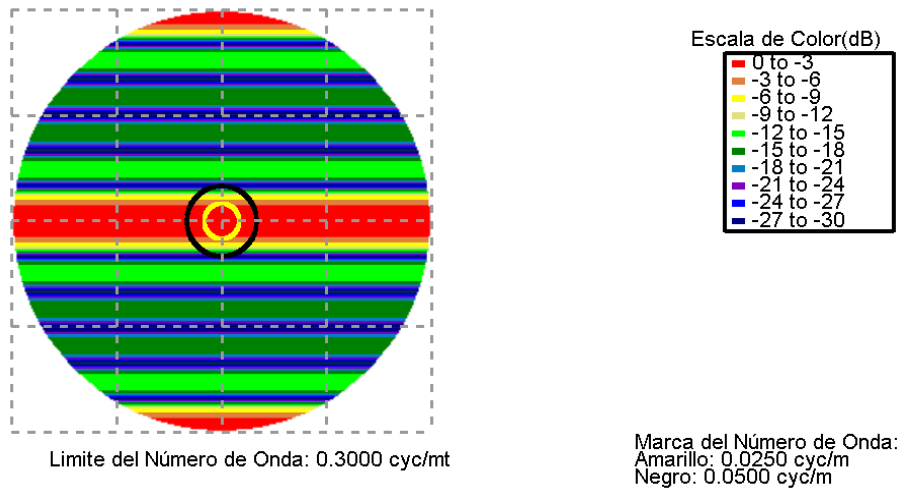


Figura 27 Respuesta del patrón de geófonos

Se espera que las señales de reflexión tengan un número de onda desde 0 hasta 0.025 ciclos por metro y están representadas por el área a la izquierda de la línea negra vertical (considerada el pasa banda). Recuérdese que para un intervalo de receptoras de 20 metros, se requiere un filtro espacial anti-alias con una banda de rechazo por encima de 0.025 ciclos por metro.

En la Figura 28, se examina la respuesta en 3D de un patrón utilizando una gráfica polar del número de onda (en la dirección radial) versus el acimut (asumiendo una línea 2D de Norte a Sur) para un patrón de 6 geófonos colocados de Norte a Sur solamente. El centro del círculo representa un número de onda igual a cero (una longitud de onda aparente infinita). La parte exterior del círculo representa un número de onda de 0.200 ciclos por metro (o 5 metros por longitud de onda). Las longitudes de onda de las señales se estiman que estén entre cero y 0.025 (área adentro del círculo amarillo). Las longitudes de ondas mayores de 0.050 tendrán aliasing con una envoltura en un 100% con un intervalo de receptoras de 20 metros (área afuera del círculo negro). Se espera pasar el área adentro del círculo amarillo con una atenuación mínima y suprimir el área afuera del círculo negro tanto como sea posible. Las franjas de colores representan la atenuación, el color rojo representa desde 0 hasta 3 dB.

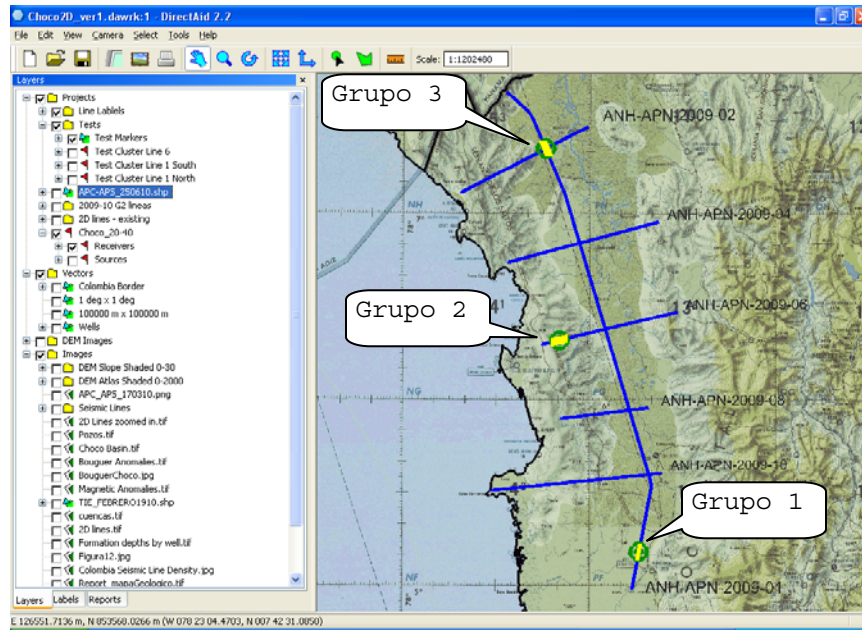


**Figura 28 Respuesta del patrón en 3D**

La respuesta de arriba va a proteger efectivamente todas las señales de interés en este proyecto y va a proporcionar una atenuación significativa de los modos no deseados del movimiento de la tierra. Los patrones en línea forman un filtro para algunos componentes cross-line y de esparcimiento del ruido, pero no para los componentes con un acimut dentro de +/- 15 grados de una ortogonal a la línea 2D. En este proyecto, cualquier configuración de patrón cross-line será impráctica en la selva.

### ***Programa de Pruebas de Cargas***

Dado que los datos sísmicos existentes en el área del levantamiento 2D tienen gran variabilidad con respecto al tamaño y profundidad de la carga usada, se recomienda realizar pruebas extensivas de configuraciones de fuentes de energía. Se propone que estas pruebas consistan de tres agrupamientos ubicados en tres ambientes geográficos diferentes como se aprecia en la Figura 29 (uno en la Serranía de Baudó –línea ANH-APN-2009-06, otro al Sur de la línea ANH-APN-2009-01 y el otro al Norte de la línea ANH-APN-2009-01 en la intersección con la línea ANH-APN-2009-02). Cada grupo debe probar una variedad de tamaños de cargas y profundidades de pozos y algunos patrones de pozos. Además de los 3 agrupamientos de pruebas de cargas, se recomienda que al lado de esos mismos agrupamientos se registren segmentos de 10 Km. a lo largo de las líneas correspondientes con un intervalo de fuentes más denso (20 m) usando la configuración de fuentes de la producción normal.



**Figura 29 Ubicación de las pruebas de cargas**

La Figura 29 muestra la ubicación de las pruebas de cargas en el levantamiento 2D. Los círculos verdes con centros amarillos indican las posiciones de los 3 agrupamientos de pruebas. El grupo 1 (al Sur de la línea ANH-APN-2009-01) está al lado de las estaciones de producción 11128.50 a la 111439.50 y está ubicado en una zona baja muy húmeda. El grupo 2 (al Oeste de la línea ANH-APN-2009-06) está al lado de las estaciones 10516.50 a la 10527.50 y está ubicado sobre la Serranía de Baudó en donde se espera que la perforación sea más difícil. El grupo 3 (al Norte de la línea ANH-APN-2009-01 en la intersección con la línea ANH-APN-2009-02) está al lado de las estaciones 23633.50 a la 23643.50 y se espera que las condiciones de perforación sean diferentes.

El tendido a usar debe ser simétrico (8990 – 10 – PT – 10 – 8990 m ) y con offsets hasta 9000 metros. Notese que el tendido a usar en el resto del levantamiento puede tener offsets máximos de 6000 metros. Habrá que esperar hasta el reprocesamiento de los datos para definir el tendido de producción normal.

Mustagh prefiere colocar todos los tiros de las pruebas en los agrupamientos a un lado de la línea de producción para minimizar el tráfico del personal de la brigada a través de la configuración densa de los cables de los detonadores y de las estacas de los pozos.

Se recomienda una distancia de 20 metros para la separación entre tiros adentro del agrupamiento, basado en la profundidad de los pozos y los tamaños de las cargas de las pruebas. Esto es consistente con las regulaciones internacionales (en países en donde existen regulaciones) y es consistente con las recomendaciones de la CAGC y las directrices operacionales de la IAGC. Aun más, esto es consistente con las directrices ofrecidas por varias compañías fabricantes de explosivos con quienes Mustagh ha trabajado en pruebas similares en el pasado.

La Figura 30 muestra un pozo somero (3 metros) que fue excavado después de haber detonado una pequeña carga (0.5 Kg) La excavación muestra claramente una zona de “aplastamiento” colapsada de casi un metro de diámetro. La zona de aplastamiento representa el radio inelástico alrededor de la carga. Existe una zona anelástica más grande que también tiene el potencial de causar daño físico, pero esta zona usualmente se sana después de la detonación. El radio anelástico es típicamente 2-3 veces más grande que la zona de aplastamiento, pero desafortunadamente, no existe buena documentación al respecto. Se espera que la zona anelástica no sea esférica, pero tiende a ser más grande en la dimensión horizontal que en la vertical (debido a laminaciones estratigráficas). Tampoco se espera que el radio anelástico aumente linealmente con el tamaño de la carga, mejor dicho con el tamaño de la carga elevado a 0.67.



**Figura 30** Excavación de un pozo detonado (foto cortesía de Geokinetics)

Una ecuación fue propuesta por Edwards y Northwood en Canadá en 1960 (Edwards, A.T., y Northwood, T.D. *Experimental Studies of the Effects of Blasting on Structures*, The Engineer, V210, pp 538-546, Septiembre 30, 1960) que relaciona la distancia segura en metros (D) con el tamaño de la carga en kilogramos (E):

$$D = \frac{E^{2/3}}{0.19}$$

Notese que para una carga de 4 kilogramos esta ecuación predice una distancia segura de 13 metros. Es cierto que el factor 0.19 es escogido con cautela para la protección de estructuras delicadas. Un factor de 0.39 se ha usado en instalaciones grandes de concreto y acero y un factor de 0.58 en estructuras de bajo riesgo. Sin embargo, se van a considerar los detonadores de pozos adyacentes como estructuras delicadas.

Esta prueba de cargas se considera una inversión importante en recursos y horas hombre con un potencial significativo de aprendizaje futuro. El valor de estas pruebas será eliminado si más de una configuración de tiros detona involuntariamente o si los cables de los detonadores de algunos tiros son cortados por detonaciones adyacentes. Las detonaciones simpatéticas también representan un riesgo para los disparadores en proximidad a los tiros.

### ***Descripción de los grupos de pruebas***

Cada grupo de pruebas de cargas va a tener tres repeticiones de 11 configuraciones diferentes de tiros.

Tamaños de cargas de 2.7, 4.5, 6.3, 8.1 y 9.9 Kg. se probarán a una profundidad de 22 m.

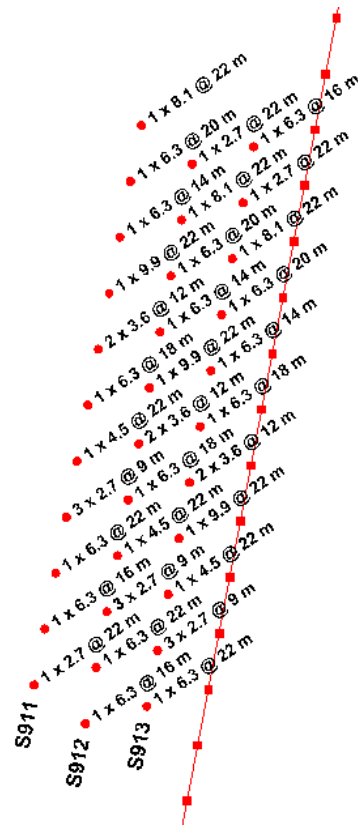
El tamaño de carga de 6.3 Kg. se probará a profundidades de 14, 16, 18, 20 y 22 m.

2 patrones de pozos también se probarán:

2 pozos x 3.6 Kg. por pozo a 12 metros de profundidad (pozos en línea, centrados en la estaca con separación de 6 metros entre pozos) y

3 pozos x 2.7 Kg. por pozo a 9 metros de profundidad (pozos en línea, centrados en la estaca con separación de 4 metros entre pozos)

Las configuraciones de los tiros se distribuirán según la Figura 31. Esta figura es para el grupo 1. El grupo 2 de pruebas usará la misma configuración pero los números de las líneas serán 931, 932 y 933 y el grupo 3 de pruebas usará también la misma configuración y los números de líneas serán 921, 922 y 923. La separación entre los pozos de las pruebas es de 20 metros en línea y la separación entre líneas de pruebas es de 20 metros.



**Figura 31 Grupo 1 de pruebas de cargas**

Se usan tres repeticiones de cada configuración de cargas para obtener un significado desde el punto de vista estadístico de los resultados y para calibrar las variaciones en el acoplamiento de pozo a pozo. Este es un elemento importante para el control de tantas variables como sea posible.

Se ha intentado minimizar la posibilidad de que ocurran detonaciones simpatéticas al colocar cargas más grandes adyacentes a cargas más pequeñas y variando la profundidad de los pozos adyacentes. Se recomienda que los pozos más profundos sean detonados primero. Dada una profundidad, las cargas más pequeñas se deben detonar primero que las más grandes. Las siguientes tablas resumen los números de las estaciones, ubicación, configuración y las estaciones están organizadas según la preferencia de detonación.

Estos tres grupos de pruebas están compuestos por 99 tiros adicionales a la producción normal.

**Test Cluster Line ANH-APN-2009-01 South**

Line label	Station number	Easting	Northing	Elevation	Shot Configuration
911	11129.0	705738.0	1065445.5	98.1	1 x 2.7 @ 22 m
912	11138.5	705793.6	1065628.3	96.2	1 x 2.7 @ 22 m
913	11138.0	705811.4	1065614.7	95.4	1 x 2.7 @ 22 m
911	11133.0	705753.2	1065524.1	94.7	1 x 4.5 @ 22 m
912	11131.5	705767.2	1065490.9	94.0	1 x 4.5 @ 22 m
913	11131.0	705785.0	1065477.2	94.1	1 x 4.5 @ 22 m
911	11131.0	705745.6	1065484.9	96.4	1 x 6.3 @ 22 m
912	11129.5	705759.7	1065451.6	95.6	1 x 6.3 @ 22 m
913	11129.0	705777.5	1065438.0	94.4	1 x 6.3 @ 22 m
911	11139.0	705775.9	1065642.0	96.9	1 x 8.1 @ 22 m
912	11137.5	705789.9	1065608.7	95.1	1 x 8.1 @ 22 m
913	11137.0	705807.7	1065595.1	94.4	1 x 8.1 @ 22 m
911	11136.0	705764.5	1065583.0	94.6	1 x 9.9 @ 22 m
912	11134.5	705778.5	1065549.8	93.7	1 x 9.9 @ 22 m
913	11132.0	705788.8	1065496.9	93.5	1 x 9.9 @ 22 m
911	11138.0	705772.1	1065622.3	95.9	1 x 6.3 @ 20 m
912	11136.5	705786.1	1065589.0	94.0	1 x 6.3 @ 20 m
913	11136.0	705803.9	1065575.5	94.3	1 x 6.3 @ 20 m
911	11134.0	705756.9	1065543.8	94.7	1 x 6.3 @ 18 m
912	11132.5	705771.0	1065510.5	93.4	1 x 6.3 @ 18 m
913	11134.0	705796.4	1065536.1	94.1	1 x 6.3 @ 18 m
911	11130.0	705741.8	1065465.2	97.3	1 x 6.3 @ 16 m
912	11128.5	705755.9	1065431.9	96.4	1 x 6.3 @ 16 m
913	11139.0	705815.2	1065634.4	96.5	1 x 6.3 @ 16 m
911	11137.0	705768.3	1065602.7	94.9	1 x 6.3 @ 14 m
912	11135.5	705782.3	1065569.4	94.0	1 x 6.3 @ 14 m
913	11135.0	705800.1	1065555.8	94.5	1 x 6.3 @ 14 m
911	11135.0	705760.7	1065563.4	94.7	2 x 3.6 @ 12 m
912	11133.5	705774.8	1065530.1	93.4	2 x 3.6 @ 12 m
913	11133.0	705792.6	1065516.6	93.8	2 x 3.6 @ 12 m
911	11132.0	705749.4	1065504.4	95.5	3 x 2.7 @ 9 m
912	11130.5	705763.5	1065471.2	94.8	3 x 2.7 @ 9 m
913	11130.0	705781.3	1065457.6	94.3	3 x 2.7 @ 9 m

**Tabla 10 Grupo 1 de pruebas de cargas**

**Test Cluster Line ANH-APN-2009-06**

Line label	Station number	Easting	Northing	Elevation	Shot Configuration
931	10517.0	658830.8	1191301.4	142.2	1 x 2.7 @ 22 m
932	10526.5	659020.3	1191325.4	134.0	1 x 2.7 @ 22 m
933	10526.0	659015.2	1191303.6	134.2	1 x 2.7 @ 22 m
931	10521.0	658908.7	1191319.7	139.4	1 x 4.5 @ 22 m
932	10519.5	658884.1	1191293.3	143.6	1 x 4.5 @ 22 m
933	10519.0	658878.9	1191271.5	147.6	1 x 4.5 @ 22 m
931	10519.0	658869.8	1191310.6	140.4	1 x 6.3 @ 22 m
932	10517.5	658845.2	1191284.1	145.3	1 x 6.3 @ 22 m
933	10517.0	658840.0	1191262.3	148.6	1 x 6.3 @ 22 m
931	10527.0	659025.5	1191347.2	133.5	1 x 8.1 @ 22 m
932	10525.5	659000.9	1191320.9	133.8	1 x 8.1 @ 22 m
933	10525.0	658995.7	1191299.0	136.7	1 x 8.1 @ 22 m
931	10524.0	658967.1	1191333.5	134.8	1 x 9.9 @ 22 m
932	10522.5	658942.5	1191307.1	138.6	1 x 9.9 @ 22 m
933	10520.0	658898.4	1191276.1	146.8	1 x 9.9 @ 22 m
931	10526.0	659006.0	1191342.6	133.4	1 x 6.3 @ 20 m
932	10524.5	658981.4	1191316.2	134.8	1 x 6.3 @ 20 m
933	10524.0	658976.3	1191294.4	138.9	1 x 6.3 @ 20 m
931	10522.0	658928.2	1191324.3	137.9	1 x 6.3 @ 18 m
932	10520.5	658903.5	1191297.9	142.7	1 x 6.3 @ 18 m
933	10522.0	658937.3	1191285.2	143.2	1 x 6.3 @ 18 m
931	10518.0	658850.3	1191306.0	141.3	1 x 6.3 @ 16 m
932	10516.5	658825.7	1191279.5	145.5	1 x 6.3 @ 16 m
933	10527.0	659034.7	1191308.2	134.4	1 x 6.3 @ 16 m
931	10525.0	658986.6	1191338.1	133.8	1 x 6.3 @ 14 m
932	10523.5	658961.9	1191311.6	136.5	1 x 6.3 @ 14 m
933	10523.0	658956.8	1191289.8	141.0	1 x 6.3 @ 14 m
931	10523.0	658947.6	1191328.9	136.3	2 x 3.6 @ 12 m
932	10521.5	658923.0	1191302.5	140.8	2 x 3.6 @ 12 m
933	10521.0	658917.9	1191280.7	145.2	2 x 3.6 @ 12 m
931	10520.0	658889.2	1191315.2	140.1	3 x 2.7 @ 9 m
932	10518.5	658864.6	1191288.7	144.5	3 x 2.7 @ 9 m
933	10518.0	658859.5	1191266.9	148.5	3 x 2.7 @ 9 m

**Tabla 11 Grupo 2 de pruebas de cargas**

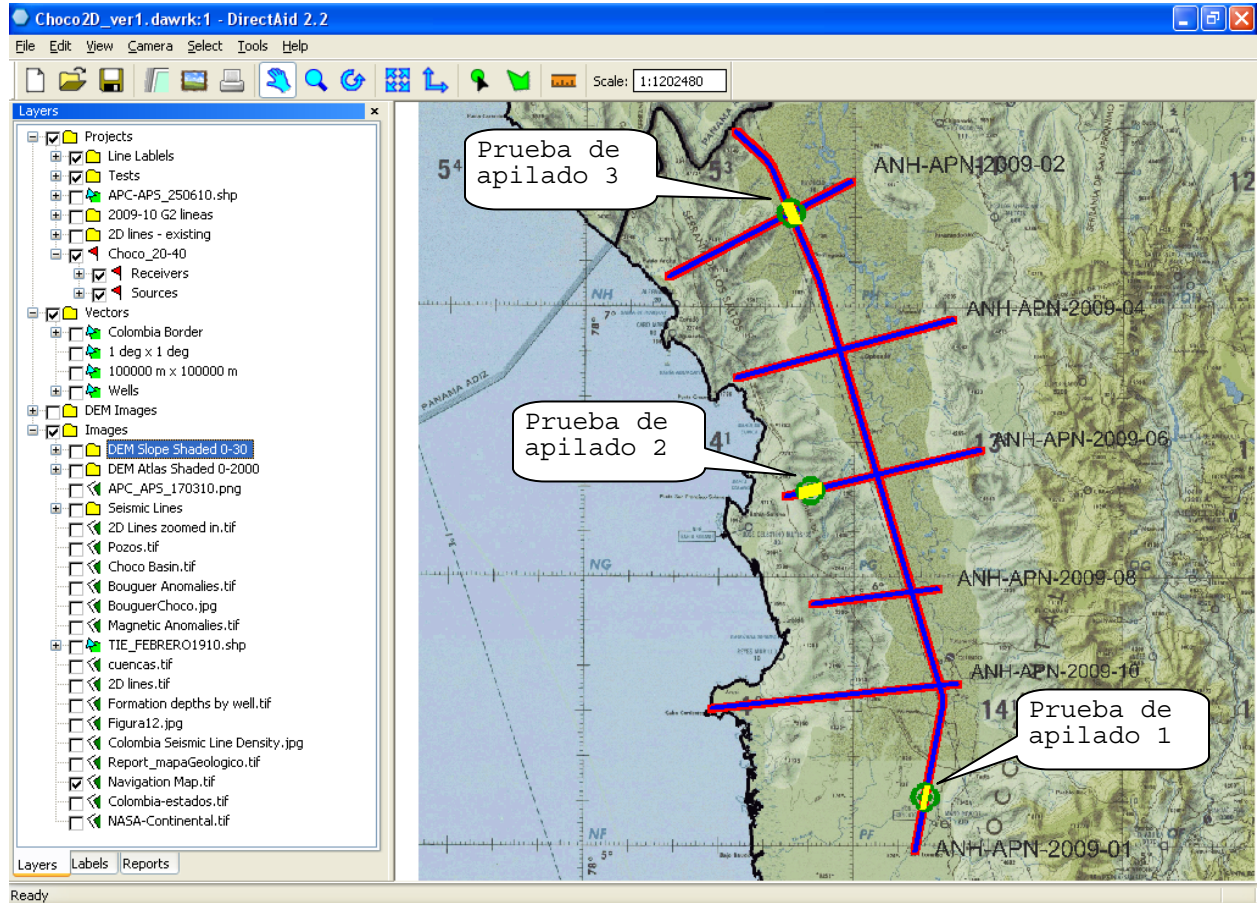
**Test Cluster Line ANH-APN-2009-01 North**

Line label	Station number	Easting	Northing	Elevation	Shot Configuration
921	23633.0	651264.6	1305234.8	10.6	1 x 2.7 @ 22 m
922	23642.5	651209.7	1305417.8	11.0	1 x 2.7 @ 22 m
923	23642.0	651232.0	1305416.3	11.0	1 x 2.7 @ 22 m
921	23637.0	651233.7	1305308.6	10.9	1 x 4.5 @ 22 m
922	23635.5	651263.8	1305288.7	10.5	1 x 4.5 @ 22 m
923	23635.0	651286.2	1305287.2	10.7	1 x 4.5 @ 22 m
921	23635.0	651249.1	1305271.7	10.2	1 x 6.3 @ 22 m
922	23633.5	651279.3	1305251.9	10.4	1 x 6.3 @ 22 m
923	23633.0	651301.6	1305250.3	10.7	1 x 6.3 @ 22 m
921	23643.0	651187.3	1305419.3	11.0	1 x 8.1 @ 22 m
922	23641.5	651217.4	1305399.4	11.0	1 x 8.1 @ 22 m
923	23641.0	651239.8	1305397.9	11.0	1 x 8.1 @ 22 m
921	23640.0	651210.5	1305364.0	11.5	1 x 9.9 @ 22 m
922	23638.5	651240.6	1305344.0	11.2	1 x 9.9 @ 22 m
923	23636.0	651278.4	1305305.7	10.9	1 x 9.9 @ 22 m
921	23642.0	651195.0	1305400.8	11.1	1 x 6.3 @ 20 m
922	23640.5	651225.1	1305380.9	11.0	1 x 6.3 @ 20 m
923	23640.0	651247.5	1305379.5	11.0	1 x 6.3 @ 20 m
921	23638.0	651225.9	1305327.1	11.3	1 x 6.3 @ 18 m
922	23636.5	651256.1	1305307.1	10.6	1 x 6.3 @ 18 m
923	23638.0	651263.0	1305342.5	10.9	1 x 6.3 @ 18 m
921	23634.0	651256.8	1305253.3	10.1	1 x 6.3 @ 16 m
922	23632.5	651287.0	1305233.4	10.9	1 x 6.3 @ 16 m
923	23643.0	651224.3	1305434.8	11.0	1 x 6.3 @ 16 m
921	23641.0	651202.7	1305382.4	11.3	1 x 6.3 @ 14 m
922	23639.5	651232.9	1305362.4	11.1	1 x 6.3 @ 14 m
923	23639.0	651255.2	1305361.0	10.9	1 x 6.3 @ 14 m
921	23639.0	651218.2	1305345.5	11.7	2 x 3.6 @ 12 m
922	23637.5	651248.3	1305325.6	10.8	2 x 3.6 @ 12 m
923	23637.0	651270.7	1305324.2	11.0	2 x 3.6 @ 12 m
921	23636.0	651241.4	1305290.1	10.6	3 x 2.7 @ 9 m
922	23634.5	651271.6	1305270.3	10.4	3 x 2.7 @ 9 m
923	23634.0	651293.9	1305268.8	10.6	3 x 2.7 @ 9 m

**Tabla 12 Grupo 3 de pruebas de cargas**

### ***Pruebas de apilados de diferentes configuraciones de cargas***

La Figura 32 muestra un total de 20 Km de la línea ANH-APN-2009-01 resaltados en amarillo, al igual que 10 Km de la línea ANH-APN-2009-06 del mismo color. La prueba de apilado 1 va desde la estación 10883.50 a la 11383.50 al Sur de la línea ANH-APN-2009-01. La prueba de apilado 2 se extiende desde la estación 10271.50 a la 10771.50 al Oeste de la línea ANH-APN-2009-06. La prueba de apilado 3 va desde la estación 23387.50 a la 28887.50 al Norte de la línea ANH-APN-2009-01. Sobre estas porciones de las líneas, 2 configuraciones de cargas adicionales se registrarán cada 60 metros. La intención es el comparar 3 configuraciones de cargas diferentes en datos apilados utilizando datos con intervalos de fuentes de 60 metros.



**Figura 32 Pruebas de apilado A-B-C**

Esta prueba se llama “Prueba de Apilado A-B-C”. Estos segmentos mencionados de las líneas se procesarán primeramente usando sólo los tiros tipos “A” (la configuración de producción 1 x 6.3 Kg @ 16 m), luego se vuelve a procesar usando solamente los tiros tipo “B” (1 x 9.9 Kg @ 22 m) y el tercer apilado estará formado por la tercera configuración de tiros “C” (2 x 3.6 Kg @ 12 m con los pozos en línea centrados en la estaca con una separación de 6 metros). En cada apilado se deben incluir sólo las fuentes en donde los tres tiros se hayan detonado exitosamente. Las receptoras registradas en cada tiro procesado deben ser las mismas, de modo tal que si hay trazas muertas o editadas en algunos tiros, las mismas trazas se deben cancelar o editar para cada una de las tres configuraciones de las fuentes.

La Figura 33 muestra un detalle de la prueba de apilado A-B-C 1 al Sur de la línea ANH-APN-2009-01. Las configuraciones “A”, “B” y “C” están separadas por 20 metros y este patrón de tiros A-B-C se va a repetir sobre los 10 Km de cada prueba de apilado señalada.

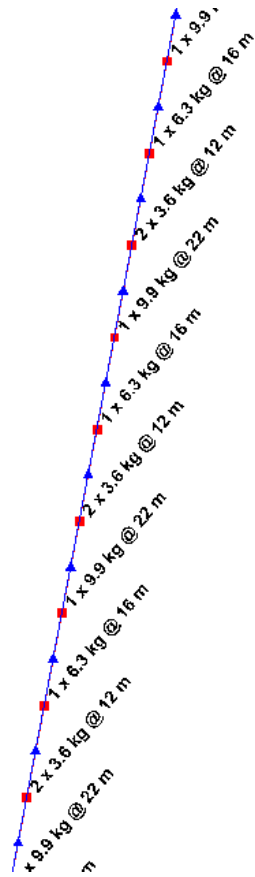


Figura 33 Programa A-B-C

Esta porción de las pruebas de apilado va a requerir 500 tiros de la configuración “A”, 500 de la “B” y 500 de la “C” para un total de 1500 tiros.

***Pruebas de decimación de los intervalos de las fuentes***

La Figura 32 muestra en amarillo las áreas con mayor densidad de fuentes para las pruebas de apilado y de decimación. Sobre esta porción de las líneas el intervalo de las fuentes cambia a 20 metros. Existen tres configuraciones de fuentes diferentes: “A” (1 x 6.3 Kg @ 16 m), “B” (1 x 9.9 Kg @ 22 m) y “C” (2 x 3.6 Kg @ 12 m). Estos segmentos de las líneas se usarán para pruebas de decimación para comparar la calidad de los datos apilados y migrados usando intervalos de las fuentes de 20, 40 y 60 metros. Se recomienda que para cada decimación el procesamiento sea realizado por diferentes procesadores, empezando desde cero con los datos decimados. Esto quiere decir que las soluciones de las estáticas de refracción, análisis de velocidades, etc. no se deben beneficiar de los resultados obtenidos en las líneas completas.

### ***Procesamiento de las pruebas y evaluación***

Los tiros de los grupos de cargas se deben incluir en la geometría, recuperaciones de ganancias, deconvoluciones consistentes con la superficie, análisis de velocidades, NMO y correcciones estáticas. Sin embargo, todos los tiros de los grupos se deben excluir antes del apilado. De esta manera, el apilado de la producción normal debe tener la misma calidad de las otras líneas del programa.

Todos los tiros sobre las líneas ANH-APN-2009-01 y ANH-APN-2009-06 se deben procesar juntos a través de la geometría, recuperaciones de ganancias, deconvoluciones consistentes con la superficie, análisis de velocidades, NMO y correcciones estáticas. Nótese que habrá áreas con un intervalo de fuentes de 20 metros y otras con un intervalo de 40 metros.

Para las pruebas de decimación, de las estaciones 10883.50 a la 11383.50 al Sur de la línea ANH-APN-2009-01 se generará un apilado con un intervalo de fuentes de 20 metros que estará formado por tiros con las configuraciones “A” (1 x 6.3 Kg @ 16 m), “B” (1 x 9.9 Kg @ 22 m) y “C” (2 x 3.6 Kg @ 12 m). Luego se separará cada segunda fuente (independientemente de la configuración) y se generará otro apilado con un intervalo de fuentes de 40 metros y 2/3 del fold. Finalmente, se dejarán sólo las terceras fuentes (ahora las fuentes a incluir en el apilado tendrán la misma configuración) y se formará un apilado con un intervalo de fuentes de 60 metros y 1/3 del fold. Este último procedimiento se realizará tres veces para formar tres apilados incluyendo sólo la configuración “A”, sólo la “B” y sólo la “C” respectivamente. Este es el procedimiento rápido para realizar las pruebas de decimación y se ha de conducir en las tres áreas de pruebas.

Un método más correcto, pero más lento de ejecutar las pruebas de decimación será el de formar los intervalos de las fuentes de 20, 40 y 60 metros de los datos crudos. Luego se le asigna cada grupo de datos a un procesador diferente (pero usando el mismo software y herramientas). Este método proporcionará una representación más precisa del éxito del registro de intervalos de fuentes más grandes incluyendo los efectos de las soluciones de la capa de baja velocidad, soluciones de estáticas de longitudes de ondas largas, análisis de velocidades, etc. Esta herramienta es muy útil en áreas en donde los datos son de mala calidad.

Los tiros con configuraciones “A”, “B” y “C” se deben copiar a un proyecto diferente. Si cualquier tiro se pierde, entonces todos los tiros (A, B y C) para ese tiro perdido se deben excluir. Si cualquier edición u omisión de receptoras ocurren en cualquier registro, entonces las mismas ediciones u omisiones se deben aplicar a los tres registros para ese tiro. Luego, cada tipo de tiro se debe apilar separadamente para formar tres secciones apiladas, las cuales son idénticas en geometría pero difieren solamente en la configuración de las fuentes (y por supuesto en las variaciones del acoplamiento de tiro a tiro). La comparación de estos tres apilados parciales debe indicar si una mejoría consistente y significativa en la calidad de los datos se puede obtener al usar cualquiera de las configuraciones de tiros usadas.

Todos los tiros de los grupos de cargas se deben grabar como registros de campo crudos con sólo la geometría agregada a los headers (sin ganancia, sin deconvolución, sin NMO y sin estáticas). Todos los tiros también deben ser grabados como gathers de fuentes procesados con todo el procesamiento justo antes del apilado (geometría, ganancias, deconvolución, NMO, estáticas). Las versiones crudas y procesadas de las pruebas se deben evaluar, pero se debe hacer énfasis en los resultados después del procesamiento. Cuando se miran datos crudos, la preocupación principal debe ser los modos de ruido generados. Cuando se miran los datos procesados, la preocupación principal será la claridad de la señal, recuperación de frecuencias, y la estabilidad de la ondícula. Para la evaluación de los datos procesados se deben usar paneles de filtros.

Cada configuración de cargas se repite tres veces por grupo. Las pruebas para cada repetición se deben comparar y ordenar en las categorías de buena, regular y mala calidad. Esto es una indicación de las variaciones del acoplamiento de tiro a tiro y de las variaciones de las condiciones del pozo. Las comparaciones entre configuraciones de cargas se deben hacer usando solamente los “buenos” de cada prueba, o sólo los “regular” o sólo los “malos”.

La preparación, registro, procesamiento y evaluación de este programa de pruebas proporcionará una comprensión exhaustiva de las siguientes variables:

- Disponibilidad de offsets lejanos para la optimización de diseños 3D
- Comparación de intervalos de fuentes de 20, 40 y 60 metros usando datos apilados.
- Comparación de tres configuraciones de fuentes usando datos apilados
- Comparación de cinco cargas diferentes, cinco profundidades diferentes y dos patrones de fuentes usando registros crudos y procesados.
- Comparación de la calidad de los datos y problemas operacionales de perforación en áreas bajas y mojadas versus terrenos más altos, secos con rocas más duras.

Las pruebas de grupos de cargas representan 99 tiros extras a perforar y las pruebas de Apilado A-B-C / Decimación representan 750 tiros extras. En total se van a perforar 849 tiros extra. El tiempo de registro no se va a ver afectado significativamente porque va a estar limitado más por el movimiento de las receptoras que por el intervalo de las fuentes. Sin embargo, la preparación para el disparo de las pruebas de grupo requerirá atención especial y entre 3 a 4 horas de pruebas por grupo.

Se piensa que los parámetros de producción propuestos se pueden usar para continuar preparando y registrando el programa mientras se procesan y evalúan los resultados de las pruebas. Tenemos confianza que los parámetros propuestos proporcionarán datos aceptables. Si una mejoría sustancial se puede obtener usando parámetros modificados, se espera que los resultados de las pruebas estén disponibles para tomar la decisión después de haber completado la primera línea. El resto del programa se puede modificar si existe justificación después de evaluar los resultados de las pruebas. Notese que un cambio significativo en el tamaño de la carga puede que no sea posible puesto que la dinamita tiene que ser pre-ordenada.

### ***Resumen***

Una vez aprobado este programa y parámetros, este documento se debe circular entre las partes interesadas. Se espera que haya ajustes menores a las posiciones actuales de las líneas y extremos de las mismas.

Se adjunta con este reporte los archivos SegP1 de las líneas 2D así como también de las estaciones en las pruebas de cargas.