

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REGISTRO SÍSMICO OFFSHORE “3D” ÁREAS CAN 100, CAN 108 Y CAN 114, ARGENTINA

CAPÍTULO 4 - DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

ÍNDICE

1	UBICACIÓN DEL PROYECTO	3
2	MEMORIA DESCRIPTIVA	6
2.1	TECNOLOGÍA DE LA SÍSMICA	6
2.2	EQUIPAMIENTO REQUERIDO	9
2.3	BUQUE SÍSMICO Y EMBARCACIONES DE APOYO	10
2.4	CARACTERÍSTICAS DEL RELEVAMIENTO	14
2.5	MOVILIZACIÓN Y LOGÍSTICA	16
2.6	PERSONAL	16
2.7	CONDICIONES Y MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO	17
2.8	EFLUENTES, RESIDUOS, EMISIONES	17
2.8.1	Efluentes	17
2.8.2	Residuos	17
2.8.3	Emisiones gaseosas	18
2.9	RUIDOS	21
2.9.1	Emisión sonora aérea	21
2.9.2	Emisión sonora submarina por las fuentes de energía de aire comprimido de un buque sísmico	22
2.9.3	Emisión sonora submarina por las fuentes de energía de aire comprimido del buque sísmico a ser utilizado – Alternativa de Arreglo Concentrado típico	28
2.9.4	Emisión sonora submarina por las fuentes de energía de aire comprimido del buque sísmico a ser utilizado – Alternativa de Arreglo Extendido típico	34
2.10	PREPARACIÓN ANTE CONTINGENCIAS	42
2.10.1	Procedimiento general	42
2.10.2	Equipamiento de seguridad	43
3	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	43



4 BIBLIOGRAFÍA

45



CAPÍTULO 4 – DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este capítulo describe los aspectos claves del proyecto. El propósito principal del mismo es proveer la información suficiente sobre el proyecto que luego sirva de insumo para la descripción y la caracterización del ambiente receptor, así como también para la evaluación ambiental que se lleva a cabo posteriormente.

1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto implica un Registro Sísmico 3D costa afuera de la República Argentina, más específicamente en las Áreas CAN 100, CAN 108 y CAN 114, ubicadas en la Cuenca Argentina Norte de la Plataforma Continental Argentina.

La adquisición abarcará unos 6.245,98 km² de sísmica para las Áreas CAN 100 y CAN 108 en conjunto, las que se ubican a más de 300 km costa afuera de la localidad costera más cercana, Mar del Plata, en la provincia de Buenos Aires. Por su parte, la superficie que se planea explorar en el Área CAN 114 comprende 3.443,12 km² aproximadamente, y se ubica a más de 400 km de la localidad de Necochea, en la Provincia de Buenos Aires. El área de adquisición de datos sísmicos CAN 100-108 se encuentra a 162 km, en línea recta, del área de adquisición CAN 114.

En la siguiente figura se observan las áreas de adquisición de datos sísmicos en estudio, y su distancia a la costa argentina.

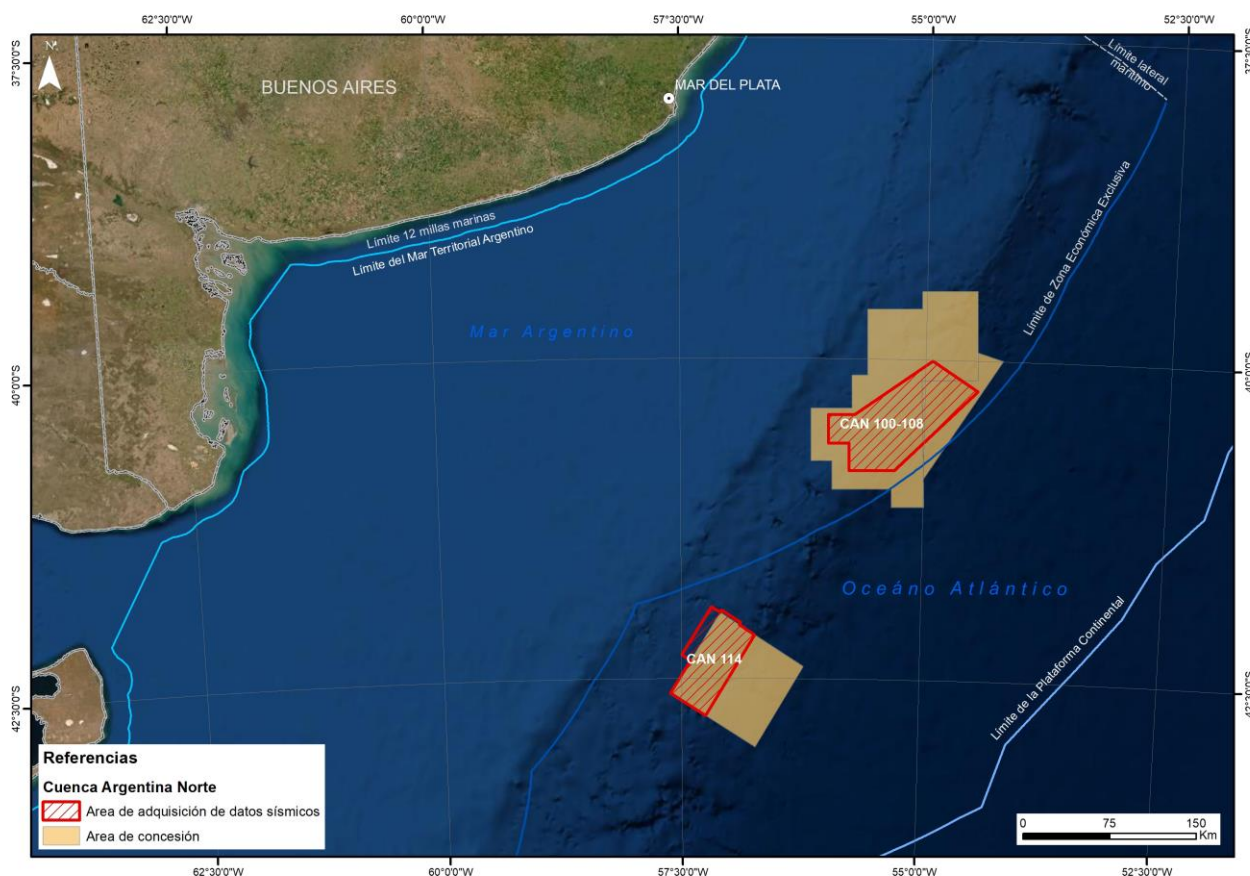


Figura 1. Ubicación de las Áreas de Exploración CAN 100, CAN 108 y CAN 114.

A continuación, se exhibe un mapa por cada área donde se planea realizar la exploración.



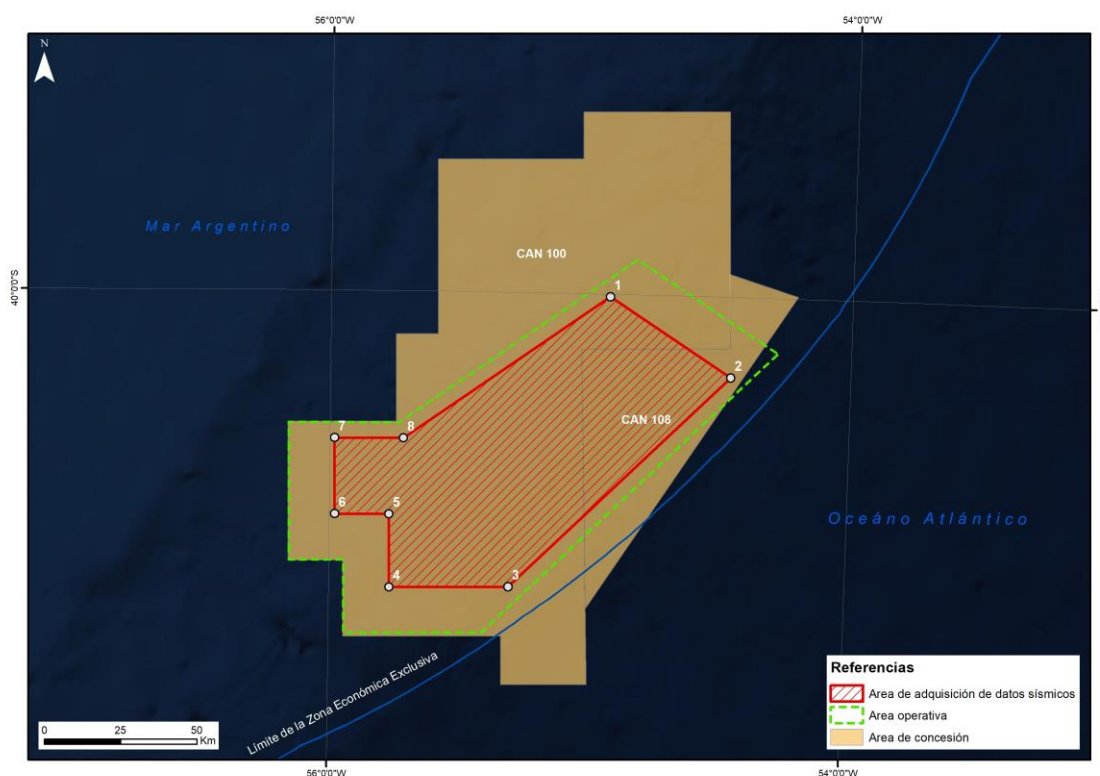


Figura 2. Vista en detalle del Área de Exploración CAN 100 y CAN 108.

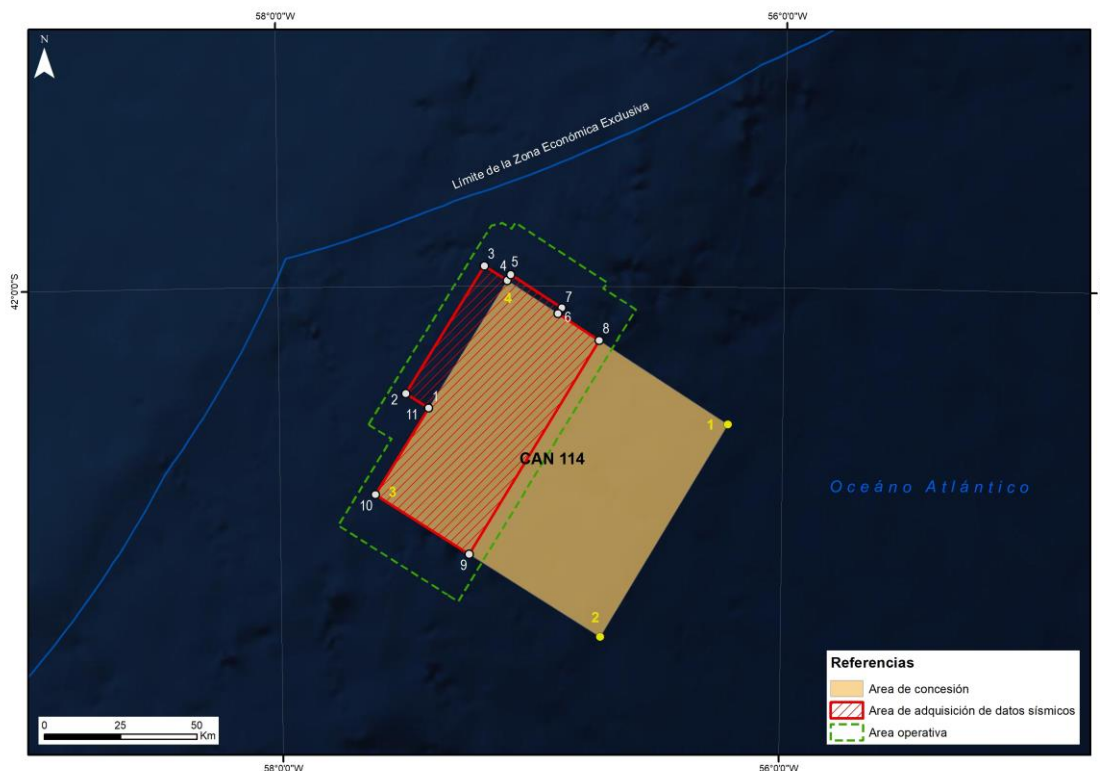


Figura 3. Vista en detalle del Área de Exploración CAN 114.

A continuación se detallan las coordenadas que definen las Áreas de Concesión (Tabla 1) y las Áreas de Adquisición de datos sísmicos (Tabla 2):

Tabla 1. Coordenadas de las Áreas de concesión

Área	Esquinero	Áreas de concesión*	
		World Geodetic System 1984	
		Latitud	Longitud
CAN 100 Superficie aprox. 15.012,52 km ²	1	-39,4653	-55,0484
	2	-39,4534	-54,4904
	3	-40,1526	-54,4648
	4	-40,1637	-55,0375
	5	-41,1513	-54,9905
	6	-41,1563	-55,3249
	7	-41,0139	-55,3285
	8	-41,0209	-55,9421
	9	-40,7970	-55,9456
	10	-40,7987	-56,1575
	11	-40,3890	-56,1626
	12	-40,3852	-55,7449
	13	-40,1279	-55,7497
	14	-40,1260	-55,5883
	15	-39,6115	-55,5988
	16	-39,6035	-55,0445
CAN 108 Superficie aprox. 2882,22 km ²	1	-39,9940	-54,2111
	2	-40,9272	-55,0011
	3	-40,1637	-55,0375
	4	-40,1526	-54,4648
	5	-39,9314	-54,4777
CAN 114 Superficie aprox. 7079,29 km ²	1	-42,4048	-56,2186
	2	-43,0338	-56,7228
	3	-42,6125	-57,6217
	4	-41,9828	-57,0949

*Las coordenadas exactas y área serán ratificadas en el proceso de mensura del bloque.



Tabla 2. Coordenadas de las Áreas de adquisición de datos sísmicos

Área	Esquinero	Áreas de adquisición de datos sísmicos	
		World Geodetic System 1984	
		Latitud	Longitud
CAN 100 y CAN 108	1	-40,2369	-54,4626
	2	-40,8670	-55,3033
	3	-40,8739	-55,7645
	4	-40,6585	-55,7693
	5	-40,6600	-55,9787
	6	-40,4358	-55,9826
	7	-40,4343	-55,7173
	8	-40,0077	-54,9314
CAN 114	1	-42,358526	-57,407713
	2	-42,314952	-57,497793
	3	-41,939576	-57,184723
	4	-41,982785	-57,094858
	5	-41,965735	-57,080388
	6	-42,064030	-56,878549
	7	-42,080943	-56,893342
	8	-42,159382	-56,731330
	9	-42,789179	-57,248111
	10	-42,612514	-57,621748
	11	-42,358526	-57,407713

2 MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1 TECNOLOGÍA DE LA SÍSMICA

El objetivo de este punto es definir aquellos aspectos de la técnica que puedan generar interacciones con el medio que potencialmente deriven en impactos ambientales.

Para la registración sísmica acuática se utilizan fuentes de energía de aire comprimido como origen de generación de energía, los cuales son remolcados por embarcaciones a lo largo de las líneas de prospección proyectadas.

A continuación, se analizan los aspectos más significativos relativos a la tecnología que pudieran generar impactos sobre el medio, en función de la caracterización de los factores ambientales más críticos de área de estudio.

El método sísmico a emplear en el medio acuático consiste en el estudio de la trayectoria de ondas compresionales, denominadas ondas P, las que al propagarse al interior de la tierra y al encontrar cambios en las propiedades físicas (distintos estratos geológicos, gas, petróleo, etc.) se refractan y reflejan hacia la superficie donde son captadas por sensores eléctricos. Dichas ondas son medidas por el tiempo en que tardan en llegar a la superficie, de lo que se infiere su posición en profundidad y su geometría. El producto final luego de ser amplificadas, filtradas, digitalizadas, y registradas es una "imagen" del subsuelo en 3 dimensiones.

Estas ondas compresionales se transmiten cuando las partículas del medio se desplazan en la dirección de propagación, produciendo compresiones y dilataciones en el medio. Funciona como un resorte (ver figura siguiente), que al ser comprimido en un extremo (a) y luego soltado, se extiende (en la dirección indicada por la flecha pequeña), comprimiendo al material que está junto a él (b). Esa compresión y la dilatación (extensión) correspondiente viajan en la dirección indicada por las flechas gruesas, que es la misma (aunque puede variar el sentido) del desplazamiento de las partículas.



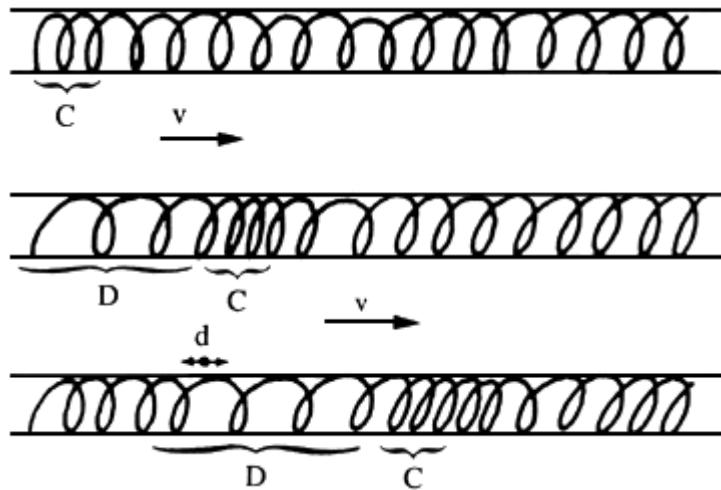


Figura 4. Onda compresional propagándose a lo largo de un resorte con velocidad V.

Ref.: C indica compresión y D indica dilatación. El desplazamiento de las partículas del resorte se produce en las direcciones indicadas por d.

Ésta es la más veloz de todas las ondas sísmicas (más de 5 Km/s en las rocas graníticas cercanas a la superficie, alcanzando más de 11 Km/s en el interior de la Tierra) y, por lo tanto, es la primera en llegar a cualquier punto, en ser sentida y en ser registrada en los sismogramas. Por ello ha sido llamada onda Primera o Primaria y de allí el nombre de P (en inglés se asocia también con *push* que significa empujón o empujar).

Durante la adquisición sísmica se generan ondas de presión acústica que penetran las capas interiores de la tierra.

Estos son pulsos acústicos de muy corta duración, de algunos milésimos de segundo y nunca en la misma posición: se desplazan con la navegación.

La emisión de energía se desplaza cada 25 metros, aproximadamente cada 10 segundos (vel. barco 5 nudos).

En este proyecto serán utilizadas fuentes de energía de aire comprimido, el cual consiste en un equipo que descarga aire a presión en el agua. Está conformado por una cámara de metal hueca que contiene aire comprimido, generado por compresores a bordo del buque sísmico, y forzado desde el mismo a la fuente a través de un tubo hueco flexible. Al disparar, el aire a alta presión sale rápidamente al agua produciendo una burbuja. Para optimizar las características de frecuencia y amplitud de la señal emitida por la fuente y para minimizar otros efectos que oscurecen la señal, se emplean dos o más fuentes de energía de aire comprimido con diferentes volúmenes.



CRISTINA GOYENECHEA
Directora Área Ambiente
SERMAN & ASOCIADOS S.A.

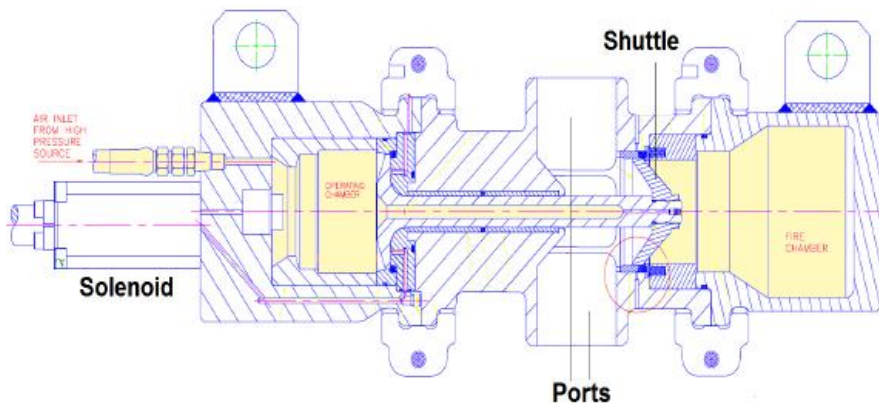


Figura 5. Esquema típico de una fuente de energía de aire comprimido.

La recepción de las señales sísmicas se realiza con un sistema de arrastre denominado *streamers*.

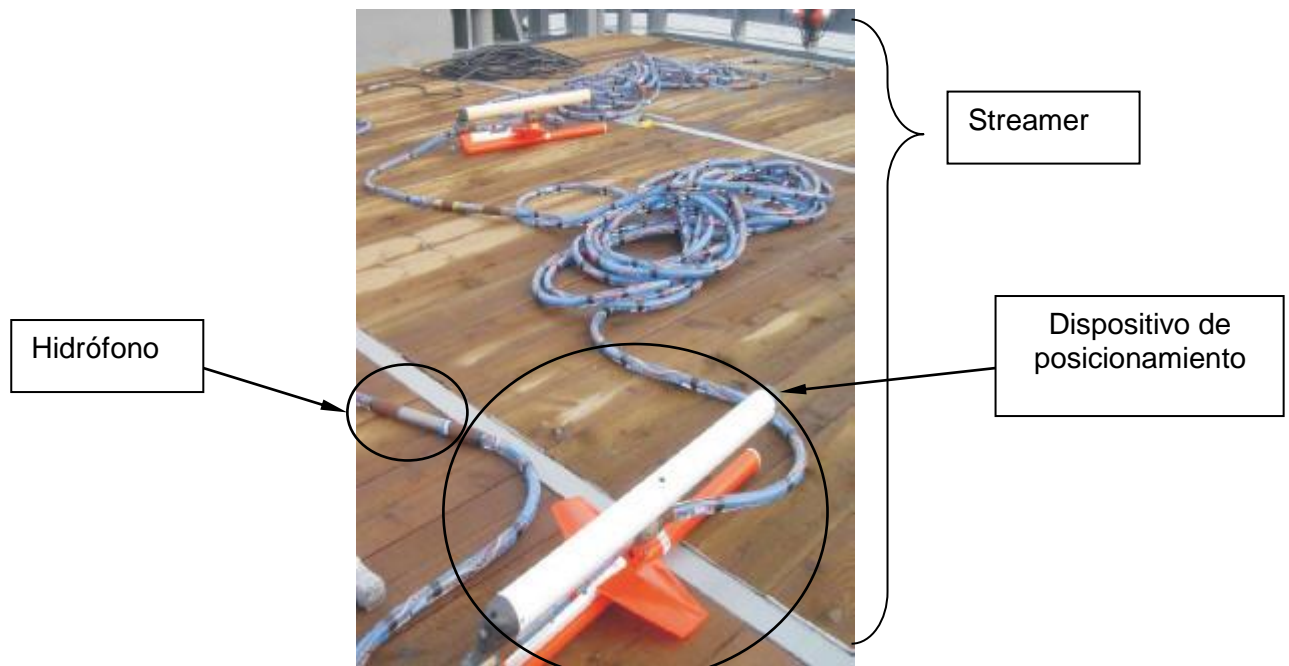


Figura 6. Streamer.

La adquisición de la información sísmica se obtiene a lo largo de líneas que conforman una grilla de registración 3D.

La recepción de las señales sísmicas de este tipo se efectúa mediante la utilización de hidrófonos. Estos se encuentran ubicados dentro de los *streamers*, los cuales se conforman de tramos de cable sólido. Los *streamers* poseen una flotabilidad neutra y cuentan con dispositivos para regular su orientación y profundidad, factores que son monitoreados con sensores especiales emplazados entre los grupos de hidrófonos, de manera que su posición espacial sea conocida en todo momento.



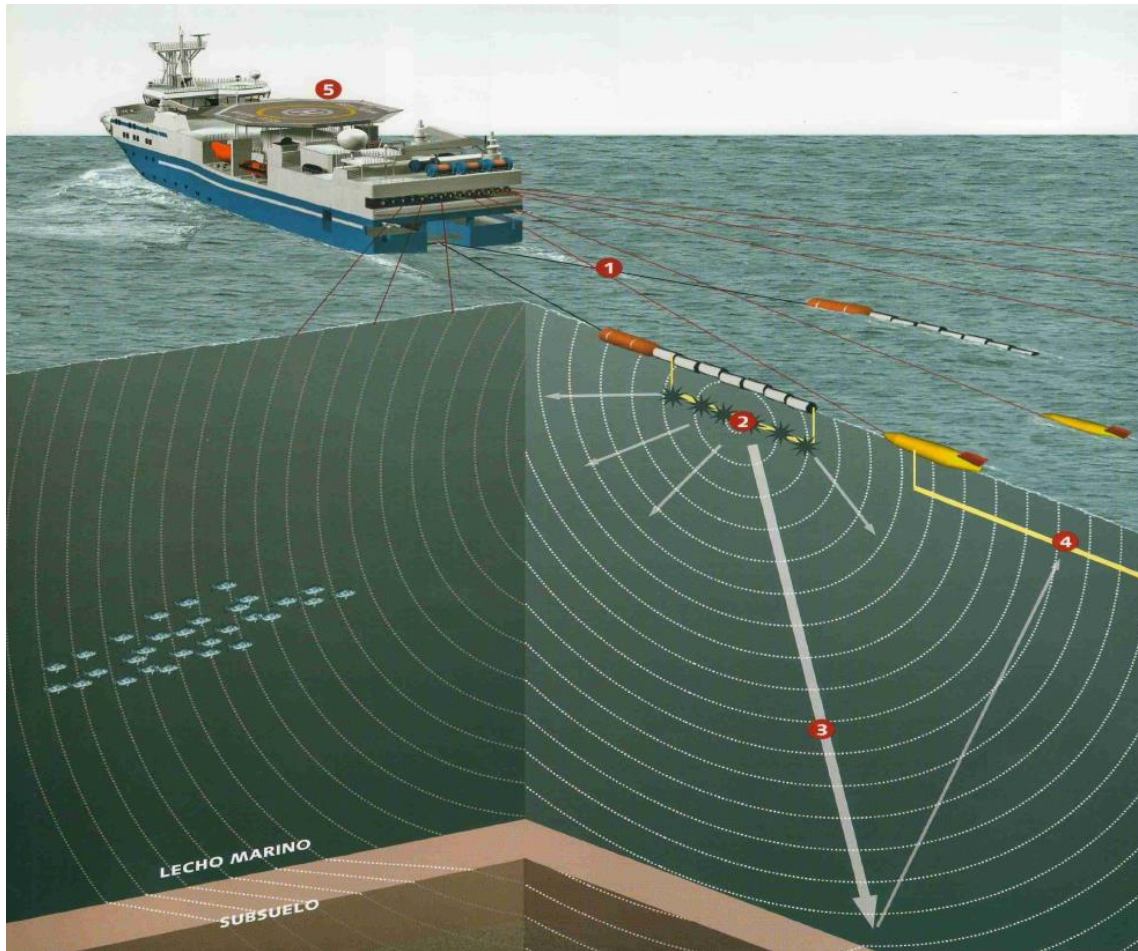


Figura 7. Esquema de una prospección sísmica 3D.

Referencias: 1- Despliegue de fuentes de energía de aire comprimido y streamers, 2- Generación de onda de presión, 3- Transmisión de energía, 4- Registro de ondas reflejadas con hidrófonos, 5- Digitalización de datos en buque.

2.2 EQUIPAMIENTO REQUERIDO

A continuación, se presenta las especificaciones para la realización de la sísmica con registración por medio de Streamers. No se emplearán detectores de fondo que utilicen tecnologías tipo OBN (Ocean Bottom Nodes) u OBC (Ocean Bottom Cables).

Al momento de elaboración del presente estudio, existen dos posibles alternativas de equipamiento para la fuente de emisión del sonido:

- Un arreglo de tipo concentrado, compuesto por 3 subarreglos separados 8 metros entre sí, ocupando una superficie de 16 metros de ancho por 16,5 metros de longitud (264 m^2), y con un volumen total igual a 4.030 pulgadas cúbicas (cu.in).
- Un arreglo de tipo extendido, compuesto por 6 subarreglos, cada uno con 1,6 m de ancho por 5,6 m de longitud y con un volumen parcial de 900 cu.in., separados entre sí 31,25 metros, ocupando una superficie de casi 158 metros de ancho por 5,6 metros de longitud (885 m^2), y con un volumen total igual a 5.400 pulgadas cúbicas (cu.in).

Esta información podrá variar levemente dependiendo del Contratista Geofísico que se defina.



CRISTINA GOYENECHEA
Directora Área Ambiente
SERMAN & ASOCIADOS S.A.

Como se verá en el punto 2.9.4, si bien el arreglo extendido (b) tiene un volumen superior al concentrado (a) en un 34%, debido a que la concentración areal (por unidad de superficie) del sonido en la fuente es inferior para el arreglo extendido, y a la menor presión en cada fuente, la intensidad de emisión sonora del arreglo extendido es solo ligeramente superior a la del arreglo concentrado.

En el presente estudio se presenta la descripción de ambos arreglos, y dada la escasa diferencia en la emisión sonora entre ambos, en el Capítulo 6 se analizará la propagación del ruido considerando el arreglo extendido, por ser ligeramente más conservativo.

Tabla 3. Condiciones del equipamiento.

Cantidad de Streamers	10	
Longitud de los <i>Streamers</i>	8.000	metros (streamer sólido)
Intervalo entre receptores	150	Metros
Offset Traza cercana	150	Metros
Profundidad del Streamer	Entre 12 y 18	Metros
Alternativa Arreglo de tipo Concentrado		
Cantidad de Fuentes	25	
Presión de trabajo de la Fuente	2.000	Psi
Volumen total de la Fuente	4.030	cu.in
Intervalo entre puntos de tiro	15	Metros
Fuentes de Energía: pico a pico	144,2	bar.metro
Profundidad de las Fuentes	7	metros
Relación Primario a Burbuja	20,1	Espectro plano +/-6Db entre 10 y 80 Hz
Alternativa Arreglo de tipo Extendido		
Cantidad de Fuentes	36	
Presión de trabajo de la Fuente	1.800	Psi
Volumen total de la Fuente	5.400	cu.in
Intervalo entre puntos de tiro	8,4	Metros
Fuentes de Energía: pico a pico	145,6	bar.metro
Profundidad de las Fuentes	6	metros
Relación Primario a Burbuja	10,7	Espectro plano +/-6Db entre 10 y 90 Hz

De acuerdo con las “*Guidelines for minimising the risk of injury to marine mammals from geophysical surveys*” del United Kingdom Joint Nature Conservation Committee (JNCC, 2017), la contratista utilizará el procedimiento de “*Soft Start*” (arranque progresivo de fuentes de energía de aire comprimido) al inicio de cada línea y luego de haberse detenido por cualquier motivo por más de 10 minutos. Este procedimiento permite un progresivo incremento de los niveles de sonido generados por las fuentes de energía de aire comprimido hasta alcanzar el nivel operacional antes del relevamiento, durante un período de 20 minutos, para brindar un tiempo adecuado a los mamíferos marinos para que abandonen el área antes de ser expuestos a niveles peligrosamente altos de ruido.

2.3 BUQUE SÍSMICO Y EMBARCACIONES DE APOYO

Para la adquisición se prevé la utilización de un buque sísmico. Cada buque sísmico irá acompañado por dos embarcaciones de apoyo, cuyas misiones son garantizarle al buque sísmico (y su arreglo), una navegación segura, sin interferencias con otras embarcaciones, abastecerlo de combustible y remolcar el buque sísmico ante cualquier emergencia en su sistema de propulsión.

Ambos buques de apoyo son también muy específicos y especiales por su diseño.

Respecto de las características de los buques, se aclara que los mismos aún no están definidos. De todas formas, en base a la oferta de buques y la experiencia en este tipo de relevamientos, se presentan a continuación ejemplos de buques que podrán ser utilizados y sus principales características, con el objetivo de caracterizar este tipo de actividades.

Buque sísmico

Polarcus Asima

El Polarcus Asima es un buque sísmico 3D/4D ultramoderno, capaz de remolcar hasta 12 *streamers*. Este buque combina los últimos desarrollos en sistemas marítimos con la más avanzada tecnología sísmica comercialmente disponible. Es uno de los buques sísmicos más ecológicos del mercado con propulsión diésel-eléctrica, de alta especificación, convertidores catalíticos, doble casco y tratamiento avanzado de agua de lastre / sistemas de limpieza de agua de sentina. Este buque cumple con la estricta norma DNV CLEAN.

Información acerca del diseño de buque:

- Diseño: ULSTEIN SX134
- Construcción: Drydocks World Dubai LLC
- Fecha de construcción: Año 2010
- Bandera: Bahamas
- Longitud total: 92,0 m
- Vigas: 21,0 m
- Calado máximo: 7,5 m
- Tonelaje bruto: 7894 t
- Propulsión: Diesel Electric
- Velocidad máxima: 15,0 nudos
- Capacidad de combustible: 1925 m³ gas oil
- Motores principales: Wartsila 4 x 9L20 & 2 x 9L26 / MCR 1800& 2850ekW at 1000 rpm
- Propulsión principal: 2 Hélices CP Berg a 3750kW
- Impulsores de popa: 1 Propulsor de túnel Brunvoll a 830kW
- Impulsores de proa: 1 Propulsor de túnel Brunvoll a 1200kW
1 Propulsor de acimutal retráctil Brunvoll a 830kW
- Sistema DP: Kongsberg K-Pos DP-21 – DP11
- Amarres: 60

Comunicación:

- Primaria: GMDSS A4
- Secundaria: Inmarsat F Fleet-77
- Comunicación: VSAT

Sistema sísmico:

- Compresor marino: 3 Compresores LMF
- Serpentinhas: 12
- Sistema de adquisición: Sersel Seal Marine Data Acquisition System
- Sistema de navegación: ION Orca



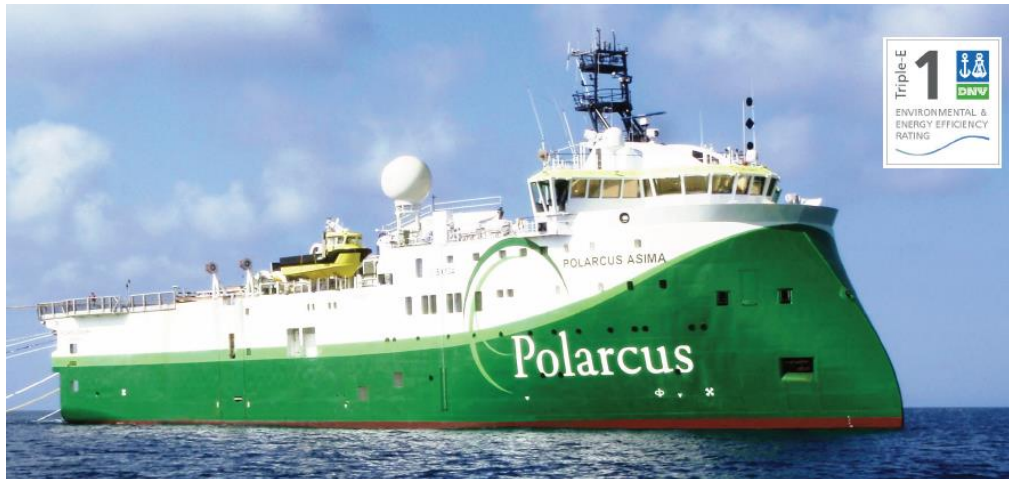


Figura 8. Buque Sísmico - Polarcus Asima.

Buques de apoyo

Rig Andromeda

El Rig Andromeda es un buque de apoyo sísmico dotado con un depósito de combustible flotante para gas oil marino (MGO) y fuel oil (HFO) con una capacidad de 2.800 m³, que permite realizar operaciones sísmicas con mayor autonomía, reduciendo las escalas en el puerto. El buque también tiene un francobordo más alto y puede transferir combustible en línea de manera segura incluso en aguas agitadas.

Con una capacidad de tracción de 50 toneladas, este buque es adecuado para el remolque de emergencia de los mayores buques sísmicos 3D.

Información acerca del diseño de buque:

- Dueño: Tanux Shipping KS
- Bandera: Islas Marshall
- Longitud total: 90,50 m
- Ancho: 14,6 m
- Calado: 5,4 m
- Tonelaje bruto: 2992 GT
- Velocidad máxima: 12,5 nudos
- Capacidad de combustible: 166 m³ fuel oil
- Motores principales: 2 x MAN B&W diesel





Figura 9. Buque de apoyo – Rig Andromeda. Fuente: <http://www.uksnoy.no/fleet/rig-andromeda>

Marianne-G

Esta embarcación además de realizar el seguimiento del buque sísmico (y su arreglo), reabastecer al buque sísmico de combustible y remolcarlo (si fuere necesario); tendrá como función abastecer al buque sísmico de provisiones e insumos, y realizar los cambios de tripulación. Cuando este buque se dirija a puerto para realizar el reabastecimiento, lo cual podrá demandar alrededor de 4 días (considerando 3 días de tránsito entre ida y vuelta, más un día mínimo en el puerto) el otro buque de apoyo, el buque del tipo Rig Andromeda realizará las tareas de seguimiento y estará disponible para realizar el reabastecimiento de combustible y remolque, de ser necesario.

Información acerca del diseño de buque:

- Dueño: Rederij Groen B.V.
- Fecha de construcción: Año 2008
- Bandera: Panamá
- Longitud total: 57,40 m
- Ancho: 13,80 m
- Calado: 4,0 m
- Tonelaje bruto: 1428 GT
- Velocidad máxima: 15,0 nudos
- Motores principales: 2 X 6EY26 (2 X 2500 HP)





Figura 10. Buque de apoyo - Marianne-G.

2.4 CARACTERÍSTICAS DEL RELEVAMIENTO

Se elige como orientación de navegación aquella que utiliza el menor tiempo en cubrir toda el área, es decir, aquella dirección que permite líneas de adquisición (primeres líneas) más largas, y reduce los tiempos perdidos en salir de una línea de navegación y entrar a la siguiente, con la consecuente disminución de exposición a riesgos ambientales y operativos.

En la Figura 11 se presenta el patrón de navegación o trayectoria prevista para la adquisición de datos en el área CAN 114. Las líneas en color azul representan líneas de adquisición de datos con el buque sísmico navegando en azimut de 31° y las líneas en color violeta la adquisición de datos con el buque sísmico navegando en azimut de 211°. Las secciones y curvas en verde representan los giros y cambios de línea realizados por el buque para pasar de una línea de adquisición a la siguiente.

Se prevé realizar unas 60 líneas de adquisición con una longitud promedio de 77 km. El tiempo promedio requerido para completar una línea de producción será de 9,5 horas. La duración aproximada del cambio de líneas es de unas 3,5 horas.

Para las áreas CAN 100-108 se consideran dos posibles opciones. La opción A (Figura 12), considera el registro del área CAN 108 y de solo una pequeña porción del área CAN 100. La opción B (Figura 13), contempla el registro del área CAN 108 y de una porción mayor del área CAN 100. En cualquier caso, la adquisición se limitará al área establecida por las coordenadas indicadas en la Tabla 2.

Para ambas opciones las líneas en color azul representan líneas de adquisición de datos con el buque sísmico navegando en azimut de 55° y las líneas en color violeta la adquisición de datos con el buque sísmico navegando en azimut de 235°. Las secciones y curvas en verde representan los giros y cambios de línea realizados por el buque para pasar de una línea de adquisición a la siguiente.

La opción A implicaría la ejecución de unas 46 líneas de adquisición con una longitud promedio de 50 km. El tiempo promedio requerido para completar una línea de producción será de 6 horas. Por su parte, la opción B implicaría la ejecución de unas 90 líneas de adquisición con una longitud promedio de 96 km. El tiempo promedio requerido para completar una línea de producción será de 11,5 horas. En ambos casos la duración aproximada del cambio de líneas es de unas 3,5 horas.



La velocidad media del buque sísmico es en todos los casos de entre 4 y 5 nudos.



Figura 11. Trayectoria de navegación y cambios de líneas previstos en el área CAN 114.

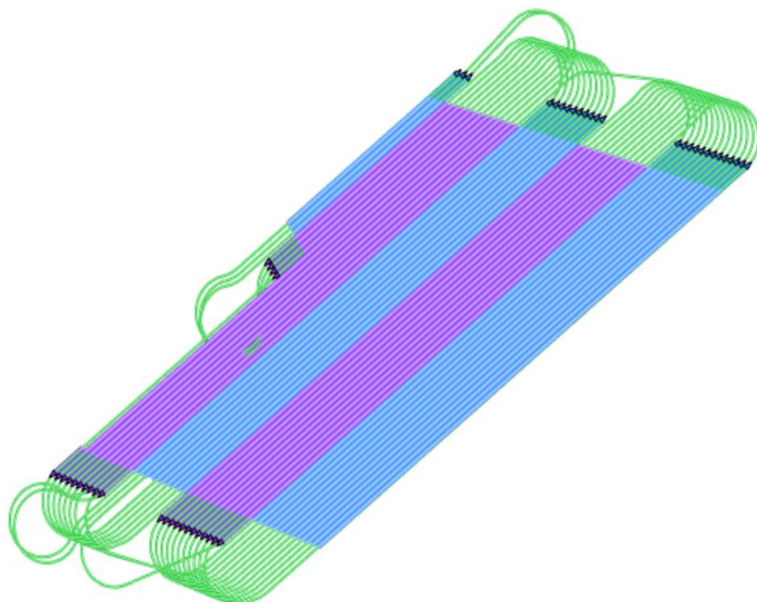


Figura 12. Trayectoria de navegación y cambios de líneas previstos en el área CAN 100 y CAN 108 – Opción A.



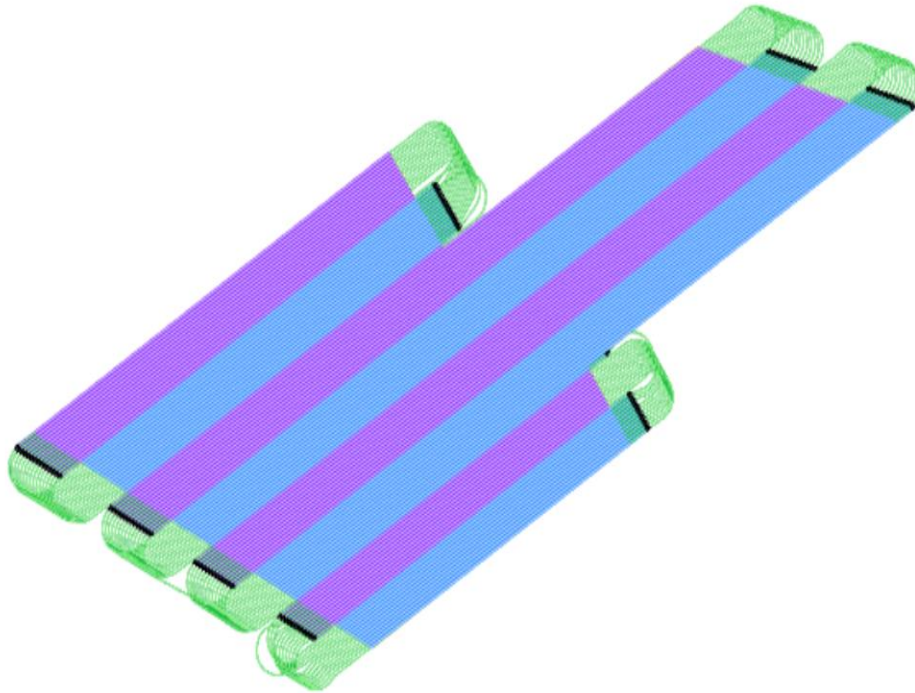


Figura 13. Trayectoria de navegación y cambios de líneas previstos en el área CAN 100 y CAN 108 – Opción B.

El tiempo necesario para completar el relevamiento se estima en 180 días.

Para la operación segura del buque sísmico se requiere una zona de exclusión de navegación de hasta 4 km en el frente de la embarcación y a cada lado, y de hasta 12 km por detrás, en función del equipamiento sísmico.

2.5 MOVILIZACIÓN Y LOGÍSTICA

El buque sísmico se movilizará al área de adquisición sísmica muy probablemente desde el Puerto de Buenos Aires. En este puerto el buque recibirá servicios logísticos como carga de combustible, alimentos frescos y provisiones. Asimismo, el personal se uniría al buque en Buenos Aires.

Una vez en la zona de prospección, el buque sísmico recibirá combustible, alimentos frescos, suministros y repuestos y equipos aproximadamente cada 2 o 3 semanas.

Durante la ejecución del proyecto, cuando se requiera combustible, alimentos, equipo y/o personal adicional, el puerto que se utilice para servicios logísticos será muy probablemente el de Mar del Plata, localizado en la Provincia de Buenos Aires.

Durante la campaña el buque sísmico estará exclusivamente abocado a las tareas en las áreas CAN 100, CAN 108 y CAN 114, por lo que no se prevé que el mismo realice actividades en otros bloques.

2.6 PERSONAL

Un buque de registro sísmico suele tener 55 tripulantes a bordo en todo momento. Alrededor de 20 serán personal marítimo y alrededor de 35 serán personal encargado de las actividades sísmicas y del equipamiento.



El buque de apoyo del tipo *Rig Andromeda* tendrá normalmente unos 10-11 tripulantes a bordo, todos los cuales serán personal marítimo. Mientras que el buque de apoyo encargado del reabastecimiento normalmente tendrá alrededor de 6-8 miembros de tripulación, todos marítimos.

Cabe resaltar que el personal involucrado en el proyecto será principalmente de alta calificación y experiencia.

2.7 CONDICIONES Y MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO

Las condiciones de trabajo están asociadas a actividades embarcadas en alta mar. Los principales peligros se relacionan con exposición a ruido en salas de máquinas, bajas temperaturas, viento y radiación en cubierta. También está presente el peligro de caída al agua y potencial ahogamiento. Todos los peligros serán controlados de manera constante con entrenamiento del personal, utilización de elementos de protección personal y el cumplimiento de procedimientos e instructivos, además de las normas OLAS y de la IAGC en seguridad en el mar.

2.8 EFLUENTES, RESIDUOS, EMISIONES

Las especificaciones técnicas de la licitación, exigirán el uso de cables sísmicos (*streamers*) del tipo sólido y de alimentación eléctrica desde el barco. Con esto se evitan los posibles derrames de aceite y kerosene que los *streamer* no sólidos contienen como relleno.

En general los barcos sísmicos por su trabajo típico de períodos prolongados disponen de los implementos básicos y las normas que dictan la IAGC, IMO y MARPOL 73/78 para el manejo de los efluentes y residuos que una operación de este tipo genera.

2.8.1 Efluentes

Todas las bocas de carga de combustible en cubierta poseen una bandeja fija de recolección de goteos. Todos los eventuales goteos se acumulan en la sentina. Luego estos líquidos (incluyendo agua de lavado de motores) son procesados por el separador de agua de sentinas. Todos los separadores deben cumplir con las reglas MARPOL, convenio del cual Argentina es signataria como nación y a su vez deben estar habilitados por la Prefectura Naval Argentina (PNA), órgano de policía del estado nacional en el ámbito marítimo.

Según Ordenanza N° 15/98 de la PNA, Tomo 6, Régimen de protección del medio ambiente, Prevención de la contaminación de las aguas, etc. Art 2, Inciso 2.1, la máxima concentración oleosa al mar es de 15 ppm.

Según Ordenanza N° 4/97 de la PNA, Tomo 6, Régimen de protección del medio ambiente, Normas para la determinación del caudal mínimo de achique de sala de máquinas a través de los equipos separadores y/o filtradores. Hasta un arqueo bruto de 6000 T, el caudal mínimo es de 2,5 m³/hora.

Los efluentes cloacales cumplirán con la normativa de la Prefectura Naval Argentina Ordenanza N° 03-14 (DPAM), Tomo 6, Régimen para la protección ambiental, Normas para prevenir la contaminación por aguas sucias de los buques, certificado de prevención de la contaminación por aguas sucias.

2.8.2 Residuos

Los residuos de alimentos de la tripulación serán triturados a tamaños menores de 25 mm para ser descargados en aguas fuera de las 12 millas náuticas, siguiendo la norma dictada en MARPOL 73/78.



Los residuos sólidos no peligrosos incluyen: empaques plásticos, vidrios, papeles, cartones, maderas, residuos de cocina (no alimentos) y residuos varios domésticos. La mayor parte de estos residuos serán incinerados en las instalaciones del barco o en su defecto serán comprimidos y empaquetados para ser transportados a puerto. En puerto se realizará la gestión requerida con un contratista habilitado.

Los residuos peligrosos incluyen: aceites y lubricantes usados, baterías, cauchos variados, químicos, pinturas, tubos de luces fluorescentes, filtros de aceite, contenedores de plástico o metálicos que hayan contenido sustancias peligrosas. Todos estos residuos o basuras que revisten peligro serán clasificados por tipo, compactados cuando sea posible, y almacenados a bordo antes de ser traspasado a un contratista calificado y autorizado por la autoridad local, para su disposición final en tierra.

El Contratista Geofísico, como responsable de la operación sísmica, llevará una bitácora a bordo del barco de toda la basura clasificada y producida durante la campaña sísmica, y por cada embarque que se entregue a tierra. En tierra, el contratista autorizado deberá llevar una bitácora de recepción y la certificación de esa entrega por parte de la autoridad local.

2.8.3 Emisiones gaseosas

Las emisiones gaseosas del proyecto están asociadas a la combustión de los motores para la propulsión de los buques. La calidad de las emisiones estará asociada a la eficiencia de la combustión y sistemas de tratamiento de gases incorporados.

A continuación se presenta el cálculo del volumen estimado de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a generarse por las actividades de prospección sísmica en base a las características de las embarcaciones que se han considerado a modo de ejemplo.

El buque sísmico cuenta con dos modelos de motores principales: Wartsila20 (cuatro unidades) y Wartsila26 (dos unidades), ambos se ajustan completamente a las regulaciones de emisiones IMO Tier II en el Anexo VI de la convención MARPOL 73/78.

Por su parte el buque de apoyo del tipo *Rig Andromeda*, tiene como motores principales dos unidades MAN B&W 6L23/30H que también cumplen con los estándares IMO Tier II. Este motor puede operar tanto con fueloil como diésel marino, así que se contemplan ambos escenarios.

El motor 6EY26 Yanmar del buque de apoyo del tipo *Marianne G* cumple con IMO Tier II al igual que los motores anteriormente descriptos, no obstante el manual disponible no indica datos relevantes tales como consumo específico de combustible, por lo que se opta por realizar el análisis a partir de un buque genérico (ERM, 2019) de este tipo.

En cuanto a los Factores de Emisión se emplean los valores para navegación establecidos en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero Nacional y en función de los poderes caloríficos que allí se expresan, y que coinciden con los factores de emisión presentados en las "Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero".



Tabla 4. Factores de Emisión según combustible para la navegación.

Parámetro	Factor de Emisión		Unidad
	Gasoil	Fueloil	
CO ₂	74,1	77,4	t/TJ
CH ₄	0,007	0,007	t/TJ
N ₂ O	0,002	0,002	t/TJ
NO _x	1,5	1,5	t/TJ
CO ₂	1	1	t/TJ
COVNM	0,2	0,2	t/TJ
SO ₂	0,036	0,198	t/TJ

Las emisiones para los buques propuestos se estiman cuantitativamente en base a las toneladas de combustible consumidas en el total de la operación exploratoria y factores de emisión indicados en la tabla precedente.

A continuación, se indica el consumo de combustible de cada buque.

Tabla 5. Consumo de combustible Buque Sísmico.

Motor		Potencia (kW)	Consumo Específico (g/kWh)	Tiempo operativo (h)	Consumo unitario (toneladas)	Consumo total (toneladas)
Tipo	Cantidad					
Wartsila20	4	1.800	190	4.320	1.477,44	5.909,76
Wartsila26	2	2.953	188,7	4.320	2.407,24	4.814,48
Total						10.724,24

Tabla 6. Consumo de combustible Buque de apoyo del tipo Rig Andromeda

Motor		Potencia (kW)	Consumo Específico (g/kWh)	Tiempo operativo (h)	Consumo unitario (toneladas)	Consumo total (toneladas)
Tipo	Cantidad					
MAN B&W 6L23/30H	2	960	196	4.320	812,85	1.625,70

Por último, el buque de apoyo del tipo *Marianne G* tiene como función proveer al buque sísmico de insumos, aproximadamente cada 2 ó 3 semanas, por lo que se considera un tiempo máximo de operación de 30 días en total, a diferencia de los otros dos buques que operan los 180 días. El consumo diario para este buque se adopta de 16 toneladas (ERM, 2019), por lo cual considerando un tiempo operativo máximo de 30 días, el consumo total de combustible resulta de **480 toneladas**.

Luego mediante la expresión:

$$\text{Emisión}_{ij} = (\text{Factor de Emisión})_{ij} \times (\text{Consumo de Combustible})_j$$



Se obtienen las emisiones de los distintos gases (subíndice i) para los diferentes buques (subíndice j).

Para el proyecto bajo estudio, se calcula el Potencial de Calentamiento Global GWP por sus siglas en inglés *Global Warming Potential*, en toneladas de CO₂ equivalente, para un horizonte de 100 años (ver Tabla 10). Como es habitualmente recomendado, se utilizan los valores expresados en el reporte más actual (Quinto Reporte de Evaluación, AR5) para los distintos gases de efecto invernadero indicados a continuación.

Tabla 7. Potencial de Calentamiento Global (GWP) a 100 años.

Gas de Efecto Invernadero (GEI)	Potencial de Calentamiento Global (GWP)
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265

El GWP define el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce hoy una liberación instantánea de 1 kg de gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO₂. Es una medida de cuánto de una dada cantidad de GEI se estima que contribuye al calentamiento global. Es una escala relativa que compara el gas en cuestión con la misma masa de CO₂, cuyo GWP por convención es la unidad.

En este sentido los valores de la Tabla 9 se relacionan mediante la siguiente expresión:

$$\text{CO}_2\text{eq} = \text{masa GEI} \times \text{GWP}_{\text{GEI}}$$

Para la obtención del GWP en toneladas CO₂eq.

En la siguiente tabla se resumen las emisiones atmosféricas para cada buque involucrado, el total según el compuesto gaseoso y el potencial de calentamiento global.

Tabla 8. Emisiones Atmosféricas. Valores expresados en toneladas. Apoyo con Fuel Oil.

Compuesto	Buque			Total
	Sísmico	Apoyo tipo <i>Rig Andromeda</i>	Apoyo tipo <i>Marianne G</i>	
CO ₂	34.170,64	5.083,51	1.529,42	40.783,57
CO	461,14	65,68	20,64	547,46
NO _x	691,71	98,52	30,96	821,19
N ₂ O	0,92	0,13	0,04	1,09
SO ₂	16,60	13,00	0,74	30,35
CH ₄	3,23	0,46	0,14	3,83
VOCs	92,23	13,14	4,13	109,49
GWP (tCO₂eq)	34.505,42	5.131,19	1.544,41	41.181,02



Tabla 9. Emisiones Atmosféricas. Valores expresados en toneladas. Apoyo con Diesel marino.

Compuesto	Buque			Total
	Sísmico	Apoyo tipo <i>Rig Andromeda</i>	Apoyo tipo <i>Marianne G</i>	
CO ₂	34.170,64	5.179,98	1.529,42	40.880,03
CO	461,14	69,91	20,64	551,69
NO _x	691,71	104,86	30,96	827,53
N ₂ O	0,92	0,14	0,04	1,10
SO ₂	16,60	2,52	0,74	19,86
CH ₄	3,23	0,49	0,14	3,86
VOCs	92,23	13,98	4,13	110,34
GWP (tCO₂eq)	34.505,42	5.230,73	1.544,41	41.280,56

Por otra parte, conociendo las especificaciones técnicas de los motores principales de los buques sísmico y de apoyo, y la normativa que cumplen en cuanto a emisiones gaseosas, se calculan las emisiones máximas durante la etapa operativa.

Para el Buque Sísmico se pudo estimar como máximo un valor de 144,8 kg/h para emisiones de NO_x y 626 toneladas para el total de la operación. Estos surgen de considerar el valor Tier II OMI de 11,05 g/kWh, emisión específica máxima para 1000 rpm. Es decir, que en realidad las emisiones serían siempre menores dado que por especificaciones del fabricante se cumple con dicha normativa.

En cuanto al Buque de apoyo tipo *Rig Andromeda* sus motores principales cumplen con la misma normativa, con un valor de 11,29 g/kWh, de emisión específica máxima para 900 rpm, lo que resulta en 21,7 kg/h como valor máximo horario y 94 toneladas para el total de la operación.

Al respecto, cabe destacar que las emisiones máximas calculadas según las especificaciones técnicas de los motores y la normativa de emisiones a la que se ajustan, resultan inferiores respecto de aquellas calculadas a partir de factores de emisión, siendo estas últimas más generales. A su vez, es dable mencionar que la normativa regula el contenido de azufre en los combustibles, no las emisiones de SO₂, siendo para IMO Tier II de 0,1% (m/m).

2.9 RUIDOS

Los ruidos generados por el proyecto se pueden clasificar en aquellos ruidos que generalmente se emiten por parte de cualquier buque en operaciones, y aquellos generados por la emisión submarina de las fuentes de energía de aire comprimido para el relevamiento sísmico.

2.9.1 Emisión sonora aérea

El oído humano tiene un rango dinámico, del umbral de oír, al umbral de dolor, de aproximadamente 130/140 dB. El rango es determinado por las limitaciones físicas; el límite inferior está restringido por el ruido de fondo natural, y el límite superior, por los desplazamientos de las estructuras sensoriales asociadas con la audición a un grado que le cause un daño traumático.



Como dato de referencia el ruido ambiente en el interior de una sala de máquinas típica ronda los 80 dB de nivel de ruido equivalente al oído humano, usando protectores auditivos tipo copa, medidos en octavas desde 125 Hz a 8000 Hz. Sin protectores auditivos e integrando toda la banda de frecuencias (audibles y no audibles) durante 1 minuto, a 1 metro de distancia de un moto-generador típico resulta un máximo de 108 dB, escala A.

En cubierta, dado que las personas pueden conversar en voz baja (60 dB representa una conversación normal) y se escuchan claramente entre sí, no amerita la medición de ruido ni un cálculo de la propagación sonora aérea.

2.9.2 Emisión sonora submarina por las fuentes de energía de aire comprimido de un buque sísmico

Una fuente sísmica se define como un dispositivo que inyecta energía en el medio bajo la forma de ondas sísmicas. La fuente de energía de aire comprimido es la más comúnmente utilizada en exploraciones marinas, la cual desde los años 70 ha resultado el sistema más empleado en la industria.

Como se indicó previamente, la fuente de energía de aire comprimido es una cámara de aire comprimido que es descargado rápidamente en el agua para crear un pulso acústico. Es la fuente de sonido más utilizada dado que los pulsos son predecibles, repetibles y controlables, y usan aire comprimido el cual es económico y fácilmente disponible, además de tener sólo un bajo impacto sobre la vida marina.

El volumen de aire en la fuente de energía de aire comprimido se mide normalmente en pulgadas cúbicas (cu. In), y varía típicamente entre 20 in y 800 in (Landrø M. and Amundsen L., 2010). Un arreglo consiste en 3 a 6 sub-arreglos, cada uno de los cuales contiene de 6 a 8 fuentes de energía de aire comprimido, involucrando entonces normalmente entre 18 y 48 fuentes de energía de aire comprimido, si bien en casos especiales pueden disponerse más de los mismos. Las fuentes de energía de aire comprimido flotan en el mar entre 3 m y 10 m de profundidad (generalmente alrededor de 6 a 7 metros). Es común colocar 2 a 4 fuentes de energía de aire comprimidos en un "cluster" o grupo, colocándolos cerca entre sí para obtener una fuente de energía de aire comprimido equivalente de mayor tamaño más eficiente, mejorando las características de las señales dado que el movimiento de las burbujas de aire se reduce al interactuar las burbujas de aire de las diversas fuentes de energía de aire comprimido. La máxima presión es emitida verticalmente, mientras que los niveles emitidos horizontalmente son mucho más reducidos.

Durante una operación de sísmica submarina típica, las fuentes de energía de aire comprimido se ejecutan normalmente a intervalos del orden de aproximadamente 10 a 15 segundos, con emisiones de corta duración, a lo sumo unas decenas de milisegundos (ms) (con un ciclo operativo de aproximadamente 0.3% del tiempo). Aunque los niveles de energía máximos dentro de un disparo pueden ser altos, la corta duración señalada implica que la energía total transmitida es relativamente baja.

Sin embargo, el nivel máximo es de relevancia particular determinando los efectos medioambientales potenciales de un relevamiento sísmico (Jacques Whitford Environment Limited, 2003).



La mayor parte de la energía sonora producida por una serie de disparos está en el rango 10-300 Hertz (Hz), con los niveles más altos en las frecuencias de menos de 100 Hz (Turnpenny y Nedwell 1994). El nivel de fuente calculado depende del rango de frecuencia sobre el cual se mide el pulso acústico. Las matrices de fuentes de energía de aire comprimido se miden con frecuencia entre 0 y 125 Hz o entre 0 y 250 Hz. Puede haber una ligera subestimación de la energía total por estos anchos de banda, pero el error es pequeño porque si bien la señal de las fuentes de energía de aire comprimido se extiende por encima de 250 Hz, alcanzando frecuencias dentro de la banda de kHz, presenta un nivel de presión muy reducido en ese rango.

Cuando el aire comprimido es descargado súbitamente en el agua, se forman burbujas oscilantes. Inicialmente, la presión dentro de la burbuja excede el valor de la presión hidrostática exterior. La burbuja por lo tanto se expande más allá del punto en el cual las presiones interna e hidrostática son iguales, por lo cual, cuando la expansión se detiene, la presión interna es menor que la hidrostática, y la burbuja comienza a colapsar.

El colapso genera nuevamente una presión superior a la hidrostática, y el ciclo vuelve a comenzar, continuando la burbuja a oscilar con un período en el rango de decenas a centenares de microsegundos.

La oscilación se detiene debido a las fuerzas de fricción, y la flotabilidad de la burbuja la lleva a romper en la superficie del agua. Si se pudiese detener este movimiento cíclico inmediatamente después de la primera expansión de la burbuja, se generaría una señal ideal con un único pico, pero ello no ocurre en la realidad.

La serie temporal de presiones emitidas por una fuente de energía de aire comprimido en dirección vertical se denomina la "firma" de presiones. Sin embargo, otro pulso simultáneamente se dirige con dirección hacia arriba de la fuente, se refleja en la superficie marina, y se combina con el pulso original que viaja hacia abajo.

Este pulso retrasado temporalmente, reflejado en la superficie, se conoce como la fuente "fantasma". Desde el punto de vista del procesamiento de la información, este pulso se considera como una propiedad intrínseca del campo de ondas de la fuente, y se incluye en la definición de la firma de presiones.

La siguiente figura ilustra la firma de presión de una fuente de energía de aire comprimido de 40 cu.in, la cual muestra la medición del shock de presión generado por la descarga del aire, seguido de varias oscilaciones resultantes del repetido colapso y expansión de la burbuja de aire. La amplitud de la señal correspondiente a la onda directa inicial y a la primera burbuja, son P y B, respectivamente. La relación en el campo cercano entre el pico inicial y la burbuja es $PBR = P/B$.



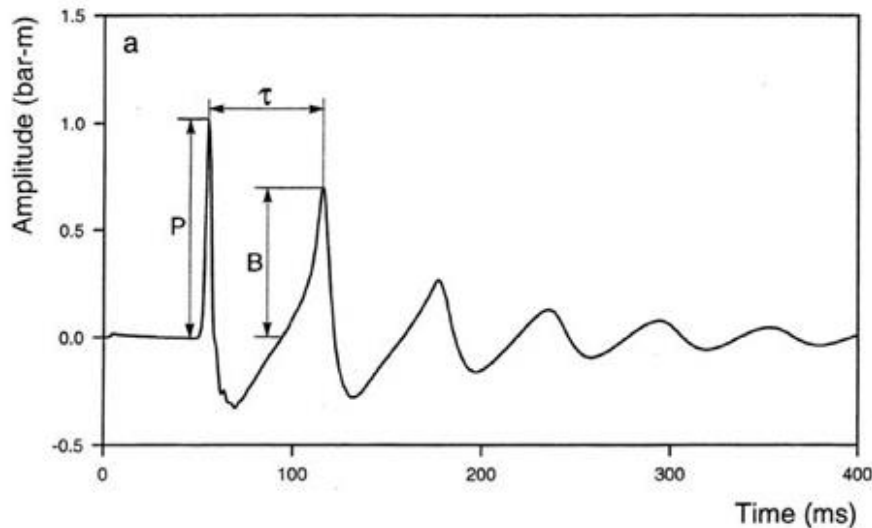


Figura 14. Firma de presiones de una fuentes de energía de aire comprimido en el campo cercano.

La firma de presiones en el campo lejano que se ilustra en la figura siguiente, mostrando el efecto que produce la fuente fantasma. La amplitud p-p (la distancia entre el pico positivo de la señal primaria y el negativo de la señal fantasma) es 2,3 bar-m. La relación pico a burbuja en el campo lejano es $PBR=p-p/B-B=1.9$. El período de la burbuja es $\tau=60$ ms (Langhammer, 1994).

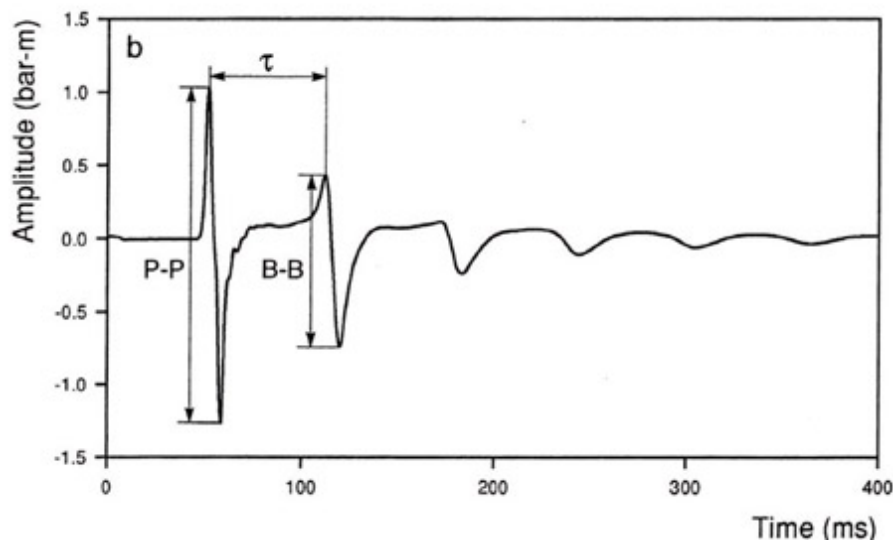


Figura 15. Firma de presiones de una fuentes de energía de aire comprimido en el campo lejano.

Dado que los aparatos auditivos de humanos y de animales perciben un rango muy amplio de presiones, el sonido se mide en una escala basada en el logaritmo de las razones entre las presiones medidas y una presión de referencia.

Se utiliza la escala de decibelios (dB) para que el nivel de presión sonora (SPL) de un sonido de presión S sea $SPL (dB) = 20 \log_{10} (S / S_0)$ donde S_0 es la presión de referencia.

El estándar para especificar los niveles de señal de una fuente de energía de aire comprimido es el nivel de pico a pico (p-p), que es la medida máxima negativa a positiva o diferencia de presión entre el pico máximo positivo y negativo, del pulso de la "firma". Se mide en bar, o en bar-metro para fuentes (presión sonora a 1 metro de la fuente).



La literatura técnica y científica normalmente mide el sonido en agua en decibeles (dB) relativos a 1 microPascal (1 μ Pa).

El valor de p-p se puede convertir al nivel sonoro de la fuente L_s en dB re 1 μ Pa-m de la siguiente manera: L_s (dB re 1 mPa-m) = $20 \log(p-p) + 220$.

Como referencia, 1 bar corresponde a 220 dB re 1 μ Pa, Presiones acústicas de 10-20 bar-m corresponden a 240-246 dB re 1 mPa-m. Una presión típica de un disparo (energía de aire comprimido) de 100 bar corresponde a 260 dB re 1 μ Pa.

La presión puede expresarse también como “peak”, siendo la diferencia de presión entre pico y 0 del pulso. Corresponde a 6 dB menos que el p-p: 260 dB p-p = 254 dB peak.

El nivel de ruido expresado como rms, es el pulso promedio de presión con respecto a la duración del pulso (más adecuado para definir ruido). Los niveles rms son 10 – 12 dB menores que los peak y varían con respecto a la distancia de la fuente y las condiciones de propagación del sonido (McCauley, 1998).

El volumen total de fuentes de energía de aire comprimido, y su presión operativa, determina la amplitud de la señal acústica, medida como el Nivel de Presión de Sonido (Sound Pressure Level -SPL).

Las series de fuentes de energía de aire comprimido normalmente tienen un volumen combinado de entre 2.000 y 4.000 pulgadas cúbicas y operan en aproximadamente 2.000 libras por pulgada cuadrada (PSI).

El sonido producido por estos elementos es función del volumen, tamaño y forma de los “puertos” por donde escapa el aire, y por la presión del aire. La amplitud del sonido se incrementa en proporción a la raíz cúbica del volumen, por lo que, por ejemplo, un arreglo de 4.000 pulgadas cúbicas incrementaría la amplitud con respecto a uno de 3.000, en un 10% (unos 0,85 dB). El SPL máximo generado por una serie del tipo que podría emplearse se encuentra normalmente entre 250 y hasta unos 264 re dB 1 μ Pa re 1 m (equivalentes a un metro de la fuente).

Un ejemplo de las presiones generadas típicamente por energía de aire comprimido, medidas a 10 m de profundidad y 3.000 m de distancia de la fuente, se presenta en la siguiente figura:

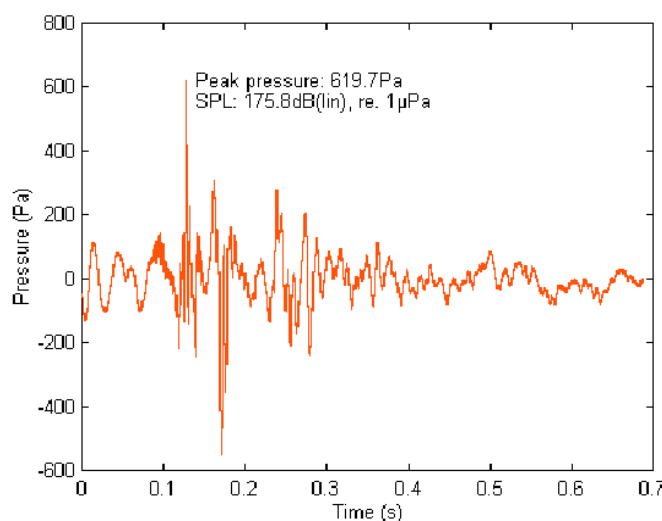


Figura 16. Secuencia típica de presiones de energía de aire comprimido (Nedwell J. et al., 1999).



Los Factores clave que influyen en los efectos medioambientales potenciales del sonido generado en un relevamiento sísmico incluyen:

- Nivel de la Fuente (*Source Level* - SL);
- Pérdida por Transmisión (*Transmission Losses* - TL), esto es, la atenuación del sonido al propagarse en el agua;
- Nivel de Umbral de Efecto (*Effect Threshold Level* - ETL), el nivel del sonido al que un efecto dado ocurre;
- Nivel de Ruido (*Noise Level* - NL), el nivel del ruido de fondo, dado que bajo algunas circunstancias puede enmascarar la fuente del sonido.

El diseño de la disposición de fuentes de energía de aire comprimido y de la sucesión de energía liberada se efectúa cuidadosamente para optimizar la recepción de los datos.

Los dos parámetros más importantes de una firma de una matriz de fuentes de energía de aire comprimido son su intensidad de pico a pico (p-p) y su relación primaria-burbuja (PBR), previamente definidos. El PBR debe ser lo más alto posible para que la firma de la matriz de las fuentes de energía de aire comprimido esté cerca de un pulso ideal.

Para medir la intensidad p-p de una matriz, su firma se mide a una distancia de la fuente conocida como punto de campo lejano, un punto donde las señales de salida de las fuentes de energía de aire comprimido individuales interfieren constructivamente. Esta firma de campo lejano se utiliza entonces para definir un nivel de fuente puntual nominal, a 1 m del centro de la matriz, multiplicando la firma por la distancia radial desde este punto al hidrófono.

En consecuencia, la firma de campo lejano de una matriz o arreglo de fuentes de energía de aire comprimido, medida verticalmente por debajo, se utiliza para definir el nivel de fuente nominal. Esta es la presión acústica a 1 m de distancia de un punto fuente equivalente hipotético que irradiaría la misma cantidad de sonido en el campo lejano que la fuente real. Las unidades están en bar a 1 m, abreviadas como bar-m. Por ejemplo, 100 bar-m significa que si la matriz era una fuente puntual y un hidrófono está ubicado a 50 m, entonces el hidrófono detectaría una presión de 2 bar.

Este nivel nominal de fuente puntual es un nivel teórico de presión acústica. Debido a la interferencia destructiva parcial entre las señales de las fuentes de energía de aire comprimido individuales, el nivel real en este punto en realidad tiende a ser 10 veces (20 dB) más bajo que el nivel nominal. La intensidad p-p (relacionada con este nivel de fuente nominal) se define como la diferencia en la amplitud absoluta entre los picos de las señales primarias y fantasmas.

El Nivel de la Fuente (SL) es una forma conveniente de normalizar las mediciones de presión sonora y es útil como número único para caracterizar la salida acústica combinada del arreglo. Sin embargo, como el arreglo no es una fuente puntual, sino una matriz de fuentes espaciadas entre sí, la presión real del sonido que puede medirse dentro del arreglo (en el campo cercano), es siempre considerablemente inferior al nivel de sonido combinado. Incluso para los mayores arreglos utilizados en la industria, con niveles de sonido nominales por encima de 260 dB re 1 μ Pa-m, las presiones dentro del arreglo no exceden los 240 dB re 1 μ Pa p-p (Caldwell & Dragoset, 2000). Este aspecto es de particular importancia cuando se analiza el potencial de los sonidos para infligir daños a los mamíferos marinos (Boertmann et al, 2010).



La siguiente figura ilustra las presiones sonoras típicas transmitidas en diferentes direcciones:

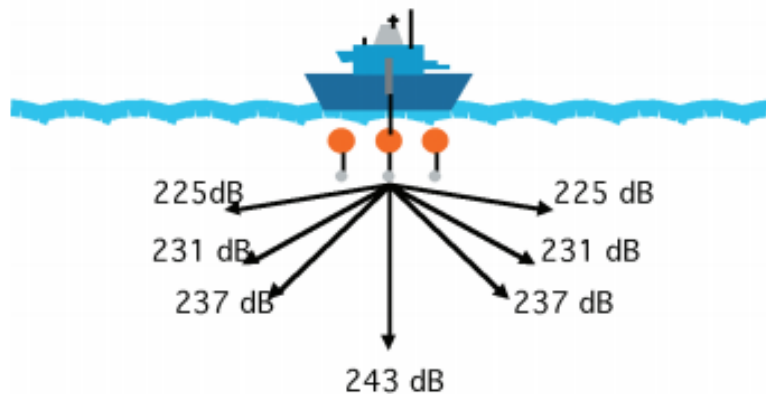


Figure 5. Pattern of measureable received sound levels around a schematic representation of an array (gray dots); orange dots: array floats; (not to scale). The nominal point source level of the array is 260 dB peak sound pressure level (SPL_{peak}) re 1 μPa . From Caldwell and Dragoset (2000), with permission.

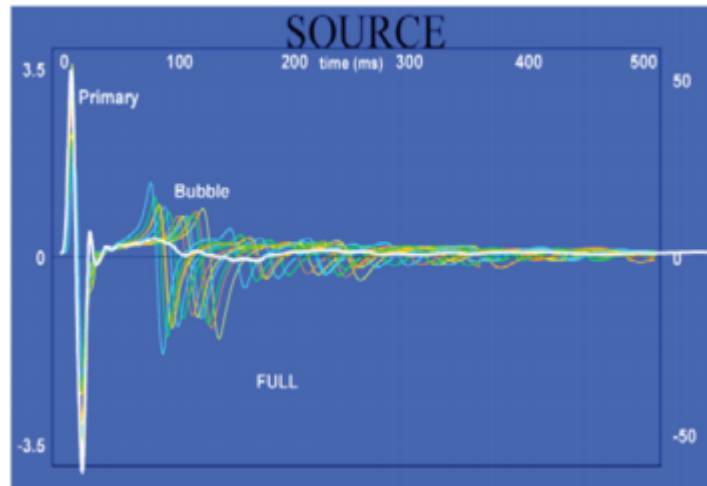
Figura 17. Presiones sonoras transmitidas por un arreglo con $SL = 260$ dB re 1 μPa -m (Gisiner, 2016).

Es importante tener en cuenta que las especificaciones de dominio de tiempo de intensidad p-p y PBR dependen fuertemente de la frecuencia de ancho de banda de la firma de la matriz de las fuentes de energía de aire comprimido.

Hay varias razones para desplegar las fuentes de energía de aire comprimido en arreglos. La primera es aumentar la potencia de la fuente. La idea básica es que una matriz de fuentes de n fuentes únicas produce n veces la potencia de la fuente única.

El segundo es minimizar el PBR sintonizando la matriz: las fuentes de energía de aire comprimido con diferentes volúmenes tendrán períodos de burbujas diferentes, dando lugar a una suma constructiva del primer pico (principal) y de la suma destructiva de las amplitudes de la burbuja, como se puede apreciar en la figura siguiente, donde se ilustran en color las presiones de los diferentes elementos del arreglo, y en blanco el resultado de la cancelación destructiva de los mismos.





***Figure 6.** Cancellation of acoustic energy from air bubble oscillations through the use of different-sized airguns with different bubble oscillation periods. The initial large-amplitude pulse is due to the initial bubble expansion. The subsequent large negative pressure is the “ghost” or surface-reflected pulse. y-axis: Pressure relative to ambient baseline in bar-meters (left) and decibels (right). The colored lines represent what the pressure oscillations of the elements in the array would look like if the elements were activated independently. The white line represents the cancellation of sound from the varied bubble oscillations by destructive interference, producing a clean initial pulse followed by very little amplitude oscillation that would contribute additional wave fronts that would make the returned echoes messier and harder to interpret.*

Figura 18. Interferencia destructiva de presiones fantasmas en un arreglo (Gisiner, 2016).

Es difícil comparar el sonido subacuático con el del aire debido a las diferencias de presión, pero al sustraer 61,5 dB de la medición subacuática se obtiene aproximadamente el equivalente en aire de la intensidad del sonido medido en dB. En el aire, una exposición corta a 140 dB se considera como el umbral aproximado para un daño permanente en los seres humanos.

Para ajustar los niveles de la señal sísmica en perspectiva, la presión del ruido de fondo de bajo nivel de la acción de olas pequeñas / poco viento está sobre 60 dB re 1 μ Pa (nivel espectral, 10-100 Hz). Con el mal tiempo, el ruido de fondo de baja frecuencia aumenta a 90-100 dB por 1 mPa. Los buques marinos generan ruido significativo. Los Super-tanques pueden tener un nivel de fuente de 170 dB re 1 μ Pa-m (nivel espectral); Similarmente el nivel de origen de los arrastreros activos es del orden de 150-160 dB por 1 μ Pa-m. Las ballenas pueden generar niveles de señal superiores a 180 dB y 1 μ Pa a 1 metro.

2.9.3 Emisión sonora submarina por las fuentes de energía de aire comprimido del buque sísmico a ser utilizado – Alternativa de Arreglo Concentrado típico

El arreglo concentrado típico de fuentes de energía de aire comprimido considerado para la elaboración del presente estudio tiene las siguientes características.



CRISTINA GOYENECHEA
Directora Área Ambiente
SERMAN & ASOCIADOS S.A.

Tabla 10. Características del arreglo de las fuentes de energía de aire comprimido.

Volumen de la fuente (pulg. cúbicas):	4030
Profundidad de la fuente (m):	7
Temperatura (°C):	10
Ancho de la fuente (m):	16
Longitud de la fuente (m):	16,5
Separación entre sub-arreglos (m):	8
Número de sub-arreglos:	3
Filtro Digital:	GeoStr LChyd_4.4/12-214/341
p-p (bar.m):	144,2
P/B:	20,1

La relación en el campo cercano entre el pico inicial y la burbuja PBR = P/B = 20,1 es elevada, lo cual significa que hay una muy buena atenuación de la señal secundaria.

La disposición del arreglo se presenta en la Figura 19.

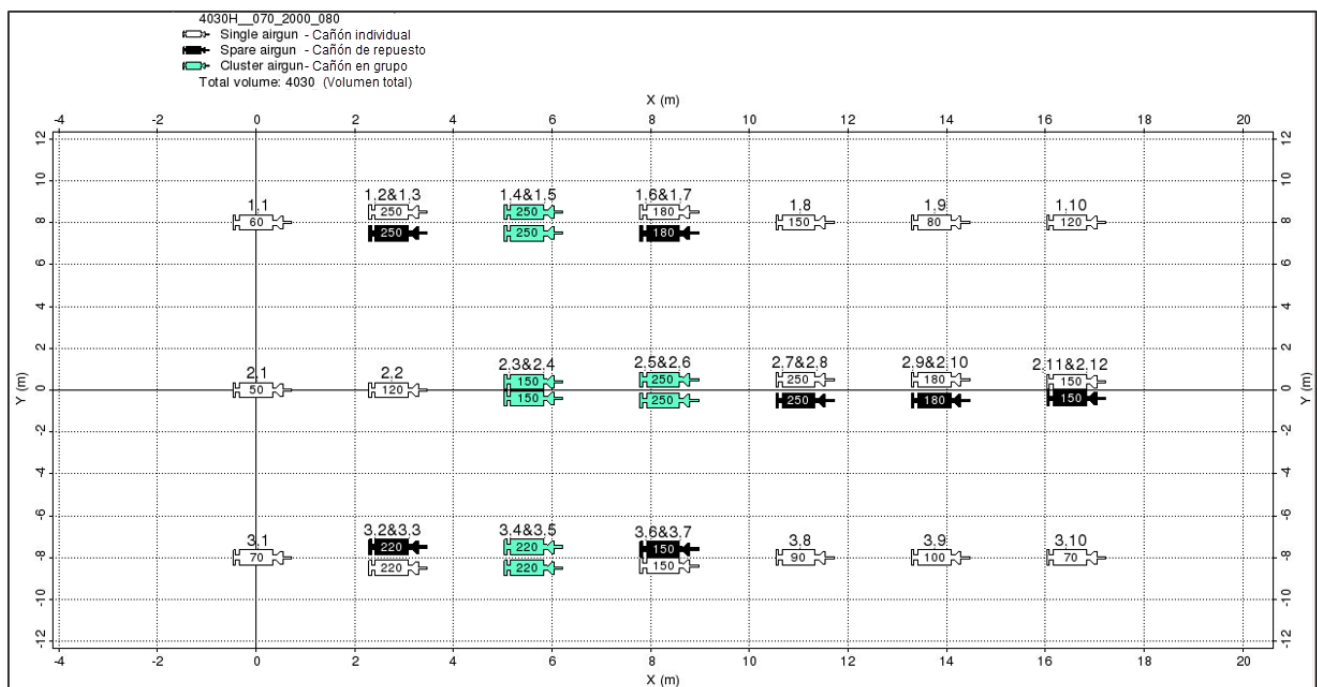


Figura 19. Arreglo típico concentrado de fuentes de energía de aire comprimido previsto



La firma acústica del arreglo precedente se presenta en la Figura 20, y el espectro se ilustra en la Figura 21:

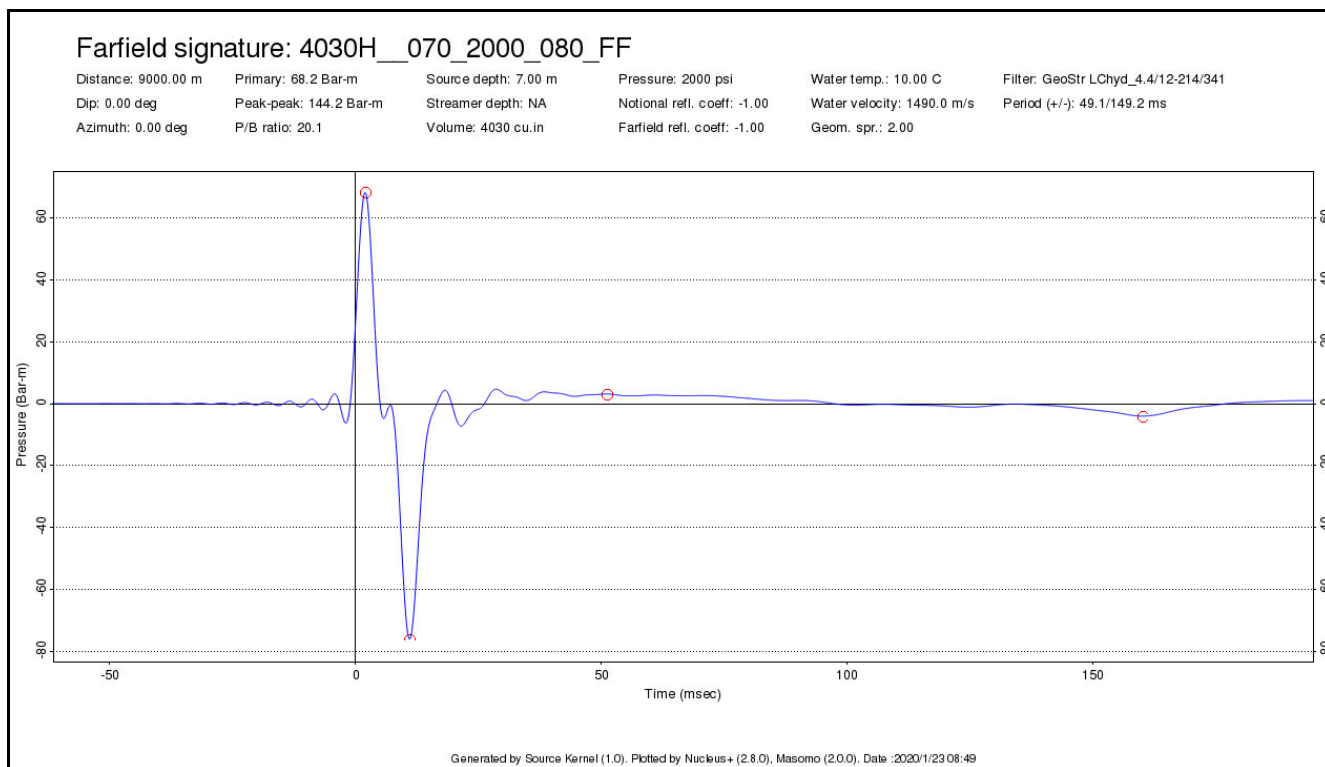


Figura 20. Firma acústica de un arreglo típico de 4.030 cu.in. a 7 metros de profundidad.

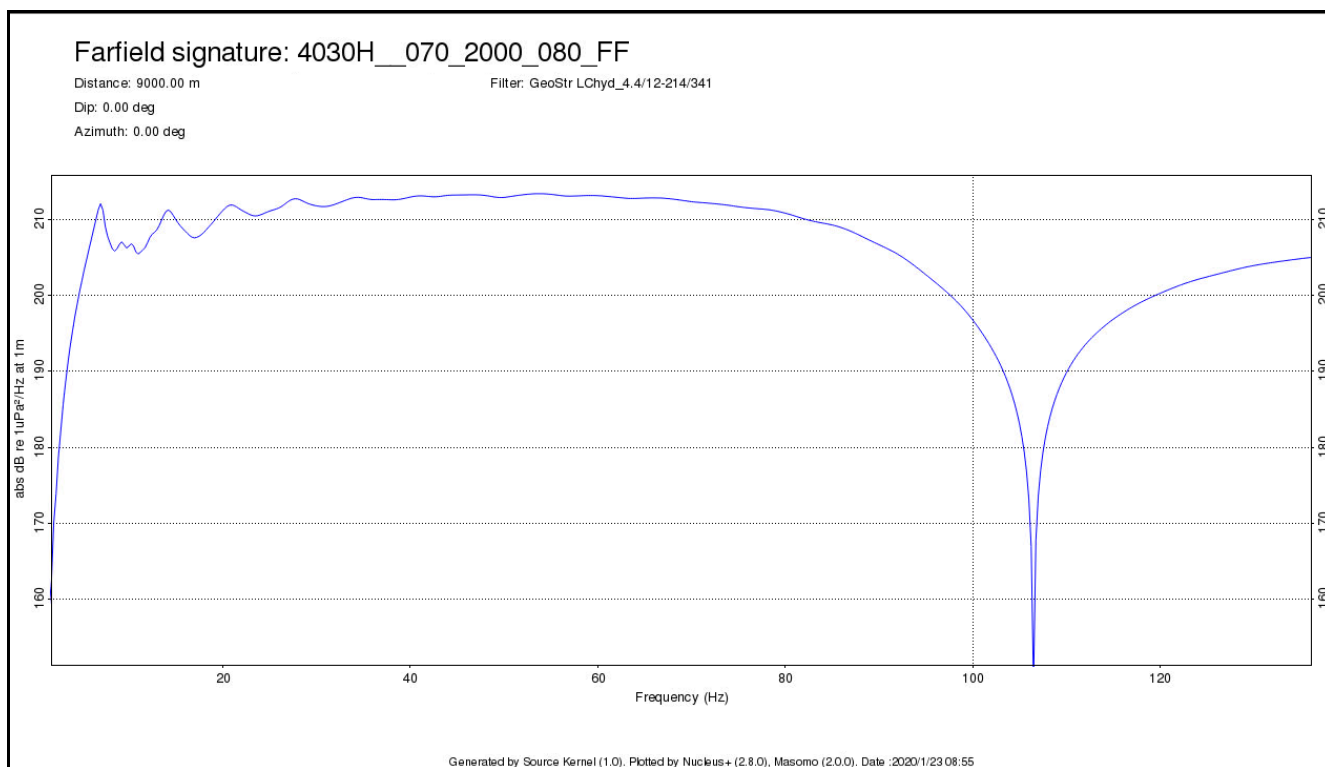


Figura 21. Firma vertical del espectro (dB absoluto) de un arreglo típico de 4.030 cu.in. a 7 metros de profundidad.



Es posible observar que el máximo de emisiones se produce entre aproximadamente 5 Hz y 80 Hz de frecuencia, mientras que para 90 Hz y a partir de los 130 Hz, se tienen al menos 6 dB por debajo del valor máximo.

La distribución angular de la energía sonora de este arreglo a lo largo de tres transectas con respecto a la dirección de avance de la embarcación se ilustra en las siguientes figuras.

Se puede apreciar que la energía sonora se dirige principalmente hacia abajo con un rango de direcciones de hasta unos $\pm 30/40^\circ$ con respecto a la vertical.

La amplitud de la energía acústica propagada en direcciones cercanas a la superficie (0° a 15° hacia abajo) es inferior en al menos 12 dB a la propagada hacia aguas abajo, lo cual muestra un patrón similar al presentado previamente en la Figura 17.

Si bien diversas referencias indican que la diferencia entre la energía radiada en dirección vertical y aquella radiada en dirección horizontal suele ser de unos 20 dB (Caldwell et al, 2000), coincidentemente con lo que se aprecia en la franja más cercana a la superficie de la respuesta direccional del arreglo típico considerado el presente caso, pero para considerar la transmisión horizontal de energía, en base a la respuesta direccional ilustrada en la Figura 22 a la Figura 24, se adopta conservativamente una reducción del orden de 12 dB.

Source directivity: 4030H__070_2000_080

Azimuth: 0 deg

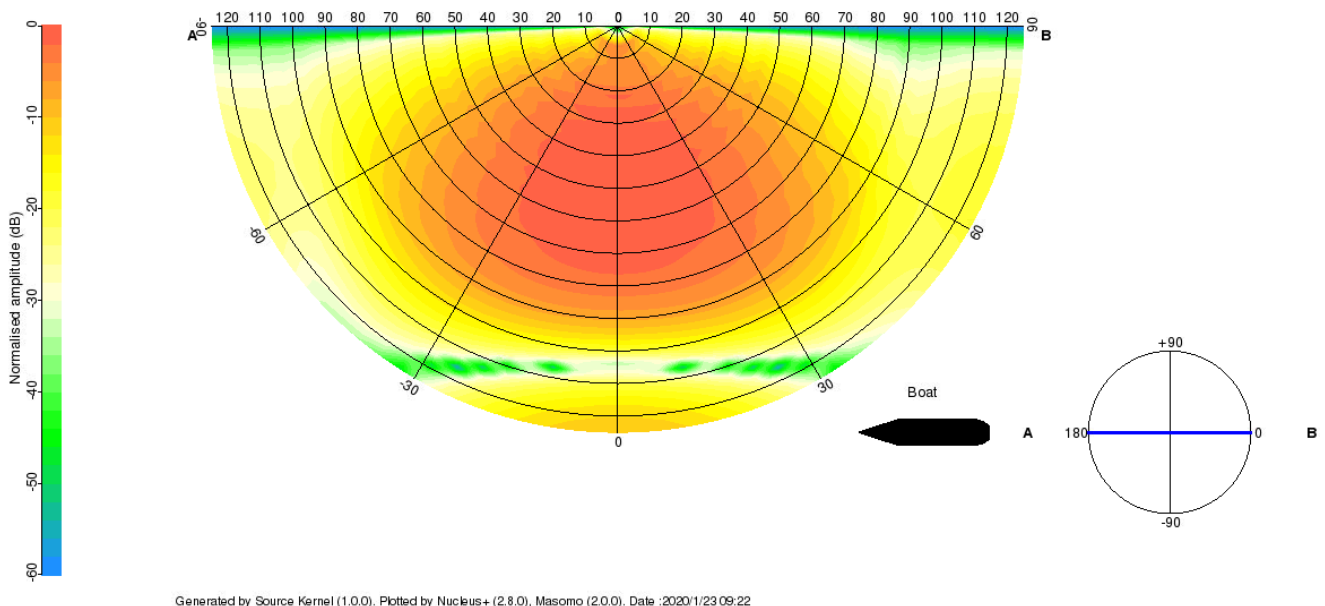


Figura 22. Respuesta direccional de un arreglo típico concentrado en la dirección de avance.



CRISTINA GOYENECHEA
Directora Área Ambiente
SERMAN & ASOCIADOS S.A.

Source directivity: 4030H__070_2000_080

Azimuth: 45 deg

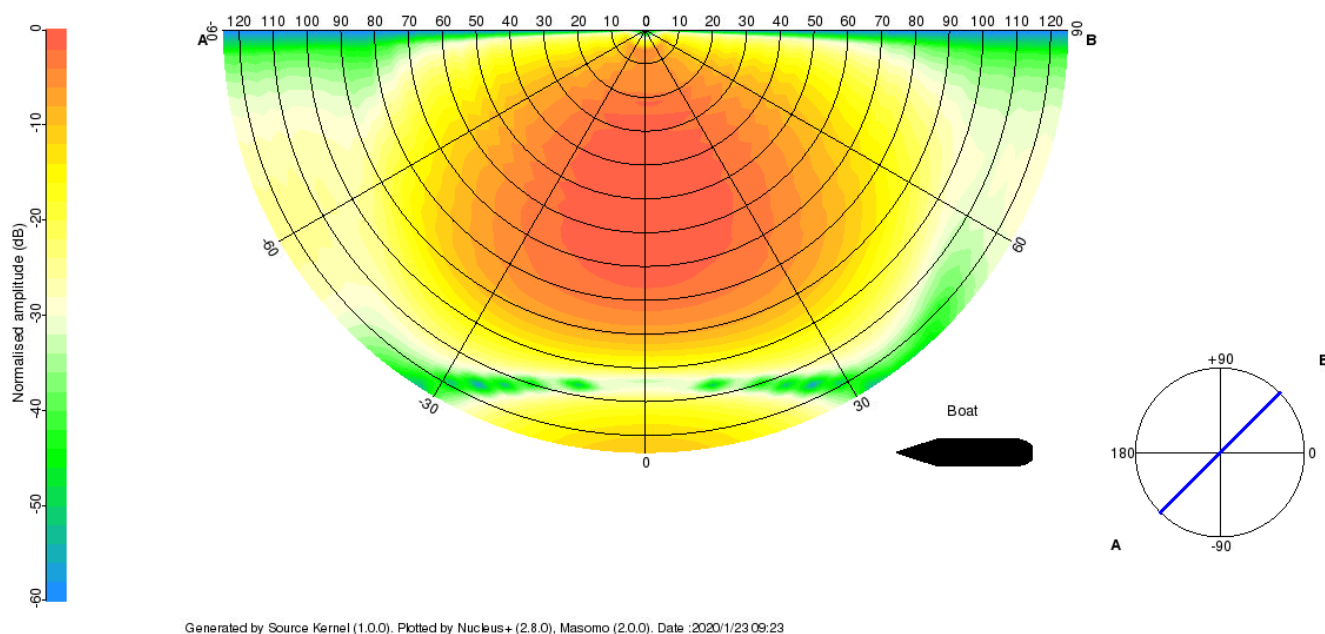


Figura 23. Respuesta direccional de un arreglo típico concentrado en dirección transversal 45° al avance.

Source directivity: 4030H__070_2000_080

Azimuth: 90 deg

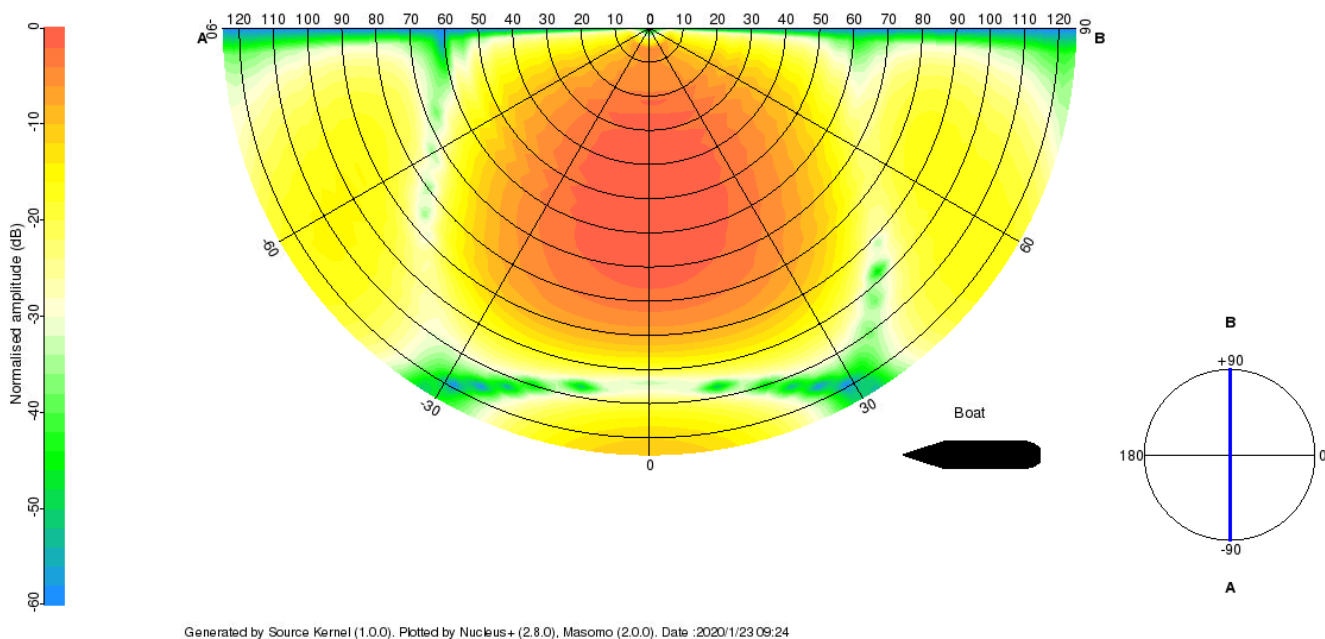


Figura 24. Respuesta direccional de un arreglo típico concentrado en dirección perpendicular al avance.

[Signature]

Se resumen a continuación los datos más relevantes de la operación sísmica para el arreglo típico concentrado:

- Fuentes de energía de aire comprimido: Podrán usarse dos (flip-flop) o tres conjuntos (flip-flop-flap), remolcados a una profundidad de unos 7 metros. Al respecto, cabe aclarar que en este caso se considera la modelación de dos conjuntos de 4030 pulgadas cúbicas dado que este es el escenario más desfavorable (si se utilizasen tres conjuntos el volumen de la fuente sería menor)
- Velocidad de avance aproximada: 4 a 5 nudos
- Frecuencia de energía de aire comprimido= alternativamente empleando la técnica Flip - Flop, un disparo (energía de aire comprimido) cada 15 metros.
- Frecuencias = rango principal de 5 a 90 Hz.
- Fuentes de Energía pico a pico (p-p): 144,2 bar.metro.
- Nivel sonoro en la fuente (nominal teórico p-p): $SL_N = 20 \log(p-p) + 220 = 263,2 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa-m}$.
- Nivel sonoro en la fuente (nominal teórico pico = p-p - 6 dB): $SL_N = 257,2 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa-m}$.
- Nivel sonoro en la fuente (nominal teórico estimado rms = p-p - 16 dB): $SL_N = 247,2 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa-m}$.
- Nivel sonoro en la fuente horizontal (real estimado p-p = teórico p-p - 12 dB): $SL_R = 251,2 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa-m}$.
- Nivel sonoro en la fuente horizontal (real estimado pico = real estimado p-p - 6 dB): $SL_R = 245,2 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa-m}$.
- Nivel sonoro en la fuente horizontal (real estimado rms = real estimado p-p - 16 dB): $SL_R = 235,2 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa-m}$.
- Duración del Proyecto: 85/150 días aproximadamente.

El valor de partida estimado para analizar la propagación de energía sonora es entonces igual a 251,2 dB re 1 $\mu\text{Pa-m}$ (p-p).

Por otro lado, se cuenta con información bidimensional horizontal sobre la propagación de la presión sonora emitida por este arreglo, para una capa ubicada a 10 metros de profundidad, según se puede apreciar en la Figura 25. El método aplicado se conoce como "dispersión geométrica", y tiene en cuenta que medida que el sonido se aleja de la fuente, el área que cubre la energía del sonido se hace más grande y, por lo tanto, la intensidad del sonido disminuye. Esto es independiente de la frecuencia y representa un factor importante en la propagación del sonido. Se puede apreciar que partiendo de un valor máximo de presión acústica $SPL = 232 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}$, la intensidad se reduce muy rápidamente a unos 170 a 180 dB en menos de 500 m.

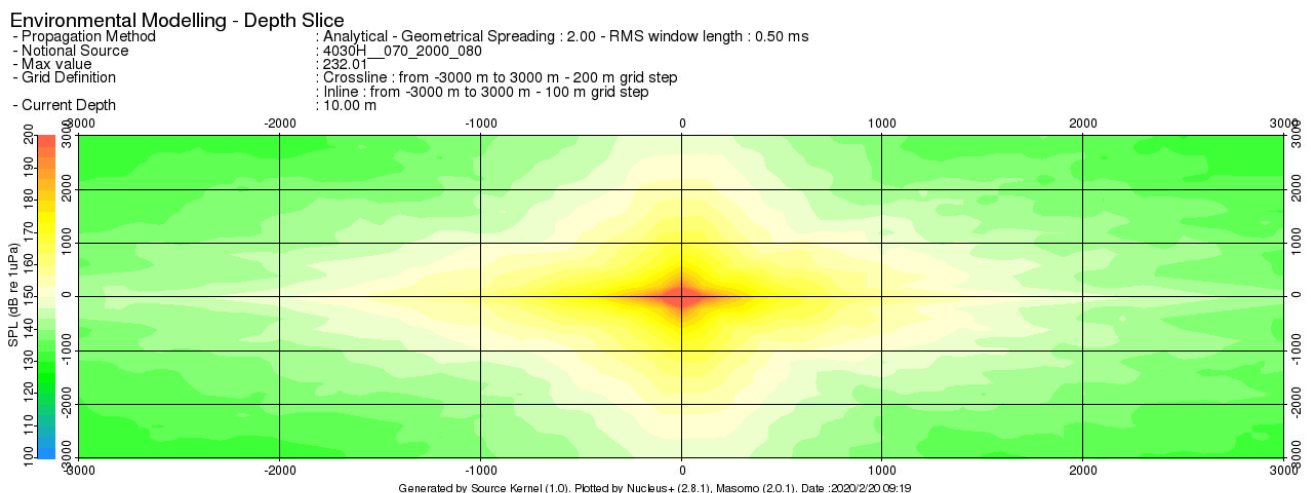


Figura 25. Propagación del sonido calculada para el arreglo típico concentrado.

Por otro lado, para analizar el impacto del sonido sobre la biota, se emplea el SPLPEAK o valor pico (0-p) en dB re 1 μ Pa.

2.9.4 Emisión sonora submarina por las fuentes de energía de aire comprimido del buque sísmico a ser utilizado – Alternativa de Arreglo Extendido típico

El arreglo de fuentes de energía de aire comprimido extendidas típico considerado para la elaboración del presente estudio tiene las siguientes características.

Tabla 11. Características del arreglo de las fuentes de energía de aire comprimido extendido.

Volumen de la fuente (pulg. cúbicas):	6 sub-arreglos de 900 = 5.400
Profundidad de la fuente (m):	6
Temperatura (°C):	10
Ancho de cada fuente individual (m):	1,6
Longitud de cada fuente individual (m):	5,6
Separación entre sub-arreglos (m):	31,25
Número de sub-arreglos:	6
Filtro Digital:	GeoStr LChyd_4.4/12-214/341
P-P (bar.m) de cada sub-arreglo:	24
P/B de cada sub-arreglo:	11,3
P-P (bar.m) total:	145,6
P/B total:	10,7

La relación en el campo cercano entre el pico inicial y la burbuja PBR = P/B = 10,7 indica que hay una atenuación aceptable de la señal secundaria.

La disposición del arreglo y de uno de los sub-arreglos se presenta en la Figura 26 y la Figura 27.



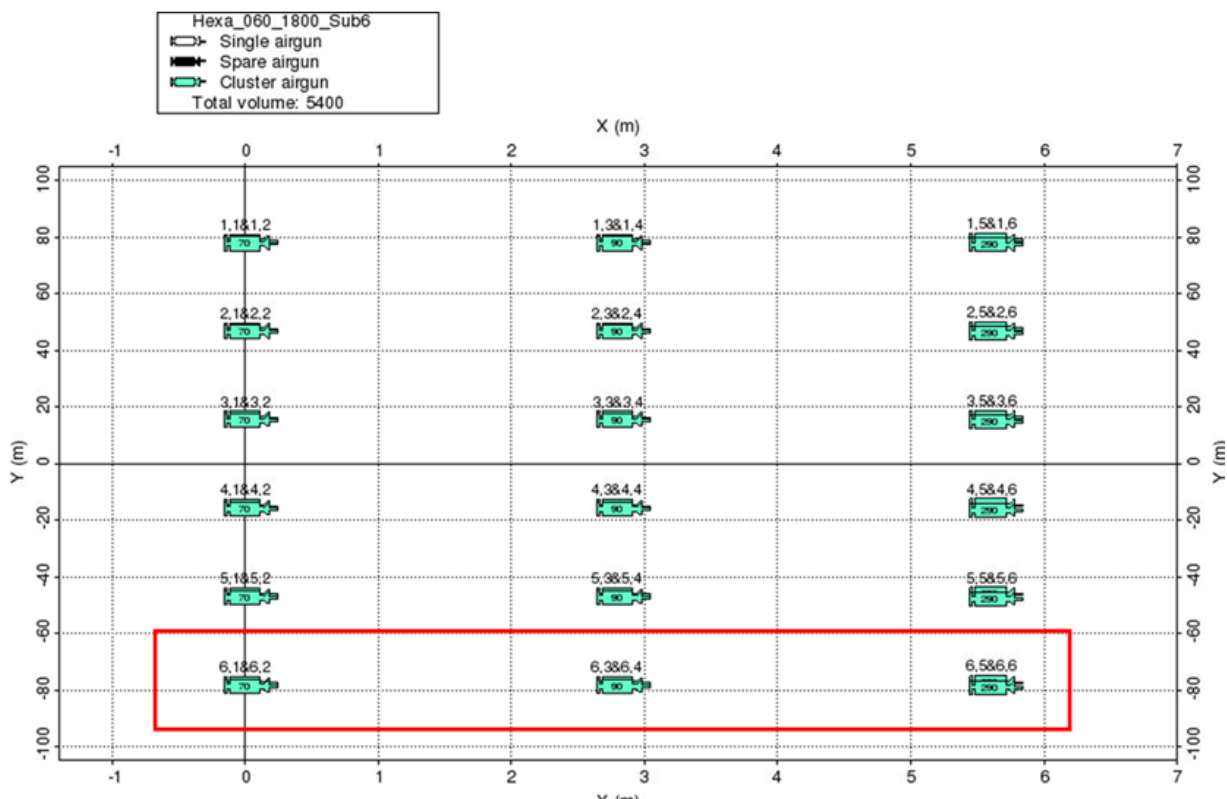


Figura 26. Arreglo típico extendido de fuentes de energía de aire comprimido previsto

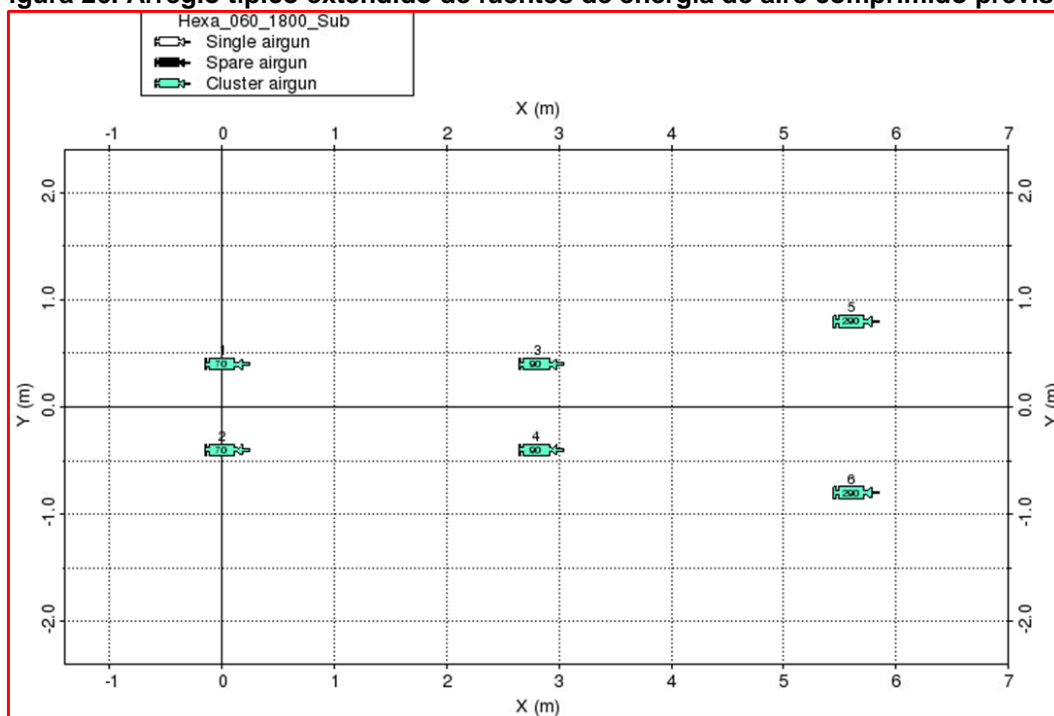


Figura 27. Sub-arreglo típico de fuentes de energía de aire comprimido

La firma acústica del cada sub-arreglo y del arreglo total se presenta en la Figura 28 y la Figura 29.

Los espectros del sub-arreglo y del arreglo total se ilustran en la Figura 30 y la Figura 31:



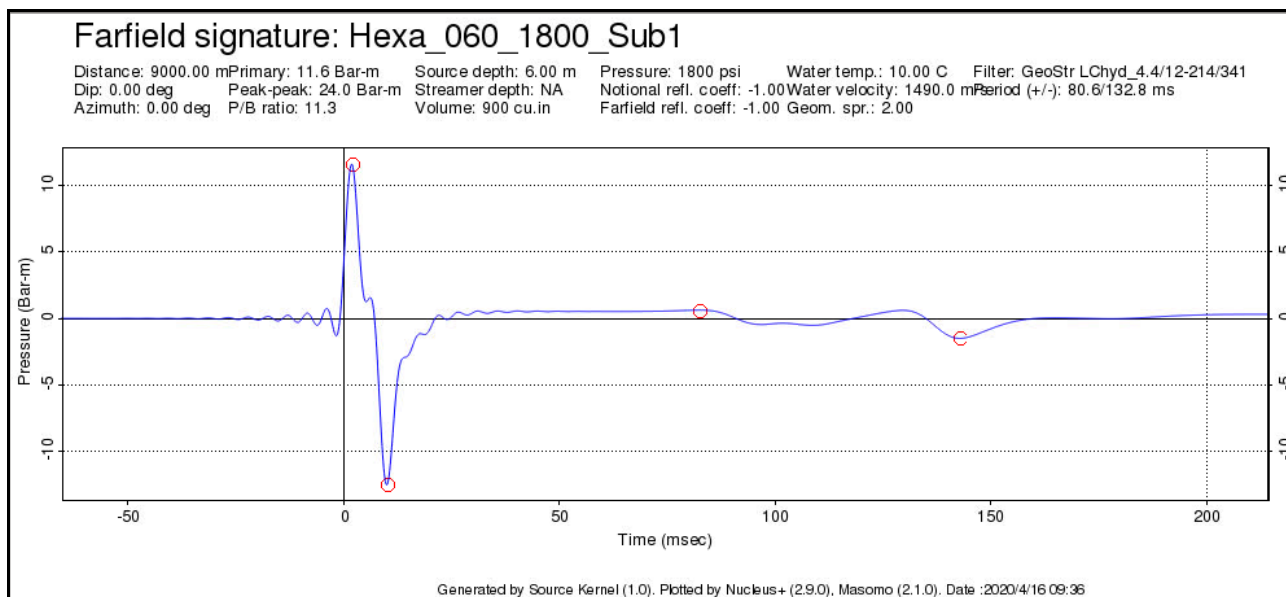


Figura 28. Firma acústica del sub-arreglo de 900 cu.in. a 6 metros de profundidad.

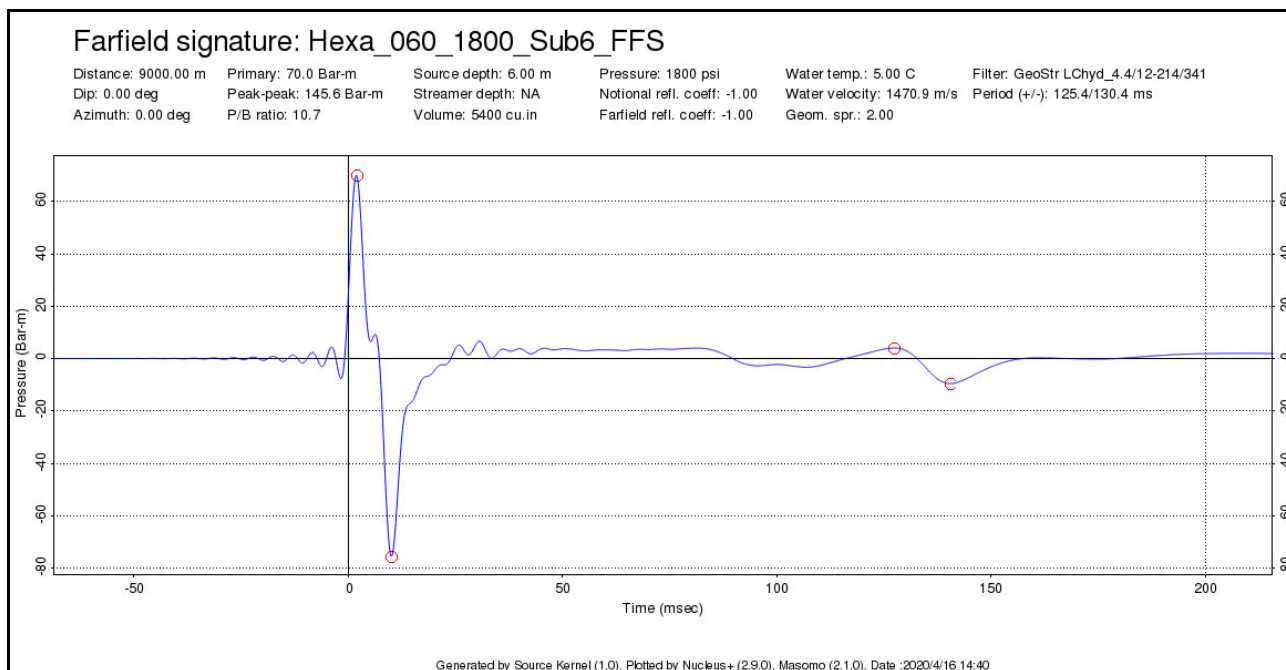


Figura 29. Firma acústica del arreglo de 5.400 cu.in. a 6 metros de profundidad.



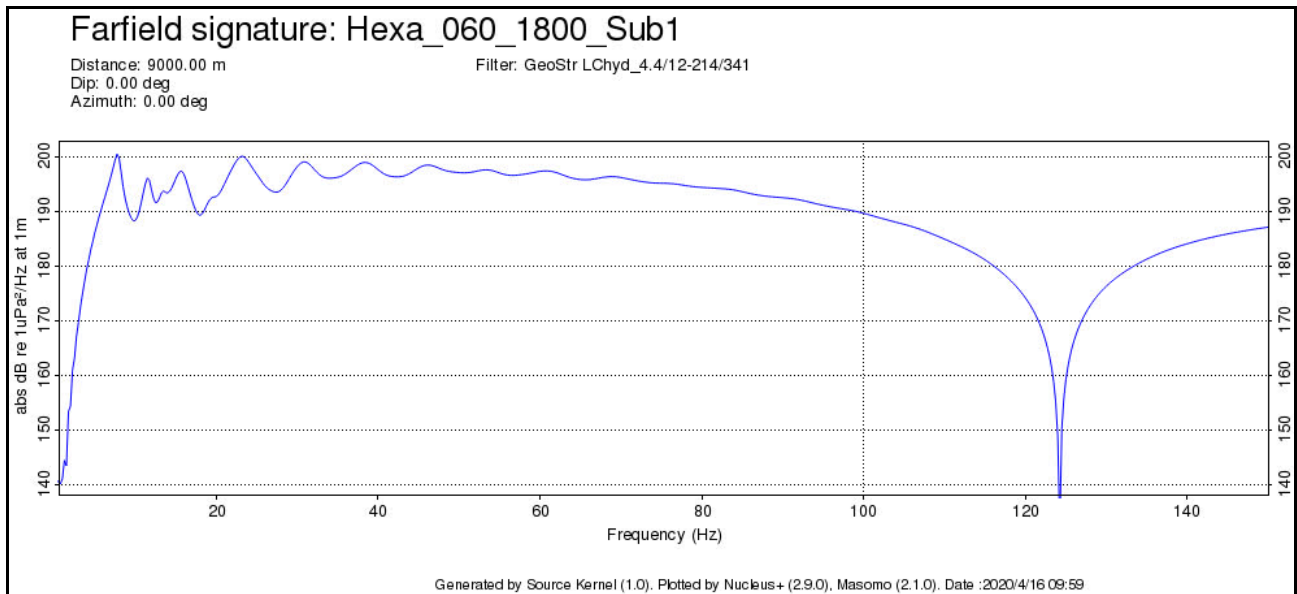


Figura 30. Firma vertical del espectro (dB absoluto) del sub-arreglo de 900 cu.in. a 6 metros de profundidad.

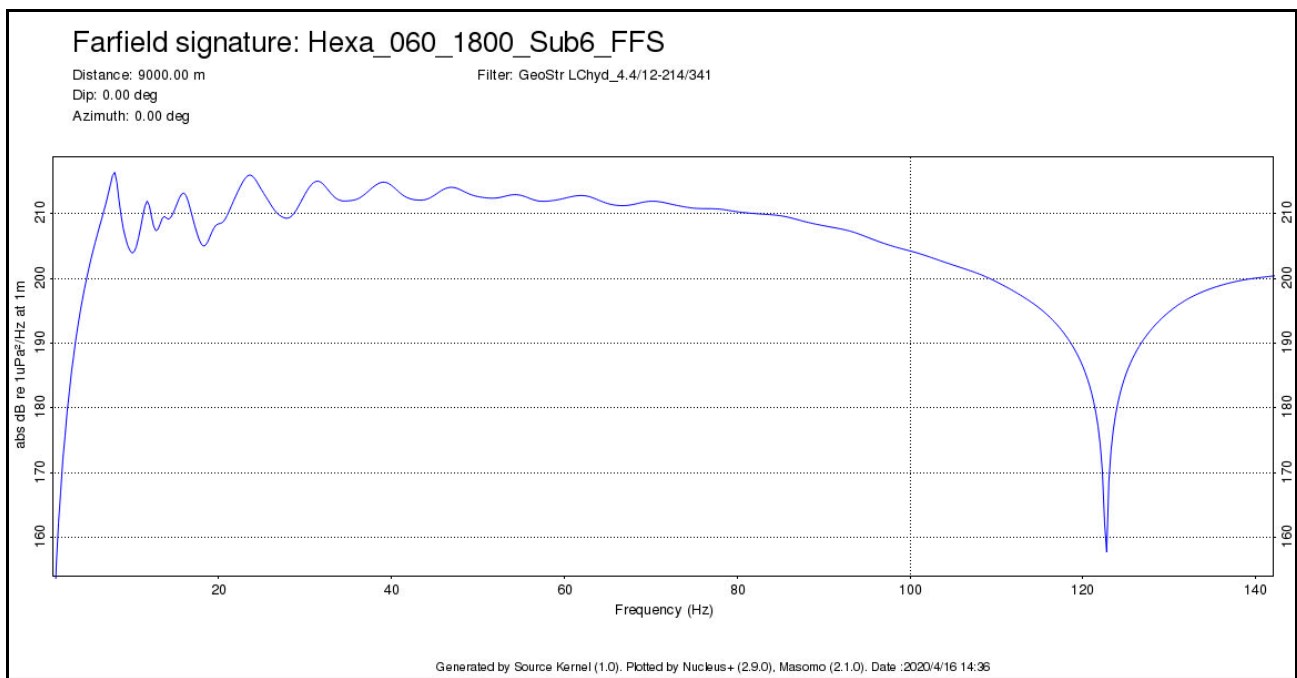


Figura 31. Firma vertical del espectro (dB absoluto) del arreglo de 5.400 cu.in. a 6 metros de profundidad.

Es posible observar que el máximo de emisiones del arreglo total (cuando emiten los 6 sub-arreglos simultáneamente) se produce entre aproximadamente 5 Hz y 80 Hz de frecuencia, mientras que para más de 90 Hz, se tienen al menos 6 dB por debajo del valor máximo.

La distribución angular de la energía sonora de cada sub-arreglo y del arreglo total a lo largo de tres transectas con respecto a la dirección de avance de la embarcación se ilustra en las siguientes figuras.

Se puede apreciar que la energía sonora se dirige principalmente hacia abajo con un rango de direcciones de hasta unos +/- 30/40° con respecto a la vertical.

La amplitud de la energía acústica propagada en direcciones cercanas a la superficie (0° a 15° hacia abajo) es inferior en al menos 12 dB a la propagada hacia aguas abajo, lo cual muestra un patrón similar al presentado previamente en la Figura 17.

Si bien diversas referencias indican que la diferencia entre la energía radiada en dirección vertical y aquella radiada en dirección horizontal suele ser de unos 20 dB (Caldwell et al, 2000), coincidentemente con lo que se aprecia en la franja más cercana a la superficie de la respuesta direccional del arreglo típico considerado el presente caso, pero para considerar la transmisión horizontal de energía, en base a la respuesta direccional ilustrada en la **Figura 32** a la **Figura 37**, se adopta conservativamente una reducción del orden de 12 dB.

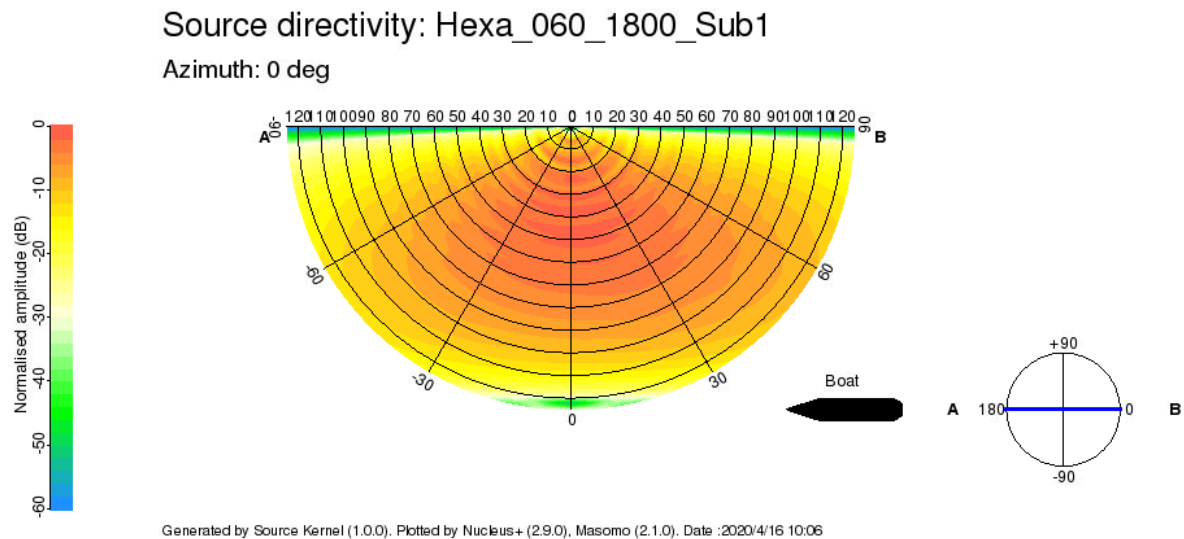


Figura 32. Respuesta direccional del sub-arreglo de 900 cu.in. en la dirección de avance.

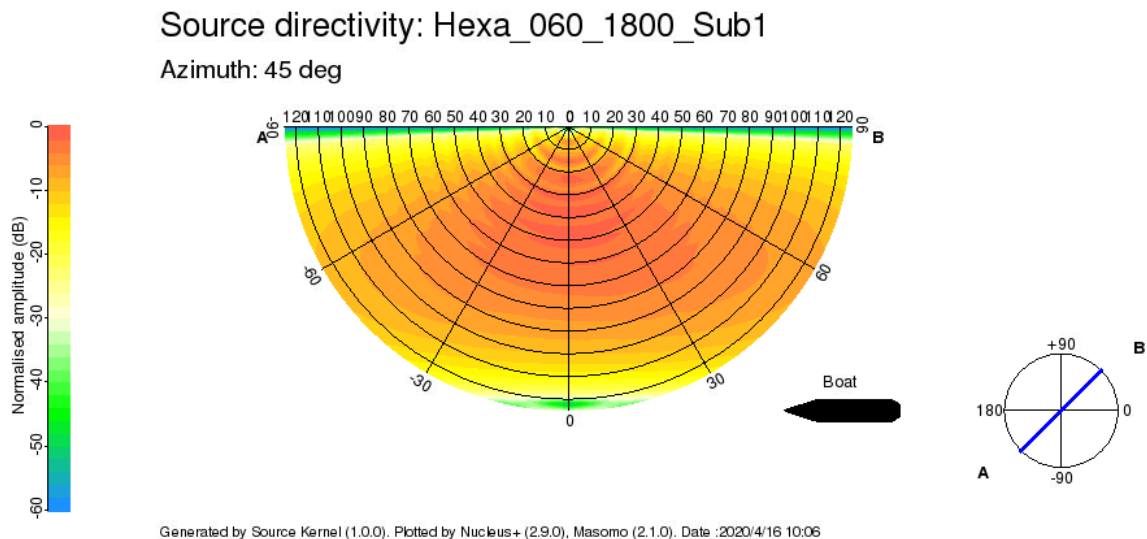


Figura 33. Respuesta direccional del sub-arreglo de 900 cu.in. en dirección transversal 45° al avance.



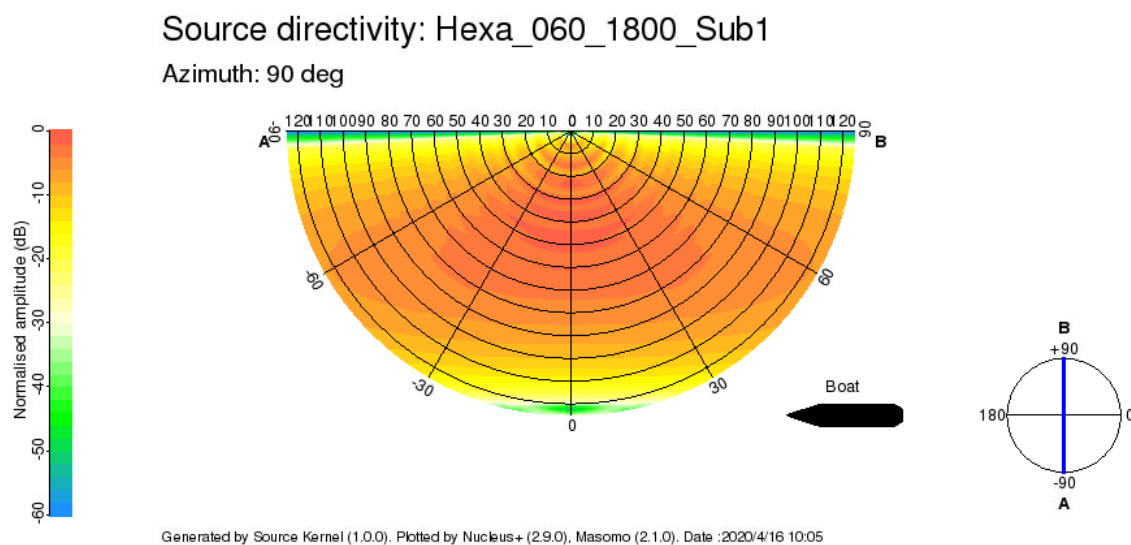


Figura 34. Respuesta direccional del sub-arreglo de 900 cu.in. en dirección perpendicular al avance.

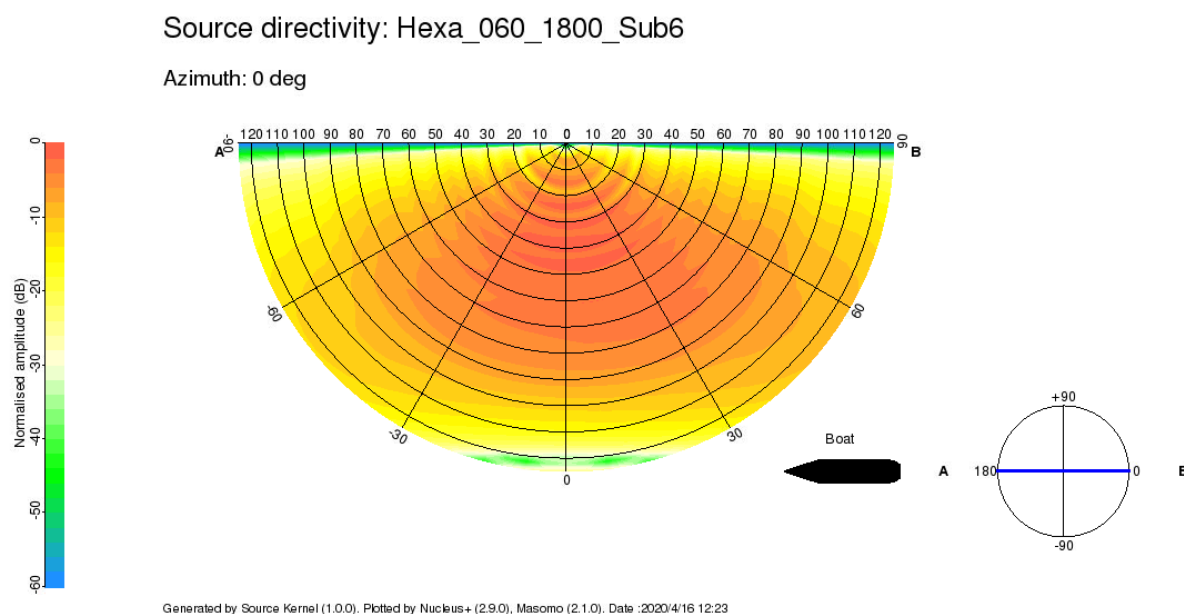


Figura 35. Respuesta direccional del arreglo de 5.400 cu.in. en la dirección de avance.



Source directivity: Hexa_060_1800_Sub6

Azimuth: 45 deg

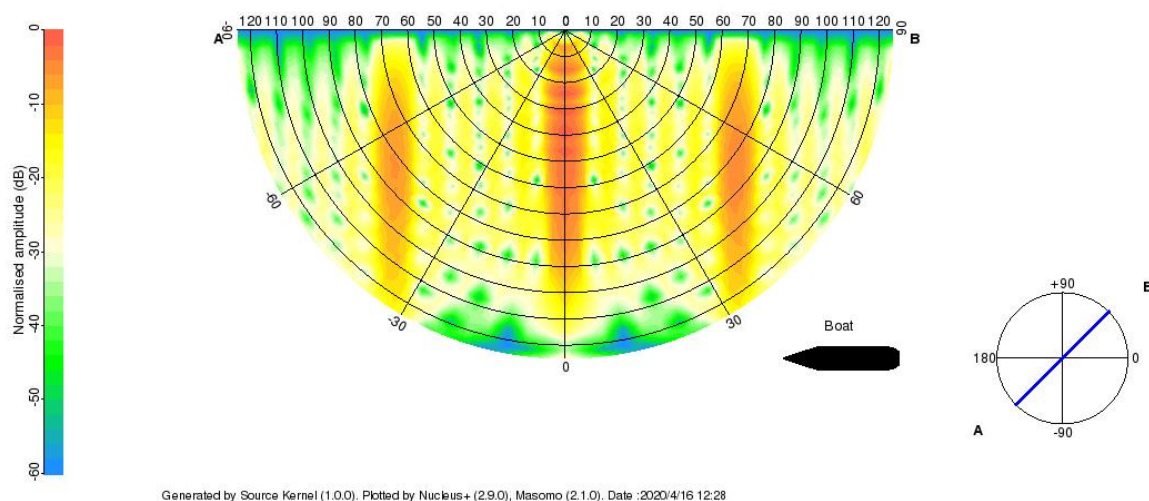


Figura 36. Respuesta direccional del arreglo de 5.400 cu.in. en dirección transversal 45° al avance.

Source directivity: Hexa_060_1800_Sub6

Azimuth: 90 deg

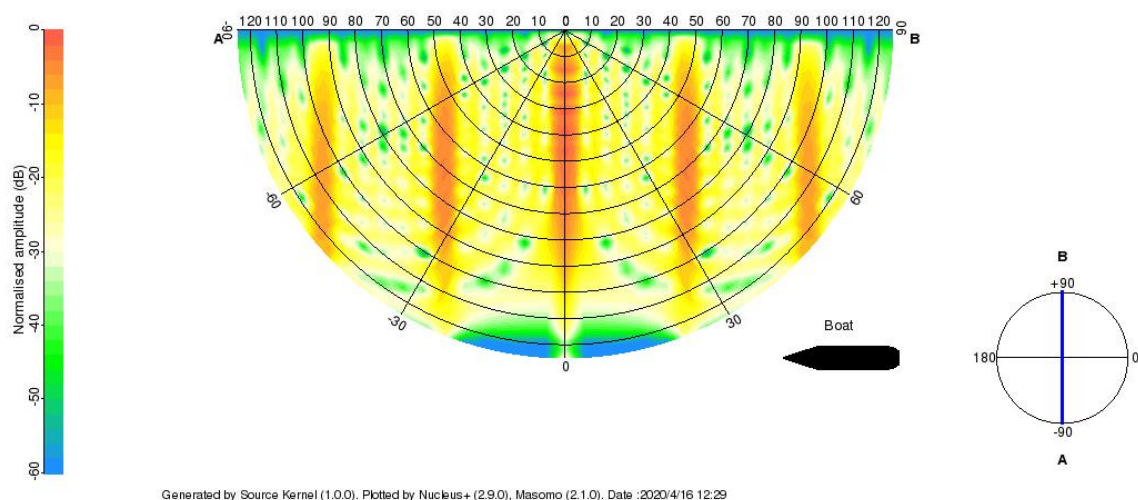


Figura 37. Respuesta direccional del arreglo de 5.400 cu.in. en dirección perpendicular al avance.



CRISTINA GOYENECHEA
Directora Área Ambiente
SERMAN & ASOCIADOS S.A.

Se resumen a continuación los datos más relevantes de la operación sísmica para el arreglo típico extendido:

- Fuentes de energía de aire comprimido: Podrán usarse dos (flip-flop) o tres conjuntos (flip-flop-flap), remolcados a una profundidad de unos 6 metros.
- Velocidad de avance aproximada: 4 a 5 nudos
- Frecuencia de energía de aire comprimido= alternativamente empleando la técnica Flip - Flop, un disparo (energía de aire comprimido) cada 8,4 metros.
- Frecuencias = rango principal de 5 a 90 Hz.
- Fuentes de Energía pico a pico (p-p): 145,6 bar.metro.
- Nivel sonoro en la fuente (nominal teórico p-p): $SL_N = 20 \log(p-p) + 220 = 263,3 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa-m}$.
- Nivel sonoro en la fuente (nominal teórico pico = p-p - 6 dB): $SL_N = 257,3 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa-m}$.
- Nivel sonoro en la fuente (nominal teórico estimado rms = p-p - 16 dB): $SL_N = 247,3 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa-m}$.
- Nivel sonoro en la fuente horizontal (real estimado p-p = teórico p-p - 12 dB): $SL_R = 251,3 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa-m}$.
- Nivel sonoro en la fuente horizontal (real estimado pico = real estimado p-p - 6 dB): $SL_R = 245,3 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa-m}$.
- Nivel sonoro en la fuente horizontal (real estimado rms = real estimado p-p - 16 dB): $SL_R = 235,3 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa-m}$.
- Duración del Proyecto: 85/150 días aproximadamente.

El valor de partida estimado para analizar la propagación de energía sonora de este arreglo extendido es entonces igual a 251,3 dB re 1 $\mu\text{Pa-m}$ (p-p). La diferencia con el arreglo concentrado es de solo 0,1 dB.

Por otro lado, se cuenta con información bidimensional horizontal sobre la propagación de la presión sonora emitida por este arreglo, para una capa ubicada a 10 metros de profundidad, según se puede apreciar en la Figura 38. El método aplicado se conoce como "dispersión geométrica", y tiene en cuenta que medida que el sonido se aleja de la fuente, el área que cubre la energía del sonido se hace más grande y, por lo tanto, la intensidad del sonido disminuye. Esto es independiente de la frecuencia y representa un factor importante en la propagación del sonido.

Se puede apreciar que partiendo de un valor máximo de presión acústica $SPL = 223,4 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}$, la intensidad se reduce a unos 170 a 180 dB en unos 1.000 m de distancia.



Environmental Modeling Hexa – Sound Pressure Level (SPL) – No Mamal Filter

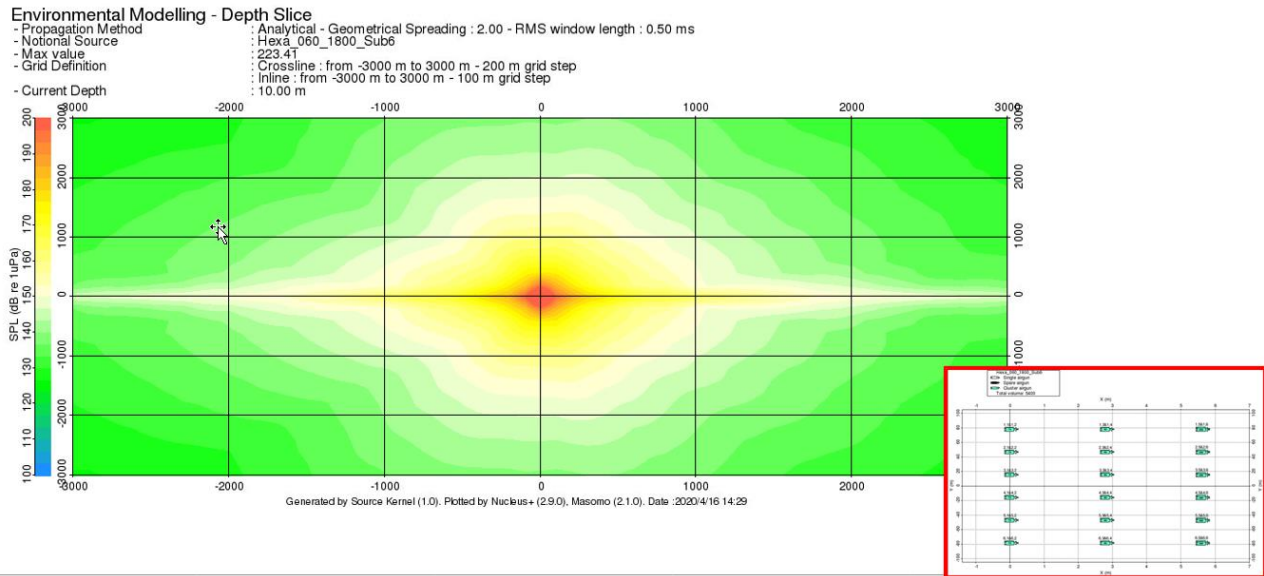


Figura 38. Propagación de la presión sonora total calculada mediante dispersión geométrica para el arreglo de tipo extendido.

Por otro lado, como se describió previamente, para analizar el impacto del sonido sobre la biota, se emplea el SPLPEAK o valor pico (0-p) en dB re 1 µPa.

2.10 PREPARACIÓN ANTE CONTINGENCIAS

2.10.1 Procedimiento general

Los procedimientos de respuesta ante emergencias se plasman en zafarranchos básicos que son 5:

- 1) *MOB (man over board)*: caída de hombre al agua. Se practican las voces de alarma, seguimiento visual de sujeto caído, arrojarle salvavidas guirnalda, detener máquinas y bajar bote de rescate.
- 2) Incendio a bordo: alarma, roles de acción, asistencia con chaleco salvavidas colocado al punto de reunión, conteo de presentes, la brigada contra incendios acude a sus puestos de equipamiento, se colocan sus trajes / equipos y se dirigen al sitio para actuar ante la situación.
- 3) Abandono de buque: alarma, colocarse el chaleco salvavidas, formar ante cada bote asignado, conteo de personas. Podrán embarcar o no. No es necesario arriar los botes al agua.
- 4) Derrame de fluido oleoso en cubierta: acude la brigada asignada. Disponen de medios para actuar: botas de goma, mamelucos blancos descartables, material absorbente, guantes de goma, bolsas plásticas, palitas, cepillos y otros utensilios.
- 5) Pérdida de comando: la persona entrenada acude a popa y mediante un teléfono adecuado recibe órdenes desde el puente para hacer comando manual de los timones.

Asociado a cada situación puede simularse un accidentado, sea quemadura, fractura, cortes, etc. Para ello el buque sísmico tiene a bordo un médico, con un consultorio que dispone toda la aparatología de emergencia y si fuera necesario, evacuación, que será diferente según el tipo de accidente u oportunidad de medios para evacuar (de noche el helicóptero no vuela; de día con visibilidad nula tampoco). El consultorio tiene capacidad para internar hasta 2 pacientes.



2.10.2 Equipamiento de seguridad

Ante un incendio incontrolable a bordo del buque sísmico se contará con medios (monitores) para agua FiFi (Fire Fighting).

Los grupos generadores auxiliares típicos tienen unos 1500 kW (diésel de 2000 HP).

Los sistemas de detección que posee este tipo de buque incluyen detectores de humo en sala de máquinas, casillaje y lugares comunes.

Los equipos de extinción para sala de máquinas son de baterías de tubos de CO₂ o similares y para incendios en otros sitios, bombas específicas para incendios con caudal de 150 m³/h, rociadores en sala de pinturas y productos químicos inflamables.

Para el helipuerto se posee kit de herramientas para abrir puertas de helicóptero, kit de extintores y picos de agua a presión, orientables.

Cuentan con botes salvavidas / balsas salvavidas redundantes que duplican el número de personal a bordo, es decir, el doble por cada banda.

3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma de adquisición se ajustará a las condiciones oceanográficas para asegurar la seguridad de las operaciones. En principio no se prevé que existan impedimentos para llevar a cabo las operaciones en cualquier momento del año. No obstante, la temporada de preferencia resulta en general el verano, dado que en el invierno es esperable que se produzcan interrupciones más prolongadas debido a las condiciones climáticas.

En principio se contempla el siguiente cronograma de operaciones:

- En muy posible que los buques se movilicen al área con el objetivo de comenzar el registro sísmico en el primer trimestre de 2021
- Se espera que las tareas de registro sísmico se extiendan por hasta 180 días (plazo máximo estimado considerando la exploración de la totalidad de las áreas – CAN 100-108 y 114-)
- Se espera que los buques se desmovilicen tan pronto como el programa de adquisición finalice, muy posiblemente en el segundo o tercer trimestre de 2021

Alternativamente, el cronograma podrá ser dividido en dos fases para completar los 180 días previstos para la exploración de la totalidad de las áreas. Un cronograma posible es el siguiente:

- Fase 1: 90 días de registro sísmico entre el primer y segundo trimestre de 2021
- Fase 2: 90 días de registro sísmico entre el cuarto trimestre de 2021 y el primer trimestre de 2022

Como se mencionó anteriormente, durante esta campaña el buque sísmico se encontrará exclusivamente abocado a las tareas en las áreas CAN 100, CAN 108 y CAN 114.

Se espera que las operaciones se lleven a cabo con normalidad siempre que las olas tengan menos de 3 m de altura y el viento sea inferior a 20 nudos.



Si las condiciones meteorológicas desmejoran y/o se considera inseguro operar, el buque detendrá la producción y seguirá la dirección de navegación que sea más adecuada dadas las direcciones del viento y de las olas. Cuando las condiciones meteorológicas mejoren, el buque volvería a la línea de producción más cercana para reanudar las operaciones.

En condiciones extremas (ciclón, etc.), cuando el capitán del buque estime que no es seguro permanecer en alta mar, el buque recogería su equipo en el mar y se dirigiría a puerto. Una vez que las condiciones meteorológicas mejoran, el buque regresaría a la zona de operaciones, volvería a desplegar su equipo en el mar y reanudaría la producción.



4 **BIBLIOGRAFÍA**

BOERTMANN D., TOUGAARD J., JOHANSEN K., MOSBECH A., GUIDELINES TO ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF SEISMIC ACTIVITIES IN GREENLAND WATERS, NATIONAL ENVIRONMENTAL RESEARCH INSTITUTE NERI TECHNICAL REPORT NO. 785 2010.

CALDWELL, J. & DRAGOSET, W. 2000. A BRIEF OVERVIEW OF SEISMIC AIR-GUN ARRAYS. – LEADING EDGE 19 (8): 898-902.

GISINER R. SOUND AND MARINE SEISMIC SURVEYS. ACOUSTICS TODAY. WINTER 2016. VOLUME 12, ISSUE 4. ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA. (<http://acousticstoday.org/wp-content/uploads/2016/12/Seismic-Surveys.pdf>, VISITADO 9/03/2017).

JACQUES WHITFORD ENVIRONMENT LIMITED, NFS08932, STRATEGIC ENVIRONMENTAL ASSESSMENT - LAURENTIAN SUBBASIN (DRAFT), MARCH 13, 2003. ADDENDUM FOR PUBLIC REVIEW, SEPT. 2003.

JNCC (U.K. JOINT NATURE CONSERVATION COMMITTEE), (APRIL 2017) GUIDELINES FOR MINIMISING ACOUSTIC DISTURBANCE TO MARINE MAMMALS FROM SEISMIC SURVEYS – DRAFT, JOINT NATURE CONSERVATION COMMITTEE, MARINE ADVICE.

LANDRØ M. AND AMUNDSEN L. MARINE SEISMIC SOURCES PART I GEOEXPRO, VOL. 7, NO.1 (2010)

LANGHAMMER, J. [1994] EXPERIMENTAL STUDIES OF ENERGY LOSS MECHANISMS IN AIR-GUN BUBBLE DYNAMICS. PHD THESIS, NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET (NTNU) TRONDHEIM, NORWAY.

MCCAULEY, R. D. (1998). RADIATED UNDERWATER NOISE MEASURED FROM THE DRILLING RIG OCEAN GENERAL, RIG TENDERS PACIFIC ARIKI AND PACIFIC FRONTIER, FISHING VESSEL REEF VENTURE AND NATURAL SOURCES IN THE TIMOR SEA, NORTHERN AUSTRALIA. SHELL AUSTRALIA.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2012). DOCUMENTO TÉCNICO SOBRE IMPACTOS Y MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA MARINA. MADRID. 146 PP

NEDWELL J R, NEEDHAM K, TURNPENNY A W H, THOMPSON D (1999) "MEASUREMENT OF SOUND DURING A 3D SEISMIC SURVEY IN BLOCKS 14/14A OF THE NORTH SEA". SUBACOUSTECH REPORT REFERENCE: 356R0108, FEBRUARY 1999.

SOUTHALL BL, BOWLES AE, ELLISON WT, FINNERAN J, GENTRY R, GREEN CR KASTAK CR, KETTEN DR, MILLER JH, NACHTIGALL PE, RICHARDSON WJ, THOMAS JA & TYACK PL (2007). MARINE MAMMAL NOISE EXPOSURE CRITERIA. AQUATIC MAMMALS.

TURNPENNY A W H, NEDWELL J R (1994) "THE EFFECTS ON MARINE FISH, DIVING MAMMALS AND BIRDS OF UNDERWATER SOUND GENERATED BY SEISMIC SURVEYS". REPORT TO THE UK OFFSHORE OPERATORS ASSOCIATION NO. FRR 089/94.





República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
2020 - Año del General Manuel Belgrano

Hoja Adicional de Firmas
Documentación personal

Número:

Referencia: Documentación Complementaria

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 45 pagina/s.