

# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REGISTRO SÍSMICO OFFSHORE 3D ÁREA CAN 102 ARGENTINA

## CAPÍTULO 4 - DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

NOVIEMBRE DE 2021

### ÍNDICE

<b>1</b>	<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>TECNOLOGÍA DE LA SÍSMICA</b>	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>EQUIPAMIENTO DE EMISIÓN SONORA A SER EMPLEADO</b>	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>BUQUE SÍSMICO Y EMBARCACIONES DE APOYO</b>	<b>14</b>
2.3.1	Buque sísmico	15
2.3.2	Embarcaciones de apoyo	17
<b>2.4</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL RELEVAMIENTO</b>	<b>19</b>
<b>2.5</b>	<b>MOVILIZACIÓN Y LOGÍSTICA</b>	<b>21</b>
<b>2.6</b>	<b>PERSONAL</b>	<b>23</b>
<b>2.7</b>	<b>CONDICIONES Y MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO</b>	<b>24</b>
<b>2.8</b>	<b>EFLUENTES, RESIDUOS, EMISIONES</b>	<b>24</b>
2.8.1	Efluentes	24
2.8.2	Residuos	25
2.8.3	Emisiones gaseosas	26
<b>2.9</b>	<b>RUIDOS</b>	<b>27</b>
2.9.1	Emisión sonora aérea	27
2.9.2	Emisión sonora submarina por las fuentes de energía de aire comprimido de un buque sísmico	28
2.9.3	Emisión sonora submarina por las fuentes de energía de aire comprimido	40



<b>2.10</b>	<b>MONITOREO ACÚSTICO PASIVO</b>	<b>51</b>
<b>2.11</b>	<b>PREPARACIÓN ANTE CONTINGENCIAS</b>	<b>52</b>
2.11.1	Procedimiento general	52
2.11.2	Equipamiento de seguridad	52
<b>3</b>	<b>CRONOGRAMA</b>	<b>53</b>
<b>4</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>55</b>
	<b>ANEXO I - ESPECIFICACIONES FUENTE DE EMISIÓN G-GUN DE SERCEL</b>	<b>57</b>
	<b>ANEXOS II - ESPECIFICACIONES FUENTE DE EMISIÓN BOLT TELEDYNE</b>	<b>63</b>
	<b>ANEXO III - ESPECIFICACIONES GUNLINK 4000 SEAMAP</b>	<b>64</b>
	<b>ANEXO IV – ESPECIFICACIONES BUQUE BGP PROSPECTOR</b>	<b>66</b>
	<b>ANEXO V - ESPECIFICACIONES BUQUE GEO SERVICE I</b>	<b>67</b>
	<b>ANEXO VI – ESPECIFICACIONES BUQUE CANDELA S</b>	<b>69</b>
	<b>ANEXO IV - ESPECIFICACIONES TOWED PAM SYSTEM</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXO VIII - MAPA DE TRAYECTORIA DE NAVEGACIÓN</b>	<b>71</b>



## 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 sirva de insumo para la descripción del marco legal aplicable 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, en el bloque CAN 102 ubicado en la Cuenca Argentina Norte de la Plataforma Continental Argentina.

El bloque CAN 102 posee una superficie aproximada de 8.964,74 km<sup>2</sup>, se localiza dentro de las 200 millas marinas pertenecientes a la Zona Económica Exclusiva Argentina, y se inserta parcialmente en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguay según la zonificación definida por el tratado del Río de la Plata.

En la siguiente figura se presenta el bloque CAN 102 cuyas coordenadas se presentan en la Tabla 1. Dentro del mismo se prevé el registro sísmico de solo unos 2.400 km<sup>2</sup> aproximadamente (Área de Adquisición) como se puede observar en la Figura 2. El Área de Adquisición de datos sísmicos está rodeada por un área operativa más amplia (Área de Maniobras) que abarca las maniobras auxiliares del buque sísmico incluyendo los giros que realizará el conjunto sísmico para efectuar los cambios de líneas. En su mayor extensión espacial el Área de Maniobras no supera los 20 km de distancia desde el Área de Adquisición (sectores NO y SE donde se realizarán los giros del conjunto sísmico), y en su menor extensión comprende 2 km alrededor de la misma. El área resultante de la suma del Área de Adquisición y el Área de Maniobra, conforman lo que la Res. MArDS 201/2021 define como "Área de Actividad". El límite del Área de Maniobras representado en la Figura 2 con línea amarilla conforma el Área de Actividad.

Esto ubica al Área de Adquisición CAN 102 a una distancia superior a los 270 km de la localidad costera más cercana (Punta Médanos, Provincia de Buenos Aires) y a más de 290 km del Puerto de Mar del Plata. Las principales vías de acceso son marítimas y/o aéreas desde estas localidades y hacia el área.



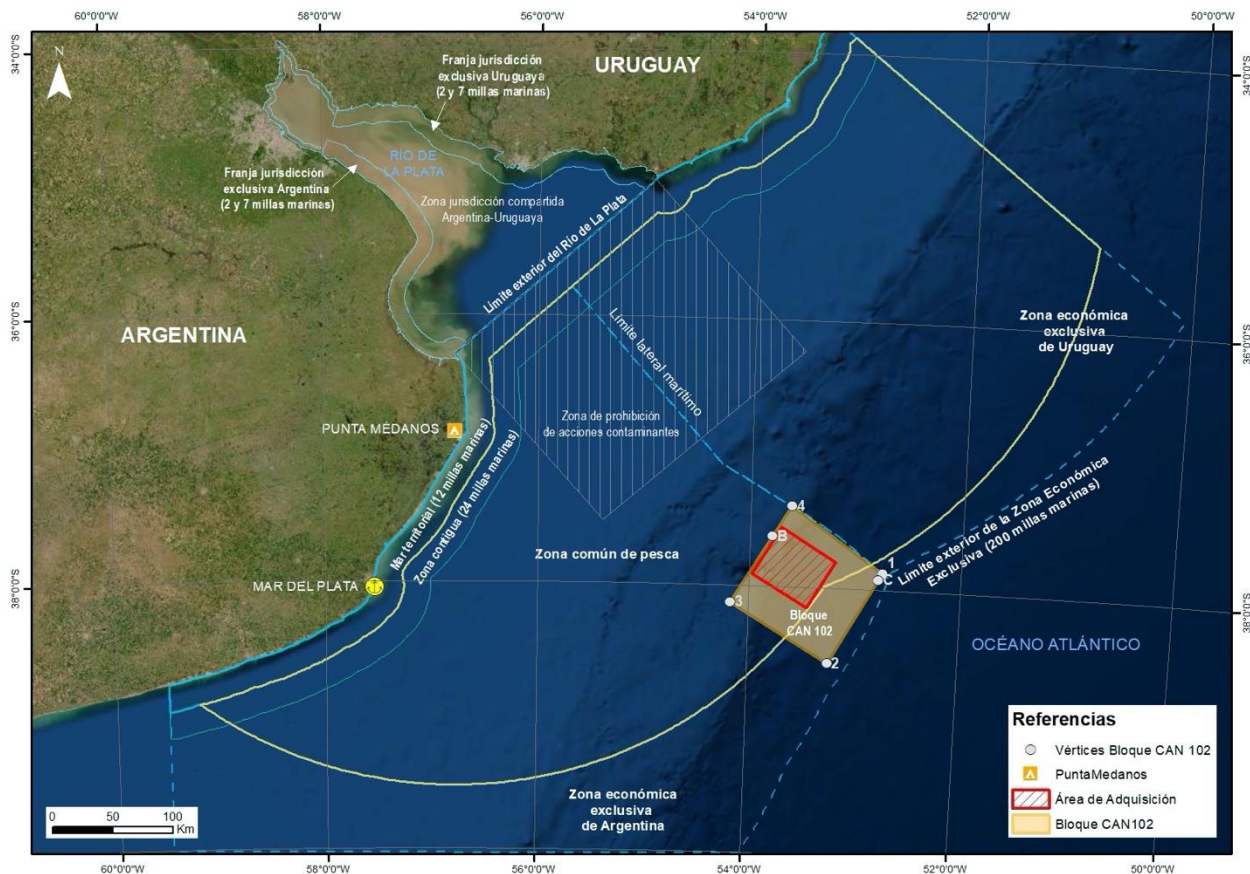


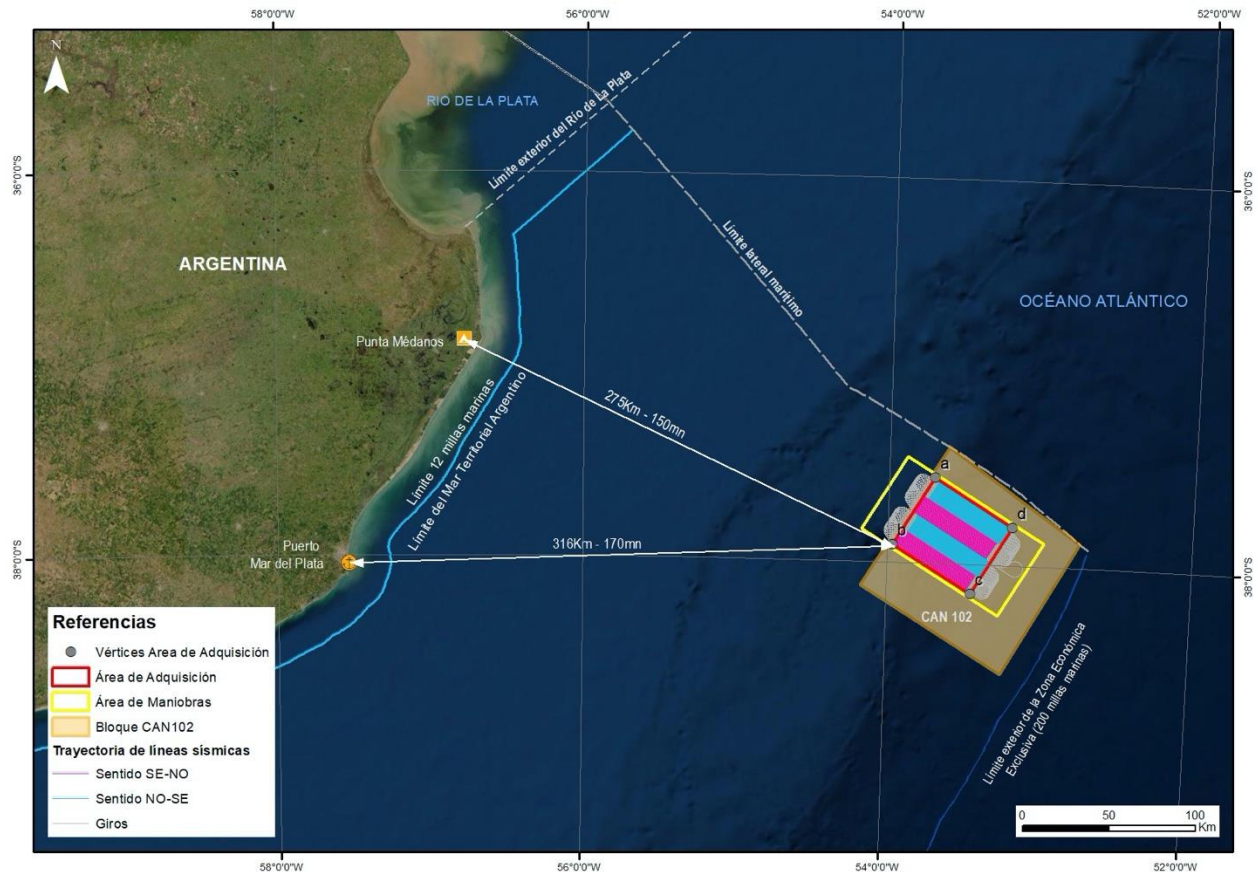
Figura 1. Ubicación geográfica del bloque CAN 102.



Las coordenadas que definen el bloque CAN 102 se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1. Coordenadas del bloque CAN 102**

Punto	Proyección Cartográfica UTM Zona 22 Sur		World Geodetic System 1984		Observación
	X	Y	Longitud	Latitud	
1	347124,2644	5806850,7893	-52,738175	-37,87301	SOBRE LIMITE LATERAL MARITIMO CON URUGUAY
C	343995,0005	5801020,8206	-52,775	-37,925	-
2	305485,7596	5729141,93	-53,2326	-38,5649	-
3	222051,7755	5775553,7472	-54,1708	-38,1251	-
B	253999,0407	5832135,8022	-53,7875	-37,625	-
4	268866,1396	5858087,5497	-53,611045	-37,395183	SOBRE LIMITE LATERAL MARITIMO CON URUGUAY



**Figura 2. Área de Adquisición de datos sísmicos dentro del bloque CAN 102.**



Las coordenadas que detallan el área de adquisición de datos sísmicos se detallan en la Tabla 2.

**Tabla 2. Coordenadas del Área de Adquisición CAN 102**

Punto	Proyección Cartográfica UTM Zona 22 Sur		World Geodetic System 1984	
	X	Y	Longitud	Latitud
a	261360,3272	5840013,4420	-53,701607	-37,556014
b	239104,8831	5800303,0132	-53,967506	-37,907427
c	285453,2703	5774235,2784	-53,448619	-38,154267
d	307712,1590	5813948,3377	-53,184129	-37,801619

## 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.

#### Fuente sísmica

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.

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)<sup>1</sup>, y varía típicamente entre 20 y 800 cu.in – 0,33 a 13,1 litros (Landrø M. and Amundsen L., 2010).

#### Arreglos de emisión y recepción

Se denomina arreglo a una configuración geométrica de transductores (fuentes o receptores) usados para generar o para registrar un campo físico, que en el presente caso es un campo acústico. Un arreglo geométrico de fuentes sísmicas es un grupo de fuentes de emisión sonora, cada una activada en una cierta secuencia fija a tiempo o de los receptores (un grupo de hidrófonos en un cable sísmico o “streamer”).

Un arreglo emisor consiste en 3 a 6 sub-arreglos, cada uno de los cuales suele contener 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.

<sup>1</sup> Una pulgada cúbica equivale a 0,0163871 litros

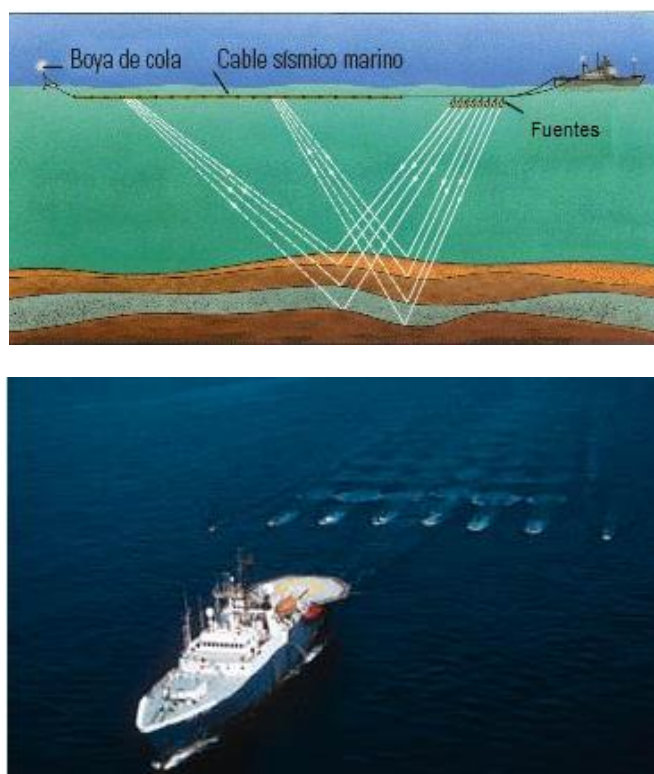


Las fuentes de energía de aire comprimido flotan en el mar entre 3 m y 10 m de profundidad (generalmente alrededor de 6 a 7 metros). Es común colocar 2 a 4 fuentes de energía de aire comprimidos en un "cluster" o grupo, colocándolos cerca entre sí para obtener una fuente de energía de aire comprimido 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, como se verá más adelante.

Para la registración sísmica acuática las fuentes de energía de aire son remolcadas por una embarcación a lo largo de las líneas de prospección proyectadas.

Para calcular con precisión donde se localizan las características del sustrato, se utilizan posicionadores GPS que proveen la posición de la fuente y de cada grupo de hidrófonos que registran la señal reflejada.

En la Figura 3 las líneas en color blanco indican trayectorias posibles de las ondas acústicas saliendo del arreglo emisor, alcanzando el sustrato marino y reflejándose hasta alcanzar los sensores o hidrófonos ubicados en el cable sísmico<sup>2</sup>. La boya de cola ayuda a la tripulación a identificar el final del cable.



**Figura 3. Esquema y fotografía de un buque sísmico, las fuentes de emisión, el cable sísmico (streamers) y la boya de cola.**

<sup>2</sup> Fuente: [https://www.glossary.oilfield.slb.com/Terms/s/seismic\\_acquisition.aspx](https://www.glossary.oilfield.slb.com/Terms/s/seismic_acquisition.aspx)



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.

### Ondas P

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.

En geofísica, el término "acústica" se refiere específicamente al estudio de las ondas P.

### Ondas S

Las ondas S en cambio son ondas volumétricas elásticas en la que las partículas oscilan en dirección perpendicular a la dirección en que se propaga la onda. Las ondas S son generadas por la mayoría de las fuentes sísmicas terrestres, pero no por las fuentes de aire comprimido.

Las ondas P que chocan con una interfase con un ángulo de incidencia no normal pueden producir ondas S, que en ese caso se denominan ondas convertidas. Del mismo modo, las ondas S pueden ser convertidas en ondas P. Las ondas S, u ondas de corte, se propagan más lentamente que las ondas P y no pueden propagarse a través de los fluidos porque los fluidos no sustentan el esfuerzo cortante.

### Duración del pulso y secuencia de emisión durante la adquisición sísmica

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.

El tiempo de elevación del pulso cerca de la fuente (de cero a máxima presión) varía entre 5 y 10 ms (milisegundos), y la mayor parte de la energía total es emitida en no más de 30 ms.

La emisión de energía se desplaza a intervalos constantes de distancia a medida que el buque avanza a una velocidad que normalmente se encuentra entre los 4 y 5 nudos (unos 2 a 2,5 m/s).

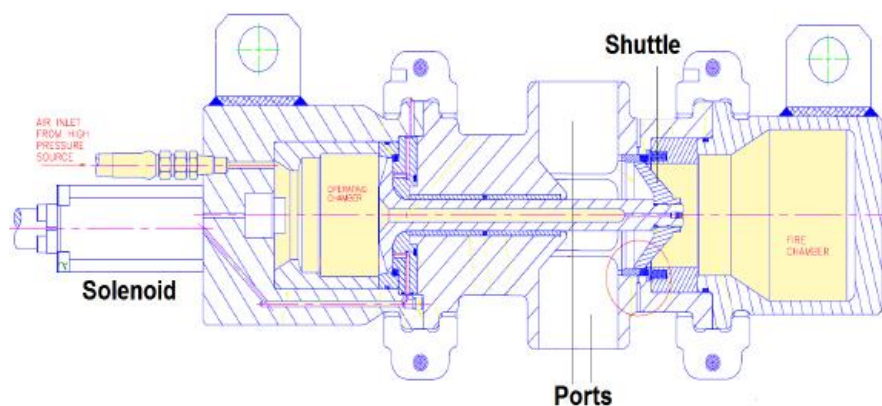
Durante una operación de sísmica submarina típica, las fuentes de energía de aire comprimido se ejecutan normalmente a intervalos del orden de aproximadamente 3 a 15 segundos, con emisiones de unas decenas de milisegundos (ms) (con un ciclo operativo de aproximadamente 0,3% del tiempo). Aunque los niveles de energía máximos pueden ser altos, la corta duración señalada implica que la energía total transmitida es relativamente baja.

### Fuente de energía de aire comprimido

Una fuente de energía de aire comprimido consiste en un equipo que descarga aire a presión en el agua, 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 generar el pulso, 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.



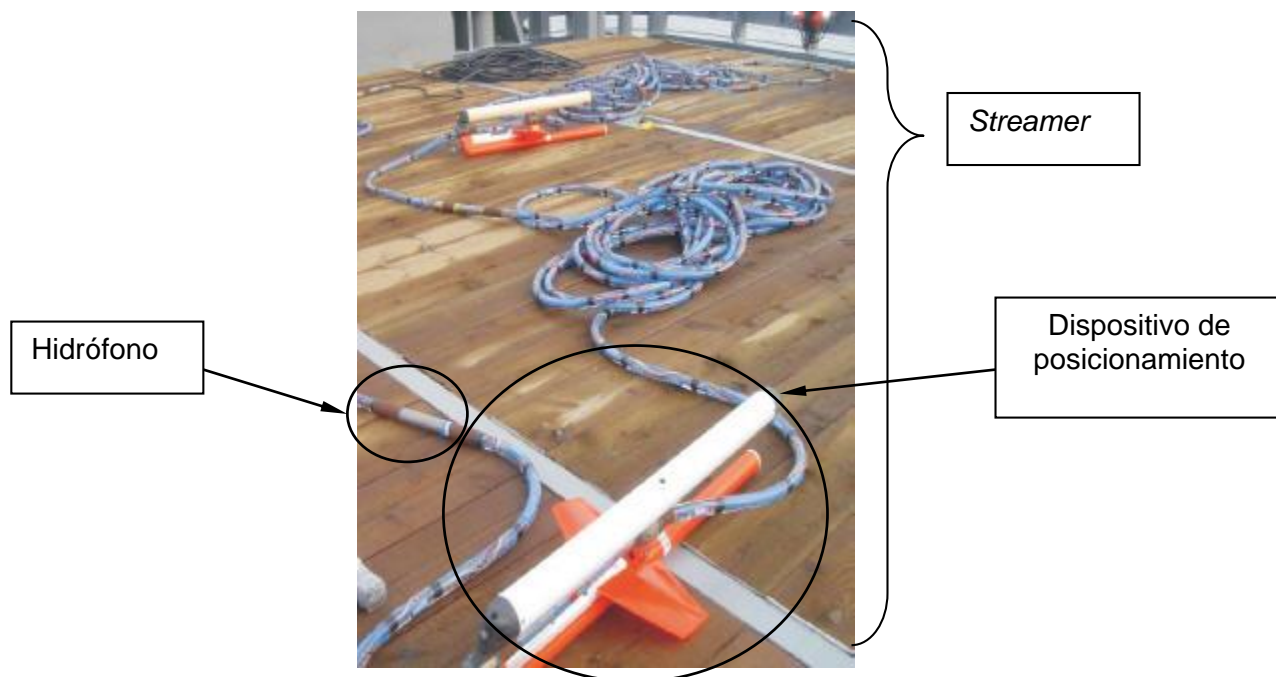
**Figura 4. Esquema típico de una fuente de energía de aire comprimido.**

Las posibles marcas de las fuentes a ser utilizadas se indican en el parágrafo 2.2. Es necesario tener en cuenta que todos los fabricantes emplean el mismo tipo de tecnología y que las explicaciones vertidas en el presente parágrafo representan adecuadamente el funcionamiento de cualquiera de las marcas que eventualmente pudieran emplearse en la prospección.

### Recepción de la energía reflejada

La recepción de las señales sísmicas se realiza con un sistema de arrastre denominado *streamers*. Está compuesto por un cable sísmico marino de superficie, que es un arreglo flotante de cables eléctricos que conecta los hidrófonos y transmite los datos sísmicos a la embarcación de registro sísmico.

*[Firma manuscrita]*



**Figura 5. Streamer.**

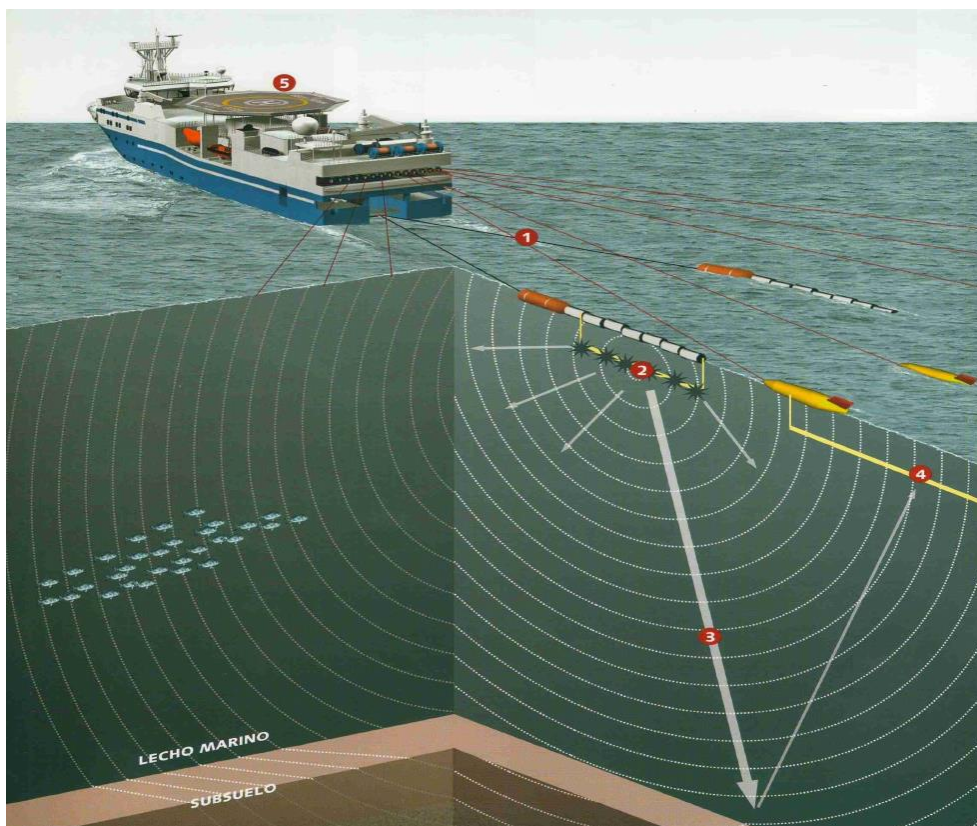
La adquisición de la información sísmica se obtiene a lo largo de líneas que conforman una grilla de registración 3D.

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.

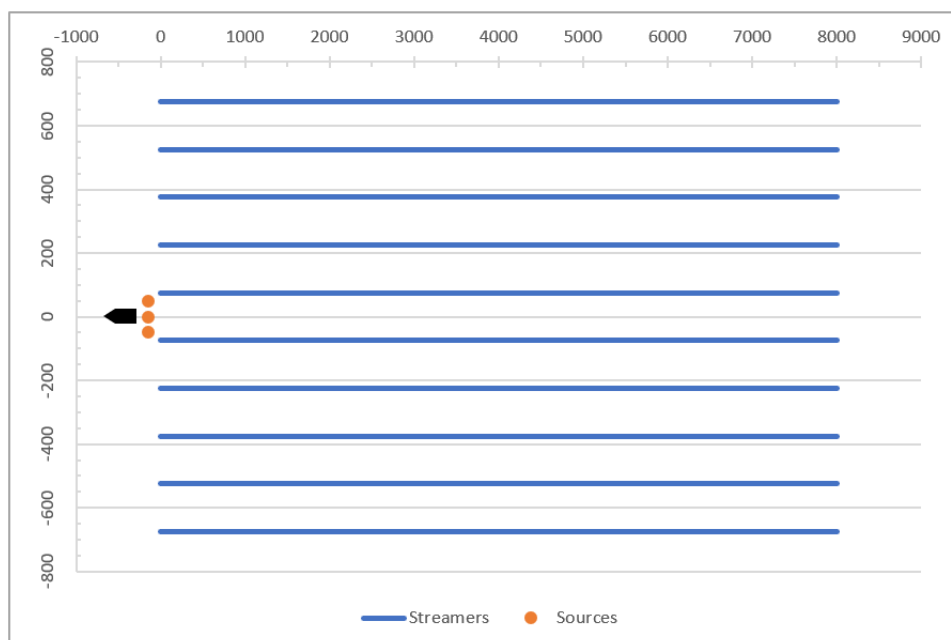
Un esquema ilustrativo del conjunto se presenta en la Figura 6. La Figura 7 esquematiza la disposición de las fuentes de energía sísmica y los *streamers* arrastrados por el buque sísmico.

*[Handwritten signature]*



**Figura 6. 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.



**Figura 7. Esquema de disposición de las fuentes de energía de aire comprimido (sources) y *streamers*. Fuente: EQUINOR**

*[Firma manuscrita]*

## 2.2 EQUIPAMIENTO DE EMISIÓN SONORA A SER EMPLEADO

A continuación, se presenta las especificaciones de los equipos de emisión sonora previstos 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).

Para la realización de la sísmica se prevé emplear un arreglo que se compone de 6 sub-arreglos, los cuales emiten en forma alternada en grupos de 2 (sistema denominado 2-2-2). Cada fuente de emisión está compuesta por 2 sub-arreglos separados 10 metros entre sí, ocupando una superficie de 10 metros de ancho por 14 metros de longitud (140 m<sup>2</sup>), y con un volumen total igual a 3.280 pulgadas cúbicas (cu.in), 53,75 litros.

Tabla 3. Condiciones del equipamiento.

Cantidad de <i>Streamers</i>	10	
Longitud de los <i>Streamers</i>	9.000	metros ( <i>streamer</i> sólido)
Intervalo entre <i>Streamers</i>	150	metros
Profundidad del <i>Streamer</i>	14 (+/- 1m)	metros
Cantidad de Fuentes por sub-arreglo	20 + 2 de repuesto	
Presión de trabajo de la Fuente	2.000	Psi <sup>3</sup>
Volumen total de la Fuente	3.280 / 53,75	cu.in. / litros
Fuentes de Energía: 0 a pico	57,5	bar.metro <sup>4</sup>
Profundidad de las Fuentes	6 (+/- 1 m)	metros

Las configuraciones de la fuente de aire sísmica marina están actualmente limitadas por un máximo de seis arreglos de fuentes arrastrados por los buques. La configuración utiliza dos sub-arreglos en cada fuente.

La disposición de una de las fuentes del arreglo previsto se presenta en la Figura 8.

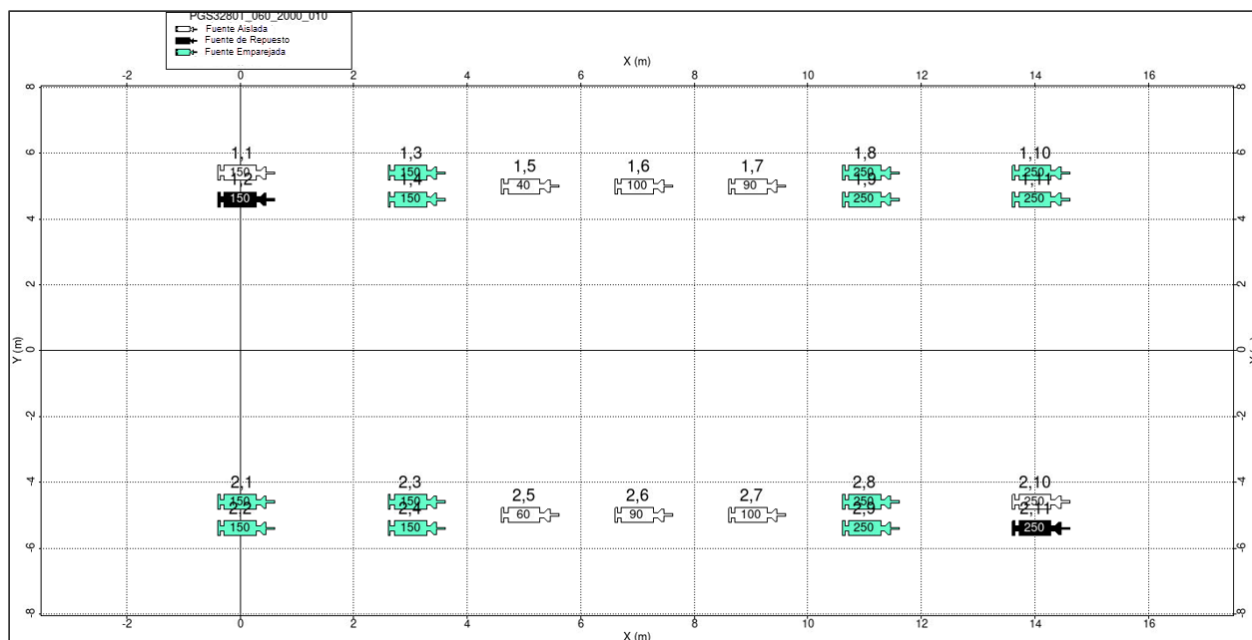
<sup>3</sup> Libra de fuerza por pulgada cuadrada (lbf/in<sup>2</sup> abreviada psi, del inglés «pounds-force per square inch») es una unidad de presión anglosajona. 1 psi = 0,6894757 Newton/centímetro<sup>2</sup> aproximadamente.

<sup>4</sup> Un Bar es una unidad de presión cuya relación con las unidades más comunes es la siguiente:

1 bar = 100.000 Pascal = 1,01972 kgf/cm<sup>2</sup>

1 atmósfera = 101.325 Pascal = 1,01325 bar





**Figura 8. Sub-arreglo emisor del arreglo de fuentes de energía de aire comprimido. Volumen 3.280 cu.in. Fuente: EQUINOR**

La fuente está diseñada de tal manera que cada una de las tres fuentes de 3.280 pulgadas cúbicas (53,75 litros) emite secuencialmente en un modo "flip-flop-flap". El intervalo de emisión secuencial es  $\sim \Delta 12,5 \text{ m} / \Delta 5,5 \text{ s}$  asumiendo una velocidad media de la embarcación de  $\sim 4,5$  nudos. La separación de cada subconjunto dentro de una fuente es de 10 m, mientras que las fuentes individuales están separadas por 50 m, siendo la distancia entre las dos fuentes extremas de 100 m.

En el apartado 2.9.3 del presente Capítulo se presenta la descripción de la emisión del arreglo, y en el Capítulo 6 se analizará la propagación del sonido emitido.

El manejo y control de las fuentes del arreglo se efectuará con un equipamiento de hardware y software tal como el Gunlink 4000 seamap - Industrias MIND Technology. Las tecnologías de fuentes que se prevé serán empleadas son del Tipo Bolt-Air-Gun 1500LL y 1900 LLX (fabricado por Teledyne) ó bien las G Gun & G Gun II (fabricado por Sercel). Cualquiera que sea el contratista geofísico que se seleccione, solo se utilizará una de estas dos tecnologías de emisión y ninguna otra. Información técnica adicional sobre estas fuentes y sobre el equipamiento de control se presenta en los Anexos I, II y III a este capítulo.

Por otro lado, en la eventualidad de que se modifique el arreglo empleado, no se empleará un arreglo cuyas características de salida sean superiores a las correspondientes a la del arreglo previsto.

La señal impulsiva de este tipo de fuentes es aproximadamente simétrica. Por otro lado, el tipo de fuente tiene muy poca influencia en la salida general de la matriz, y los 2 tipos que se pueden emplear son muy similares.



Los parámetros que tienen el mayor impacto en la salida del arreglo son los siguientes:

- Número de fuentes
- Volumen de las fuentes
- Presión operacional
- Distribución geométrica de las fuentes dentro de la matriz

La influencia de estos parámetros es la siguiente:

- Número de fuentes: existe una relación proporcional lineal entre la cantidad de fuentes en una matriz y la fuerza (intensidad) de la matriz, asumiendo que todas las demás variables se mantienen constantes. Esto implica que una matriz de 20 fuentes generará el doble de salida que una matriz de 10 fuentes, asumiendo que todas las demás variables son iguales.
- Volumen: la salida es bastante proporcional a la raíz cúbica del volumen total de la matriz ( $V^{1/3}$ ), es decir, una matriz de 8000 pulgadas cúbicas tendrá solo el doble de la salida de una matriz de 1000 pulgadas cúbicas.
- Presión de funcionamiento: existe una relación casi lineal entre la intensidad de la matriz y la presión emitida. Por ejemplo, una matriz de 3000 Psi tendrá una amplitud de presión 1,5 veces mayor que la de una matriz de 2000 Psi.
- En términos de la influencia relativa de estas variables, el número de fuentes desplegadas en una matriz ejerce la mayor influencia en la salida de la fuente (intensidad), en comparación con el volumen total y la presión de las fuentes.

De acuerdo a la Res. MAYDS 201/2021 que establece el “Protocolo para la implementación del monitoreo de fauna marina en prospecciones sísmicas” el contratista geofísico utilizará un procedimiento de aumento gradual de las fuentes de energía de aire comprimido (“*soft start*” o “*ramp up*”) 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 a 40 minutos, para brindar un tiempo adecuado a la fauna marina para que abandonen el área. El procedimiento a aplicar se describe en detalle en el Capítulo 8 (ver 2.1 PROGRAMA DE OBSERVADORES DE FAUNA MARINA A BORDO).

### 2.3 BUQUE SÍSMICO Y EMBARCACIONES DE APOYO

Para la adquisición se prevé la utilización de un buque sísmico. Dicho buque sísmico irá acompañado por dos embarcaciones de apoyo, cuyas misiones son diferentes. Uno es el buque de guardia o seguimiento (*escort*). Su función será la de garantizarle al buque sísmico (y su arreglo), una navegación segura, sin interferencias con otras embarcaciones

La otra embarcación de apoyo es un buque logístico (*supply*). Su función será la de abastecer de provisiones, insumos y la realización de cambios de tripulación. Cuando este buque no tenga que ir al puerto por provisiones y/o por tripulación se encontrará también acompañando al buque sísmico. También podrá 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.



Todos los buques contratados se adherirán a las cuatro convenciones clave del marco normativo internacional aplicable a la calidad y la seguridad del transporte marítimo, revisado por la Organización Marítima Internacional (OMI):

- el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1974, enmendado (SOLAS);
- el Convenio Internacional sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia, 1978, enmendado (STCW);
- el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 73/78 (MARPOL); y
- el Convenio sobre el trabajo marítimo (MCL2006), adoptado por la Conferencia Internacional del Trabajo (CIT) de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), para establecer los derechos de la gente de mar a condiciones de trabajo decentes y ayudar a crear condiciones de competencia justa para los armadores.

Cada buque contratado será sometido, como mínimo, a una evaluación de los riesgos ambientales que abarque la prevención de la contaminación, la gestión de residuos y el mantenimiento de registros, de conformidad con las normas MARPOL y la legislación local.

YPF está comprometido a reducir los residuos y minimizar el impacto de sus operaciones en el ambiente.

### 2.3.1 Buque sísmico

#### **BGP Prospector**

El BGP Prospector es un buque sísmico de alta capacidad y diseño limpio, capaz de remolcar hasta 12 *streamers*. El buque es un potente buque sísmico con una capacidad de arrastre de 100 toneladas a 4,0~5,0 nudos, configurado con hasta doce serpentinas, ideal para la adquisición de grandes proyectos en 3D, 4D, banda ancha y acimut amplio y que permite una variedad de geometrías de adquisición. La clasificación y el HSE cumplen con todos los requisitos de DNV, SOLAS, IAGC y OGP. Todos los sistemas están diseñados e integrados para condiciones de trabajo seguras.

#### Características principales:

<b>BGP PROSPECTOR</b>	
<b>General</b>	
Armador	Prospector Pte Ltd
Bandera	Bahamas
Puerto de registro	Nassau
Año de construcción	2011
Clase	DNV
ID N°	29868
IMO	9545986
Señal distintiva	C6YF5
Eslora	100,1 m
Manga	24 m
Calado máximo	7,3 m (carga completa), 6,4 m (equipo en el agua)
Ton. Registro bruto	10732
Ton. Registro neto	3220
Velocidad máxima	15 nudos
Velocidad crucero	13 nudos
Capacidad de combustible	3400 m <sup>3</sup> (ver detalle de tanques en Anexo IV)



BGP PROSPECTOR	
Consumo diario de combustible	25-40 m <sup>3</sup>
Autonomía	90 días
Agua potable	300 m <sup>3</sup>
Producción de agua potable	Si
Motores	2 x RRM Bergen B32:40L8P CD
Propulsion total	2x 4000kW
Hélices	2 x RRM Kamewa Ulstein
Propulsores de proa	1 x One DNP power 883 kw
Generadores	2 x 2880kw ABB
Generador de emergencia	NT855DM340, 175KW
UPS	MGE, 2x120KVA
Capacidad de remolque	64 t
Certificado de dotación mínima de seguridad	14 tripulantes
Navegación y comunicación	
Radar	Kongsberg, S-Band 30 kw Kongsberg, X-Band 25 kw
Comunicaciones	Inmarsat C, F and VSAT
Alojamiento	
Total	66
Tipos de cabina	28 cabinas simples 19 cabinas dobles
Balsas salvavidas	6 x 35 personas, balsas salvavidas de pescante
Barco salvavidas	2 x 35 personas Norsafe



Figura 9. Buque Sísmico – BGP Prospector.

Para más información del Buque BGP Prospector ver Anexo IV.



### 2.3.2 Embarcaciones de apoyo

#### Buque logístico (supply)

##### *Geo Service I*

#### Características principales:

<i>Geo Service I</i>	
Armador	Longzhu Oilfield Servicces (S) Pte. Ltd.
Clase	ABS +A1 (E) Offshore Support Vessel, +AMS, +DPS- 1
Puerto de registro	Singapore
IMO	9621546
Official N°	397009
Señal distintiva	9V9391
Eslora	59,25 m
Manga	14,95 m
Puntal	6,10 m
Fuel Oil	990 m <sup>3</sup>
Agua dulce	230 m <sup>3</sup>
Porte bruto	~1335 t
Ton. Registro Bruto	1736
Ton. Registro Neto	520
Tipo de motor	2 x 2575 HP at 1600 RPM
Propulsión	2 x CPP, 2650 mm diameter in kort nozzle
Velocidad de hélice	212.60 RPM
Generador diesel principal	2 x 245 kWe, 415V/3P/50Hz 0.8 PF
Equipo de transferencia de fuel oil	Para la embarcación con una manguera de 90m
Alojamiento de tripulación (N° de literas)	48



**Figura 10. Buque de apoyo - Geo Service I.**

Para más información del Buque Geo Service I ver Anexo V.



## **Buque de seguimiento (escort)**

### ***Candela S***

#### **Características principales:**

<b>Candela S</b>	
Tipo	Remolcador / Tug
Señal distintiva	LW 3128
Bandera	Argentina
Puerto de registro	Buenos Aires
N° IMO/MAT	7509495
N° MMSI	701006646
Armador	Zapor SA
Año de Construcción	1975
Ton. Registro Bruto	543 T
Ton. Registro Neto	101 T
a) Eslora total	44,71 M
b) Manga	10,66 M
c) Puntal	5,7 M
Coeficiente fiscal	4
Francobordo	0.66 M
Altura quilla-mástil	29,17 M
Porte Bruto Verano	403 T
Calado max. Verano	5,50 M
Despl. Verano	1286,81 T
Desplazamiento Liviano	1060 T
Tipo de motor	EMD / DIESEL
Potencia	4288 KW/ 5800 HP
Helices	4 palas / Paso fijo 3070 mm
Velocidad de servicio	10 Ns
Cap. Residuos oleosos	8,857 m3
Cap. de carga	569,76 m3
Capacidad de remolque	60 T
Capacidad de Grua	26 T
Equipos salvamento	4 jumbo fenders/ others





**Figura 11. Buque de apoyo – Candela S. Fuente:**

<https://www.marinetraffic.com/es/photos/picture/ships/2613216/7509495/shipid:12083>

Para más información del Buque Candela S ver Anexo VI.

## 2.4 CARACTERÍSTICAS DEL RELEVAMIENTO

Se prevé la realización de un máximo de 60 líneas de adquisición que una vez en el área podrían ser menos líneas de adquisición. La longitud máxima de adquisición no supera los 50 km. El tiempo promedio requerido para completar una línea de producción será de 9 horas. La duración aproximada del cambio de líneas es de unas 4,5 horas (estimado).

En la Figura 12 se presenta el patrón de navegación o trayectoria prevista para la adquisición de datos (para la visualización a escala adecuada ver mapa en el Anexo VIII). El registro se iniciará desde el extremo noroeste en el caso en el que el buque sísmico provenga desde el Puerto de Mar del Plata. En el caso en el que buque se movilice en forma directa al Área de Adquisición, sin realizar escala en el puerto de Mar del Plata, el registro se iniciará desde el extremo sureste.

La distancia entre 2 líneas adyacentes del relevamiento en la cuadrícula será de 750 m (Figura 12). Sin embargo, después de completar una línea, la embarcación gira en forma de semicírculo con un diámetro mínimo de 8.400 m (debido a que los cables se remolcan detrás de la embarcación). En la Figura 13 se presenta un esquema del área de viraje. Lo anterior determina que la distancia entre 2 líneas consecutivas será, la mayoría de las veces, de 9.150 m o más (Figura 14).

El alcance del trabajo (número de líneas de buques, separación entre líneas, longitud de las líneas, duración del trabajo, etc.) es independiente del contratista geofísico o buque seleccionado, por lo que no se verá afectado por la definición de uno u otro contratista.



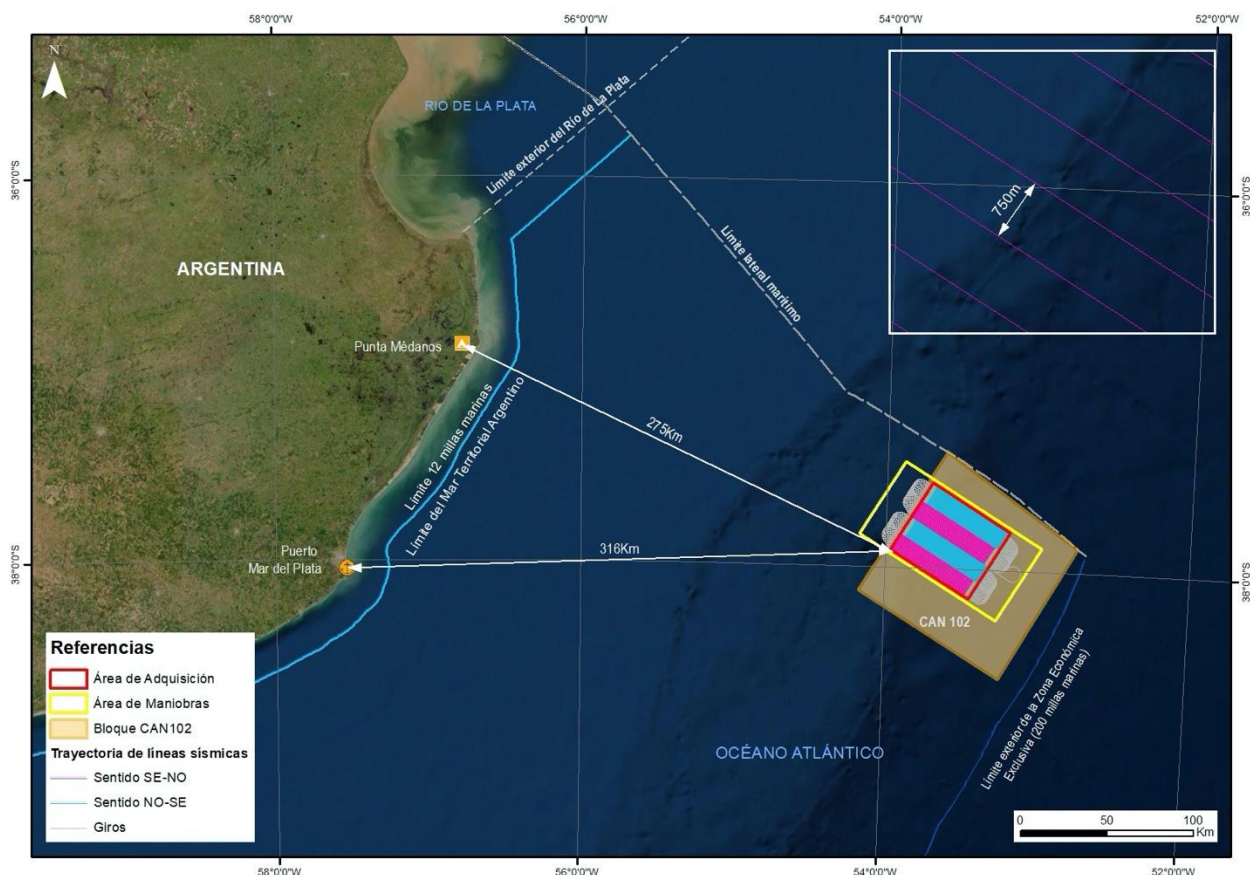


Figura 12. Patrón de navegación

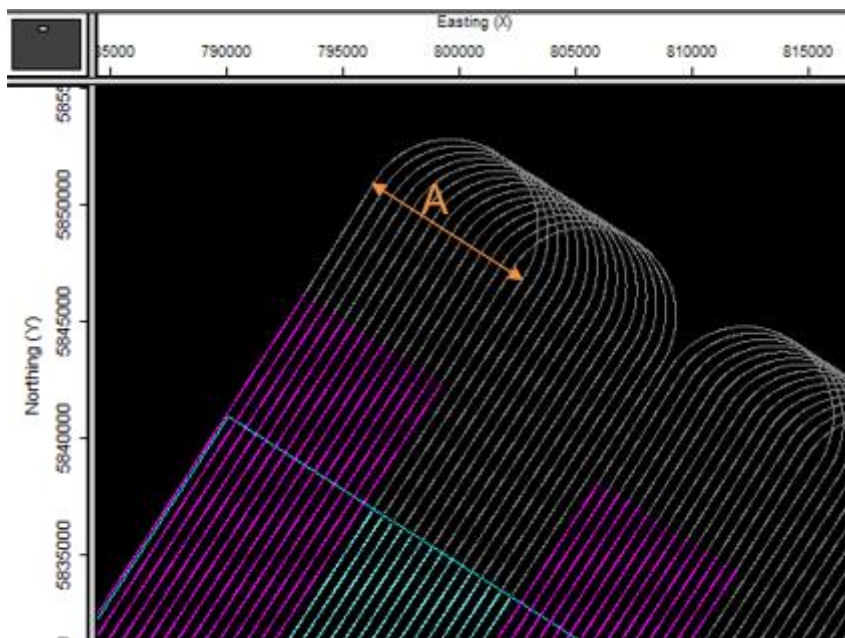
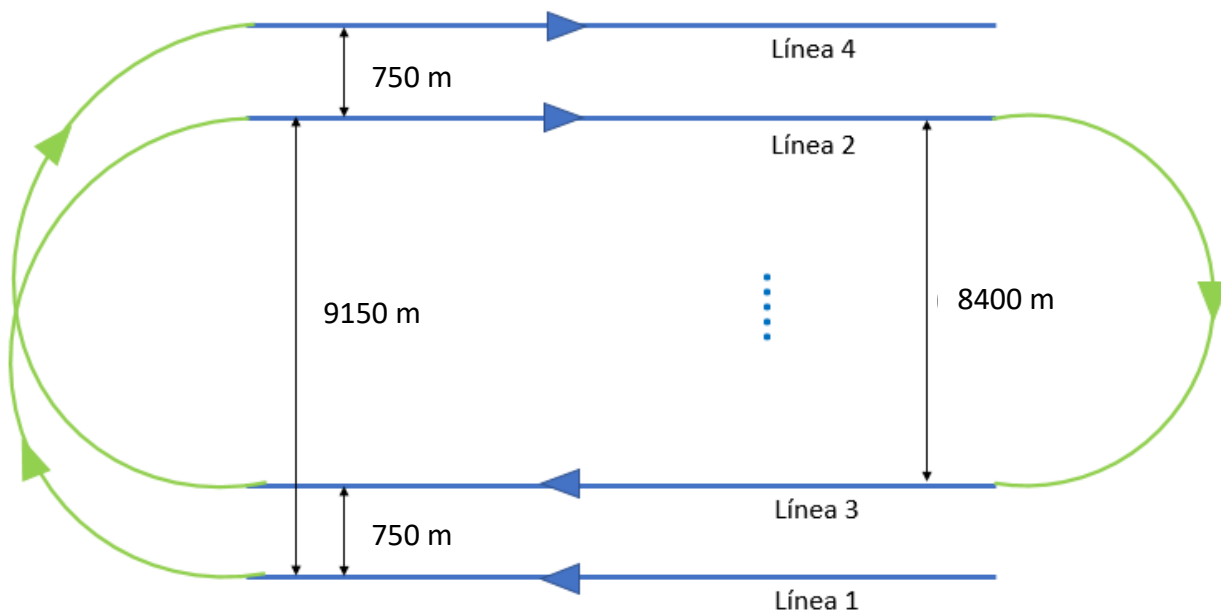


Figura 13. Esquema de Viraje (A = Diámetro 8,4 km)





**Figura 14. Distancia entre líneas sucesivas**

La velocidad media del buque sísmico es de entre 4 y 5 nudos.

La operación se llevará a cabo las 24 horas, todos los días de operación. El tiempo necesario para completar el relevamiento se estima en alrededor de 45-60 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

Se podrá zarpar desde el Puerto de Mar del Plata localizado en la Provincia de Buenos Aires a una distancia de alrededor de 310 km del Área de Adquisición de datos sísmicos. Luego de abastecimiento de combustible, provisiones y gestiones administrativas se iniciará el registro desde el vértice noroeste del Área de Adquisición en el caso en el que el buque sísmico provenga desde el Puerto de Mar del Plata. En el caso en el que buque se movilice en forma directa al Área de Adquisición, sin realizar escala en el puerto de Mar del Plata, el registro se iniciará desde el extremo sureste.

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. Los cambios de tripulación se harán también mediante el buque de apoyo encargado del reabastecimiento, no requiriéndose el uso de helicóptero para estas operaciones.

El proyecto no requiere la construcción / desarrollo de bases operativas en tierra, sino que se sirve de las instalaciones en el puerto existente con capacidad para recibir operaciones de este tipo. En dicho puerto las operaciones de los buques asociados al proyecto no difieren de las de cualquier otro buque que recalca en los mismos.



Durante la ejecución del proyecto, cuando se requiera combustible, alimentos frescos y suministros, el puerto que se utilice para servicios logísticos será el de Mar del Plata. El buque de apoyo encargado del reabastecimiento se trasladará al puerto de Mar del Plata cada 2 ó 3 semanas en promedio. Este trayecto o ruta logística implica en promedio alrededor de 350 km desde el Área de Adquisición, que se recorren en 1 día (ver Figura 15). En este puerto el buque de apoyo realizará la descarga de los residuos generados a bordo y también se utilizará para los cambios de tripulación en el puerto. Considerando como máximo un día de escala en puerto, y el retorno, el viaje logístico podría insumir un máximo de 3 días.

El buque de apoyo recogerá a la tripulación ingresante para llevarlos hacia el buque sísmico y llevará a la tripulación saliente del buque sísmico de regreso a tierra. Todo el personal deberá concentrarse en el puerto de Mar del Plata, para los controles migratorios y otros previos necesarios. La contratista de adquisición será responsable de asegurar el transporte que corresponda para su personal a Mar del Plata.

En todo momento, el buque sísmico será acompañado por una de las embarcaciones de apoyo de manera garantizarle al buque sísmico (y su arreglo), una navegación segura, sin interferencias con otras embarcaciones.

No se planifica el uso de helicópteros para el cambio de tripulación, solo se utilizarán en el caso de que se realice una evacuación médica de emergencia.

Durante la campaña el buque sísmico estará exclusivamente abocado al proyecto en el bloque CAN 102, por lo que no se prevé que el mismo realice actividades que no estén relacionadas con este proyecto.

A continuación se puede observar la ruta que se utilizará desde el puerto hasta el Área de Adquisición de datos sísmicos.



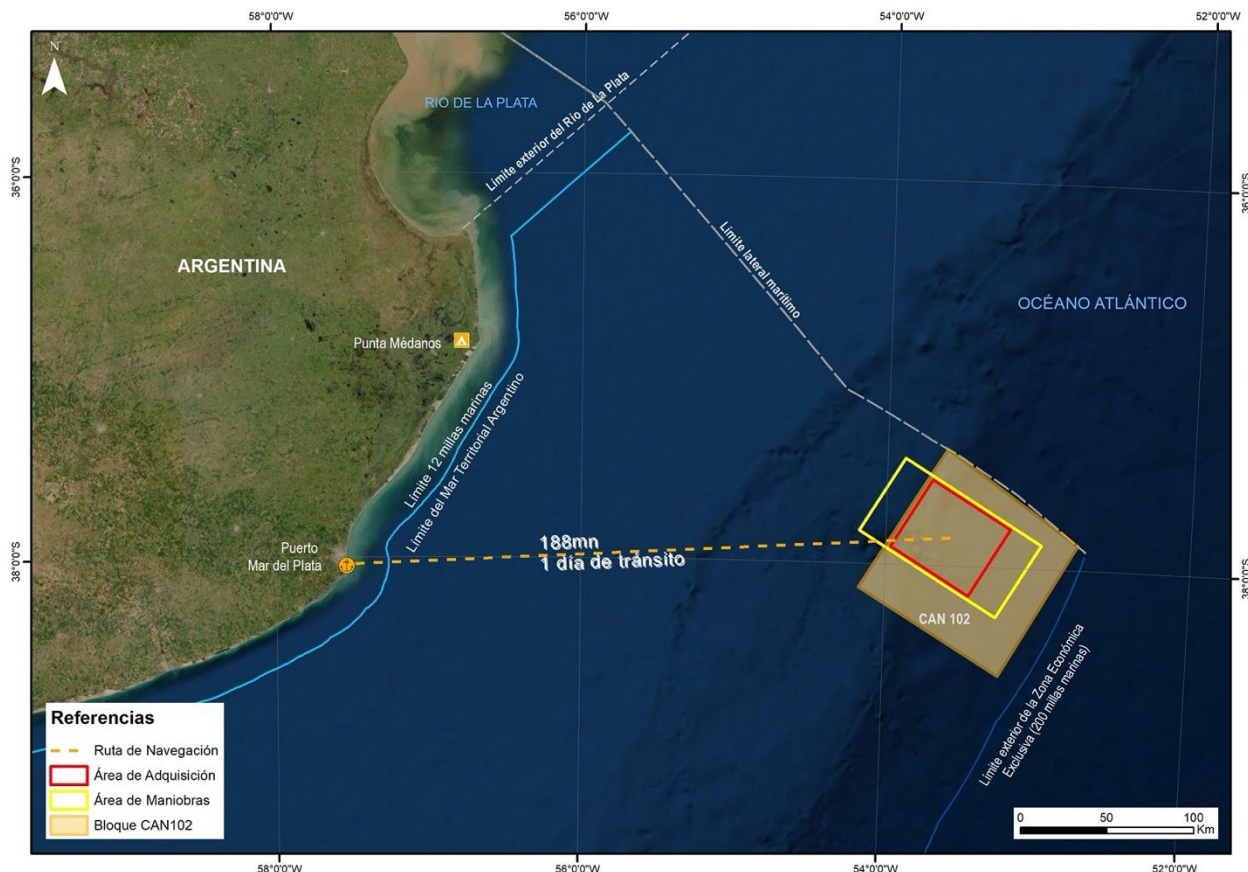


Figura 15. Ruta de navegación Puerto de Mar del Plata – Área de Adquisición de datos sísmicos.

## 2.6 PERSONAL

El personal del buque sísmico estará compuesto de la siguiente forma:

- Aprox. 32 miembros del personal marítimo, dirigidos por el Capitán del buque. El Capitán también tiene la responsabilidad general sobre todo el buque sísmico y su tripulación.
- Aprox. 23 miembros del personal sísmico, dirigidos por el "Jefe de Grupo" de la Contratista
- 1 médico y 1 un enfermero
- 3 representantes de YPF S.A., dirigidos por el "Supervisor de Operaciones Geofísicas "
- 3 OFM (Observadores de Fauna Marina)
- 3 operadores de PAM (Monitoreo Acústico Pasivo)

De este modo, habrá aproximadamente un total de 66 tripulantes a bordo, pero este número podría variar ligeramente en función de las necesidades operacionales y otras limitaciones (por ejemplo, podría movilizarse personal adicional en caso de que alguien se vea impedido de volar debido a las restricciones del Covid-19).

El buque de seguimiento tendrá normalmente unos 6-8 tripulantes a bordo, todos los cuales serán personal marítimo. Mientras que el buque logístico encargado del reabastecimiento normalmente tendrá alrededor de 12 miembros de tripulación, todos marítimos.

Cabe resaltar que el personal involucrado en el proyecto es personal de alta calificación y experiencia en este tipo de actividades.



## 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 se rigen bajo normas y estándares internacionales como la International Association of GeoChemistry (IAGC), International Maritime Organization (IMO) y MARPOL 73/78 para el manejo de los efluentes y residuos que una operación de este tipo genera.

### 2.8.1 Efluentes

Los principales efluentes que se generarán en las embarcaciones serán los siguientes:

- Aguas grises tratadas<sup>5</sup> provenientes de efluentes sanitarios, por ejemplo, agua de lavado, y descargas de lavandería;
- Aguas residuales tratadas (aguas negras<sup>6</sup>);
- Agua de sentina tratada<sup>7</sup> utilizada para limpiar las salas de máquinas y otras fuentes potencialmente contaminadas;
- Desagües de cubierta y aguas pluviales de escorrentía; y
- Agua de lastre.

Las aguas grises, las aguas residuales y las aguas de sentina se tratarán y descargarán de conformidad con los anexos aplicables al Convenio MARPOL. Las aguas grises y las aguas residuales (aguas negras) serán tratadas a bordo antes de ser descargadas en el mar.

Los buques cuentan con una planta de tratamiento de aguas residuales que está homologada y se ajusta a la resolución MEPC 159(55) de la OMI sobre plantas de tratamiento de aguas residuales y al anexo IV del MARPOL, y cuentan con el Certificado Internacional de Prevención de la Contaminación por Aguas Sucias (Tabla 4).

---

<sup>5</sup> Las aguas grises se definen como el agua de las actividades de cocina, de las instalaciones de lavado y lavandería y el agua no aceitosa que se ha utilizado para la limpieza.

<sup>6</sup> Las aguas negras se utilizan para describir las aguas residuales que contienen heces, orina y agua de descarga de los inodoros junto con el papel higiénico.

<sup>7</sup> El agua de sentina es el agua que se recoge en la sección inferior del buque. Una de las principales contribuciones al agua de sentina es la limpieza de las salas de máquinas de un barco. Por lo tanto, esta agua puede estar contaminada por aceites y otras sustancias.



**Tabla 4. Información sobre las plantas de tratamiento de aguas residuales**

Buque	Tipo
BGP Prospector	Model: Evac MBR 24; IMO-No. 340.266; Serial No: 9142
Candela S	FAST M-1 8901
Geo Services 1	ST-50U / Manufacturer: Hansun (Shanghai) Marine Technology Co. LTD

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 m<sup>3</sup>/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.

### **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, 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 comprimidas y empaquetadas para ser transportadas a puerto. En puerto se realizará la gestión requerida con un contratista habilitado.

Los residuos peligrosos incluyen: aceites y lubricantes usados, 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.

En la tabla a continuación se presenta una estimación del volumen de residuos que genera por día cada buque.



**Tabla 5. Estimación de la generación de residuos por buque/día**

Corriente de residuos	Clasificación		Volumen estimado por día en m <sup>3</sup>		
			BGP PROSPECTOR	Candela S	Geo Services 1
Residuos no peligrosos	Restos de comida		0,02	0,02	0,01
	Plástico		0,005	0,02	0,01
	Residuos domiciliarios	Papel	0,02	0,001	0,001
		Vidrio	0,0001	0,001	0,001
		Madera	0,05	0,05	0,03
	Cenizas del incinerados		N/A	NA	NA
Residuos peligrosos	Aceite de cocina		N/A	0,0005	0,0005
	Residuos de operación	Desechos aceitosos (Trapos/filtros)	0,01	0,02	0,01
		Tubos fluorescentes	0,007	0,007	0,007
		Residuos médicos	0,0005	0,0005	0,0005
		Latas de aerosol	0,0005	0,0005	0,0005
		Residuos peligrosos (residuos oleosos, etc.)	0,01	0,005	0,005
		Residuos aceitosos / lodos	0,2	0,17	0,01
	Residuos electrónicos		0,00001	0,0001	0,0001

Todos los buques disponen de zonas de almacenamiento adecuadas que evitan la descarga involuntaria de residuos y evitan la contaminación cruzada de los residuos peligrosos con los no peligrosos.

Los residuos se almacenan en contenedores intermedios flexibles para graneles (FIBC) antes de ser transferidos a la costa. Los FIBC están asegurados en la cubierta y en un lugar seguro.

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

#### Motores/Combustible

La principal fuente de emisiones atmosféricas durante el programa de adquisición sísmica será la quema de combustible (MGO por sus siglas en inglés de *Marine Gas Oil* para alimentar los motores, compresores y generadores eléctricos a bordo del buque sísmico y de apoyo.

Los gases emitidos por los procesos de combustión del combustible comprenden:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- Compuestos orgánicos volátiles (COV)
- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>)
- Partículas en suspensión
- Metano (CH<sub>4</sub>)



## **Incineradores**

Durante el proyecto se utilizarán incineradores certificados.

Buque	Tipo
BGP Prospector	TeamTec Incinerator Type: OGS200C
Candela S	Ninguno
Geo Services 1	Ninguno

Todas las emisiones de los buques cumplirán con la norma MARPOL 73/78 para la prevención de la contaminación atmosférica procedente de los buques (Anexo VI), con el fin de reducir las emisiones globales de SOx, NOx y partículas.

Todos los motores y generadores se utilizarán de conformidad con el Plan de gestión de la eficiencia energética de los buques y los buques deberán presentar sus Certificados Internacionales de Prevención de la Contaminación Atmosférica.

Para reducir las emisiones, todos los suministros de combustible serán estrictamente controlados y todos los motores, generadores diésel y compresores de los buques se mantendrán de acuerdo con la orientación del fabricante y los Sistemas de Mantenimiento Preventivo de los buques.

Los motores y equipos se apagarán cuando no estén en uso.

Se utilizará MGO de bajo contenido de azufre según MARPOL.

## **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 (decibeles). 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

### 2.9.2.1 Glosario de términos y métricas empleados

#### Fuerza de la Fuente

La fuerza de la fuente es la presión acústica máxima irradiada por una fuente sísmica marina medida en MPa-m (megapascals referidos a 1 m de la fuente), o en Bar-m, sea en una banda de frecuencias determinada o en la totalidad de las frecuencias significativas.

La conversión es 1Mpa = 10 Bar.

#### Nivel de Presión Sonora (SPL) en dB (decibel)

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. Si bien es posible medir intensidades sonoras directamente, es más sencillo medir presiones y luego convertirlas en intensidades, las cuales son proporcionales a la presión al cuadrado.

Se utiliza la escala de decibelios (dB) para que el nivel de presión sonora (Sound Pressure Level - SPL) de un sonido de presión  $p$  sea

$$SPL(dB) = 10 \log \left( \frac{p_{rms}^2}{p_{ref}^2} \right) = 20 \log \left( \frac{p_{rms}}{p_{ref}} \right) \quad [1]$$

donde  $p_{ref}$  es una presión de referencia y  $p_{rms}$  es el valor cuadrático medio de la presión (root mean square), que es un valor promedio en la duración del pulso.

La unidad Bel debe su nombre al inventor norteamericano Alexander Graham Bell (1847-1922).

El concepto de decibelio (dB) carece de significado físico a menos que se indique la magnitud de referencia. La literatura técnica y científica normalmente mide el sonido en agua en decibeles (dB) relativos a 1 microPascal (1  $\mu$ Pa). Cabe mencionar que en el aire se utiliza como referencia una presión sonora eficaz de 20  $\mu$ Pa, que es aproximadamente el umbral de audición humana a 1 kHz, por lo que el valor en aire para igual presión es aproximadamente 26 dB más bajo que en agua. En consecuencia, los valores en aire y en agua no se pueden comparar.

Los niveles sonoros expresados en decibeles tienen diversas ventajas:

- los cocientes entre presiones o intensidades simplifican el tratamiento de cantidades con grandes rangos de variación,
- los logaritmos simplifican los cálculos ya que multiplicaciones y divisiones se transforman en suma y restas y
- el mecanismo por el cual el oído procesa sonidos relativos se aproxima a la escala logarítmica.



En acústica submarina, el nivel sonoro emitido se especifica a 1 m de la fuente. Por lo tanto, la referencia adecuada de niveles sonoros debe incluir el número de decibeles, el nivel de referencia y la distancia a la fuente, aunque se suelen emplear diferentes formas de indicarlo, por ejemplo:

SPL = 200 dB re 1 $\mu$ Pa @1m o 200 dB re 1 $\mu$ Pa a 1m o 200 dB re 1 $\mu$ Pa-1m o 200 dB re 1 $\mu$ Pa-m que significa 200 dB, relativos a 1 $\mu$ Pa, a 1 m de la fuente.

### **Presión Acústica Pico a Pico (p-p)**

La presión acústica generada por un arreglo sísmico puede expresarse por medio de diferentes unidades.

Las numerosas publicaciones sobre los efectos del ruido sobre la biota resultan en ocasiones confusas cuando se trata de hacer comparaciones entre resultados, dado que no está claramente indicada la selección de unidades.

En geofísica se utiliza con frecuencia la presión pico a pico (p-p), que se expresa en MPa-m (o Bar-m) y significa la diferencia entre el pico positivo y el pico negativo del pulso acústico generada por el arreglo.

Esta nomenclatura aplicada a un arreglo sísmico expresa la presión acústica que generan todas las fuentes del arreglo, como si estuviera concentrada en un punto (nominal), y por lo tanto se indica como presión acústica en Bar @ 1 m de la fuente (arreglo).

El valor de p-p en Bar-m se puede convertir al nivel sonoro de la fuente SPL en dB re 1  $\mu$ Pa-m de la siguiente manera:

$$\text{SPL (dB re 1}\mu\text{Pa-m)} = 20 \log (\text{p-p}) + 220 \quad [2]$$

En valor indicado de 220 dB re 1 $\mu$ Pa-m es el valor más bajo de SPL (sound pressure level) emitido por una fuente pequeña típica con una presión de 1 Bar-m, debido al cambio de unidades de Bar-m con respecto al valor de referencia de 1 $\mu$ Pa-m.

En efecto, si la presión emitida por una fuente individual es igual a 1 bar-m, el SPL es  $20\log(1 \text{ bar-m}/1\mu\text{Pa-m}) = 20\log(10^{11} \mu\text{Pa-m} / 1 \mu\text{Pa-m}) = 20\log(10^{11}) = 220 \text{ dB re } 1\mu\text{Pa-m}$ .

Normalmente, la emisión de una fuente individual puede alcanzar valores incluso algo mayores, por ejemplo, si la presión fuera de 2 Bar-m, correspondería un valor de SPL (p-p) = 226 dB re 1 $\mu$ Pa-m.

Una presión típica de una emisión de 100 bar corresponde a 260 dB re 1  $\mu$ Pa. Para un arreglo fuente completo, el valor de SPL suele ser del orden de 250 a 263 dB re 1 $\mu$ Pa-m.

Es necesario tener en cuenta que este es un valor teórico a un metro de la fuente, el cual no es realmente alcanzado, sino que se usa para evaluar la propagación del sonido a distancias mayores.

### **Presión Acústica Cero a Pico (0-p) (SPL<sub>peak</sub>)**

La presión acústica cero a pico (0-p) representa a la amplitud medida entre el cero y el pico positivo.



Típicamente, los valores del SPL calculados a partir de la presión acústica p-p son aproximadamente 6 dB mayores que aquellos calculados a partir de la presión acústica 0-p, siendo este valor exacto en caso de que ambos picos tengan igual intensidad (Greene 1998; McCauley y otros 1998, 2000).

Dado que los umbrales de afectación a la biota se expresan en función de la presión acústica cero a pico, todo el análisis se realizará utilizando esta métrica.

### Presión Acústica rms (root mean square)

Como se indicó previamente, la presión acústica (rms) representa el promedio de la presión acústica sobre la duración del pulso.

Matemáticamente, es la raíz cuadrada de la integral en el tiempo de la presión al cuadrado:

$$SPL(rms) = \sqrt{\left(\frac{1}{T} \int_0^T |p(t)|^2 dt\right)} \quad [3]$$

Donde  $T$  es la duración de la señal y  $p(t)$  son los valores de presión de la misma.

La comparación entre valores de presión acústica medidos en un mismo punto y generados por el mismo arreglo muestran valores del SPL(rms) típicamente de 10 a 12 dB menores que aquellos 0-p – SPLpeak (Greene, 1998; McCauley y otros, 1998, 2000).

Dado que los valores rms dependen de la duración del pulso y ésta depende de la distancia a la fuente y de las condiciones de propagación del medio, el cálculo de los valores rms requiere especificar todas las variables para hacer comparaciones adecuadas entre unidades.

### Nivel de Exposición Sonora SEL (Sound Exposure Level)

El SEL es una medida de la energía de una señal acústica, por lo que depende tanto de su amplitud como de la duración de la misma. Se calcula como la integral de los valores de presión instantánea al cuadrado, normalizada a una presión de referencia al cuadrado, durante 1 segundo. Así, para medidas de sonido submarino el SEL está referenciado a  $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ . La fórmula es la siguiente:

$$SEL = 10 \log\left(\int_0^T |p(t)|^2 dt\right) \quad [4]$$

Donde  $T$  es la duración de la señal y  $p(t)$  son los valores de presión de la misma.

Las unidades del SEL son  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$  o  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$

Es una métrica útil para evaluar la exposición acumulada, ya que permite que los sonidos de diferente duración, a veces con múltiples exposiciones, sean comparados en términos de energía total. Existen métodos para sumar la energía en exposiciones múltiples para generar un valor de "exposición equivalente" único, que generalmente no supone recuperación de audición entre exposiciones repetidas.

Tanto el SEL como el SPL(rms) se calculan a través de la integral de la presión al cuadrado, por lo que están relacionados por una expresión simple que depende solamente de la duración  $T$  del pulso de energía (en segundos):

$$SPL(rms) = SEL - 10 \log_{10}(T) \quad [5]$$



Si bien las unidades del SEL y del SPL son diferentes, el valor numérico del SEL es típicamente de 20 a 25 dB inferior a SPL<sub>peak</sub> y de 10 a 15 dB inferior a la presión SPL(rms) para señales de una duración  $T$  entre 30-100 ms (= tiempo de integración).

En el presente caso, dada una duración del pulso inferior a los 30 ms, la diferencia entre SPL(rms) y SEL sería del orden de 15 dB. No obstante, el criterio conservativo utilizado normalmente en la bibliografía, correspondiente a un pulso de unos 100 ms de duración, corresponde una diferencia entre SPL(rms) y SEL igual a 10 dB resultando unos 20 dB de diferencia entre el SPL<sub>peak</sub> y el SEL.

Para señales que duran 1 s, los valores SEL y SPL(rms) concuerdan, tal como surge de la ecuación, al ser el  $\text{Log}_{10}(1)=0$  (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España, 2012). Esto puede ser representativo de lo que ocurre a distancias de la fuente mayores de 10 km, dado que los componentes individuales de la forma de onda no se diferencian, y junto con múltiples reflexiones, la forma de onda general puede durar del orden de un segundo.

### 2.9.2.2 Características de la emisión por parte de arreglos de prospección sísmica

#### Espectro de energía

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.

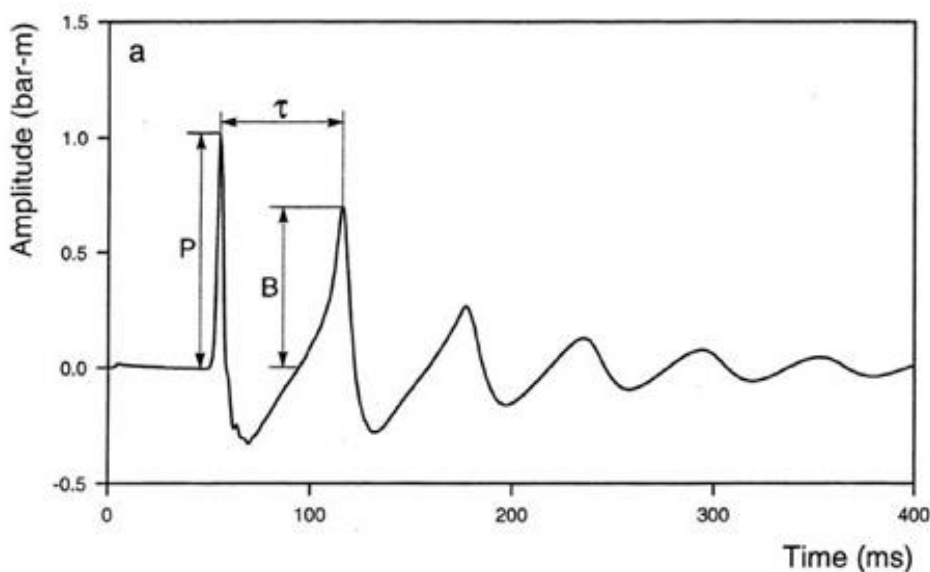
La serie temporal de presiones emitidas por una fuente de energía de aire comprimido en dirección vertical se denomina la “firma” de presiones. Sin embargo, otro pulso simultáneamente se dirige con dirección hacia arriba de la fuente, se refleja en la superficie marina, y se combina con el pulso original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

Como se indicó previamente, 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 (SPL).

La siguiente figura ilustra la firma de presión de una fuente de energía de aire comprimido de 40 cu.in. (0,66 litros), 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  $PBR = P/B$ .

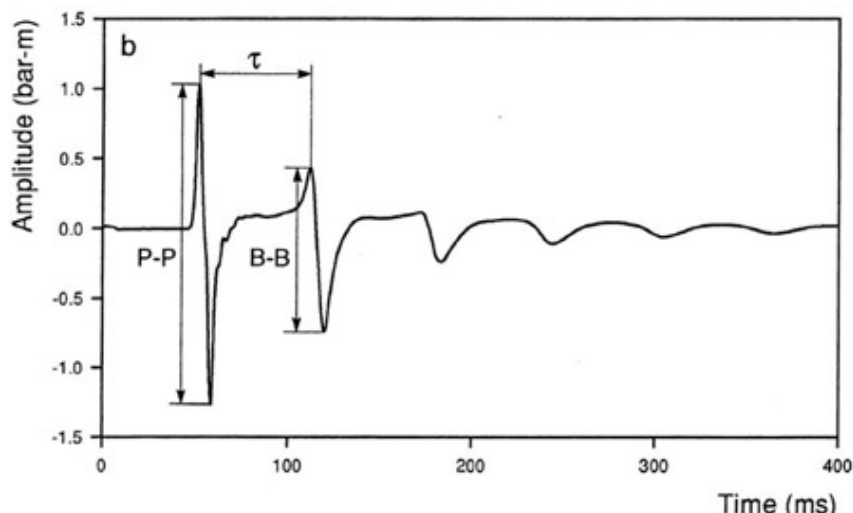


**Figura 16. Firma de presiones de una fuente de energía de aire comprimido en el campo cercano.**

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 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. El período de la burbuja en este caso es  $T=60$  ms (Langhammer, 1994).

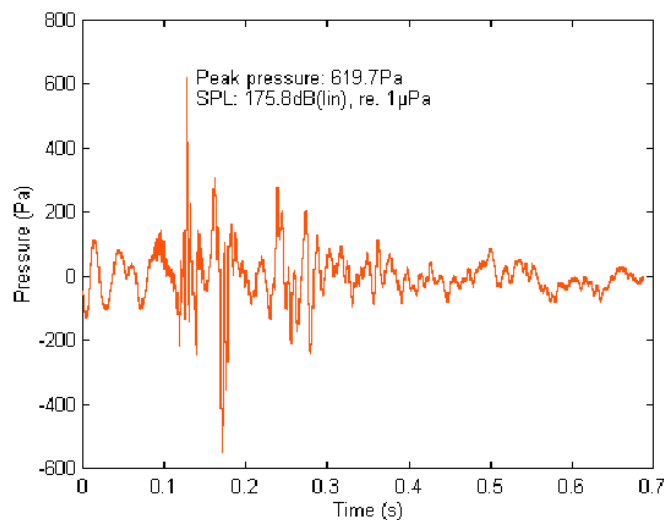




**Figura 17. Firma de presiones de una fuente de energía de aire comprimido en el campo lejano.**

Las series de fuentes de energía de aire comprimido normalmente tienen un volumen combinado de entre 2.000 y 5.000 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.

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:



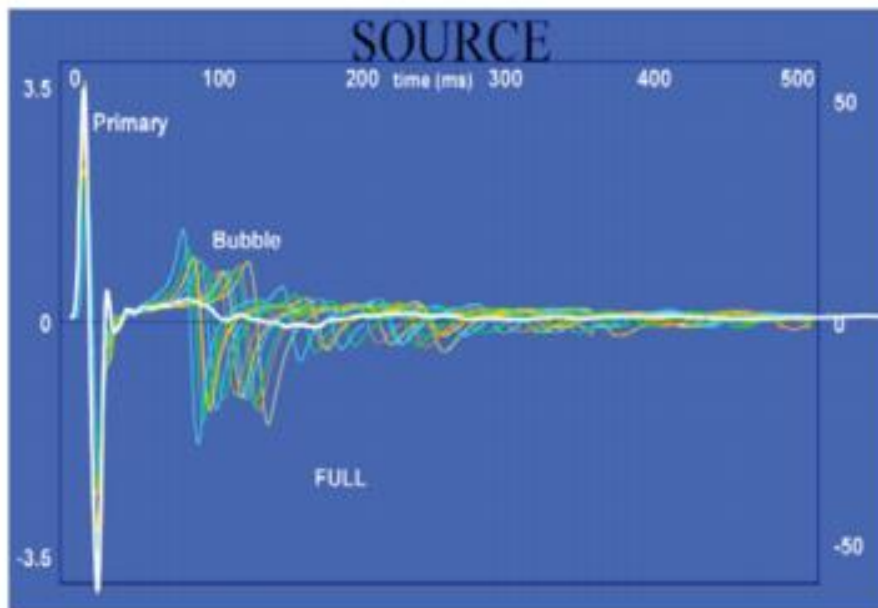
**Figura 18. Secuencia típica de presiones de energía de aire comprimido (Nedwell J. et al., 1999).**

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.



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.



**Figura 19. Interferencia destructiva de presiones fantasmas en un arreglo (Gisiner, 2016).**

El espectro de energía describe como la misma está distribuida en frecuencia. Los pasos generales para generar el espectro de energía parten de la serie de tiempo de la señal [ $\mu\text{Pa}$ ] en una ventana temporal  $T$  [s]. Luego se computa la Transformada de Fourier [ $\mu\text{Pa}/\text{Hz}$ ], se elevan al cuadrado las amplitudes [ $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}^2$ ] y se divide por  $T$  [resultando  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ]. Si  $T=1$  segundo, la energía se computa en bandas uniformes de 1 Hz de ancho. Las unidades del espectro de energía SEL a 1 m de la fuente son dB re  $1\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$  re 1 m.

### Campo lejano

La Firma Acústica en el Campo Lejano (Far Field Signature – FFS) del arreglo es la salida de señal teórica observada de una fuente registrada en una masa de agua infinita.

Las FFS de ambos arreglos de fuentes presentados en este estudio se basan en estudios anteriores de Ziolkowski et al (1982) y se han implementado en el paquete comercial Nucleus Marine Source Modeling (masomo).

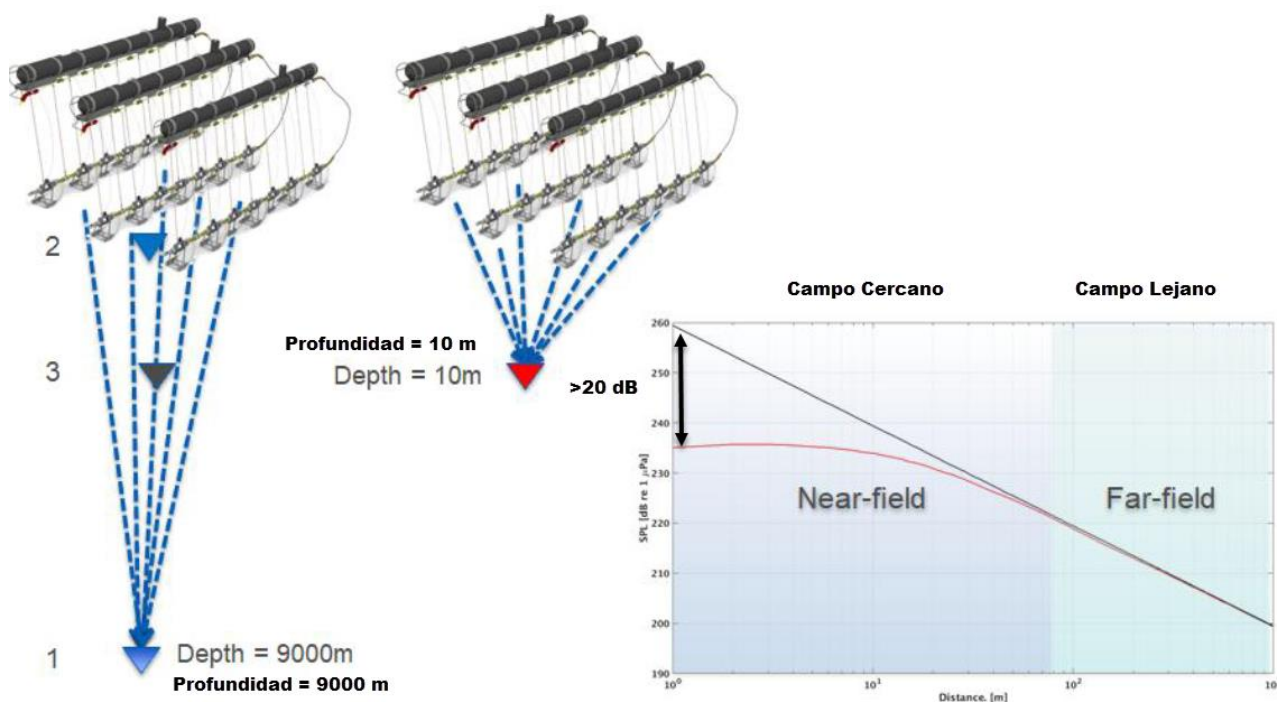
Todas las fuentes suelen tener hidrófonos de campo cercano (Near Field Hydrophones - NFH) ubicados 1 m por encima. La forma de onda registrada por el NFH se utiliza para calcular la firma teórica de cada fuente de aire, que tiene en cuenta el fantasma de la fuente y la interacción entre las fuentes vecinas.



Las firmas teóricas de las fuentes se propagan luego en fase a una distancia arbitraria de 9.000 m por debajo de la matriz de fuentes y se suman para representar una fuente puntual en esa posición de campo lejano, siendo un punto donde las señales de salida de las fuentes de energía de aire comprimido individuales interfieren constructivamente. Esto luego se propaga hacia atrás para obtener la forma de onda teórica a 1 m de la fuente, teniendo en cuenta la tasa de caída de la presión sonora en función de la distancia.

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.

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. En la Figura 20 se ilustra la diferencia a 10 metros de distancia (Long, 2019).<sup>8</sup>



**Figura 20. Comparación de cómo se podrían calcular los niveles de sonido recibidos de una matriz de fuentes en un punto 10 m por debajo de la matriz utilizando la definición de la firma de campo lejano (izquierda- línea negra) frente a lo que realmente se registraría (derecha – línea roja). Adaptada de Long (2019)**

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.

<sup>8</sup> [https://www.pgs.com/globalassets/technical-library/tech-lib-pdfs/industry\\_insights2019\\_04\\_air-gun-fundamentals.pdf](https://www.pgs.com/globalassets/technical-library/tech-lib-pdfs/industry_insights2019_04_air-gun-fundamentals.pdf)



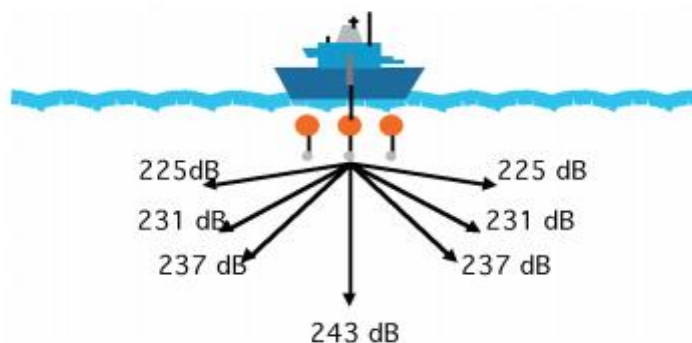
### Nivel cerca de la fuente

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  $\mu\text{Pa}\cdot\text{m}$ , las presiones dentro del arreglo no exceden los 240 dB re 1  $\mu\text{Pa}$  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 al acercarse al arreglo (Boertmann et al, 2010).

### Dispersión direccional de la energía

Los arreglos de fuentes de aire para la exploración sísmica se diseñan para que la mayor parte de la energía se dirija verticalmente hacia el lecho marino (efecto deseado), aunque parte de la misma se dirige horizontalmente (efecto no deseado). Los niveles sonoros emitidos verticalmente son como mínimo entre 15 y 24 dB mayores que aquellos dirigidos horizontalmente (Caldwell y otros, 2000).

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



**Figura 21. Presiones sonoras transmitidas por un arreglo con  $\text{SPL}_{\text{peak}} = 260 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}\cdot\text{m}$  (Gisiner, 2016).**

El Documento Técnico sobre impactos y mitigación de la contaminación acústica marina (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España - 2012), indica que el nivel vertical nominal de emisión, en el eje vertical, para los sistemas de fuentes sísmicas puede alcanzar valores de hasta unos 260 a 262 dB (p-p) re 1  $\mu\text{Pa}$  @ 1 m. Este nivel disminuye a medida que la dirección de propagación vira desde vertical (hacia el fondo) a la horizontal (hacia los lados del arreglo), principalmente para las frecuencias bajas, en las que se reduce en alrededor de 20-60 dB (dependiendo de las dimensiones y colocación espacial de las fuentes). Por el contrario, las frecuencias medias-altas se transmiten mejor en el plano horizontal. (Parkes y Hatton 1986, Caldwell y Dragoset, 2000).

### Las Octavas y los tercios de Octavas

El término de octava se toma de una escala musical, correspondiendo al intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia dada y el doble de ésta. La octava se puede dividir en intervalos más pequeños como la media octava o el tercio de octava, obtenidos dividiendo por 2 ó 3, respectivamente, el segmento que representa una octava en una escala logarítmica.



Entonces el tercio de octava, es el intervalo de frecuencias comprendido entre la frecuencia dada y la calculada multiplicando ésta por  $2^{1/3}$ . El análisis en tercios de octava es frecuente porque se aproxima al procesamiento espectral del oído humano, por lo que es la mejor idea que se tiene del funcionamiento del oído de otros mamíferos.

En una escala logarítmica todas las octavas tienen la misma longitud. La relación entre los intervalos geométricos que corresponden a una octava y a un tercio de octava es  $(\log 2)/(\log 2^{1/3})$ , que es exactamente igual a 3, de ahí su nombre.

La posición de cualquiera de estos intervalos suele indicarse dando la frecuencia central ( $f_c$ ) del intervalo en la escala logarítmica, lo que corresponde a la media geométrica entre sus frecuencias inicial ( $f_{ini}$ ) y final ( $f_{fin}$ ). Por lo tanto, las relaciones entre estas frecuencias para cada tipo de intervalo son las siguientes:

$$\text{Octava: } f_c = f_{ini} \sqrt{2} = f_{fin} / \sqrt{2} \quad [6]$$

$$\text{Tercio de Octava: } f_c = f_{ini} 2^{1/6} = f_{fin} / 2^{1/6} \quad [7]$$

La lista estándar de frecuencias centrales de los tercios de octava contiguos se obtiene partiendo de una frecuencia central de 1 kHz, dividiendo o multiplicando por el factor  $2^{1/3}$  todas las veces que haga falta para abarcar el espectro completo de la señal y redondeando los valores resultantes.

La serie de frecuencias de tercios de octava entre 100 y 1.000 Hz es la siguiente: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 Hz.

### Comparación de niveles sonoros en aire y agua

Dado que la impedancia acústica del medio ( $z$ ), que es la resistencia que opone a las ondas sonoras que se propagan, es distinta en el mar ( $1,5 \cdot 10^6$  Rayls o Pascal.s/m) que en el aire (415 Rayls), y que la relación entre la intensidad y la presión en campo libre viene dada por la expresión  $I = p^2/z$ , una misma presión ejercida en el mar provoca una intensidad 36 dB mayor que en el aire ( $10 \cdot \log(1,5 \cdot 10^6 / 415) \approx 36$  dB).

Por lo tanto, hay dos razones principales por las que no se pueden transformar directamente los niveles sonoros en el mar y en el aire.

La primera se debe a que las variaciones de la densidad y velocidad del sonido en cada medio provocan cambios en la transmisión de la presión acústica. Para corregir estos efectos hay que sumar 36 dB al nivel medido en aire.

La segunda razón viene dada por los distintos niveles de referencia utilizados para calcular el nivel de las señales en agua (re. 1  $\mu$ Pa) y en aire (re. 20  $\mu$ Pa), que se traduce a 26 dB.

Por tanto, como consecuencia de los cambios en la presión de referencia y en la impedancia del medio, una presión  $p$  provocará una intensidad  $I$  (dB) en el aire y una intensidad  $I + 62$  dB en el mar.

En el aire, una exposición corta a 140 dB se considera como el umbral aproximado para un daño permanente en los seres humanos.



Sin embargo, dado que no se conocen las adaptaciones de la fisiología acústica de la fauna marina para recibir el sonido, lo más prudente es no realizar extrapolaciones sobre los impactos que los mismos niveles de sonido podrían tener en mar y aire. Por tal motivo, se han efectuado estudios específicos sobre los impactos sobre la biota marina que se tratan en los capítulos siguientes.

### Nivel de ruido de fondo en el mar

Las fuentes de sonido en el mar son muchas y variadas, por ejemplo:

- rompiente de las olas;
- interacciones no lineales entre ondas de gravedad que se atraviesan entre sí (conocido como "microsismos");
- precipitación (lluvia, nieve o granizo);
- actividad geológica o meteorológica violenta, como rayos, huracanes, terremotos o erupciones volcánicas;
- otros procesos físicos asociados con el comportamiento del hielo en la superficie del mar;
- mamíferos marinos y otros organismos;
- fuentes antropogénicas, como sonares, embarcaciones o actividad industrial.

En la Figura 22 (Ainslie, 2010) se muestra un gráfico compuesto de los niveles típicos del espectro de ruido ambiental ilustrando la naturaleza variada de las fuentes de ruido submarino. Diferentes partes del espectro tienden a estar dominadas por fuentes de ruido diferentes pero específicas. Por ejemplo, entre 300 Hz y 100 kHz, la fuente dominante de ruido suele estar relacionada con el viento, mientras que a una frecuencia ligeramente más baja (30-300 Hz) el componente más fuerte suele ser debido al tráfico distante de embarcaciones. El ruido de la lluvia, cuando está presente, tiende a alcanzar un pico de unos pocos kilohercios.

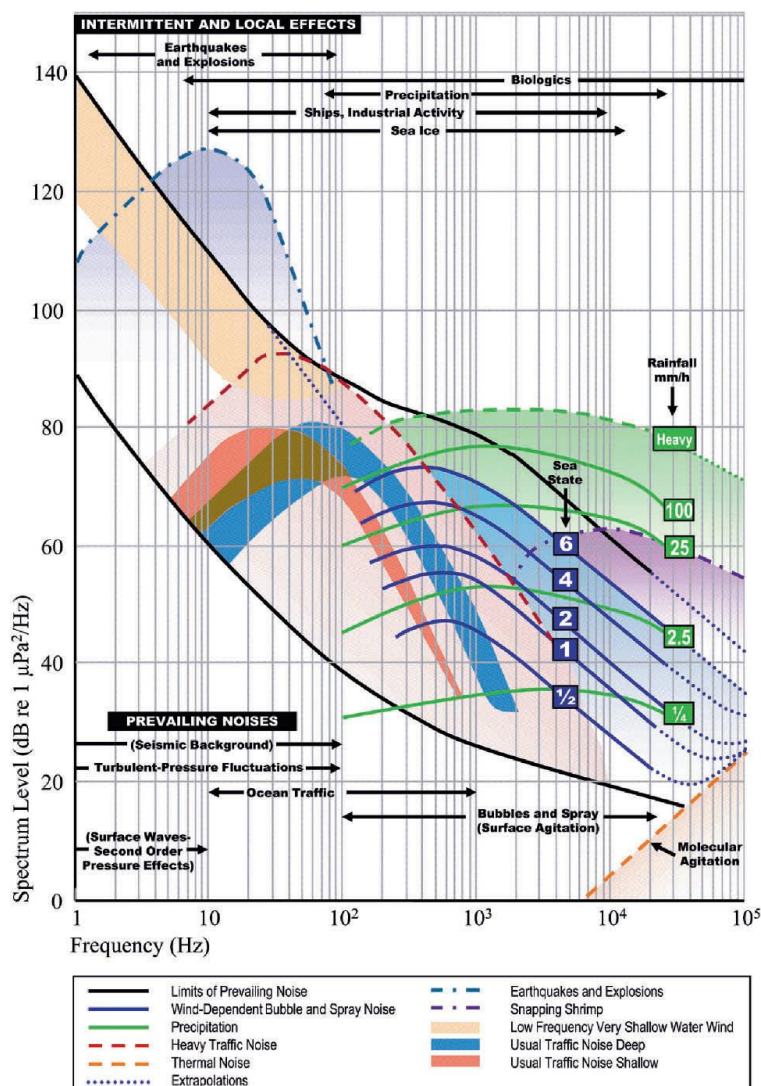
El ruido biológico puede ser de banda ancha, pero también puede contener picos espectrales fuertes (por ejemplo, alrededor de 20 Hz debido a las ballenas azules y las ballenas de aleta (rorcuales).

Existe una creciente evidencia de que los niveles de sonido de baja frecuencia en el mar (alrededor 40 Hz) han aumentado en promedio hasta 3 dB por década en el período entre 1965 y 2003 (McDonald et al., 2006).

Este aumento se atribuye a una duplicación del número de buques comerciales durante ese período (de 41.900 a 89.900 buques) y un aumento de casi cuatro veces en su arqueo bruto (de 160 a 605 millones de toneladas).

Se ha observado un aumento comparable en los niveles pico en el espectro asociados con ballenas (McDonald et al., 2006). En el mismo periodo la frecuencia pico de vocalizaciones de ballenas azules observadas se redujo de 22 Hz a 16 Hz.





**Figura 22. Espectro típico de ruido ambiente marino (Ainslie, 2010, adaptado de Wenz, 1962).**

**INTERMITTENT AND LOCAL EFFECTS: EFECTOS INTERMITENTES Y LOCALES**

Earthquakes and Explosions: Temblores y Explosiones

Biologics: Biológicas

Precipitation: Precipitación

Ships, Industrial Activity: Barcos, Actividad Industrial

Sea Ice: Hielo marítimo

Rainfall: Lluvia

Sea State: Estado del mar (en Escala Beaufort)

**PREVAILING NOISES: RUIDOS PREDOMINANTES**

Seismic Background: Fondo Sísmico

Turbulent-Pressure Fluctuations: Fluctuaciones de presión turbulenta

Ocean Traffic: Tráfico Oceánico (embarcaciones)

Bubbles and Spray (Surface Agitation): Burbujas y Aerosoles (Agitación Superficial)

Surface Waves - Second Order Pressure Effects: Olas de Superficie – Efectos de Presión de Segundo Orden)

Molecular Agitation: Agitación Molecular

Spectrum Level: Nivel Espectral

Frequency: Frecuencia

Limits of Prevailing Noise: Límites del Ruido Predominante

Wind-Dependent Bubble and Spray Noise: Ruido de Burbujas y Aerosoles Dependiente del Viento

Heavy Traffic Noise: Ruido por Tráfico Intenso

Thermal Noise: Ruido Térmico

Extrapolations: Extrapolaciones

Snapping Shrimp: Chasqueo por Camarones (sonido emitido en conjunto por colonias de crustáceos)

Low Frequency Very Shallow Water Wind: Ruido de Baja Frecuencia por Viento en Aguas Muy Poco Profundas

Usual Traffic Noise Deep: Tráfico Habitual en Aguas Profundas

Usual Traffic Noise Shallow: Tráfico Habitual en Aguas Poco Profundas



### 2.9.3 Emisión sonora submarina por las fuentes de energía de aire comprimido

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

**Tabla 6. Características del arreglo de fuentes de energía de aire comprimido.**

Número de sub-arreglos	3	
Cantidad de Fuentes por sub-arreglo	20 + 2 de repuesto	
Presión de trabajo de la Fuente	2.000	Psi
Volumen total de la Fuente	3.280 / 53,75	cu.in. / litros
Distancia entre puntos de emisión	12,5	metros
Intervalo entre puntos de emisión	5,4	segundos
Velocidad del buque durante la emisión	4,5	nudos
Fuentes de Energía: 0 a pico	57,5	bar.metro
Profundidad de las Fuentes	6 (+/- 1m)	metros
Relación Primario a Burbuja	19,2	Sin aplicación de Filtro de frecuencia

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

La energía sonora total emitida por el arreglo es entonces igual a:

$$SPL_{peak} = 20 \log (57,5 \text{ 0-p bar.m}) + 220 = 255,2 \text{ dB re } 1\mu\text{Pa-m} \quad [8]$$

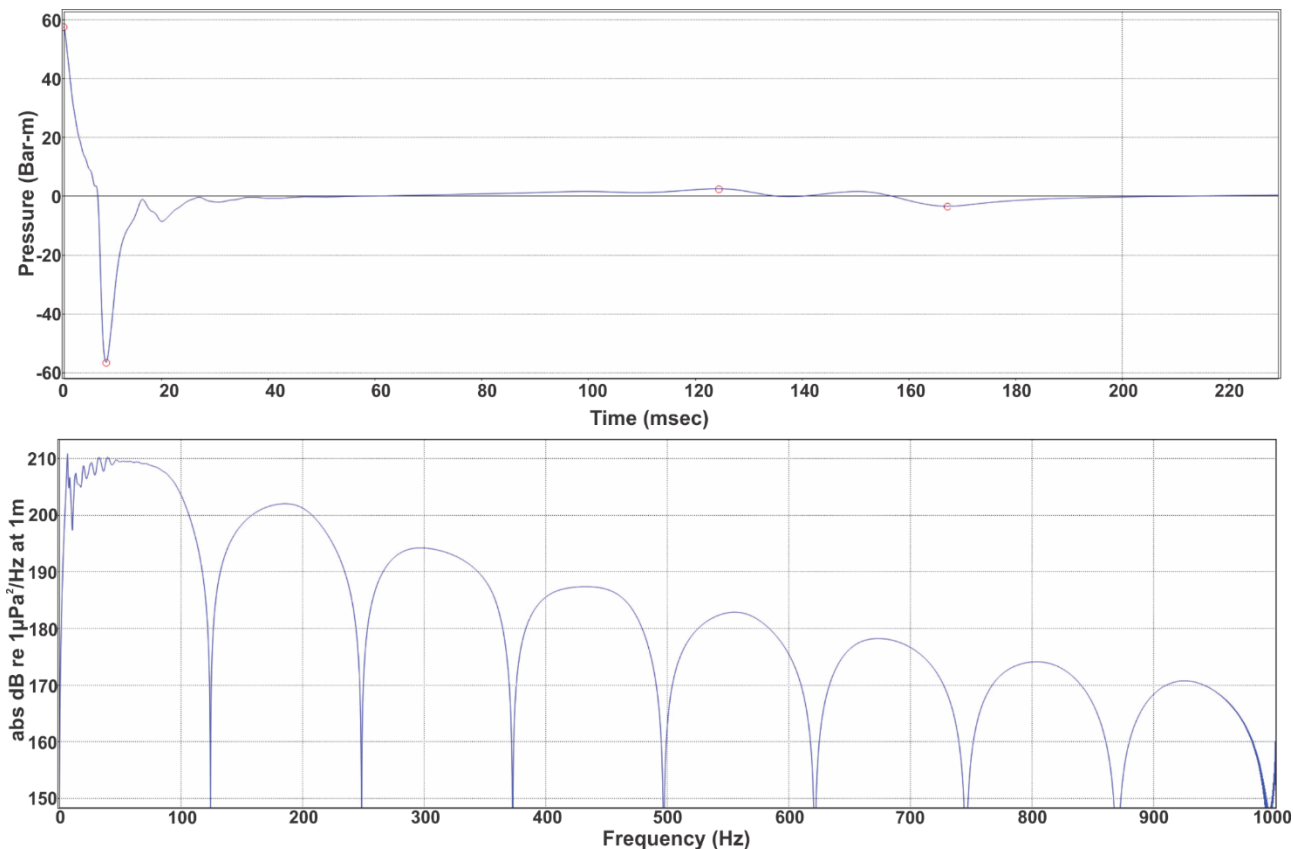
Según la recomendación de la Comunidad Europea, "Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas" – Part II (Dekeling et. al, 2014) el arreglo se clasifica como fuente de Nivel Alto, por encontrarse  $SPL_{peak}$  por encima de 253 dB re  $1\mu\text{Pa-m}$ .

La Firma Acústica del Campo Lejano FFS se ha calculado basándose en una temperatura del agua supuesta de 10°C y una velocidad del agua de 1490 m/s. Se empleó el software Nucleus+ version 2.9.0, Marine source modelling version 2.1.0, Source Kernel version 1.0.0. El fantasma de la fuente se ha tenido en cuenta utilizando un coeficiente de reflexión de -1 para la interfaz de la superficie del mar. La firma se extrae en la dirección de avance del arreglo (Azimut = 0) y directamente debajo de la fuente (Dip = 0).

La firma acústica del arreglo en el dominio temporal y el espectro en el dominio de frecuencias hasta 1 kHz se ilustran en la Figura 23.

Es posible observar que el máximo de emisiones se produce entre aproximadamente 5 Hz y unos 100 Hz de frecuencia, decayendo luego progresivamente los valores máximos a una tasa aproximada del orden de 4,5 dB cada 100 Hz.





**Figura 23. Firma acústica vertical del espectro del arreglo de 3.280 cu.in. Fuente: EQUINOR**

El campo de ondas de presión emitido por un conjunto de fuentes de aire varía en función del ángulo de emisión y el Azimut (Azimuth en inglés). Esto suele depender a su vez de la distribución espacial de los elementos de la matriz. Las firmas teóricas modeladas de cada ubicación de fuente se utilizan para calcular la firma de campo lejano dependiente de la frecuencia para cada posible fuente de emisión, ángulo de inclinación y Azimut de fuente.

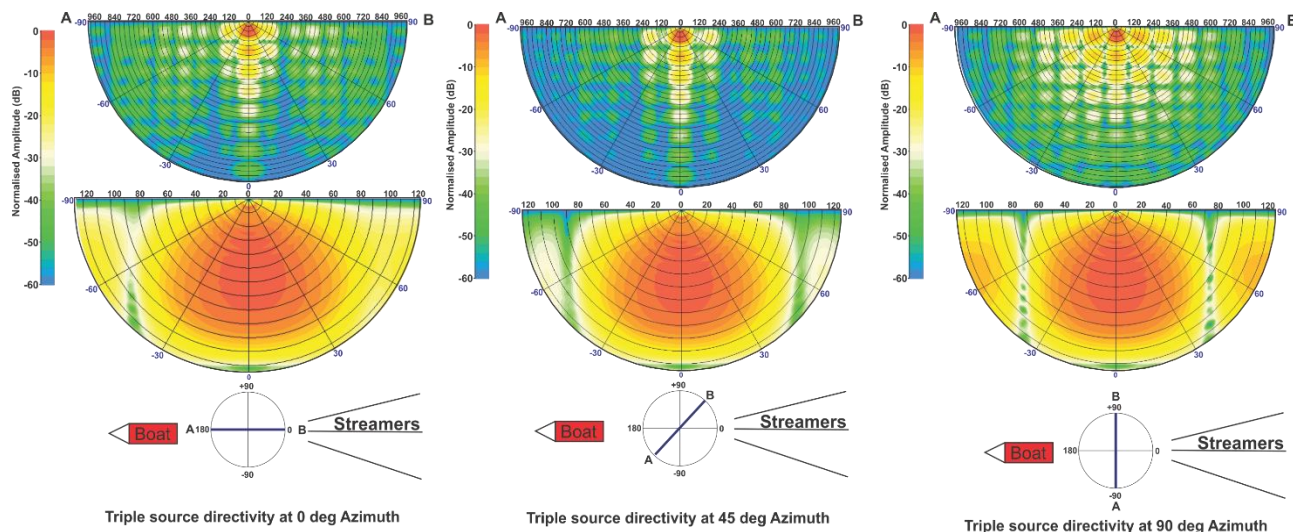
La reflectividad de la superficie del mar en el modelo se establece en -1 para representar las condiciones ideales del estado del mar.

En la Figura 24 se muestra en forma bidimensional la distribución de energía en frecuencia para 3 Azimut diferentes, 0° (dirección avance), 45° y 90° (dirección perpendicular al avance). Los valores son relativos al máximo correspondiente a Azimut 0° y dirección vertical.

Para cada gráfico azimutal, las frecuencias se muestran hasta 1 kHz y se amplían para mostrar el rango dónde se emite la mayor cantidad de energía dirigida hacia abajo entre 0-125 Hz.

Los ángulos indicados en los bordes de los semicírculos son relativos a la dirección vertical (debajo del arreglo), pudiéndose apreciar que la dirección 90° (horizontal) presenta una energía muy baja.

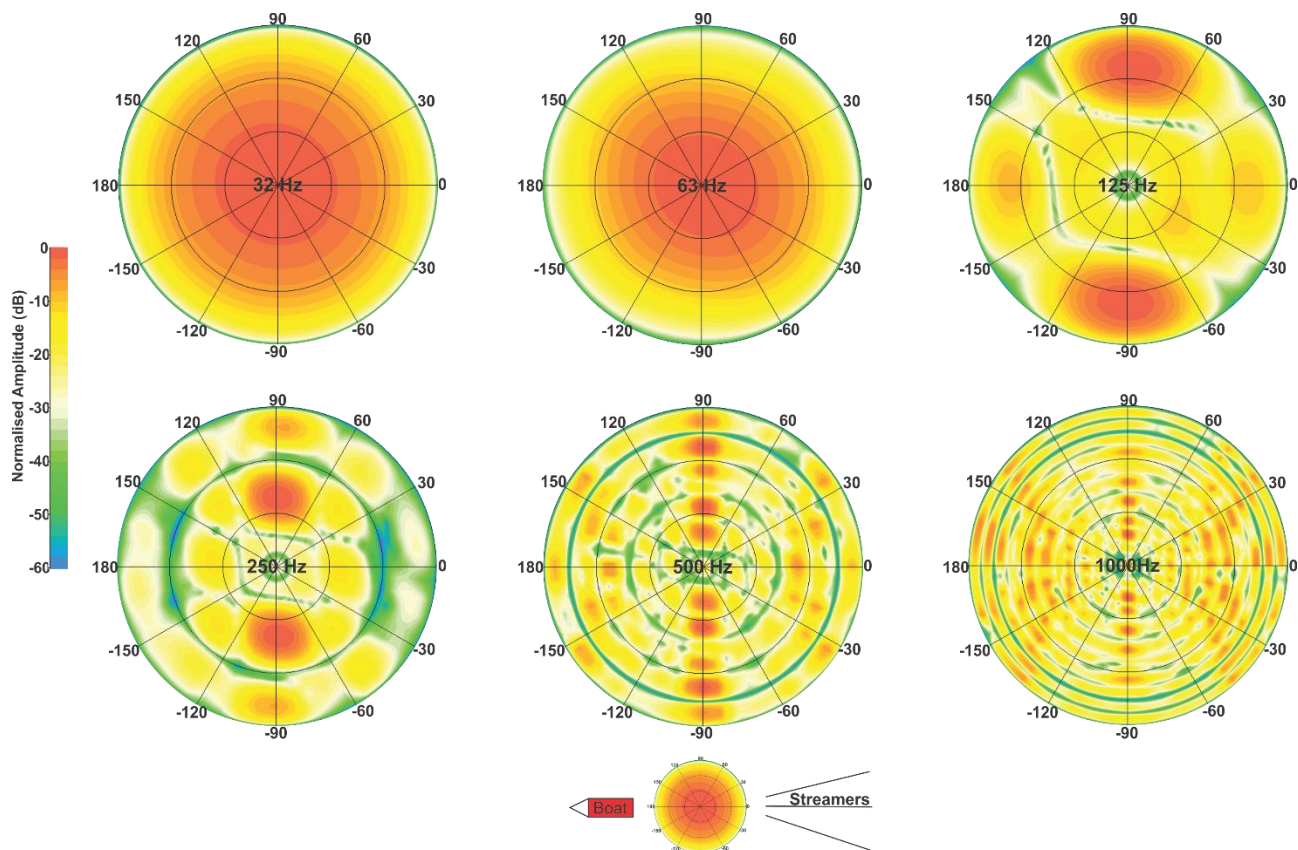




**Figura 24. Espectros 2D para diferentes Azimut respecto a la dirección de avance del relevamiento para el arreglo de 3.280 cu.in. Fuente: EQUINOR.**

La Figura 25 ilustra en forma polar la distribución angular de energía por octavas entre 32 Hz y 1.000 Hz. Los ángulos indicados en el borde de los círculos son los Azimut relativos a la dirección de avance del buque. Las distancias radiales representan los ángulos desde la vertical (en el centro) hasta la horizontal (en la periferia), donde puede apreciarse el decaimiento de la energía con el ángulo (Dip). El centro del círculo representa un ángulo de 0°, y cada círculo sucesivo representa 30°, 60° y 90°.

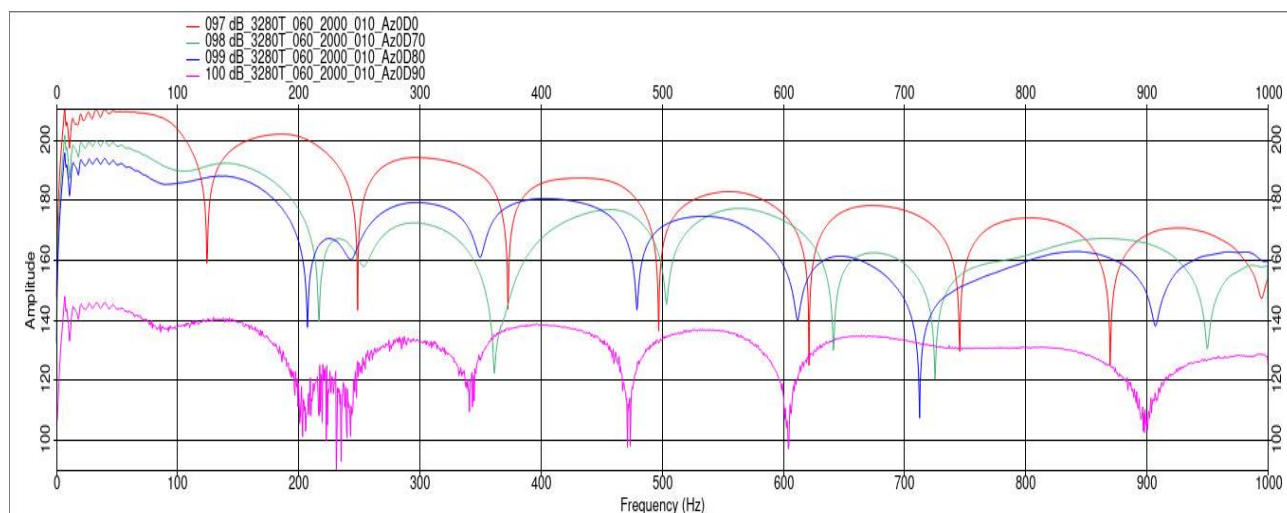




**Figura 25 Gráficos Polares de distribución angular de la energía sonora para frecuencias en octavas.**  
**Fuente: EQUINOR.**

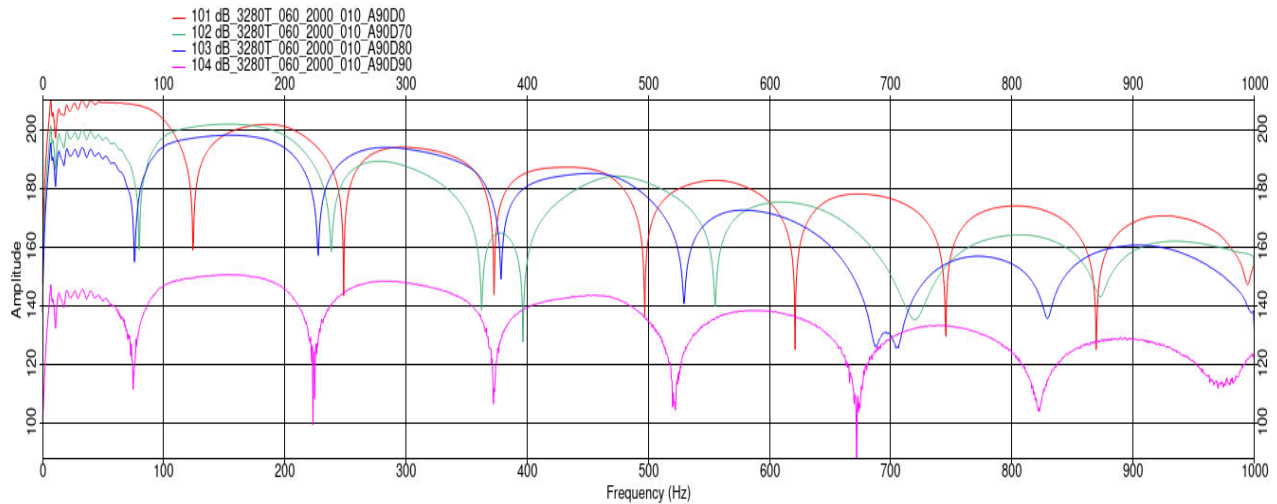
Las siguientes figuras ilustran los espectros emitidos para direcciones (Azimut) 0° (dirección de avance) y 90° (dirección perpendicular), y para ángulos con la vertical (Dip) 0°, 70° (20° desde la horizontal), 80° (10° desde la horizontal) y 90° (horizontal). Las unidades son dB re 1  $\mu\text{Pa}^2$  /Hz a 1 m.

Los espectros verticales (Dip 0°) lógicamente no dependen del Azimut, por lo que son idénticos.



**Figura 26 Espectro de energía para diferentes ángulos con la vertical y con Azimut 0° respecto a la dirección de avance para el arreglo de 3.280 cu.in. Fuente: EQUINOR**





**Figura 27 Espectro de energía para diferentes ángulos con la vertical y con Azimut 90° respecto a la dirección de avance para el arreglo de 3.280 cu.in. Fuente: EQUINOR**

Se puede apreciar que la energía emitida en forma horizontal es prácticamente despreciable con respecto a la emitida verticalmente (unos 40 a 60 dB menor según la frecuencia). Por otro lado, la energía emitida con ángulos de 10° y 20° respecto a la horizontal, presenta amplitudes menores pero más cercanas a la emitida verticalmente, mostrando un patrón similar al presentado previamente en la Figura 21, lo cual permite verificar la diferencia entre la energía radiada en dirección vertical y aquella radiada en dirección horizontal, que en general suele considerarse del orden de unos 20 dB (Caldwell et al, 2000).

Los espectros verticales (Dip 0°) lógicamente no dependen del Azimut, por lo que son idénticos.

La Figura 28 y la Figura 29 ilustran la acumulación de energía, calculada sumando en forma lineal las contribuciones de cada frecuencia con un intervalo de discretización de 0,48 Hz, para la dirección vertical (Dip 0), en dos escalas de frecuencia diferentes. En la dirección Vertical la energía está concentrada en un 85% hasta los 120 Hz y en un 95% hasta 210 Hz.

La Figura 30 a la Figura 33 ilustran la acumulación de energía para Azimut 0° y 90°, considerando dos ángulos diferentes con la vertical (Dip), iguales a 70° y 80° (es decir, 20° y 10° respecto a la horizontal).

Se puede apreciar que por una parte se produce un fuerte descenso del SEL al aumentar el Dip (es decir, acercarse a la horizontal) y por otra, que la distribución en frecuencia de la energía se amplía abarcando frecuencias más altas a medida que la dirección de emisión es más horizontal.

En el caso del Azimut 90°, la energía total es mayor que para Azimut 0° y hay una participación mayor en el porcentaje de energía para frecuencias más altas, entre 200 y 300 Hz.

En la Tabla 7 se muestran los valores máximos de SEL total según el ángulo respecto a la vertical y el Azimut respecto a la dirección de avance.



**Tabla 7 SEL (dB re 1  $\mu\text{Pa}^2$  s a 1 m) total emitido para diferentes ángulos respecto a la vertical y Azimut respecto a la dirección de avance**

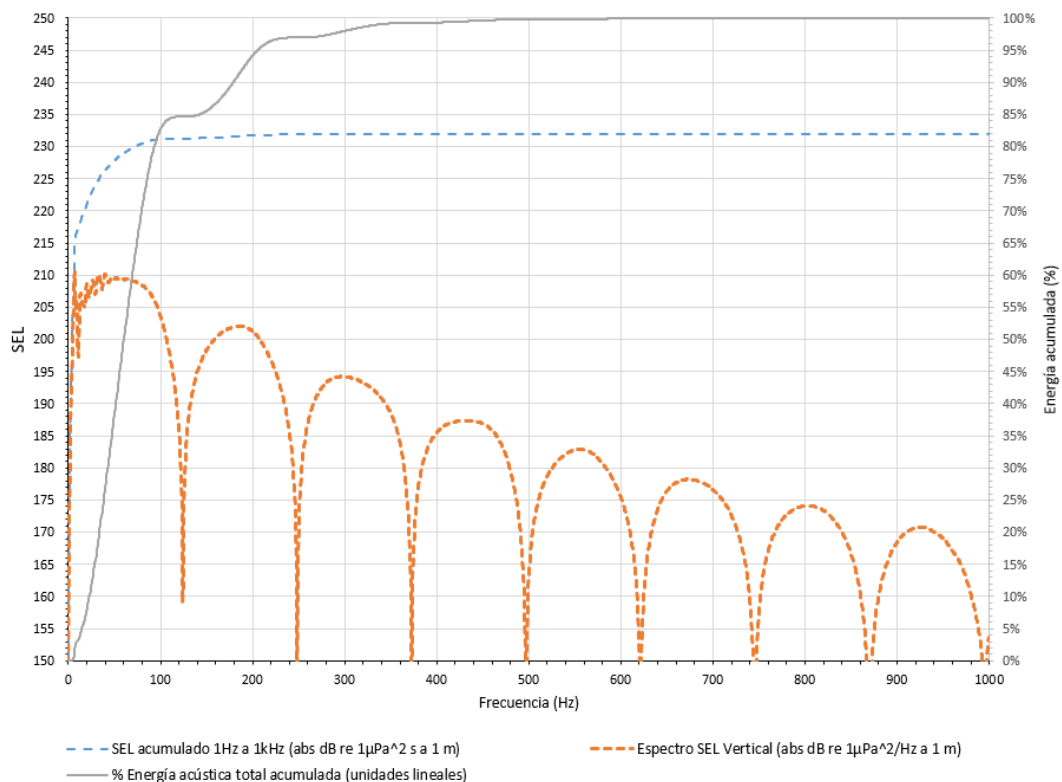
Ángulo respecto a la vertical (Dip)	Azimut 0° (dirección de avance)	Diferencia con vertical para Azimut 0° (dB)	Azimut 90° (perpendicular)	Diferencia con vertical para Azimut 90° (dB)	Diferencia Azimut 0° - Azimut 90° (dB)
0° (vertical)	232,02	-	232,02	-	0
70° (20° horiz.)	220,69	11,33	225,70	6,32	-5,01
80° (10° horiz.)	215,34	16,68	222,61	9,41	-7,26
90° (horizontal)	168,89	63,12	175,79	56,23	-6,90

Cabe mencionar que el valor del SEL igual 232,0 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2$  s a 1 m representa la energía contenida en todo el espectro de emisión vertical, mientras que el valor máximo del orden de 210 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2$  /Hz a 1 m que se muestra en las diferentes figuras para Azimuth 0° representa el valor espectral de SEL con referencia a 1 Hz en la frecuencia en que el mismo es máximo, por lo que corresponden a magnitudes físicas diferentes que no deben compararse entre sí.

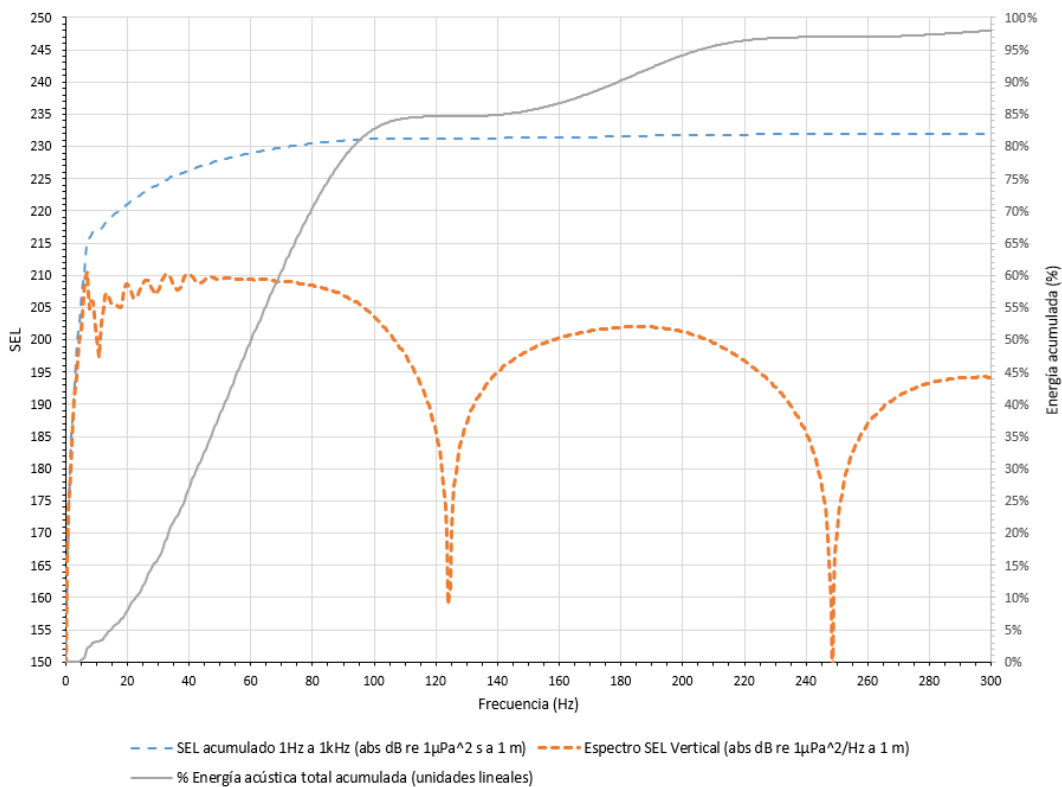
La diferencia entre el valor “nominal” del SEL total emitido verticalmente (232,0 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2$  s a 1 m), calculado integrando el espectro de energía correspondiente, y el valor total del SPLpeak calculado previamente a partir de la emisión en Bar.m del arreglo (255,2 dB re 1  $\mu\text{Pa}$  a 1 m), es igual a 23,2 dB. Este valor está en el rango indicado en el acápite 2.9.2.1 donde se indica que si bien las unidades del SEL y del SPL son diferentes, el valor numérico del SEL es típicamente de 20 a 25 dB inferior a SPLpeak.

En la Figura 34 se presenta la Firma espectral del arreglo, correspondiente a la energía acumulada en las bandas de tercios de octavas, para el Azimut 0 (en la dirección de avance del arreglo), en escalas lineal y logarítmica. En la Figura 35 se presenta la misma información para el Azimut 90°.



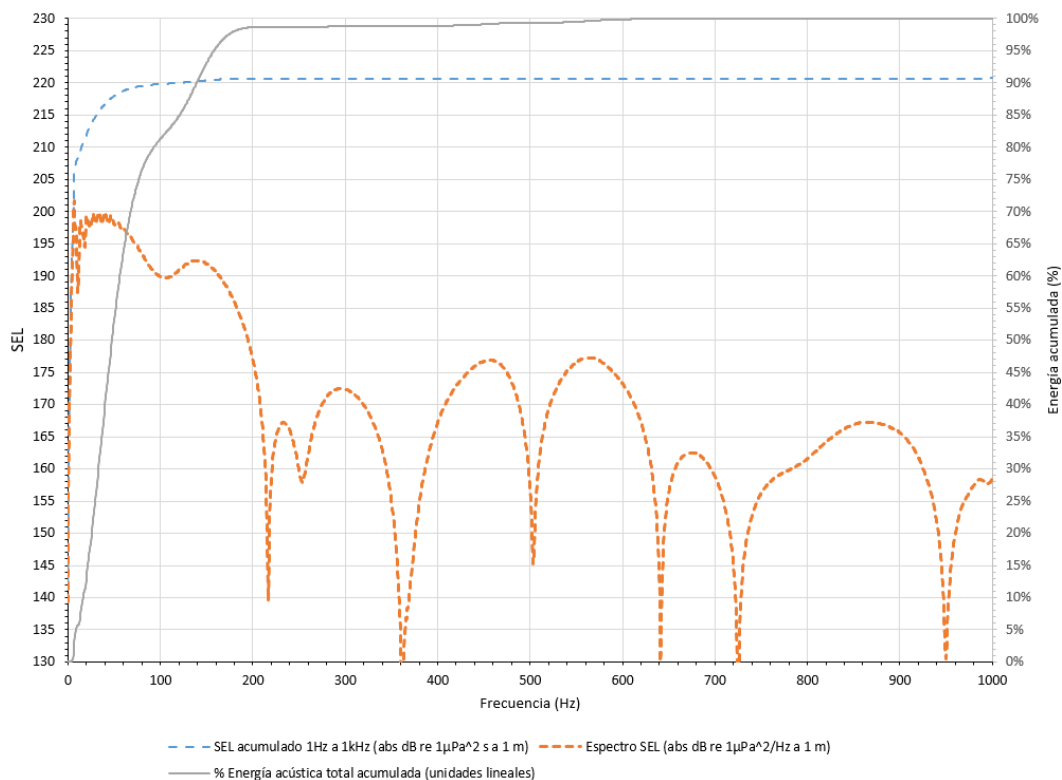


**Figura 28. Energía acumulada vertical (Dip 0) en Azimut 0° y 90° hasta 1 kHz**

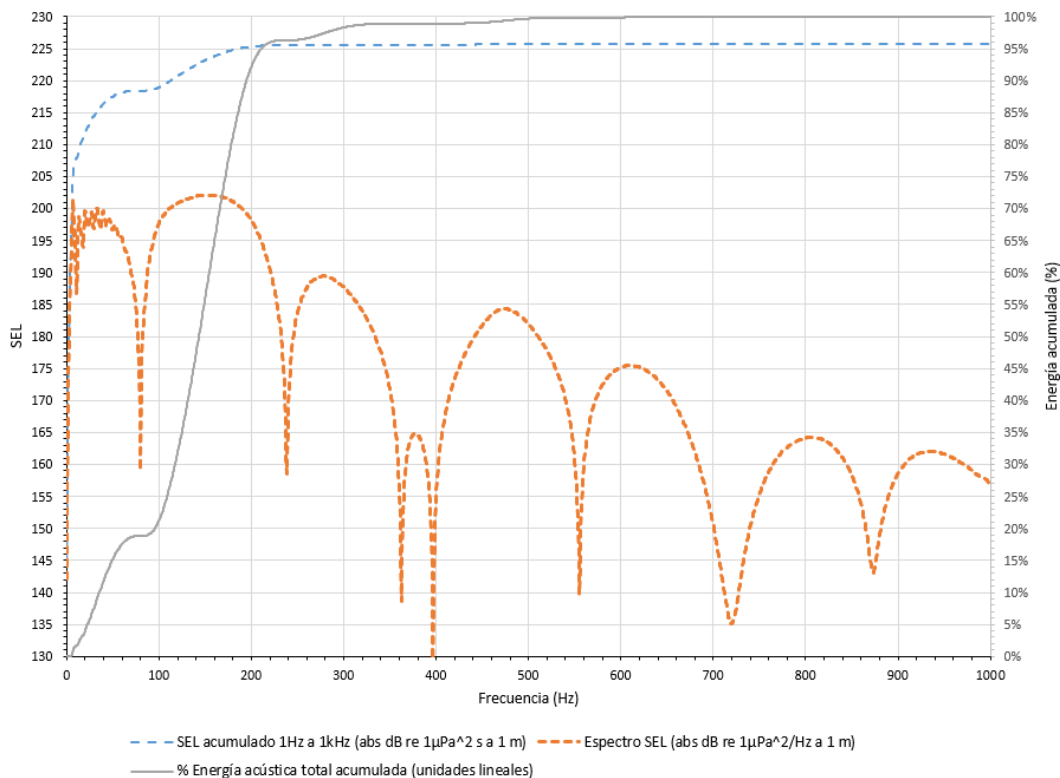


**Figura 29. Energía acumulada vertical (Dip 0) en Azimut 0° y 90° hasta 300 Hz**



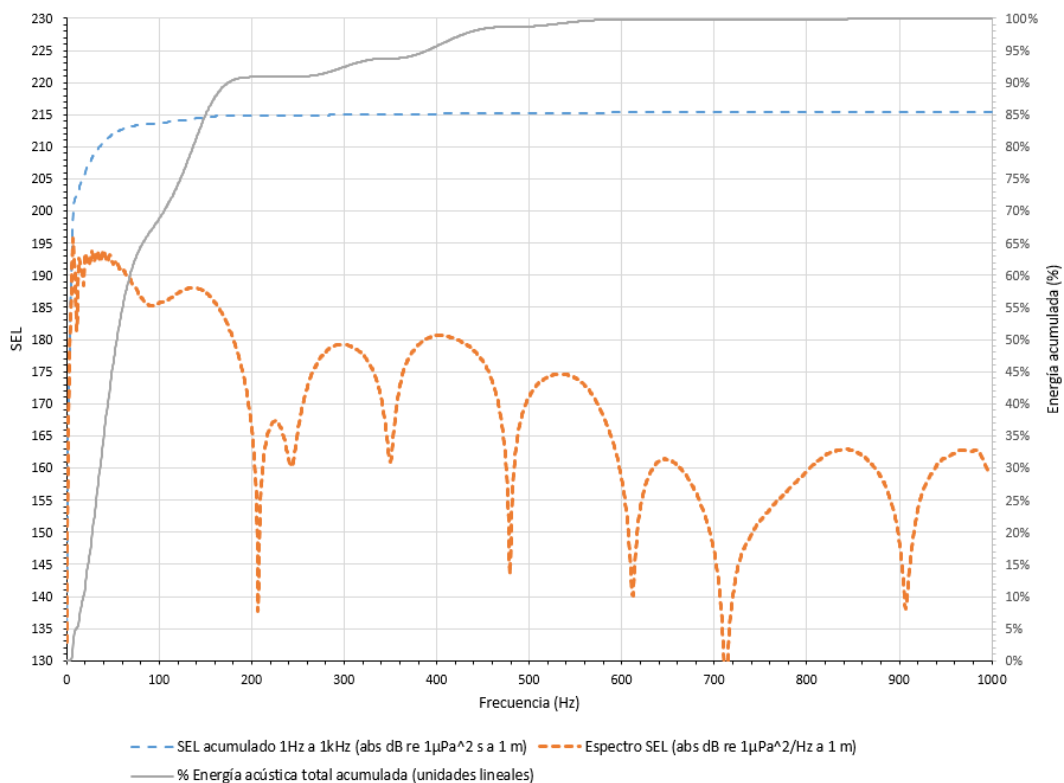


**Figura 30. Energía acumulada en Azimut 0° (dirección de avance del relevamiento) ángulo vertical Dip 70° (20° desde la horizontal)**

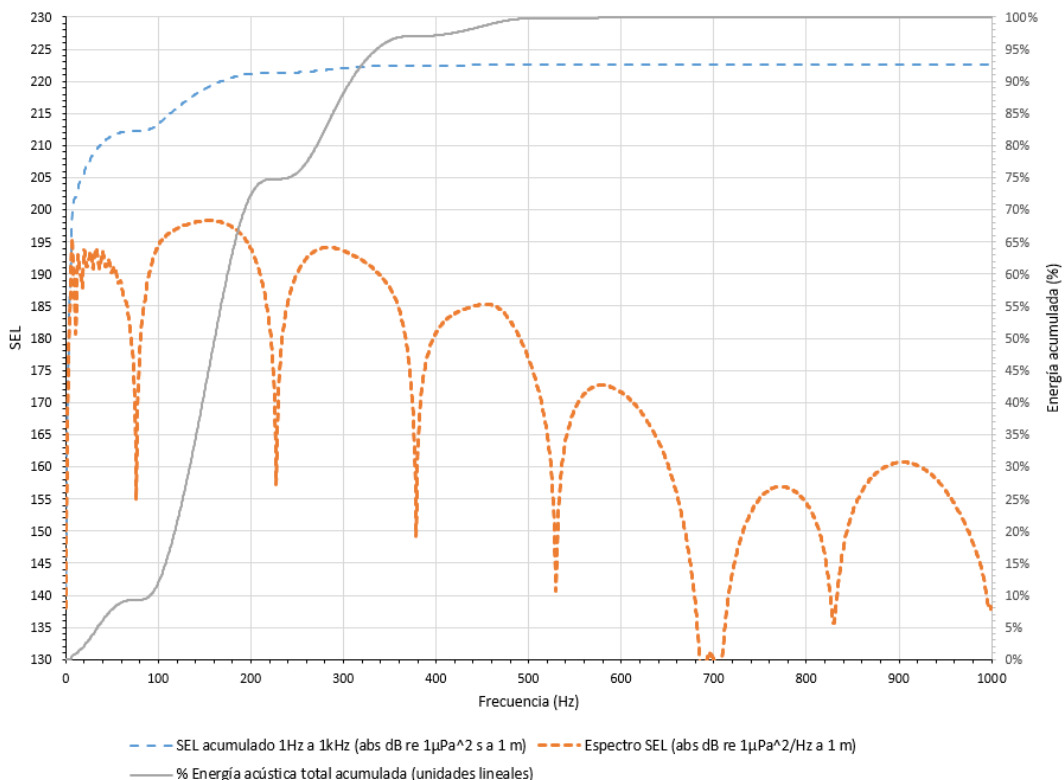


**Figura 31. Energía acumulada en Azimut 90° (dirección perpendicular al avance del relevamiento) ángulo vertical Dip 70° (20° desde la horizontal)**





**Figura 32. Energía acumulada en Azimut 0° (dirección de avance del relevamiento) ángulo vertical Dip 80° (10° desde la horizontal)**



**Figura 33. Energía acumulada en Azimut 90° (dirección perpendicular al avance del relevamiento) ángulo vertical 80° (10° desde la horizontal)**



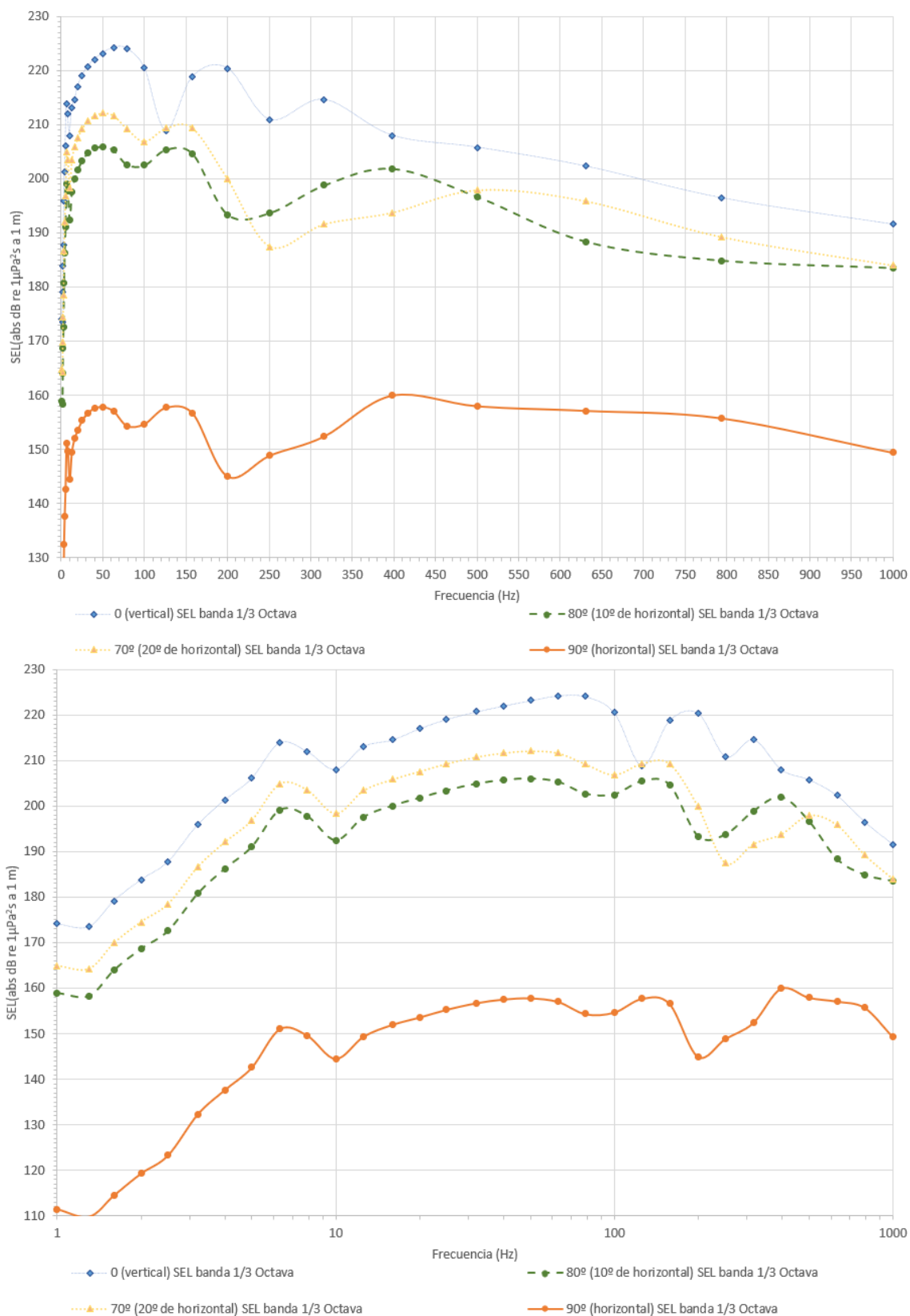


Figura 34. Energía por octava para diferentes ángulos en Azimut 0° (dirección de avance)



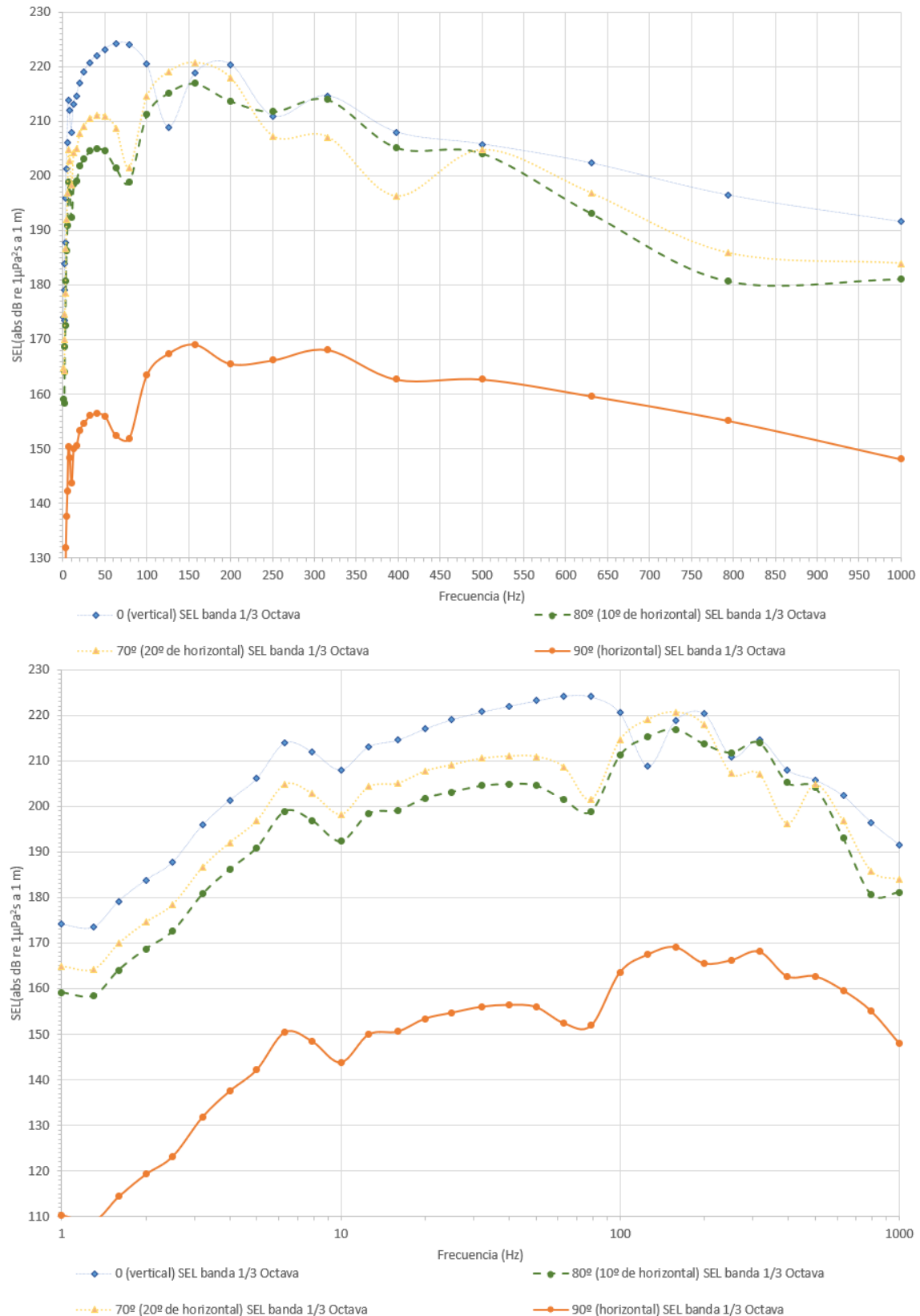


Figura 35. Energía por octava para diferentes ángulos en Azimut 90° (perpendicular al avance)



## 2.10 MONITOREO ACÚSTICO PASIVO

Las limitaciones de la vigilancia visual de la biota marina durante la noche y en condiciones de escasa visibilidad llevaron al desarrollo de nuevas metodologías para mitigar los efectos de las prospecciones sísmicas en la fauna marina. Este proceso de innovación ha producido hasta ahora al menos una tecnología funcional: el Monitoreo Acústico Pasivo, conocido internacionalmente como Passive Acoustic Monitoring (PAM).

Un sistema PAM básico se compone de un arreglo de hidrófonos, que detecta la vocalización de los mamíferos marinos; un sistema para amplificar y acondicionar la señal; un dispositivo de adquisición de señales; y una computadora para correr el software PAM. El sistema es capaz de localizar, identificar y monitorear los mamíferos marinos en tiempo real.

Para la instalación, despliegue del equipo e interpretación de los sonidos detectados se requiere de operadores de PAM entrenados por especialistas.

Cuando se utiliza un sistema PAM, se debe obtener en la medida de lo posible, lo siguiente:

- Detectar el rango de frecuencias de las vocalizaciones de los mamíferos marinos que se espera que estén presentes en el área de estudio;
- Detectar e identificar las vocalizaciones de los mamíferos marinos y establecer la marcación y el alcance en un período de tiempo razonable;
- Comunicar inmediatamente la información pertinente al operador del PAM (en tiempo real) para que se puedan tomar las medidas de mitigación apropiadas y oportunas (por ejemplo, retrasar el arranque suave).

El sistema PAM a ser utilizado tendrá las características del sistema Towed PAM System. Este sistema básico comprende un cable de 250 m, cable de cubierta, unidad de procesamiento de audio, computadora y auriculares. Este sistema está equipado con el software PAMGuard, sistema estándar de detección y localización de mamíferos marinos

Especificaciones del sistema Towed PAM System

- Hidrófonos: 4
- Sensibilidad acústica: 10 Hz to 200 kHz
- Requerimientos de energía: 110 VAC, 240 VAC
- Peso: 3 pallets, 400kg

En el Anexo a este capítulo (punto 0) se incluyen las especificaciones del fabricante del sistema Towed PAM System.

Dado que el sistema PAM es un equipamiento estándar las características del mismo son independientes del contratista geofísico o buque seleccionado, por lo que no se verán afectadas por la definición de uno u otro contratista.



## 2.11 PREPARACIÓN ANTE CONTINGENCIAS

### 2.11.1 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. Dentro del buque se cuenta con médico y enfermero exclusivo para la atención del Grupo, con un consultorio que dispone toda la aparatología de emergencia y si fuera necesario, evacuación. El consultorio tiene capacidad para internar hasta 2 pacientes.

El buque cuenta con plataforma helideck para evacuación aérea. En caso de evacuación médica de emergencia se planifica el uso de helicópteros para el traslado del paciente a la base logística de Puerto de Mar del Plata. Los puertos de Quequén y Buenos Aires se consideran eventualmente como alternativas para una operación de este tipo.

En caso de atención de emergencia con transporte heliportable, socorristas o especialistas se concentrarán en Puerto de Mar del Plata para despegue del helicóptero con el personal necesario.

### 2.11.2 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 CO<sub>2</sub> o similares y para incendios en otros sitios, bombas específicas para incendios con caudal de 150 m<sup>3</sup>/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

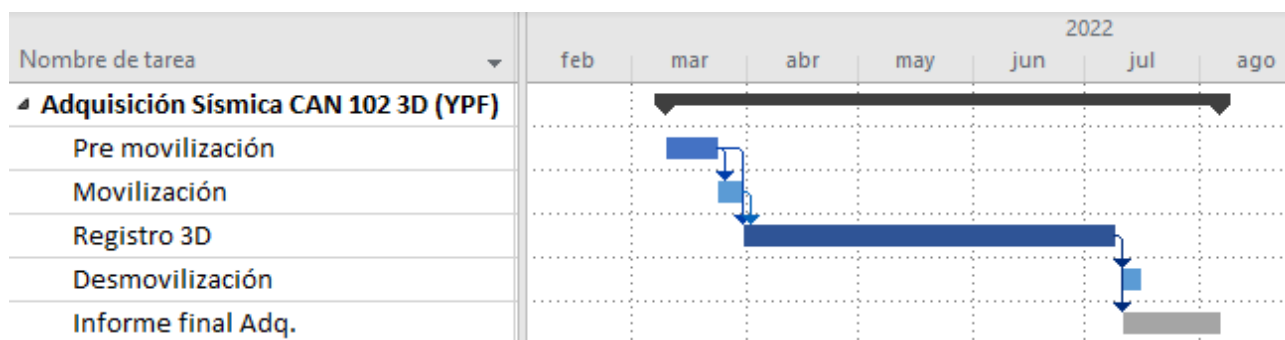
El programa actual contempla el registro de aproximadamente 2.400 km<sup>2</sup> de sísmica 3D y podrá extenderse hasta por 60 días.

Se planifica que la adquisición se desarrolle en la ventana operativa de otoño - invierno 2022, de marzo a julio de 2022.

El Proyecto se llevará a cabo siguiendo los siguientes pasos convencionales:

- Movilización del buque sísmico, del buque de seguimiento y del buque logístico al área del Proyecto a mediados de marzo de 2022;
- Campaña de adquisición sísmica, incluido el despliegue del equipo sísmico (fuente y streamers) y las operaciones de adquisición de datos; y
- Desmovilización: una vez realizado el relevamiento, los buques sísmicos y de apoyo dejarán el Área de Adquisición de datos sísmicos para navegar de vuelta al puerto de Mar del Plata. No se dejará ningún rastro de la actividad de prospección en el área de estudio después de la desmovilización.

A continuación se presenta el cronograma operativo (se considera para el registro 3D la ventana operativa marzo – julio de 2022, si bien el registro podrá extenderse como máximo durante 60 días dentro de dicho periodo) definido para el proyecto. El inicio efectivo dependerá de la obtención de la licencia ambiental.




**Justificación de la ventana temporal seleccionada para el desarrollo del proyecto**

La ventana temporal seleccionada para la ejecución del proyecto está vinculada principalmente a los efectos de simplificar la logística, ya que las características y la especificidad del relevamiento sísmico demanda la contratación de compañías de servicios que cuenten con la tecnología, los buques y las capacidades adecuadas para cumplimentar el objetivo. En general estos buques sísmicos realizan campañas en otros lugares del mundo por lo que, en la planificación de la presente campaña de sísmica, ha sido necesario considerar la disponibilidad del buque con la tecnología adecuada y la ventana de tiempo apropiada para llevar a cabo la actividad. En Argentina la logística necesaria para las campañas sísmicas resulta muy compleja teniendo en cuenta la lejanía a otras áreas de exploración petrolera en el mundo, y el número acotado de buques sísmicos en actividad. Por ello, se plantea la posibilidad de contratar el mismo buque con el resto de las operadoras que tienen áreas cercanas a fin de desarrollar las campañas en forma consecutiva, facilitando la logística y así evitar un desarrollo simultáneo.

**Condiciones de operación**

En cuanto a la seguridad de las operaciones, se espera que las mismas 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**

Ainslie, M. (2010). Principles of Sonar Performance Modeling.

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.

Dekeling, R.P.A., Tasker, M.L., Van der Graaf, A.J., Ainslie, M.A., Andersson, M.H., André, M., Borsani, J.F., Brensing, K., Castellote, M., Cronin, D., Dalen, J., Folegot, T., Leaper, R., Pajala, J., Redman, P., Robinson, S.P., Sigra, P., Sutton, G., Thomsen, F., Werner, S., Wittekind, D., Young, J.V., Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part II: Monitoring Guidance Specifications, JRC Scientific and Policy Report EUR 26555 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2014, doi: 10.2788/27158

ERM (Marzo 2019). Environmental Impact Assessment (EIA) for 2D-3D seismic survey in the Ashrafi-Dan Ulduzu-Aypara (ADUA) Exploration area, Azerbaijan.

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.

IBAMA (2018). Guia de monitoramento da biota marinha em pesquisas sísmicas marítimas

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.

Lázaro Redondo, Antonio Ruiz Mateo (2017). Ruido subacuático: fundamentos, fuentes, cálculo y umbrales de contaminación ambiental. Underwater Noise: Fundamentals, Sources, Assessments and Acoustic Contamination Thresholds. (<http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/3A5F4F9A-6B54-4EBC-98CE-57A0E264DDD1/146077/RuidoSubacuatico186.pdf>)

McDonald, M. A., Hildebrand, J. A., and Wiggins, S. M. (2006) Increases in deep ocean ambient noise in the Northeast Pacific west of San Nicolas Island, California, J. Acoust. Soc. Am., 120, 711–718.

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 BI, Bowles Ae, Ellison Wt, Finneran J, Gentry R, Green Cr Kastak Cr, Ketten Dr, Miller Jh, Nachtigall Pe, Richardson Wj, Thomas Ja & Tyack PI (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.

Ziolkowski A, Parkes G, Hatton L and Haugland T, The signature of an air gun array: Computation from near-field measurements including interactions. Geophysics, Vol. 47, no. 10 (October 1982); p. 1413-1421



## ANEXO I - ESPECIFICACIONES FUENTE DE EMISIÓN G-GUN DE SERCEL



# Marine Sources



## // HIGH-PERFORMANCE IMPULSIVE SOURCES

Sercel has 30 years of experience in the design and manufacture of marine sources. Throughout this time, Sercel has developed sources for all applications encountered within the seismic industry, including the most demanding environments.

This expertise has provided us with the foundations for designing a turnkey marine seismic source solution that can be adapted to every customer's need and operating environment as well as be built on for future source solutions and other in-sea equipment such as float systems.

The design philosophy driving all our marine source products is ease-of-use, safety and reliability. Sercel offers the most comprehensive air impulsive source portfolio in the industry that can be used for seismic & engineering applications such as towed streamer, shallow water/OBC/OBN and VSP surveys.



2

# Complete Package

## // G-SOURCE II



Streamer



Shallow Water

## // Mini G-SOURCE & GI-SOURCE



Borehole



## // G-SOURCE



*[Signature]*

# Streamer

## // G-SOURCE II



+5% 0-Peak Output  
compared to  
conventional impulsive sources



Designed to operate  
continuously at up to  
3,000 psi (210 bars)



High degree of pulse  
repeatability



Recoilless



Possibility to deploy  
impulsive sources at sea  
without pressure



The G-SOURCE II is the safest, easiest-to-use and most reliable impulsive source in the industry. It offers a lightweight, compact solution for consistent performance and flexibility thanks to its advanced Volume Reducer technology.



### Phase 1

A special patented design allows the compressed air that is released to be deflected at the sides, resulting in recoilless shooting.



### Phase 2

High-pressure air explosively released into the surrounding water generates the main acoustic pulse.

## Specifications



	G-SOURCE II 150	G-SOURCE II 250	G-SOURCE II 380	G-SOURCE II 520
Available volume (cu.in)	45 • 50 • 60 • 70 • 80 • 90 • 100 • 110 • 120 • 130 • 140 • 150	180 • 200 • 210 • 220 • 250	320 • 340 • 350 • 360 • 380	520
Length	L = 597mm	L = 597mm	L = 640mm	L = 640mm
Width	W = 292mm	W = 292mm	W = 292mm	W = 292mm
Weight	55kg	65kg	85kg	90kg

## Single impulsive source type

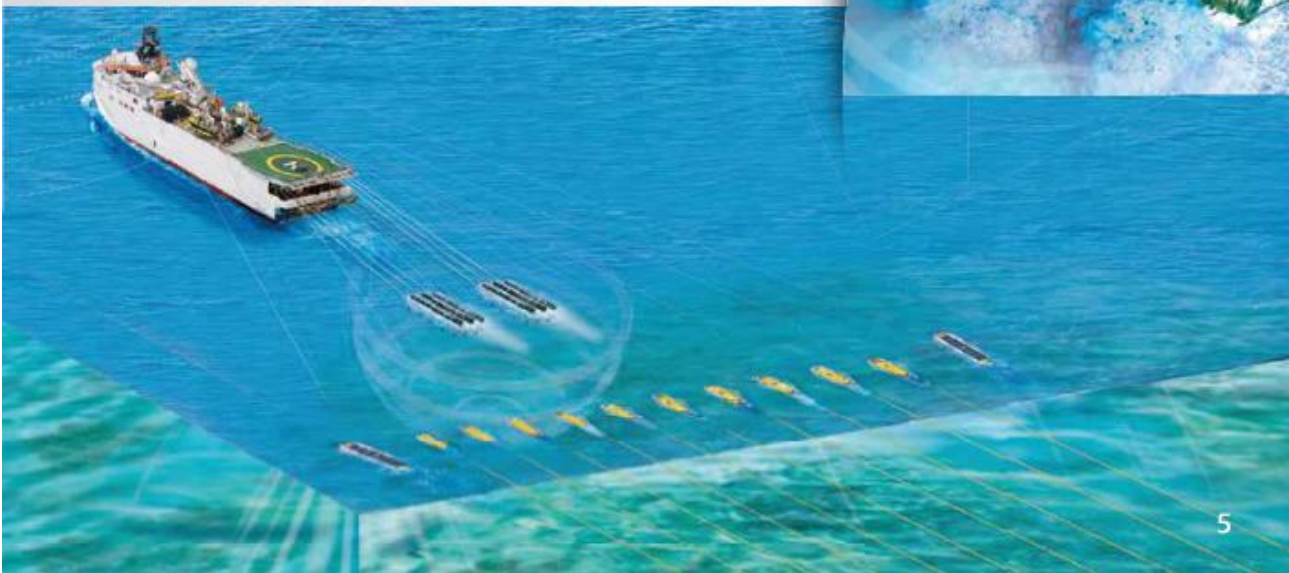


Each impulsive source volume can be easily changed by means of inexpensive "Volume Reducers" or by changing the external casing.

- Single set of spare parts for the entire G-SOURCE II range.
- Assemble/disassemble within minutes without special tooling.
- Firing/sensor/sleeve/shuttle system for all G-SOURCE II.

With its mechanical advantages and strong acoustic performance the G-SOURCE II is the impulsive source of choice for high-production seismic vessels.

For maximum energy output and high signature consistency shot after shot, G-SOURCE II impulsive sources can be configured in impulsive source clustered elements using our patented parallel cluster assembly design.



*[Handwritten signature]*



## Marine Sources

High-performance impulsive sources

### Sercel - France

16 rue de Bel Air  
B.P. 30439 - 44474 CARQUEFOU Cedex  
Téléphone: (33) 2 40 30 11 81  
E-mail: sales.nantes@sercel.com  
SAS au capital de 2 000 000 €  
Siège Social: 16 rue de Bel Air - 44470 CARQUEFOU  
378.040.497 R.C.S. Nantes Code APE 2651B

### Sercel Inc. - U.S.A.

17200 Park Row  
Houston, Texas 77084  
Telephone: (1) 281 492 6688  
E-mail: sales.houston@sercel.com

[www.sercel.com](http://www.sercel.com)

© Sercel 02/20

Produced according to the Sercel environmental printing standard



Ahead of the Curve<sup>SM</sup>



## ANEXOS II - ESPECIFICACIONES FUENTE DE EMISIÓN BOLT TELEDYNE

A Teledyne Bolt Product Line

# Teledyne Bolt

Worldwide Leader in Seismic Sources

LL  
Long Life Seismic Source

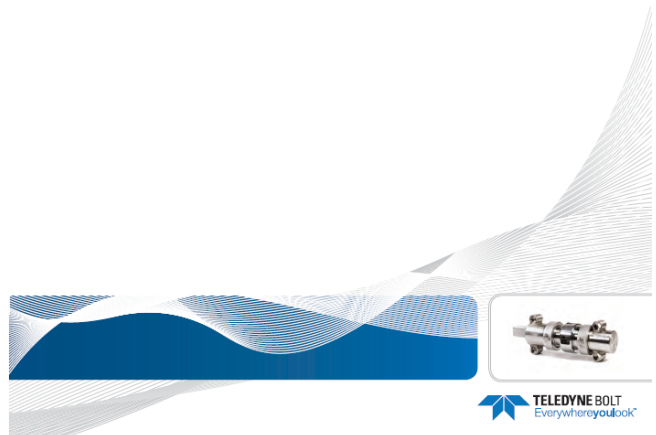


Teledyne Bolt  
4 Duxen Place, Norwalk, CT USA  
Tel: +1-203-833-0700 • Fax: +1-203-834-9601 • E-mail: bolt.sales@teledyne.com  
www.bolt-technology.com

Specifications subject to change without notice.  
© 2012 Teledyne Bolt. All rights reserved.

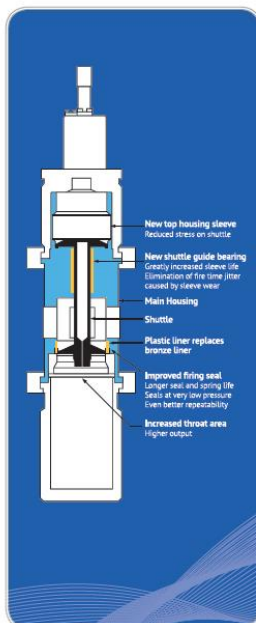
A Teledyne Marine Company

A Teledyne Bolt Product Line

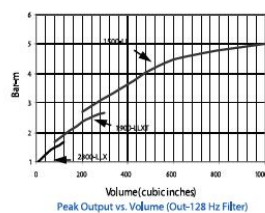


### Long-Life Technology Solution

For more than 20 years the Bolt Long-Life Sources have been the workhorse of the seismic industry. The Long-Life Sources are designed as a stable, trouble-free, low maintenance energy source that produce high acoustic output.



The following graph illustrates peak output vs. chamber volume for Bolt Long-Life Sources (0-128 Hz filter).



The Long-Life Source is available in three models spanning volumes from 5 in<sup>3</sup> to 2,000 in<sup>3</sup>.

### 2800-LLX

The 2800-LLX Source is designed for volumes ranging from 5 in<sup>3</sup> to 120 in<sup>3</sup>. The source is very light weight, and is ideally suited for shallow water source vessels with limited deck space. For maximum energy output, it can easily be configured in 2-gun and 3-gun cluster elements.



### 1900-LLXT

The 1900-LLXT Source is designed for volumes ranging from 10 in<sup>3</sup> to 250 in<sup>3</sup>. The source is extremely versatile, and is sufficiently light-weight for shallow draught vessels while powerful enough for blue water seismic surveys.



### 1500-LL

Due to its large throat area, the 1500-LL Source is capable of generating very high peak output with excellent low frequency content associated with large chamber volumes. Using heavy-duty cluster spreader bars, it is possible to configure cluster elements in excess of 1,000 in<sup>3</sup> without sacrificing peak output.



The 1500-LL Source produces the highest peak output over the largest range of chamber volumes. The gun can be configured with chamber volumes ranging in size from 70 in<sup>3</sup> to 2,000 in<sup>3</sup>. Large chamber sizes require heavy duty towing frames to withstand the shock generated by the gun.

### Firing Control

Bolt offers the most advanced firing control mechanisms in the Industry. From clean time-break signatures to advanced distributed control and QC, Bolt has a solution for you.




## ANEXO III - ESPECIFICACIONES GUNLINK 4000 SEAMAP



The GunLink 4000 is the third phase of Seamap's range of new generation hydrophone monitoring and source control systems.

The system provides in-water firing control and sensor timing monitoring of up to 256 standard guns (128 GI guns) and is capable of receiving hydrophone data from up to 256 near field phones. The GunLink 4000 moves the system electronics in to the water allowing it to be mounted close to the gun array, thus reducing umbilical diameters, increasing umbilical lengths and allowing shorter offsets.

The GunLink 4000 comprises of a Host Computer and Timing Control Unit (TCU), an Umbilical Termination Module (UTM) for each umbilical and a Gun Firing & Sensing Module (GFSM) for each one or two gun cluster. The GFSM also incorporates a depth sensor, a pressure sensor and a connector for an external hydrophone. Seamap Calibrated Hydrophones are fully supported. The GFSM's are daisy chained along the array starting from the UTM with only a single cable between each module thus reducing the complexity of the array wiring.

Individual gun fire times and solenoid coil current logging enables the firing pulse to be fed to each gun solenoid at the calculated time for a programmable period and voltage. The in-water circuitry allows each near field phone and firing sensor to be monitored continuously using a 24 bit A/D converter sampling at 0.1mS thus providing increased gun firing accuracy and auto-fire detection. The Host Computer runs the main operating and control software under the LINUX operating system and provides the main system control and display functions. The software has been designed to be both intuitive and simple to use, providing the operator with real time data and easily recognizable indications of deteriorating gun performance.



Gun Firing & Sensing Module (GFSM)



Umbilical Termination Module (UTM)

- Gun Capacity: Firing and Sensor Circuits for up to 256 guns (128 GI Guns).
- Near Field Phone Monitoring: Up to 256 near field phone 24 bit inputs sampled continuously at 0.1mS.
- Depth and High Pressure Inputs: Each Gun Firing Sensing Module is fitted with a depth and a high pressure air sensor.
- User Interface: Twin screen Graphical User Interface.
- Slipring – Electrical with high speed Ethernet or Optical version as options
- MOB Interface: Direct interface to vessel's Seamap MOB system.
- Air System: To simplify the air distribution at the cluster.
- FiberLink Media Converters – option for winch mounted (for electrical slip rings) or instrumentation room (for optical slip rings).
- Umbilical Termination: Provides power connections for additional in water auxiliary equipment such as the BuoyLink EX GPS.



### Specifications:

General System Features	
<b>Total Number of Guns</b>	256 (128 GI Guns)
<b>Monitored Variables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gun Fire Time</li> <li>• Near field hydrophone signals (one per GFSM)</li> <li>• Depth Sensor and air line pressure (one of each per GFSM)</li> <li>• Solenoid coil current</li> </ul>
<b>Controlled Variables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gun fire time</li> <li>• Gun firing pulse length and voltage</li> </ul>
<b>Ancillary Monitored Variables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmospheric Pressure</li> <li>• Up to 23 compressor and umbilical line pressure inputs</li> </ul>
<b>Remote Displays</b>	Large format digital pressure displays to display umbilical pressures on the gun deck.
<b>Supported Guns</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolt 1500 and 1900 series Guns</li> <li>• Seamap Sleeve Guns</li> <li>• Sercel G and GI Guns</li> </ul>
<b>Safety Features</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Key controlled remote and local system disable</li> <li>• Bleed resistors on each solenoid output dump charge at system disable</li> <li>• Interface to vessel's MOB system</li> </ul>
System Performance	
<b>Timing Resolution</b>	0.1 mS
<b>Fire Detect Window</b>	Up to 1024 mS
<b>Synchronization Modes</b>	Automatic (Additional algorithms available as required)
<b>Fire Detect Method</b>	Sensor or Hydrophone selectable
<b>Fire Time Pick Method</b>	Zero crossing, level detect, peak detect or combinations of all three
<b>Data Time Stamping</b>	All date time stamped to GPS time
Software	
<b>Graphical at-a-glance status screen</b>	Continuous update for each gun to indicate Gun fire; errors (faults); auto fire; double pop; depth; pressures and timing performance for each gun
<b>Text Based Status in Tabular Format For Each Gun</b>	Physical addressing; volume; timing error value; gun fire delay value; aim point offset value; depth value; array assignment; operational status and fault indication
Installation	
<b>Input Power</b>	110 to 240 Volt AC, 50/60 Hz
<b>Instrumentation Room</b>	19" Rack Mount, typical installation 38U
<b>Gun Deck</b>	Deckleads (up to 95m), Winch Reel Interface Module (WRIM), Sliprings
<b>Gun String</b>	Umbilical termination, TEM, GFSMs (all sizes on request)



seamap.com

#### Seamap (U.K.) Ltd.

Unit 34, The Maltings, Charlton Estate  
Shepton Mallet, Somerset, BA4 5QE, U.K.  
Tel: +44 [0] 1749 342223  
Fax: +44 [0] 1749 347588  
email: sales@seamap.com

#### Seamap Inc.

P.O. Box 1175, Huntsville, TX 77342  
United States of America  
Tel: +1 936 291 2277  
Fax: +1 936 295 1922

#### Seamap Pte Ltd.

51 Changi North Crescent  
Singapore 499626  
Tel: +65 6545 1054  
Fax: +65 6545 0585

Seamap (U.K.) Ltd., Seamap Inc., Seamap Pte Ltd (hereafter Seamap) reserves the right to make any changes without notice to any of the products herein at its discretion. Seamap does not assume any liability arising out of the application or use of any product described herein; neither does it convey any license under its patent rights nor the rights of any others. All product names referenced herein are trademarks of their respective companies. Copyright © 2002-2018 by Seamap 11-00-1028-A




## ANEXO IV – ESPECIFICACIONES BUQUE BGP PROSPECTOR

### Appendix - Fleet

## BGP PROSPECTOR

Clean-Design High-Capacity 3D Seismic Vessel



General	
Port of Registry:	Nassau
Flag:	Panama
Class:	DNV
Year of Built:	2011
IMO Number:	9545986
Length:	100 m
Breadth:	24 m
Draft (min / max):	6.4 m / 7.3 m
Gross Tonnage:	10732
Economy Speed:	15 knots
Fuel Capacity:	3400 m <sup>3</sup>
Main Thruster:	2 x RRM Bergen B32-40L8P CD 2 x 4000 kw
Bow Thruster:	TT 200 Rolls Royce 883 kw
Auxiliary Engine:	2 x RRM Bergen C25-33L8A CD
Generators:	Main generator 2 x 2880 Kw Shaft generator 2*2765 Kw
Accommodation:	66 persons
Life Rafts:	6x 35 person, davit launch type
Life Boat:	2 x 35 person Norsafe
Workboat:	2 x Norpower 30 ft
FRC:	1* Norsafe Magnum 750

Vessel Navigation & Communication	
Radar:	Kongsberg, S-Band 30 kw Kongsberg, X-Band 25 kw
Communications:	Inmarsat C, F and VSAT
Gyro Compass:	Sperry NAVIGAT x MK1 x 2
Auto Pilot:	Kongsberg K-Pos and K-Bridge
Echo Sounder:	Kongsberg EA600
	Skipper GDS101
GPS Receiver:	Furuno GP-150
Speed Log:	Furuno DS-80
Weather Facsimile:	Furuno Fax-80

Recording Instrument	
Manufacturer:	Sercel
Type:	Seal 428 System
No. of Channels:	640 CH x 12
Sample Rate:	0.25 0.5, 1, 2, 4 ms
Recording Media:	IBM 3592

Streamer	
Manufacturer:	Sercel
Type:	Solid Streamer
Section Length:	150 m
Group Interval:	12.5 m
Streamer Configuration:	12 x 8000 m
Hydrophone Type:	Sercel Flexible Hydrophone
Hydrophones / Group:	8

Navigation Equipment	
Manufacturer:	ION
Integrated Navigation System :	ORCA V1.12.1
Navigation Processing:	Iris&Sprint
Binning Software:	Reflex
Depth Controller:	DigiCOURSE 5011E/ 5110
Compass System:	DigiCOURSE 5011E
Acoustic System:	DigiRANGE II, CMX
Streamer Steering:	DigiFIN 5120
Primary DGPS:	Veripos Ultra
Secondary DGPS:	Veripos Apex
Tail Buoy & Source Positioning:	Kongsberg Seatrack

Source Equipment	
Manufacturer:	Sercel
Type:	G GUN II
No. of Sub-array:	8
Array Volume:	2 x 5660cu.in.
Compressor:	3 x LMF 62s / 138-207-E60
Compressor Capacity:	3 x 2200 cfm
Operating Pressure:	2000 psi - 3000 psi
Source Controller:	SmartSource

Onboard Processing	
Processing CPU:	96 CPU (48 nodes) IBM x 3550 M3
Processing Software:	GeoEast 3.0.5, KL-Streamer

Tanques de combustible BGP PROSPECTOR	Capacidad (m <sup>3</sup> )
TANK T04PS FO	321,4
TANK T05P FO	268
TANK T05S FO	281,39
TANK T06P FO	168,9
TANK T06S FO	183,83
TANK T07P FO	197,87
TANK T07S FO	197,87
TANK T08P FO	139,75
TANK T08S FO	95,72
TANK T09P FO	142,54
TANK T09S FO	142,45
TANK T10P FO	160,88
TANK T10S FO	160,88
TANK T11P FO	122,6
TANK T11S FO	122,6
TANK T12P FO	77,25
TANK T12S FO	77,25
TANK T21P FO	169,94
TANK T21S FO	190,43
TANK T51 FO DAY TANK	45,05
TANK T52 FO DAY TANK	45,05
TANK T71 FO OVERFLOW	61,92
TANK T74 FO SETTLING	44,66
TANK T75 FO SETTLING	47,7
TANK T77 FO EG	2,58



## **ANEXO V - ESPECIFICACIONES BUQUE GEO SERVICE I**

### **Technical Specifications of GEO SERVICE I Supply Boat of BGP PROSPECTOR**



Shipyard	Rizhao Kingda Shipbuilding Heavy Industry Co., Ltd. Shanghai Road, Rizhao City, Shandong Province, People's Republic Of China
Ship Owner	Longzhu Oilfield Services (S) Pte. Ltd. 10 Anson Road, #14-19/20 International Plaza, Singapore 0799
Ship Design Office	Khiam Chuan Marine Pte. Ltd.
Hull No.	KD401
ABS ID No.	YY223553
Class Notation	ABS +A1 (E) Offshore Support Vessel, +AMS, +DPS-1
Vessel Name	Geo Service I
Keel Laid Date	4-December-2010
Undocking (Launching) Date	23-June-2011 (14:00H)
Port Of Registry	Singapore
IMO Number	9621546



Official No.	397009
Signal Letters/Call Sign	9V9391
Length Overall	59.25 m
MMSI	566347000
AAIC	RS01
Length Waterline	56.00 m
Length BP	52.20 m
Breadth Moulded	14.95 m
Depth Moulded	6.10 m
Draft Moulded	4.80 m
Complement	49
Fuel Oil	990 m <sup>3</sup>
Fresh Water	230 m <sup>3</sup>
Cold Room (Freszer + Chiller)	~30 m <sup>3</sup>
Deck Cargo	500 tonnes at 0.7m above main deck
Clear Deck Area	375 m <sup>2</sup>
Deck Loading (Main Deck)	7.0 tonnes/m <sup>2</sup>
Deadweight	~1335 tonnes
Gross Tonnage	1736
Net Tonnage	520
Main Engine	2 x 2575 HP at 1600 RPM
Reduction Gear Ratio	7.526
Propulsion	2 x CPP, 2650 mm diameter in kort nozzle
Propeller Speed	212.60 RPM
Main Diesel Generator	2 x 245 kWe, 415V/3P/50Hz 0.8 PF
Shaft Alternator	2 x 800 kWe, 415V/3P/50Hz 0.8 PF
Bow Tunnel Thruster	1 x 390 kW, 1480 RPM/388 RPM, 62 kN thrust, 1300mm dia.
Stern Tunnel Thruster	1 x 390 kW, 1480 RPM/388 RPM, 62 kN thrust, 1300mm dia.
Towing Winch	1 x 10 tonnes at 15 m/min, 120 tonnes break holding, electro hydraulic
Capstan	2 x 5 tonnes at 15 m/min, electro-hydraulic
Deck Crane	6 tonnes at 14m
Fast Rescue Craft	10 men jet propulsion, not less than 20 knots (with 3 men)
Fuel Oil Transfer Equipment	For inter-ship with 90m hose
Seismic Winch	Electro-hydraulic
Trial Speed	~12.0 knots
Crew Accommodation, No Of Bunks	48



## ANEXO VI – ESPECIFICACIONES BUQUE CANDELA S



CANDELA S



Nombre del buque	Ship's name	Candela S
Tipo	Type	Remolcador / Tug
Señal distintiva	Call sign	LW 3128
Bandera	Flag	Argentina
Puerto de registro	Port of registry	Buenos Aires
N° IMO/MAT	IMO/MAT No.	7509495
N° MMSI	MMSI No.	701006646
Armador	Owner	Zapor SA
Año de Construcción	Building Year	1975
Ton. Registro Bruto	Gross Tonnage	543 T
Ton. Registro Neto	Net Tonnage	101 T
a) Eslorá total	L.O.A.	44,71 M
b) Manga	Breadth moulded	10,66 M
c) Puntal	Depth moulded	5,7 M
Coefficiente fiscal	a x b x c / 800	4
Francobordo	Freeboard	0.66 M
Altura quilla-mástil	Height keel-top mast	29,17 M
Porte Bruto Verano	Summer Deadweight	403 T
Calado max. Verano	Draft for Summer D.W.	5,50 M
Despl. Verano	Summer Displacement	1266,81 T
Desplazamiento Liviano	Light Ship Displacement	1060 T
Tipo de motor	Main engine	EMD / DIESEL
Potencia	MCR	4288 KW/ 5800 HP
Helices	Propeller	4 palas / Paso fijo 3070 mm
Velocidad de servicio	Service speed	10 Ns
Cap. Residuos oleosos	Slop tank capacity	8,857 m3
Cap. de carga combustible	Cargo tank capacity GO	569,76 m3
Capacidad de remolque	Bollard Pull	60 T
Capacidad de Grua	Crane	26 T
Equipos salvamento	Salvage tool	4 jumbo fenders/ others

www.serviciosmaritimos.com



## ANEXO IV - ESPECIFICACIONES TOWED PAM SYSTEM

### PRODUCT DATASHEET

www.seiche.com  
info@seiche.com  
+44 (0)1409 404050



## TOWED PAM SYSTEM

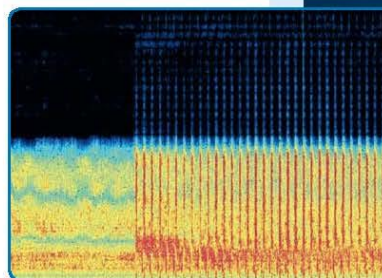
Our flagship Passive Acoustic Monitoring system is extensively deployed worldwide. It is robust, reliable and available at short notice in a number of configurations.

Towed PAM is able to detect, localise and track vocalising marine mammals in real-time. It is vital for mitigation during hours of darkness and poor visibility.

The base system comprises an array cable of 250m, deck cable, electronics processing unit, computer and headphones. Equipment is provided with 100% back-up. PAMGuard software is integrated as standard to aid detection and localisation of marine mammals.

The system can readily be configured to suit the project. A heavy tow 230m cable with a detachable array section of 20m may be preferred for harsh environments.

A networked system can enable monitoring from the most convenient location onboard. Frequency sensitivity, within a range of 10 Hz and 200 kHz, can also be customised for species of interest and optimal performance.



#### SPECIFICATIONS

Hydrophone elements: 4
Acoustic sensitivity: 10 Hz to 200 kHz
Power Requirement: 110 VAC, 240 VAC
Weight: 3 pallets, 400kg

#### APPLICATIONS

- Marine mammal mitigation
- Marine mammal monitoring




**ANEXO VIII - MAPA DE TRAYECTORIA DE NAVEGACIÓN**



