

Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto de Adquisición Sísmica 2D, 2DAD y 3D, y Perforación Exploratoria en el Lote Z-46

Capítulo 2: Descripción del Proyecto

Mayo 2009

www.erm.com

CAPÍTULO II**EIA para el Proyecto de
Adquisición Sísmica 2D,
2DAD y 3D, y Perforación
Exploratoria en el Lote Z-46***Descripción del Proyecto*

Mayo 2009

Por cuenta de ERM Perú S.A.

Aprobado por: _____

Firma: _____

Cargo: _____

Fecha: _____

Ref. SKE_08_777

Este documento ha sido elaborado por ERM Perú con la debida competencia, diligencia y cuidado con arreglo a los términos del contrato estipulado con el Cliente y nuestras condiciones generales de suministro, utilizando los recursos concertados.

ERM Perú declina toda responsabilidad ante el cliente o terceros por cualquier cuestión que no esté relacionada con lo anteriormente expuesto.

Este documento tiene carácter reservado para el Cliente. ERM Perú no asume ninguna responsabilidad ante terceros que lleguen a conocer este informe o parte de él.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO I

2.1 INTRODUCCIÓN..... I

2.1.1 Antecedentes.....2

2.2 SÍSMICA.....5

2.2.1 Planeamiento.....6

2.2.2 Operación.....19

2.2.3 Abandono de la Actividad Sísmica.....29

2.3 MUESTREO GEOQUÍMICO.....29

2.3.1 Sistema Sacatestigos.....30

2.3.2 Embarcación31

2.3.3 Recursos Humanos31

2.4 PERFORACIÓN DE POZOS EXPLORATORIOS Y CONFIRMATORIOS.....32

2.4.1 Planeamiento.....33

2.4.2 Operación.....45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Áreas y Coordenadas de Sísmica 2D, 2DAD y 3D (Lote Z-46).....7

Tabla 2 Emisiones Gaseosas Estimadas de un Barco Sísmico (USEPA, 1985 y Mineral Management Services, 1989).....16

Tabla 3 Tabla de Coordenadas Tentativas para Áreas de Perforación.....38

Tabla 4 Características Tentativas / Similares del Equipo de Perforación.....39

Tabla 5 Estimado de número de Personal Requerido para el Barco o Unidad Semi-sumergible de Perforación44

Tabla 6 Composición Tentativa de Lodos48

Tabla 7 Variaciones en la Granulometría Esperada50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de Ubicación del Proyecto3

Figura 2 Exploraciones Sísmicas Anteriores. Fuente: Perupetro4

Figura 3 Zonas de Prospección Sísmica 2D.....9

Figura 4 Zonas de Prospección Sísmica 2DAD10

Figura 5 Zonas de Prospección Sísmica 3D.....11

Figura 6 Cable Sísmico Enrollado en Riel21

Figura 7 Esquema de la Distribución de Equipos en Sísmica 2D, 2DAD y 3D.....23

Figura 8 Esquema de equipos en Sísmica 3D23

Figura 9	Principio de Operación de una Cámara de Aire. Corte Transversal ..	25
Figura 10	Esquema de una Configuración Típica de un Arreglo de Cámaras de Aireo	26
Figura 11	Intensidad de las Ondas Acústicas	27
Figura 12	Direccionalidad de la Fuente Sísmica del Arreglo de Cámaras	27
Figura 13	Espectro de las Frecuencias (9 km de Distancia; 0° Ángulo; 0° Azimut).....	28
Figura 14	Plano de las Áreas para Muestreo Geoquímico	30
Figura 15	Partes de un Barco de Perforación.....	35
Figura 16	Áreas Tentativas de Perforación Exploratoria	37
Figura 17	Partes del Equipo de Perforación.....	41
Figura 18	Perforación de un Pozo con Barco	46

LISTA DE ANEXOS

Anexo 2A	Mapa de Ubicación del Proyecto
Anexo 2B	Plano de las Áreas de Sísmica 2D
Anexo 2C	Plano de las Áreas de Sísmica 2DAD
Anexo 2D	Plano de las Áreas de Sísmica 3D
Anexo 2E	Coordenadas de las Líneas Sísmicas 2D
Anexo 2F	Cronograma del Proyecto
Anexo 2G	Plano de las Áreas para Muestreo Geoquímico
Anexo 2H	Plano de las Áreas de Perforación Exploratoria

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 INTRODUCCIÓN

La presente memoria descriptiva muestra las actividades y aspectos relevantes referentes a la adquisición sísmica 2D (Bidimensional), 2DAD (Bidimensional de Alta Densidad) y 3D (Tridimensional, y la perforación exploratoria a ser realizados en el Lote Z-46 (*Figura 1: Mapa de Ubicación del Proyecto. Este mapa también se encuentra en el Anexo 2A*).

Luego de evaluar, analizar, e interpretar los datos geológicos de subsuelo, así como las reinterpretaciones de prospecciones geofísicas de proyectos anteriores y las interpretaciones de prospecciones geofísicas obtenidas durante la adquisición sísmica en este proyecto, se dará inicio a las perforaciones exploratorias para comprobar la posible existencia de hidrocarburos (petróleo, gas o ambos) en determinadas áreas del Lote Z-46.

La adquisición sísmica 2D se llevará a cabo en 5,000 km lineales, la adquisición sísmica 2D de alta densidad (2DAD) abarcará 9,032 km lineales y la sísmica 3D se realizará en 2,158 km². La embarcación de adquisición sísmica posee equipos de emisión y captación de ondas de sonido. Esta embarcación cuenta con una tripulación marina para las operaciones propias de la embarcación y con otra tripulación de sísmica para el manejo de los equipos sísmicos.

Durante la fase de Perforación Exploratoria en el Lote Z-46, se plantea perforar 10 pozos exploratorios y 10 pozos confirmatorios. Los pozos confirmatorios serían ubicados de acuerdo a los resultados de los pozos exploratorios. Se usará para la perforación de pozos un Barco de Perforación (*Drilling Ship*) o una Unidad Semi-sumergible de Perforación. Adicionalmente, se emplearán otras embarcaciones de apoyo con equipos y personal especializado para suministrar materiales y servicios requeridos durante la perforación y pruebas de pozos.

El barco de perforación o la unidad semi-sumergible de perforación irán anclados al fondo marino y contarán con un equipo de perforación que constará de una torre de perforación, tubería de perforación, un bloque viajero de gran capacidad para subir y bajar la tubería, una mesa rotaria, una sarta de perforación con su broca, bombas para el fluido de perforación con sus respectivos motores y un malacate para el accionamiento de la mesa rotaria; también se contará con facilidades de producción para prueba de los pozos (separadores trifásicos, medidores, tubos múltiples (*manifolds*), bombas para el desplazamiento del fluido de perforación, tanques de prueba, etc.). El barco de perforación o unidad semi-sumergible de perforación tendrán tripulación marina para las operaciones propias de la embarcación, personal para

operaciones de perforación y otro personal para la realización de las pruebas de pozos.

Si la perforación de un pozo exploratorio determinara la existencia de hidrocarburos, se llevará a cabo una prueba de formación, así como el manejo de los fluidos producidos, los cuales serán almacenados en las facilidades para pruebas de producción del barco o unidad semi-sumergible. Las distintas pruebas del pozo permitirán determinar si los hidrocarburos pueden ser recuperados en forma económicamente factible. En caso de resultar una prueba de pozo con buen potencial de producción en hidrocarburos, se procederá al cierre y sellado temporal del pozo para un desarrollo futuro del área explorada. En caso de determinar la no viabilidad de una futura explotación de hidrocarburos, se procederá al sellado y abandono permanente del pozo y al cierre de actividades de esa área, de acuerdo con el Plan de Abandono.

Se estima que la inversión tentativa mínima del proyecto de sísmica será de 2,250 miles de dólares y de un máximo de 42,628 miles de dólares; mientras que la inversión tentativa mínima del proyecto de perforación exploratoria se estima en 44,000 miles de dólares con una inversión máxima de 440,000 miles de dólares. Ambas fases son consideradas un gasto sin rentabilidad ya que no se esperan ingresos en esta etapa del proyecto; la inversión en exploración en este lote es de alto riesgo considerando que no se cuenta con un sistema petrolero comprobado, a diferencia de otros lotes en los que existe producción y/o un sistema comprobado antes de explorar.

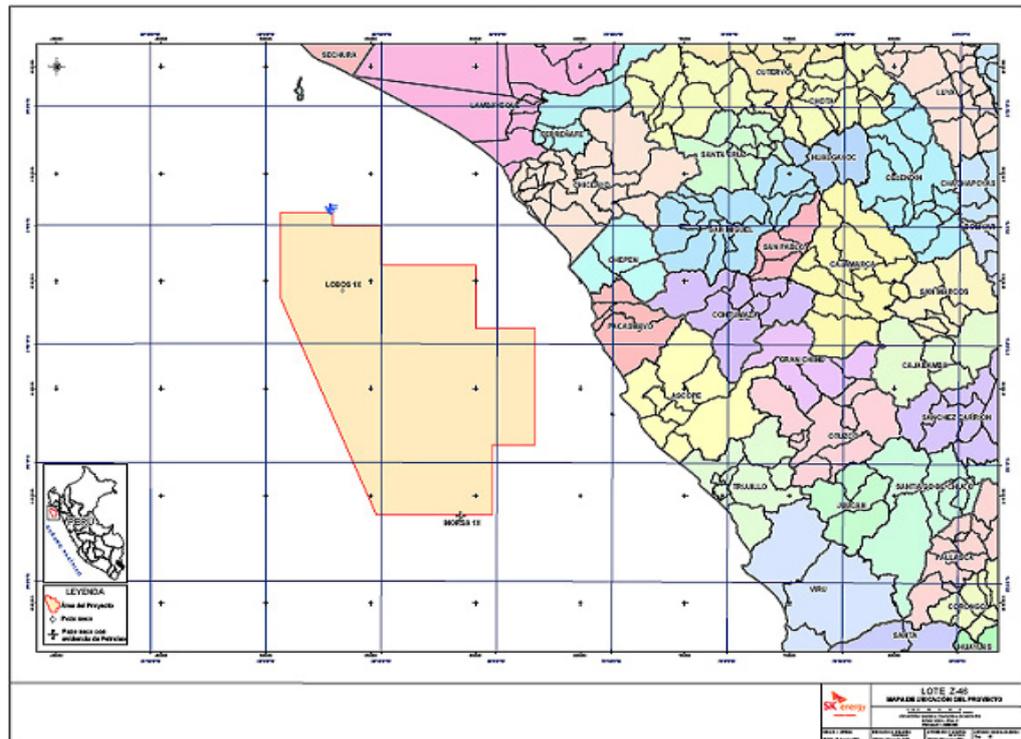
Es necesario mencionar que el compromiso contractual que tiene SK Energy con Perupetro estipula 1,500 km de líneas sísmicas 2D y la perforación de 2 pozos exploratorios como mínimo.

2.1.1

Antecedentes

La compañía SK Energy, Sucursal Peruana, tiene un Contrato de Licencia con PERUPETRO S.A. para la Exploración y Explotación de Hidrocarburos en el Zócalo Continental, Lote Z-46. A través de dicho contrato, suscrito el 21 de noviembre de 2007, SK Energy está autorizada a realizar operaciones de exploración y producción en las áreas otorgadas. Las áreas del Lote Z-46 abarcan el ámbito marino de las provincias de Lambayeque y Chiclayo del Departamento de La Lambayeque, y de las provincias de Chepén, Pacasmayo Ascope y Trujillo del Departamento de La Libertad, según consta en el Anexo "A" del Contrato de Licencia para la Exploración y Explotación de Hidrocarburos - Lote Z-46, - suscrito entre las empresas mencionadas anteriormente. En total, el Lote Z-46 abarca una superficie de 1,134,547.763 ha.

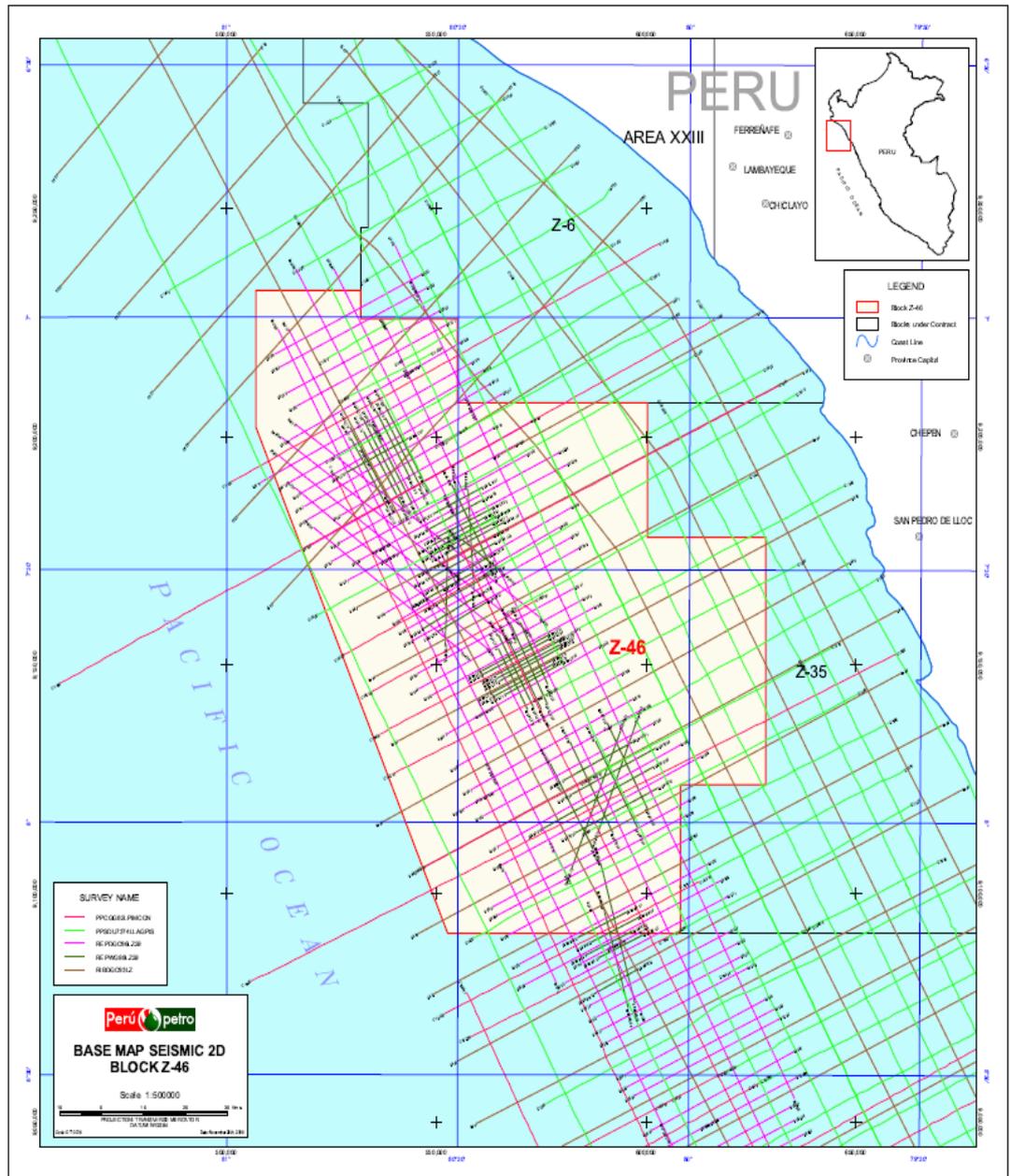
Figura 1 Mapa de Ubicación del Proyecto



En relación a la actividad sísmica histórica referida a esta área, podemos señalar que existen reportes de anteriores actividades de exploración sísmica dentro del actual Lote Z-46: en los años 1973-1974 con 1,399 km, en 1982 con 787 km, en 1993 con 1,033 km, en 1996 con 2,646 km y en 1998 con 956 km (Ver Figura 2: Exploraciones Sísmicas Anteriores. Fuente: Perupetro).

Como resultado de exploraciones anteriores, en junio del año 1999 se perforó el pozo Lobos Z-29M-9-1X, ubicado al noroeste del Lote Z-46. Este pozo llegó hasta una profundidad de 2,469 m y mostró manchas (*chips*) de petróleo asfáltico. Al sureste del Lote Z-46, cerca de este pero fuera de sus límites, se había perforado en mayo del año 1999 el pozo Morsa Norte Z-29M-37-1X. Este pozo llegó hasta una profundidad de 1,281 m y dio muestras de hidrocarburo, pero sin acumulación. Ambos pozos fueron abandonados permanentemente (Ver ubicación de los pozos en Figura 1 o Anexo 2A: Mapa de Ubicación del Proyecto).

Figura 2 Exploraciones Sísmicas Anteriores. Fuente: Perupetro



La prospección sísmica en operaciones costa afuera (*offshore*) proporciona información sobre las características generales de la estructura del subsuelo, por debajo del lecho marino, permitiendo dibujar el denominado mapa de las capas del subsuelo.

En el proyecto se empleará el método sísmico de reflexión (de ondas acústicas) para obtener la información sísmica, con la técnica en que los equipos son remolcados por un barco (técnica del cable remolcado o *streamer*). Se usará un arreglo de pistones neumáticos (cámaras de aire) para generar una onda acústica a través de la liberación súbita de aire comprimido limpio a alta presión. Esta onda se transmitirá hacia las capas del subsuelo y se reflejará de acuerdo con las propiedades de éstas. Las ondas reflejadas serán registradas cerca de la superficie por los receptores (hidrófonos), se amplificarán y grabarán en cintas magnéticas en un sismógrafo para su posterior procesamiento. El tiempo transcurrido entre el inicio de la generación de la onda y el registro de la misma a su retorno a superficie se utilizará para determinar la profundidad de los estratos que yacen debajo de la superficie del lecho marino.

En general, la evaluación de los resultados de las pruebas sísmicas ha mejorado notablemente gracias al uso reciente de superordenadores que permiten generar imágenes tridimensionales. El levantamiento sísmico con emisiones de aire comprimido ha sido y se continúa empleando alrededor del mundo desde la década de los setenta.

La sísmica marina puede ser 2D (bidimensional) o 3D (tridimensional). Como sus nombres indican, la primera permite obtener una “rebanada” o corte en un plano del perfil geológico a través del registro de una única “línea”; mientras que la sísmica 3D permite adquirir múltiples cortes geológicos por el registro simultáneo de varias líneas. En realidad, se trata de un mismo método de adquisición de datos, la diferencia radica principalmente en la cantidad de tendido de cables sísmicos para sísmica 2D y 3D.

Otras diferencias incluyen un espaciamiento más cercano entre líneas de registro en sísmica 3D (50 m) en comparación con la 2D (2.5 a 5.0 km) y el posible empleo intercalado de dos arreglos de cámaras de aire (fuentes sísmicas) en comparación con una sola fuente en el caso de 2D. Por otro lado, la sísmica bidimensional de Alta Densidad (2DAD) emplea los mismos equipos y arreglos que la sísmica 2D, permitiendo obtener un mayor detalle que la sísmica tradicional 2D al emplear un menor espaciamiento entre los recorridos paralelos (aproximadamente 200-500 m) en comparación con la sísmica 2D tradicional (2.5 a 5.0 km).

Debe tenerse en cuenta que el proyecto que a continuación se describe, constituye un marco referencial de las actividades básicas que se

desarrollarán, pues durante la etapa de planificación a detalle del proyecto, pueden ocurrir modificaciones en materia de modalidad de trabajo, longitud parcial, número de líneas sísmicas, dirección de las líneas, etc.; componentes que estarán sujetos también a condiciones climáticas y oceanográficas.

Para el presente proyecto se utilizará una embarcación y personal extranjero con experiencia en trabajos similares de sísmica marina científica. Este barco sísmico contará con equipos modernos de navegación, comunicaciones y de seguridad, y mantendrá altos estándares de seguridad y cuidado del medio ambiente.

2.2.1

Planeamiento

Para la realización de prospección sísmica se requiere que el barco sísmico siga determinadas rutas que se seleccionan basados en el objetivo de la exploración y la interpretación preliminar información geológica y geofísica del área. El programa de prospección sísmica se ha diseñado en base a los siguientes criterios:

- Resultados obtenidos de interpretaciones geológicas preliminares.
- Interpretación de datos sísmicos previos.
- Reprocesamiento e interpretación de datos sísmicos previos.
- Orientación de las fallas geológicas en el subsuelo.
- Otros estudios geofísicos en la región.

El programa del proyecto de sísmica podría modificarse durante las actividades sísmicas en relación a la longitud de líneas y orientación. Si hubiera cambios sustantivos sobre el programa, SK Energy comunicará oportunamente a la Autoridad Competente sobre el particular.

Se han establecido una zona de prospección sísmica 2D, tres de zonas sísmica 2DAD y una de zona sísmica 3D. Las zonas se han denominado de la siguiente manera:

- Zona A de Sísmica 2D, comprendida en el área del Lote con excepción de la sección noroeste (*Figura 3 y Anexos 2B y 2E*).
- Zona A, B y C para la sísmica 2DAD, en el centro, al este y noreste del Lote (*Figura 4 y Anexo 2C*).
- Zona A para la sísmica 3D, al sur del Lote (*Figura 5 y Anexo 2D*).

La prospección sísmica 2D a desarrollarse es de aproximadamente 5,000 km de líneas sísmicas espaciadas alrededor de 2.5 a 5.0 km entre sí, con 25 m de espaciamiento entre descargas de aire comprimido, lo que hace un total de 200,000 emisiones aproximadamente. Asimismo, se realizarán 9,032 km de sísmica 2DAD con distancia entre línea y línea de 500 m y 25 m de espaciamiento entre descargas de aire, por lo que se requieren 361,280

emisiones. Por otro lado, los 2,158 km² de sísmica 3D tendrá un arreglo de líneas emisoras con una distancia de 50 m y 25 m de espaciamiento entre descargas de aire, estimándose alrededor de 1,730,000 emisiones.

Con el barco viajando a una velocidad aproximada de 4 nudos, la frecuencia de descargas de aire será de 6.5 segundos para el 3D, 12 segundos para el 2DAD y de 12 segundos para el 2D. Las coordenadas de los límites de las zonas de prospección sísmica 2D, 2DAD y 3D se presentan en La Tabla 1.

Tabla 1 *Áreas y Coordenadas de Sísmica 2D, 2DAD y 3D (Lote Z-46)*

Cuadrícula 2D (5,000 km de evaluación)	Área 2D (km ²)	Coordenadas UTM Datum WGS 84		
		Vértices	mE	mN
A (5,000 km)	8,451	A1	554980	9207442
		A2	536494	9195978
		A3	538940	9187995
		A4	539530	9161054
		A5	544260	9143013
		A6	549620	9131304
		A7	537124	9125651
		A8	552675	9091360
		A9	591581	9091360
		A10	593032	9090200
		A11	599356	9091360
		A12	608112	9091360
		A13	608112	9123856
		A14	628432	9123856
		A15	628432	9178027
		A16	600238	9178027
		A17	600239	9207442
ÁREA TOTAL	8,451			

Cuadrícula 2DAD (9,032 km de evaluación)	Área 2DAD (km ²)	Coordenadas UTM Datum WGS 84		
		Vértices	mE	mN
A (2,722 km)	672	A1	578278	9219756
		A2	589586	9196711
		A3	566079	9185177
		A4	554772	9208222
B (2,250 km)	563	B1	553439	9196142
		B2	564616	9173362
		B3	539530	9161054
		B4	538700	9188910
C (4,060 km)	1,006	C1	610767	9178834
		C2	624972	9149882
		C3	596959	9136137
		C4	582754	9165089
ÁREA TOTAL	2,241			

Cuadrícula 3D (2,158 km ² de evaluación)	Área 3D (km ²)	Coordenadas UTM Datum WGS 84		
		Vértices	mE	mN
A	2,158	A1	593795	9149620
		A2	561431	9132853
		A3	588663	9080288
		A4	621027	9097055
ÁREA TOTAL	2,158			

Las zonas de prospección sísmica se muestran en las Figuras 3, 4 y 5 o Anexos 2B, 2C y 2D. La tabla con coordenadas de la sísmica 2D se presenta en el Anexo 2E.

Figura 3 Zonas de Prospección Sísmica 2D

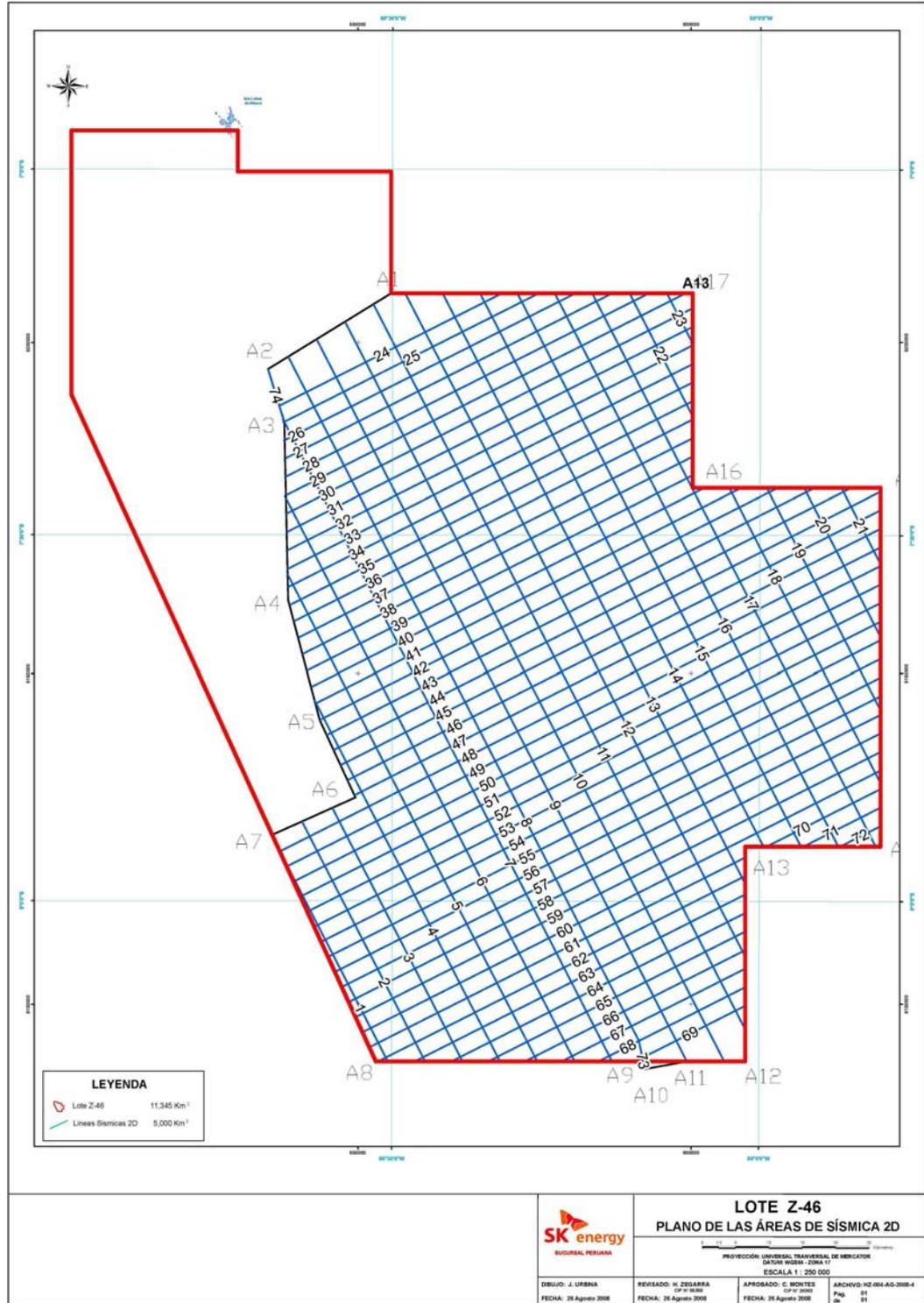


Figura 4 Zonas de Prospección Sísmica 2DAD

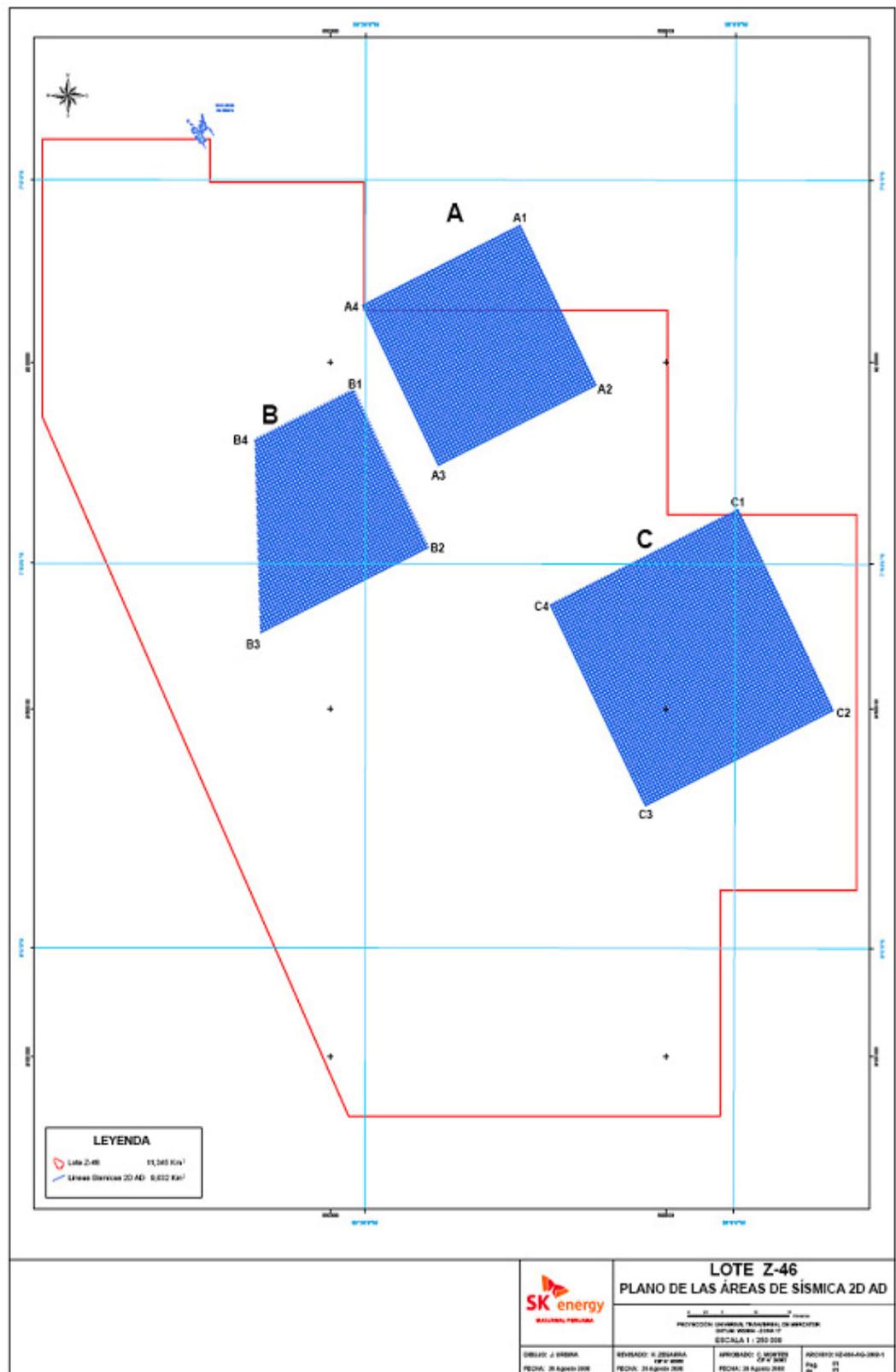
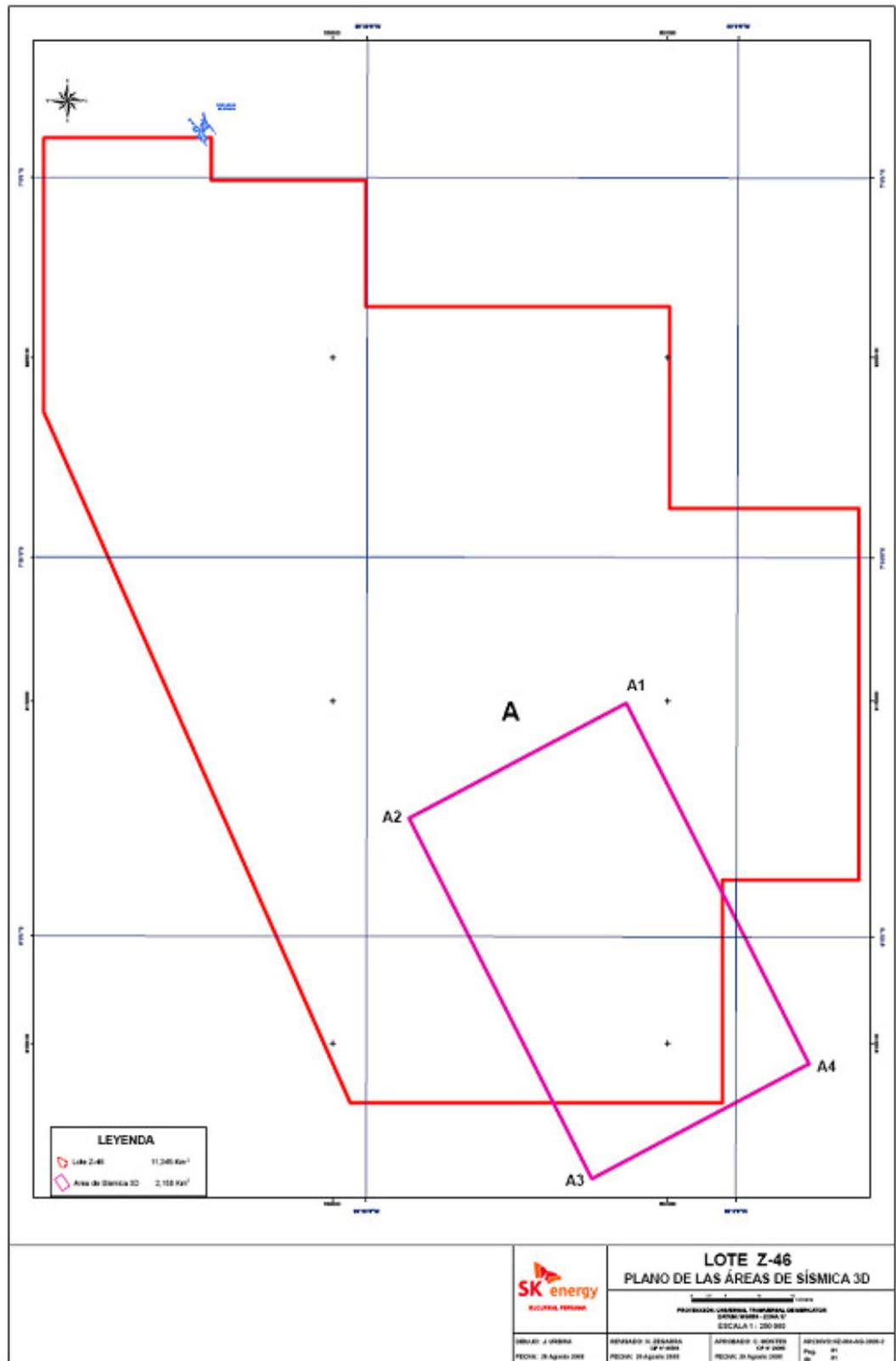


Figura 5 Zonas de Prospección Sísmica 3D



Los 5,000 km aproximados de sísmica 2D podrían ser adquiridos en cuatro (04) meses de trabajo; los 9,032 km de adquisición 2DAD, dentro de un área total de 2,241 km², en cuatro (04) meses en promedio, y la sísmica 3D (2,158 km²) se podría adquirir en cinco (05) meses aproximadamente. En el *Anexo 2F* se presenta el cronograma del proyecto.

Para la ejecución del proyecto de sísmica no se requieren instalaciones en tierra, ya que el puerto seleccionado contará con las instalaciones necesarias de carga (grúas de alto, medio y bajo tonelaje), seguridad, eventual almacén temporal de equipos y materiales, transferencia de residuos sólidos y líquidos, suministro de agua, avituallamiento (víveres) y combustible.

2.2.1.1

Embarcaciones

La embarcación a ser usada para el trabajo de prospección sísmica marina 2D, 2DAD y 3D estará equipada con equipos digitales de adquisición de datos sísmicos de última generación. Esta embarcación dispondrá de un sistema de navegación, grabación y control de calidad a bordo con capacidad de realizar las actividades de sísmica. Su tripulación estará conformada por tripulantes del barco, personal para la actividad de sísmica y supervisores. Las operaciones se llevarán a cabo durante 24 horas.

El levantamiento de información se realizará en tiempo real considerando que la prospección sísmica se completa usando radio o reportes satelitales de información de posicionamiento. La generación de las ondas acústicas (fuente acústica) la realizarán cámaras de aire sincronizadas arrastradas por el barco. Los equipos usados para la captura o registro de las ondas sísmicas serán a través de hidrófonos, que se encuentran ubicados a lo largo del cable sísmico.

El barco cumplirá estrictamente los reglamentos de seguridad pertinentes, así como se ajustará en la medida que sean incorporados a los reglamentos de la Asociación Internacional de Contratistas Geofísicos (*International Association of Geophysical Contractors*"- IAGC) para la protección del medio ambiente. Asimismo, contará con los servicios de oficiales de seguridad y auditoría constante.

El contratista de sísmica se ajustará en la medida que sean incorporados a los lineamientos aplicables de IMO/SOLAS/ABS de Salud, Seguridad y Ambiente (*Health, Safety and Environmental* - HSE) y contará con un Plan de Emergencia para Casos por Contaminación por Petróleo (*Shipboard Oil Pollution Emergency Plan* - SOPEP). Asimismo, contará con la Póliza de Seguro y Permiso de Navegación, de acuerdo con el del Texto Único de Procedimientos Administrativos de DICAPI.

Las características particulares de las operaciones y equipos empleados, como modelos y marcas de equipos, se conocerán al haber completado los respectivos procesos de contratación; sin embargo, se puede mencionar que esta embarcación poseerá una autonomía de operación mayor a 30 días¹, la velocidad operativa durante la adquisición de datos sísmicos será de aproximadamente 4 nudos, la embarcación tendrá una velocidad máxima de crucero mayor a 10 nudos, y la nave poseerá una eslora de 56-95 m, manga 11.5-34 m y calado 4-6 m.

La embarcación tendrá un sistema de tratamiento de aguas servidas, separación de aceites en agua, producción de agua potable, compactación de desechos y almacén de residuos hasta llegar a puerto.

Las embarcaciones de apoyo podrán ser de 30 a 50 m de eslora, es decir, más pequeñas pero con una velocidad operativa mayor al del barco sísmico. Se utilizarán dos embarcaciones de menor capacidad para escolta (apoyo de la prospección sísmica marina) y de abastecimiento.

Una embarcación será del tipo remolcador de 30 a 50 m de eslora, con velocidad operativa de unos 8-10 nudos. Además, esta embarcación realizará actividades de prevención ante la presencia de embarcaciones comerciales y/o de pesca dentro de área de operación, garantizando un trabajo sin interrupciones de la embarcación sísmica.

La embarcación de abastecimiento se utilizará para el suministro de alimentos (especialmente perecibles, los cuales serán reemplazados en períodos de 2 a 3 semanas), combustible y, en caso de requerirse, de equipos menores.

Las embarcaciones contarán con equipos de comunicaciones como una estación radionáutica fija, con licencia para operar radios portátiles y radios personales, teléfonos satelitales y radios de alta frecuencia, así como radio faro de emergencia y radio (VHF) para el bote salvavidas. Adicionalmente, se espera contar con equipos similares a los requeridos por el Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítima, (GMDSS - *Global Maritime Distress and Safety System*).

El barco de sísmica contará con equipos de navegación de la más alta tecnología. El puente de mando contará con un sistema de navegación electrónica, radar, ecosonda, giroscopio, GPS diferencial, entre otros. Así también, contará con una potencia de entre 4,000 y 9,000 caballos de fuerza, motores auxiliares, generadores y alternadores, UPS, compresores de aire, impulsores y hélices adecuadas para su buen desempeño.

¹ Sin embargo la recarga de combustible se realizará cada 2-4.5 semanas para garantizar siempre más de la mitad de capacidad de almacenamiento de los tanques de combustible. Los 30 días representan la autonomía máxima.

Aunque la embarcación tendrá una capacidad máxima de 50 a 60 camarotes, se destinarán 20 camarotes para la tripulación, 26 camarotes para el personal a cargo de la operación sísmica, y 12 camarotes para el personal a cargo de la supervisión.

2.2.1.2 *Combustible*

El combustible empleado para estas embarcaciones será del tipo diesel y/o MGO (*Marine Gas Oil*), con bajo contenido de azufre (0.5-0.8%).

Para recarga inicial de los tanques de almacenamiento, se empleará el Puerto de Salaverry (con un calado mayor a 8 m requerido por el barco sísmico), ya que cumple con las facilidades para el suministro y con las normas de seguridad y medio ambiente de DICAPI, motivo por el cual no es necesario un procedimiento especial adicional.

El abastecimiento de combustible para la embarcación de sísmica se realizará cada tres semanas (pudiendo variar de 2 a 4.5 semanas) con recargas de combustible en altamar para garantizar que la capacidad de almacenamiento mantenga un nivel mínimo de operación. Las recargas se podrán realizar con embarcaciones de suministro de apoyo hasta en dotaciones de 350 - 500 m³.

Asimismo, los barcos que participan en la actividad programada cumplen con todas las normas de seguridad para los casos de manejo de combustible estimados en los convenios internacionales, y con una certificación de navegación vigente expedida por la Autoridad Marítima: también albergan los equipos básicos y necesarios para caso de emergencias por fugas o derrames.

El consumo de combustible se ha calculado de 7 a 37 m³/d durante las operaciones y dependiendo de la velocidad.

La capacidad de almacenamiento de combustible del barco de sísmica oscilará entre 430 y 2,400 m³, la capacidad de almacenamiento de agua potable estará entre 150 y 1,400 m³. Los sistemas de producción de agua potable serán de dos tipos: osmosis inversa y/o evaporación. La producción total será mayor a 3 m³/día.

2.2.1.3 *Manejo de Residuos Líquidos y Efluentes*

Las aguas servidas se tratarán en la planta de tratamiento de aguas servidas con que cuenta la embarcación sísmica, para reducir los contenidos de DBO₅, coliformes fecales y sólidos en suspensión, de acuerdo a la disposición respectiva de Dirección General de Capitanías y Guardacostas del Perú (DICAPI -R.D. 0069-98/DCG). El tanque de almacenamiento de aguas servidas, que forma parte del sistema de tratamiento, será mayor a 26 m³ de capacidad.

Las aguas servidas tratadas se dispondrán en el mar siempre que cumplan con los límites establecidos por la Autoridad Marítima, en cumplimiento de la Resolución Directoral 0069-98/DCG de DICAPI, y el Anexo I del Convenio Internacional MARPOL 73/78 aprobado por Decreto Supremo N° 008-86-MA (Ver *Capítulo VI: Plan de Manejo Ambiental*) y de acuerdo a la autorización que extiende la Autoridad Marítima cuando el barco ingresa y opera en aguas peruanas. Los lugares de descarga marina no se pueden precisar, pero serán en sectores que estén dentro del Lote.

El agua de sentina² se tratará con un separador agua/aceite para retirar todo el aceite del flujo de agua, de modo que el agua se descargue libre de aceites. Este separador estará diseñado para obtener un efluente que cumpla con los límites establecidos para descargas del MARPOL 73/78, esto es, menos de 15 ppm de hidrocarburos. El separador de aguas aceitosas tendrá una capacidad mínima de 1,000 galones.

En caso de ser necesario, los efluentes de sentina serán trasladados al Puerto de Salaverry para su tratamiento final por una Empresa Prestadora de Servicios (EPS) establecida en dicho puerto.

La embarcación a ser utilizada es extranjera y emplea un volumen de lastre de 380 - 1400 m³. El cambio de agua se realizará en aguas internacionales y con la Autorización de DICAPI.

En la actividad sísmica no se generarán residuos de aceites sintéticos, latas de pintura ni diluyentes. Adicionalmente, los aceites lubricantes usados serán llevados al Puerto de Salaverry, para su tratamiento o disposición a través de una EPS (Empresa Prestadora de Servicios), autorizada por DIGESA.

2.2.1.4 *Manejo de Residuos Sólidos*

El volumen previsto de residuos sólidos domésticos generados por el personal (60 en total) será de aproximadamente 70 kg/día, volumen que no se mezclará con los residuos considerados peligrosos. Los de origen industrial serán mínimos y serán separados en recipientes rotulados.

Los residuos especiales considerados peligrosos que se podrían generar son: las baterías de plomo con ácido usadas, las baterías de níquel cadmio, las pilas de litio. En este caso, el plan de manejo de residuos establecerá un procedimiento para manejar y disponer de la mejor manera este tipo de residuos durante las actividades sísmicas, tal como almacenar temporalmente en el barco en recipientes rotulados específicamente y disponer en puerto a través de una EPS (Empresa Prestadora de Servicios), autorizada por DIGESA.

² Sentina es el área de recolección de los líquidos aceitosos procedentes de pequeñas pérdidas en tuberías, juntas, bombas que pudieren derramarse en ese espacio como consecuencia de la normal operación de la planta propulsora.

Como residuos médicos se podrían generar solamente residuos provenientes de acciones de primeros auxilios y éstos serán dispuestos en puerto a través de una EPS (Empresa Prestadora de Servicios), autorizada por DIGESA.. Ante cualquier accidente o enfermedad, las personas afectadas serán evacuadas.

El barco contará con un compactador de desechos y recipientes para el almacenamiento temporal de los residuos hasta llegar a puerto, donde se realizará la disposición de éstos. La disposición final de los desechos domésticos inorgánicos se realizará en un relleno sanitario autorizado por DIGESA.

Los residuos orgánicos (restos de comida) serán triturados antes de su descarga en altamar, de conformidad con las disposiciones del MARPOL 73/78 y a las Normas para Prevenir y Controlar la Contaminación por Basuras procedentes de los Buques (R.D. 0071-98/DCG).

En general, el manejo y disposición temporal de los residuos dentro de las embarcaciones se regirán por lo estipulado en las normas dictaminadas por la DICAPI y el cumplimiento del Plan de Manejo de Residuos (Ver *Capítulo VI: Plan de Manejo Ambiental*) que SK Energy desarrollará dentro del proyecto exploratorio en el Lote Z-46.

2.2.1.5 *Emissiones Gaseosas*

Las emisiones gaseosas típicas de un barco de operaciones sísmicas son gases de combustión del sistema de propulsión y generadores. Una estimación de estas emisiones se presenta en la *Tabla 2*.

Tabla 2 *Emissiones Gaseosas Estimadas de un Barco Sísmico (USEPA, 1985 y Mineral Management Services, 1989)*

Parámetro	Barco de Relevamiento Sísmico (kg/día)
Dióxido de Carbono (CO ₂)	5920
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	256
Dióxido de Azufre (SO ₂)	26
Monóxido de Carbono (CO)	104
Hidrocarburos	48

2.2.1.6 *Seguridad*

El barco contará con los equipos de seguridad, de acuerdo con los reglamentos de la IAGC y la certificación IMO/SOLAS/ABS "Class 1", anteriormente mencionados. Estos incluyen botes salvavidas, chalecos salvavidas, boyas salvavidas, trajes térmicos de inmersión, equipos de bombeo, sistema de monitoreo de detección de humo, sistema de extinguidores de fuego fijo.

El contratista de sismica contará con el certificado de permiso de navegación para naves extranjeras vigente, otorgado por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas del Perú (DICAPI), así como con los certificados de seguridad y póliza que se solicita de acuerdo al TUPAM 15001 Integral, actualizado al 2005 y aprobado por D.S. 016-2005-DE/MGP.

El contratista de sismica contará con los Certificados de Salud, Seguridad y Ambiente de acuerdo con las normas internacionales. La embarcación que realizará la prospección sísmica contará asimismo con el Plan de Emergencia de Abordo para Casos de Contaminación por Petróleo (SOPEP).

La prevención de derrames de combustibles y lubricantes se basará en el control del almacenamiento y su utilización. El abastecimiento de combustible se realizará en los puertos con las facilidades necesarias para ello, en este caso en el puerto de Salaverry. SK Energy supervisará los procedimientos de manejo y almacenamiento dentro de las embarcaciones. Se deberán considerar los siguientes procedimientos:

- Los barcos que serán utilizados para la adquisición sísmica cuentan con sistemas de almacenamiento de combustible en compartimientos especiales (tanques de combustible), de acuerdo a su autonomía de navegación y a las especificaciones técnicas de su construcción. Se realizará una revisión periódica de estas instalaciones a fin de comprobar su correcta operación.
- La recarga de combustible de los generadores y equipos en la embarcación se hará en lugares acondicionados (sala de máquinas), que tengan el menor riesgo de derrames y siguiendo los procedimientos establecidos por las normas de seguridad dictadas por las autoridades portuarias y especificaciones técnicas de los equipos.
- Se inspeccionará cuidadosamente la embarcación para asegurar la integridad del tanque, empalmes y terminales, así como el manejo adecuado de la descarga de combustible. Si se detectan fugas, éstas se repararán a la brevedad.
- En caso de fugas se colocarán paños y barreras o cordones oleofílicos considerando que los volúmenes previstos serán pequeños; esto se hará con la finalidad que no se extienda el derrame y para recuperar el combustible utilizando métodos físicos, para que luego sea dispuesto en recipientes adecuados y sellados, y almacenados en el área de combustibles para su disposición final.
- Los residuos de combustibles recuperados y almacenados serán trasladados a las instalaciones industriales para su tratamiento y posterior disposición en un lugar autorizado, en caso de ser necesario, se emplearán los servicios de alguna empresa autorizada para tal fin.

- Los traslados de equipos y materiales, al igual que el combustible, se harán en puerto, cumpliendo con las normas de seguridad y medio ambiente de la Autoridad Competente, motivo por el cual no es necesario un procedimiento especial adicional. También se establecerán coordinaciones con las autoridades portuarias, en cumplimiento con lo señalado por la autoridad marítima nacional.

2.2.1.7

Recursos Humanos

El personal a bordo de la embarcación sísmica estará conformado por dos turnos rotativos de alrededor de 30 personas, para cubrir las 24 horas del día. De este modo, por cada turno el personal de mantenimiento y buen funcionamiento del barco estaría conformado aproximadamente por 10 tripulantes; el personal de sísmica estaría compuesto por 13 técnicos que se encargarán del equipo sísmico de a bordo y, adicionalmente, se emplearían hasta 07 personas para las actividades de supervisión de la sísmica y de la parte ambiental.

En relación al personal que se encuentra en la embarcación, este será rotado cada 5 semanas, con excepción de algunos marinos de cubierta. El personal de relevo podrá ser trasladado vía helicóptero desde los aeropuertos de Chiclayo o Trujillo, según donde se ubique la embarcación en ese momento y si se dispone de un helipuerto dentro del barco sísmico; caso contrario, se haría vía marítima con las embarcaciones de apoyo.

El requerimiento de personal corresponde a mano de obra calificada y especializada que, en su mayoría, provendrá del extranjero, por lo que no se espera contratar mano de obra local.

El personal que trabajará en las actividades sísmicas contará con la vacuna antitetánica. Ante la ocurrencia de cualquier incidente, se evacuará a la persona afectada para su pronta atención médica. Se adjunta un resumen de las medidas de prevención básicas para evitar problemas de salud y accidentes tal como se indicará en el Plan de Manejo Ambiental (PMA, presentado en el *Capítulo 6*) de este EIA. Algunas de las medidas de prevención consideradas son:

- El personal encargado de la actividad sísmica cumplirá con las disposiciones sobre salud ocupacional, seguridad industrial y prevención de accidentes propuestas por el Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos (D.S. N° 043-2007-EM) y el Reglamento de la Ley de Control y Vigilancia de las Actividades Marítimas, Fluviales y Lacustres (D.S. N° 028-DE/MGP).
- Todo el personal que labore en la actividad sísmica deberá estar dotado de equipo de protección personal (EPP) de acuerdo con los riesgos a que estén sometidos (uniforme, casco, guantes, botas, gafas,

chalecos salvavidas, protección auditiva, etc.). El uso de este equipo debe ser considerado obligatorio en el área que se requiera, de acuerdo a lo dispuesto por las normas de seguridad y salud ocupacional para la actividad sísmica.

- Para cumplir las disposiciones relacionadas con la salud ocupacional, la seguridad industrial y la prevención de accidentes, el equipo encargado presentará durante la Supervisión HSE (Health, Safety and Environment - Salud, Seguridad y Ambiente), un plan específico del tema. Adicionalmente, se cumplirán las políticas ambientales establecidas por SK Energy, para ello, la empresa designará un responsable exclusivo para tal fin, con una jerarquía tal que le permita tomar decisiones e implementar acciones.
- La empresa contratista a cargo de la actividad sísmica exigirá a sus empleados, subcontratistas, proveedores y agentes relacionados con la ejecución del contrato, el cumplimiento de todas las condiciones relativas a salud ocupacional, seguridad industrial y prevención de accidentes establecidas en los documentos del contrato y les exigirá su cumplimiento.
- Cada vez que la supervisión de HSE de SK Energy lo requiera, el Jefe de Operaciones deberá revisar y ajustar el programa de salud ocupacional y seguridad industrial. Se podrá paralizar el trabajo si el equipo a cargo incumple los requisitos de seguridad, salud ocupacional o no atiende las instrucciones de la supervisión de HSE.
- El equipo deberá informar por escrito, al área de HSE, cualquier incidente o accidente relacionado con la seguridad, ambiente o salud que ocurra en el transcurso de la ejecución de la prospección, además, deberá llevar un registro de todos los casos de enfermedad y los daños que se puedan presentar durante el desarrollo de las actividades.

Se realizarán charlas diarias de sensibilización al personal de la embarcación, en donde se tocarán temas sobre normas elementales de seguridad, higiene y comportamiento, así como una charla semanal de reinducción a la seguridad.

2.2.2

Operación

Posterior a la obtención de permisos antes mencionados, así como del aprovisionamiento de alimentos y materiales y de la recarga de combustibles, el barco sísmico zarpará del puerto designado (Salaverry). Las actividades de desplazamiento serán coordinadas con la Capitanía de Puertos respectiva y cuando se disponga de la fecha y ruta definida se informará a las autoridades locales y a los representantes de los gremios de pescadores acerca del inicio del proyecto.

Una vez ubicado en el área de registro, se calibrarán los equipos y se realizará el despliegue y tendido de los equipos e instrumentos que serán remolcados. A continuación se presenta una breve descripción de los principales equipos a utilizar en la operación sísmica.

2.2.2.1 *Equipamiento Sísmico*

El equipamiento sísmico principal de la embarcación estará constituido por sistema de navegación y posicionamiento, cables sísmicos y fuente de energía (cámara de aire).

Para la captura del “mapa” del subsuelo, la exploración sísmica requiere que tanto la ubicación de la embarcación como la de los equipos remolcados tenga una exactitud menor a 5 m. En parte, esto es consecuencia de que el arreglo de los implementos remolcados tiene espaciamientos muy cercanos. Para el posicionamiento de la embarcación se empleará un sistema de posicionamiento satelital GPS en modo diferencial DGPS y/o un sistema de posicionamiento de costa, mientras que para los equipos remolcados (cable sísmico, hidrófonos, cámaras de aire, boya de cola, etc.) se combinarán DGPS o sistemas de radio flotantes con sistemas de posicionamiento acústico y brújulas. Las ubicaciones de los instrumentos sin dispositivos de posicionamiento se estimarán considerando la geometría del sistema.

De acuerdo a la descripción previa de la sísmica, las ondas sísmicas reflejadas se detectarán en los hidrófonos que son remolcados en cables sísmicos. Estos instrumentos eléctricos monitorearán las ondas detectando cambios de presión en el ambiente marino. Estos hidrófonos se encuentran empaquetados dentro de un cable sísmico de 6 cm de diámetro que es remolcado por el barco sísmico. Dentro de este cable, a su vez, también se transportan las señales sísmicas a los equipos de grabación que se encuentran en la embarcación, donde son recibidas y grabadas en cintas magnéticas. Actualmente, no se tiene definida la embarcación específica, por lo que a continuación se describen algunas especificaciones típicas de cables sísmicos empleados en este tipo de exploraciones.

Los hidrófonos captan las ondas sísmicas en grupos lineales de 12 a 24 hidrófonos produciendo una señal (canal) por cada grupo. Cada grupo tendrá una longitud de alrededor de 16 metros y se traslaparán con los grupos anterior y posterior en 3-4 metros (4 hidrófonos). De este modo cada kilómetro de cable sísmico tendrá alrededor de 80 grupos de hidrófonos (así como canales). El cable sísmico a ser usado será un cable de última generación del tipo manufacturado por Sercel, o equivalente, de tipo multicanal digital. Además de contener a los hidrófonos, el cable sísmico estará configurado con módulos de digitación (“dispositivos”), módulos de telemetría, transductores de profundidad, reguladores de profundidad y flotación (“birds” o pájaros) y conexiones. El cable contará con hidrófonos linealmente espaciados entre dispositivos que contienen los digitadores de datos y módulos de telemetría.

Los módulos de digitación filtran y convierten la señal analógica del hidrófono a datos digitales **in situ**, permitiendo el análisis y la interpretación preliminar de los coeficientes de reflexión, determinados por la velocidad del sonido a través del estrato.

El cable sísmico tendrá una boya en la cola, la cual tiene un reflector de radar para determinar la posición de todo el cable sísmico durante el estudio. Para la recopilación de información sísmica, el cable sísmico (implementado con los hidrófonos) se arrastra a una profundidad específica constante que estará en el rango de 5 a 10 m debajo de la superficie del mar. Se requerirá que los cables sísmicos se remolquen a una profundidad constante para reducir la interferencia de la superficie del mar tanto por el reflejo de la onda sísmica como por el ruido de las olas.

El cable se mantendrá balanceado (pesa menos que el agua) en un tubo flexible (protector de plástico transparente que cubre el cable sísmico), con pequeños pedazos de plomo (en forma plana) pegados en la parte exterior del tubo donde sea necesario o empleando solventes. La profundidad se puede controlar añadiendo peso al cable (ver cable enrollado en riel *Figura 6*).

Para la sísmica 2D y 2DAD se empleará el mismo arreglo de hidrófonos y cable, requiriendo usualmente un solo cable sísmico de una longitud de hasta 8 km. Mientras que para la sísmica 3D se requerirá un arreglo de 3 a 8 cables paralelos, con una longitud de hasta 4 km que cubra un ancho total de hasta 800 m, equidistantes por 100-150 m (ver ejemplo en la *Figura 7*). Los cables sísmicos se remolcarán desde la embarcación a una distancia de remolque mayor a 50 m (Ver *Figura 8*). En el caso de la Sísmica 3D, para mantener separados a los cables sísmicos se emplearán deflectores (mamparas con flotadores o *paravanes* en inglés) en las cabeceras de los cables.

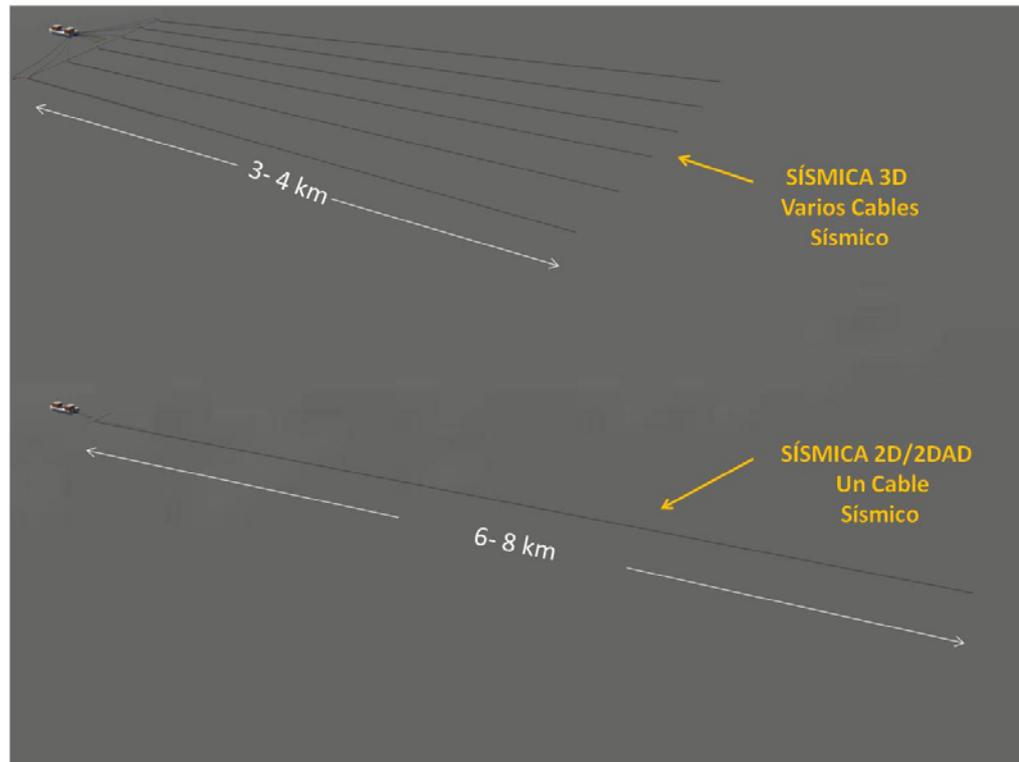
Cuando la embarcación esté navegando en zonas ajenas a la prospección sísmica y durante las operaciones de embarque y desembarque en un puerto, el cable se enrollará en un gran riel de la cubierta trasera.

Figura 6 *Cable Sísmico Enrollado en Riel*



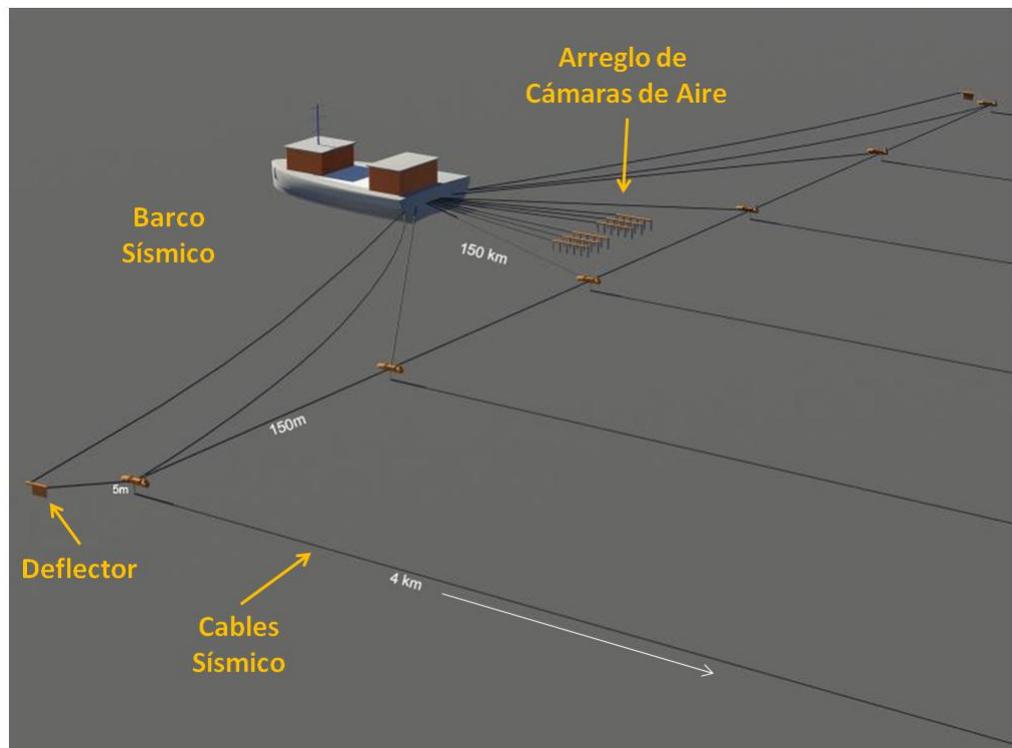
Fuente: SK Energy

Figura 7 Esquema de la Distribución de Equipos en Sísmica 2D, 2DAD y 3D



Fuente: SK Energy

Figura 8 Esquema de equipos en Sísmica 3D



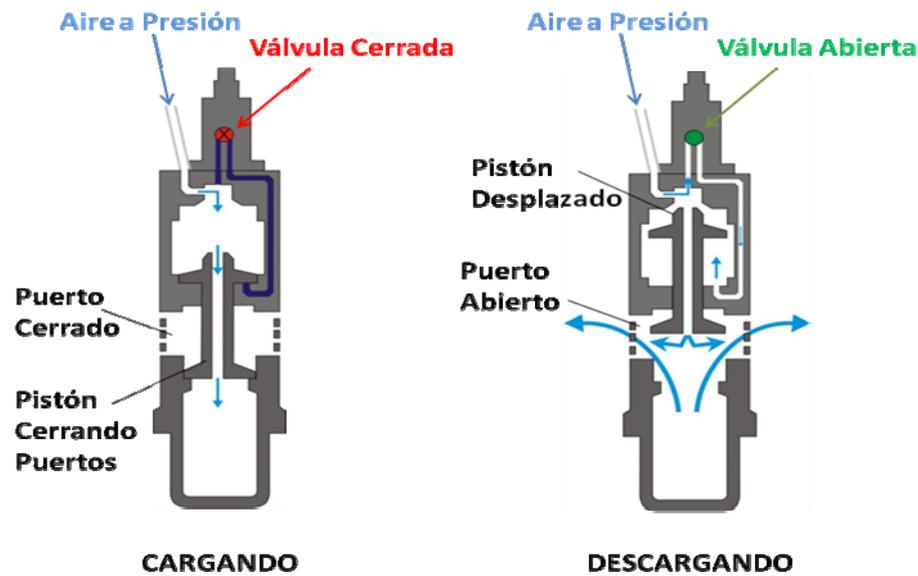
Fuente: SK Energy

Previamente se ha descrito que la prospección sísmica permite obtener el mapa de las capas del subsuelo a través del registro de las ondas acústicas reflejadas en los distintos estratos del subsuelo. Adicionalmente, para la generación de una onda acústica, se requiere de una fuente de energía controlada. Esta fuente proviene de un arreglo ordenado de cámaras de aire de distintos tamaños con una distribución tal que al liberarse secuencialmente el aire comprimido, las emisiones de cada una de las cámaras de aire se unen y forman una sola onda. De este modo, se registra a la distancia como una sola fuente de emisión de onda.

Cada cámara de aire es un dispositivo mecánico que almacena aire comprimido y lo libera gradualmente a través de pequeños puertos (Ver *Figura 9*). El aire comprimido se suministra continuamente a través de una compresora a bordo y se distribuye por mangueras a cada cámara de aire. En cada cámara, durante la carga, el aire comprimido se almacena en el reservorio inferior con los puertos de salida obstruidos por un pistón; cuando se requiere la emisión se activa electrónicamente una válvula que desvía una porción del aire comprimido por abajo del pistón, impulsándolo hacia el reservorio superior. En consecuencia, se despejan los puertos de salida que el pistón cubría en el reservorio inferior liberándose súbitamente el aire comprimido. Las cámaras de aire y la fuente serán similares a los Modelos 1500 o 1900 de la marca Long Life, con control de la fuente múltiple del tipo Seamap Gunlink 2000, Trisor o Syntron.

Cuando una cámara de aire emite burbujas bajo el agua, se registra una señal acústica típica del equipo. Esta señal está compuesta principalmente por un impulso inicial, consecuencia de la apertura del puerto que libera el aire con una duración de alrededor de 20 milisegundos. Posteriormente, se registra su reflejo y por último se registran varios pequeños pulsos consecuencia de las varias burbujas pequeñas generadas. Toda la señal dura aproximadamente medio segundo. Con la finalidad de mejorar estas últimas reverberaciones (oscilaciones), y de mejorar en conjunto la calidad de la señal, se prefiere emplear simultáneamente varias cámaras de aire con tamaños cuidadosamente seleccionados que enfocan la mayor energía a un objetivo común en la profundidad (ubicación conocida como Campo Lejano).

Figura 9 Principio de Operación de una Cámara de Aire. Corte Transversal



Fuente: SK Energy

2.2.2.2 Arreglo de Cámaras de Aire

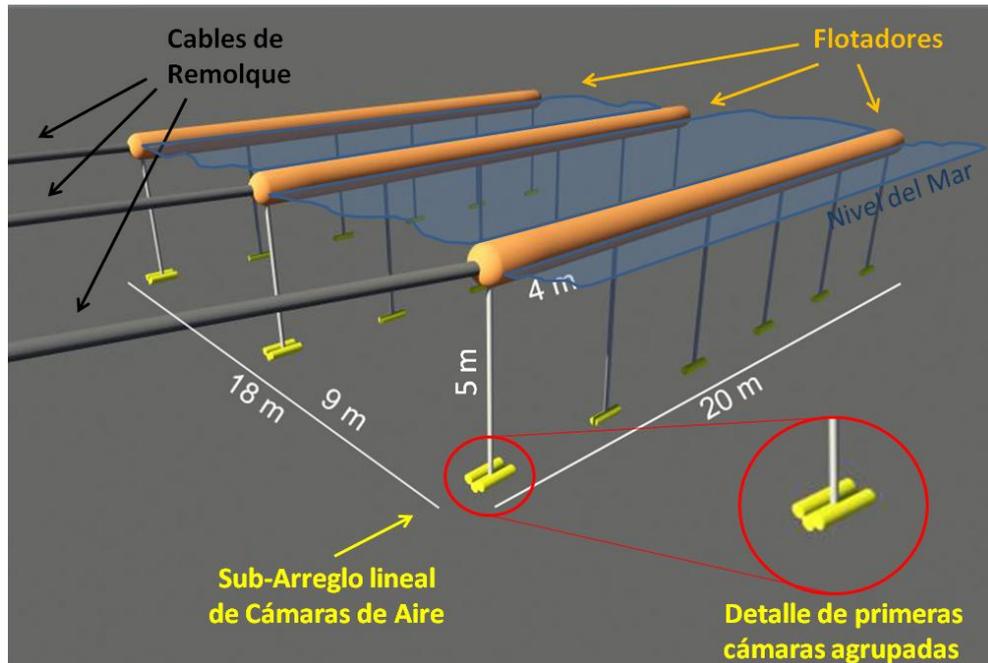
Como se mencionó en la sección anterior sobre la fuente de energía (cámara de aire), la emisión de la onda sonora se produce por un arreglo de cámaras. Este arreglo está diseñado para hacer coincidir la energía verticalmente en el centro del arreglo, permitiendo aprovechar mejor el total de la energía emitida y a su vez disminuir las interferencias de los varios pequeños pulsos consecuencia de las varias burbujas pequeñas generadas. El arreglo se remolcará a una profundidad que permita asegurar que la emisión de aire siempre se produzca por debajo del agua y se reduzca el efecto indeseado del reflejo acústico en un rango de interés desde la superficie del agua. El arreglo de cámaras de aire se remolcará unos 50 - 300 m detrás del barco, a una profundidad de 5 - 10 m, como puede verse en la *Figura 10*.

El arreglo definitivo de las cámaras de aire dependerá de los equipos que provea el contratista. Actualmente no se tiene seleccionada a la compañía que proveerá el servicio, por lo que a continuación se mostrarán las características principales del arreglo enmarcadas dentro de las factibilidades de los posibles candidatos y las características del presente proyecto. Para la sísmica 2D estándar y 2DAD se empleará un arreglo de cámaras, mientras que para la sísmica 3D se podrá utilizar un arreglo o la combinación de dos arreglos que operarán intercaladamente (modo *flipflop*).

El arreglo usualmente cubre un área de hasta 20 m de longitud (alineado al barco) con 18 m de ancho, pudiendo tener hasta 48 cámaras de aire distribuidas en 3 - 6 sub-arreglos (ver *Figura 10*). Cada sub-arreglo a su vez es una distribución lineal de 4 a 8 cámaras separadas entre 1 - 5 m, las cuales se

sostienen sobre unos flotadores. Las primeras cámaras pueden acompañarse hasta en grupos de cuatro. Los tamaños de las cámaras (volumen de aire para expeler del reservorio inferior de la cámara) varían usualmente entre 30 a 800 pulg³, teniendo un total el arreglo de 3,000 a 8,000 pulg³ (50 - 130 litros). El suministro de aire comprimido a las cámaras de aire es de 2,000 a 2,900 lbs/pulg² ("psi").

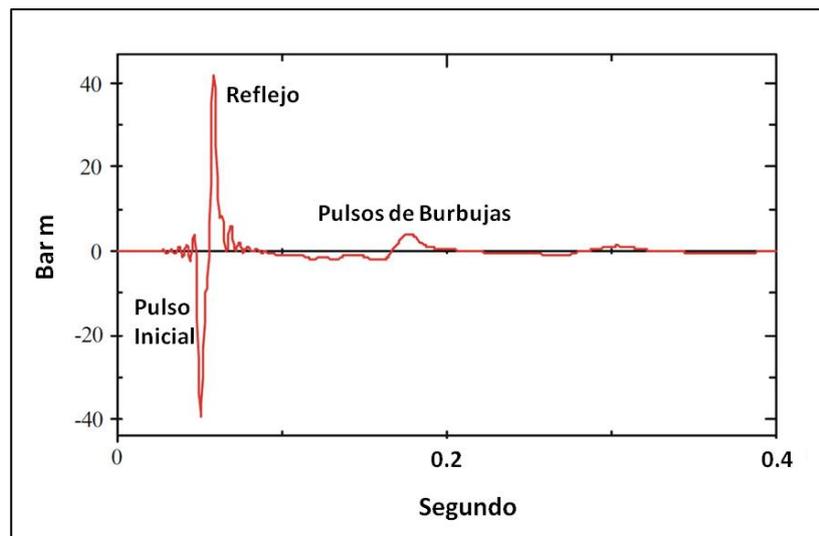
Figura 10 Esquema de una Configuración Típica de un Arreglo de Cámaras de Aire



Fuente: SK Energy

La intensidad de las ondas acústicas generadas dependerá del arreglo de las cámaras de aire. La firma tipo sería para el equipo "Tuned Sleeve Gun": 26 para 2D y 13 para 3D por arreglo de WesternGeco, para el modelo 2,040 pulg³ y 6 m de profundidad. La intensidad en Bar-m de las ondas acústicas generadas por el arreglo de cámaras de aire en función del tiempo transcurrido tras la emisión en el Campo Lejano (ubicado en la profundidad de interés de estudio donde se enfoca y dirige las ondas de todo el arreglo) se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 11 *Intensidad de las Ondas Acústicas*

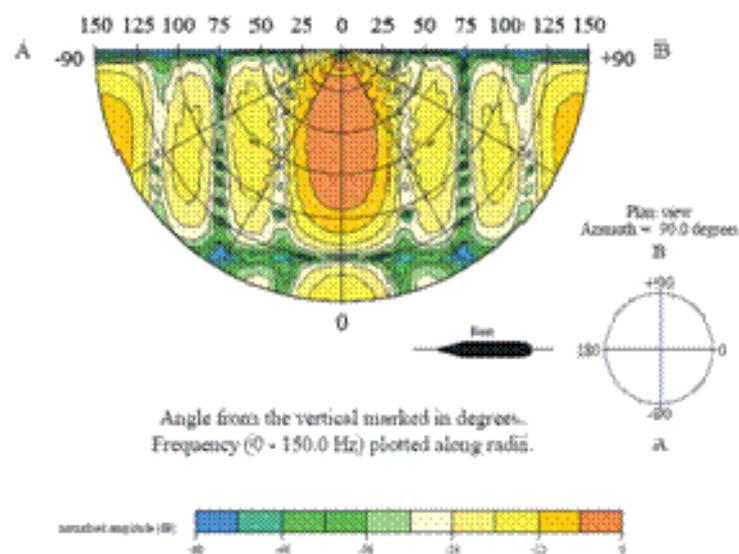


Fuente: SK Energy

Se observa que el pulso inicial de todas las emisiones sincronizadas se adiciona sinérgicamente en un pulso inicial con una duración corta, menor a 20 milisegundos (consecuencia de la liberación inicial del aire de las cámaras). Posteriormente, se registra su reflejo (con intensidad inversa) y por último las oscilaciones por los pequeños pulsos consecuencia de las varias burbujas pequeñas generadas.

La distribución de la amplitud normalizada en decibeles (dB) para un arreglo (2,040 pulg³ y 6 m de profundidad) se muestra a continuación:

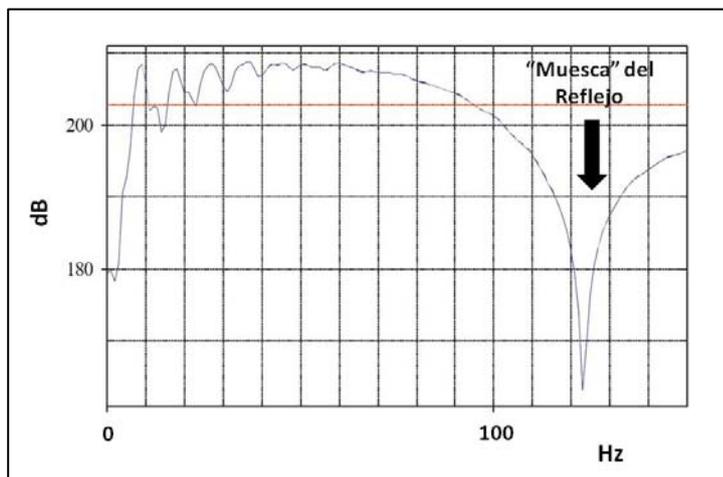
Figura 12 *Direccionalidad de la Fuente Sísmica del Arreglo de Cámaras*



Fuente: SK Energy

El espectro de las frecuencias (Ver *Figura 13*) se desarrolla en frecuencias entre 5 y 100 hertz (HZ), debido a que el objeto del estudio se basa en registrar la banda en que la tierra recibe y emite energía (3 y 100 HZ). Posteriormente, existe una “muesca” inevitable en el espectro, consecuencia del reflejo del sonido de la superficie del agua. A una profundidad adecuada se protege la banda de interés.

Figura 13 *Espectro de las Frecuencias (9 km de Distancia; 0° Ángulo; 0° Azimut)*



Debido a que el diseño del arreglo permite que la sinergia de la onda sísmica en el Campo Lejano (profundidad de interés de estudio donde se enfoca y dirige las ondas de todo el arreglo), sea mayor en su punto de enfoque, el nivel de ruido generado se recalcula a 1 m de la fuente en el agua, obteniéndose un valor cercano a 260 dB re 1uPa 1m (1 m de la fuente). Estos valores de niveles de presión sonora deben entenderse direccionados al fondo marino; en el plano horizontal, estos valores son menores.

El nivel acústico se atenuará en el medio acuático conforme se desplace. Estas ondas acústicas son dirigidas hacia abajo principalmente y se realizan entre 5 y 10 m de profundidad; las emisiones de aire no se efectúan en un mismo lugar pero sí a un mismo tiempo.

2.2.2.3 *Procesamiento de Datos*

Los datos de reflexión sísmica son recibidos en forma digital por el cable multicanal digital (un canal por cada grupo de hidrófonos) y transmitidos a la unidad de grabación a bordo de la embarcación, donde son grabados en cintas magnéticas con registro traza-secuencial en formato pre-establecido.

Esta unidad también graba los datos adicionales en un registro de cabecera “traza cero” para cada archivo sísmico. Este registro “traza cero” incluye muchas variables, como el número de la línea, profundidad del cable, presión de la fuente, etc. Asimismo, durante la adquisición sísmica se mantendrá un

control de calidad abordo, mediante un *software* de procesamiento de datos de navegación y un *software* de procesamiento de datos sísmicos.

2.2.3 *Abandono de la Actividad Sísmica*

Posteriormente al término de las actividades de adquisición sísmica, la embarcación se desmovilizará hacia puerto. Debido a que la actividad sísmica se realiza en tránsito y no requiere de instalaciones o plataformas fijas, el abandono sólo requerirá la activación de los planes de manejo de los residuos y líquidos generados durante la actividad.

2.3 *MUESTREO GEOQUÍMICO*

El muestreo geoquímico es un método que involucra la recolección y análisis de varios tipos de materiales geológicos, como muestras de rocas y materiales biológicos. Con el análisis geoquímico de las muestras, se puede determinar la migración de gas desde posibles reservorios de hidrocarburos. Estos análisis también ayudan a los estudios de exploración, para determinar la posible existencia de trampas.

El muestreo geoquímico se realiza bajando un sistema de sacatestigos de aproximadamente 1.5 m de longitud x 25 cm de diámetro desde una embarcación. De esta manera, se recolectan muestras del fondo marino.

El objetivo principal del muestreo geoquímico es detectar, en el fondo marino, las pequeñas migraciones de hidrocarburos desde estructuras que almacenen gas o petróleo (trampas estructurales).

Tentativamente, de requerirse muestreo geoquímico, se estima que podrían tomarse alrededor de 500 muestras de fondo marino. En la *Figura 14* o *Anexo 2G* se presentan las áreas planificadas para el muestreo.

La ruta será inicialmente partiendo desde el Puerto de Salaverry y las zonas de muestreo y los tiempos de transporte entre zonas demorarán entre 1 y 2 días de navegación.

Se generarán residuos producto de la alimentación y supervivencia en la nave. En esta operación, el volumen diario de residuos en general sería de 15 a 20 kg. Los residuos inorgánicos serán llevados a tierra firme, mientras que los residuos orgánicos provenientes de cocina (residuos de alimentos), serán triturados antes de su descarga, de conformidad con las disposiciones del MARPOL 73/78.

Las aguas residuales provenientes de los baños, por tratarse de barcos que llevarán poca tripulación y pasajeros (no mayor a 10 personas), no están sujetas a tratamiento obligatorio (tal como lo dispone la norma peruana dictada según R.D. N° 0069- 98/DCG).

Figura 14 Plano de las Áreas para Muestreo Geoquímico



2.3.1 Sistema Sacatestigos

En la embarcación, el sistema estará compuesto por un winche y un barril de testigos ("core barrel"), que por caída libre, al tocar el fondo marino captura la muestra que luego de su recuperación es envasada y enviada para su estudio al laboratorio.

El volumen de muestra puede variar, dependiendo del porcentaje de recuperación de esta, pero se puede decir que, como máximo, se extraerá aproximadamente 0.013 m³. Se dedicarán 3 días a cada zona, lo que corresponde a un total aproximado de 12 días de muestreo.

2.3.2 *Embarcación*

Se empleará una sola nave, con las siguientes características tentativas:

Manga:	10 m
Eslora Total	50.9 m
Altura del Mástil	17.6 m
Altura del Puente	7.53 m
Desplazamiento	1.157 Tm
Radio de Acción	10,200 Millas Marinas
Velocidad Económica	10 nudos
Velocidad Máxima	12.7 nudos
Autonomía	40 días
Capacidad Max Pasajeros	41
Propulsor	900 rpm, 1,280 Kw
Generadores	2 x 1,800 rpm, 275 Kw (315 Kva) x 440 V y 60 Hz
Generador de Puerto	1 x 1,800 rpm, 93 Kw
Sistema de Navegación	Equipos GPS, de Comunicación HF-VHF, Facsímil, microondas y satelital, radares

Equipo Auxiliar

Camilla	1
Botiquín	1
Luces de Emergencia (dobles)	20
Balsa Rígida 2/Inflable Rígida	2
Aro salvavidas con línea	4
Aro salvavidas con guindola	1
Radio Baliza	2
Señales de Emergencia Visuales	5
Hachas	3
Bomba Contraincendio	2
Monitor Contraincendio	1
Estación Contraincendio	2
Extintor portátil 15/20 lbs -	10 (15 lbs), 10 (20 lbs)

2.3.3 *Recursos Humanos*

El requerimiento de personal corresponde a mano de obra calificada y especializada que, en su mayoría, provendrá del extranjero, por lo que no se espera contratar mano de obra local. Se tiene planificado contar con 8 personas, entre profesionales, técnicos y tripulación de la embarcación.

Luego de la evaluación, análisis e interpretación de datos geológicos y geofísicos del subsuelo generados en proyectos anteriores y aquellos obtenidos durante este proyecto, se dará inicio a las perforaciones exploratorias y confirmatorias para comprobar la posible existencia de reservas de hidrocarburos (gas y/o petróleo) en determinadas áreas del Lote Z-46.

Si durante la perforación del pozo exploratorio se determinara la existencia de hidrocarburos, entonces se llevará a cabo una prueba de formación en los objetivos detectados, utilizando un sistema de medición ubicado en el mismo barco o unidad semi-sumergible, así como procedimientos de manejo y almacenamiento apropiados para los fluidos producidos. Las distintas pruebas de formaciones del pozo ayudarán a determinar si los hidrocarburos pueden ser recuperados de manera económica, es decir, con estas pruebas se estimarán tasas máximas de producción de los fluidos encontrados, volúmenes de reservas de hidrocarburos, tipos de mecanismo de energía en el reservorio, tipos y calidad de fluidos encontrados y presión inicial de reservorio. Se estima que el tiempo para ejecutar las prueba de formación será de aproximadamente 15 días.

En caso de determinar la viabilidad de la explotación de hidrocarburos, se procederá al cierre y abandono temporal del pozo y a la posible perforación de un pozo confirmatorio en una ubicación cercana. En caso de determinar la no viabilidad de la explotación de hidrocarburos, se procederá al cierre de actividades y abandono permanente del pozo perforado. Luego, el barco o unidad sumergible con el equipo de perforación montado podrán ser retirados del área. Las actividades de abandono tendrán una duración aproximada de 10 días.

Para la perforación de un pozo exploratorio desde una ubicación nueva, se requerirá del siguiente esquema general:

- Un nuevo posicionamiento del barco o unidad semi-sumergible de perforación
- Movimiento de personal al barco o unidad semi-sumergible de perforación
- Traslado de equipos y materiales de perforación
- Almacenamiento de equipos, materiales y combustible
- Permanencia de 2 ó 3 lanchas de apoyo, una de ellas permanecerá junto al barco o unidad de perforación para casos de emergencia.

- Perforación del pozo, revestimiento y cementación del pozo, completación del intervalo de interés y pruebas de producción de las formaciones de interés.

2.4.1

Planeamiento

Durante esta fase de perforación se plantea perforar 10 pozos exploratorios y 10 pozos confirmatorios en determinadas áreas del Lote Z-46. Los pozos confirmatorios serían ubicados cercanos a un pozo exploratorio o pozos exploratorios que hubiesen probado reservas comerciales de hidrocarburos (gas y/o petróleo).

Para la perforación de los pozos exploratorios y confirmatorios se usará un barco de perforación o una unidad semi-sumergible de perforación.

2.4.1.1

Barco o Unidad Semi-sumergible de Perforación

El Barco o la Unidad Semi-sumergible de Perforación son autopropulsados. En el caso del barco, después de ser anclado, este es capaz de posicionarse dinámicamente sobre el objetivo durante los trabajos de perforación y prueba del pozo. Para este posicionamiento dinámico, el barco posee un sistema computarizado para mantener la instalación en su posición y dirigirlo usando sus propias hélices y propulsores.

En el caso de la unidad semi-sumergible, esta debe estar anclada en la zona a perforar para mantenerse en su posición. Con estos equipos se pueden trabajar en profundidades de 4,500 pies de agua y perforar hasta profundidades finales de pozo de 25,000 pies.

Durante la perforación se colocará un equipo Impide Reventones (BOP - *Blow-Out Preventers*) de aproximadamente 10,000 lb/pulg² y unas conductoras de Perforación Marina (*risers*), de 21 pulgadas de diámetro externo, que funcionan como aislantes con el medio acuático.

Fotografía 1 Barco de Perforación con Lancha de Apoyo



Fuente: www.deepwater.com aprobado por Transocean Inc.

Fotografía 2 Unidad Semi-sumergible de Perforación



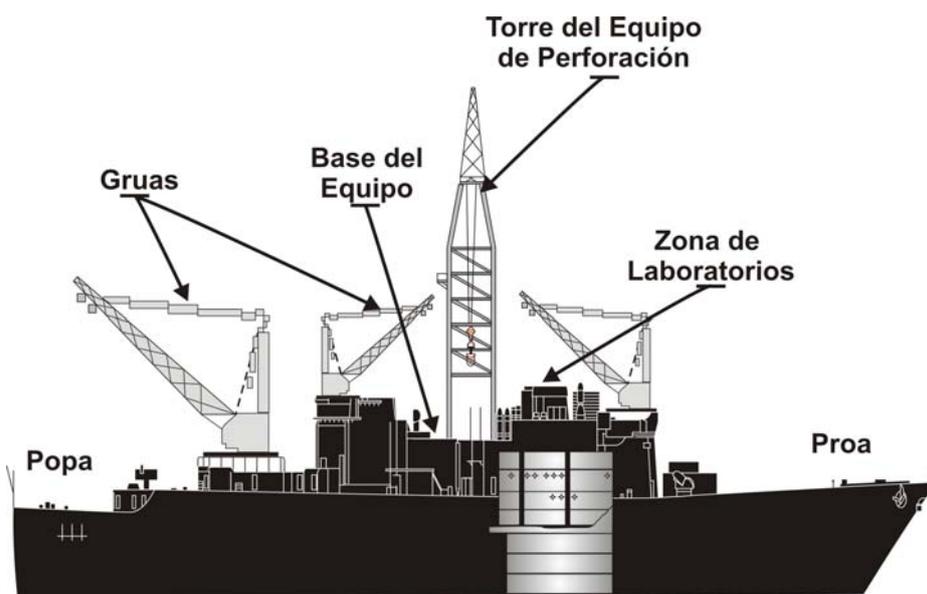
Fuente: www.deepwater.com aprobado por Transocean Inc.

Sobre el barco o unidad semi-sumergible está colocado el equipo de perforación, el cual tiene montado una torre que cuenta con tubería de perforación, malacate de gran capacidad para el levantamiento y bajada de la sarta de perforación, fuerza motriz para el abastecimiento de energía eléctrica a toda la unidad, motores y el accionamiento de la mesa rotaria que hace girar la sarta de perforación con la broca, bombas de fluido de perforación (lodo), tanques de tratamiento del lodo, tanques de almacenamiento de combustible, almacenes de químicos, sistemas de seguridad contra incendio, área de campamento para el personal de turno, oficinas de control, entre otras instalaciones auxiliares.

El tiempo que dure la etapa de movilización del barco o unidad semi-sumergible, los materiales y los equipos, dependerá de las condiciones meteorológicas y oceanográficas existentes, así como también de otras condiciones naturales; sin embargo se estima un tiempo de 15 días para movilización y 15 días para desmovilización desde y hacia el puerto de embarque (Salaverry).

La unidad semi-sumergible es un tipo particular de barco que está principalmente conformado por una estructura "flotante" sumergida debajo del nivel de mar. Este diseño tiene la ventaja de sumergir gran parte de los componentes en contacto con el agua, minimizando de esta manera la carga de las olas y el viento. Las unidades semi-sumergibles pueden operar en un amplio rango de profundidades de agua, incluyendo las de gran profundidad. Usualmente estas estructuras son ancladas, usando para ello entre 6 y 12 cadenas hacia el fondo marino, las cuales son controladas por computadoras para mantener la posición inicial a perforar.

Figura 15 *Partes de un Barco de Perforación*



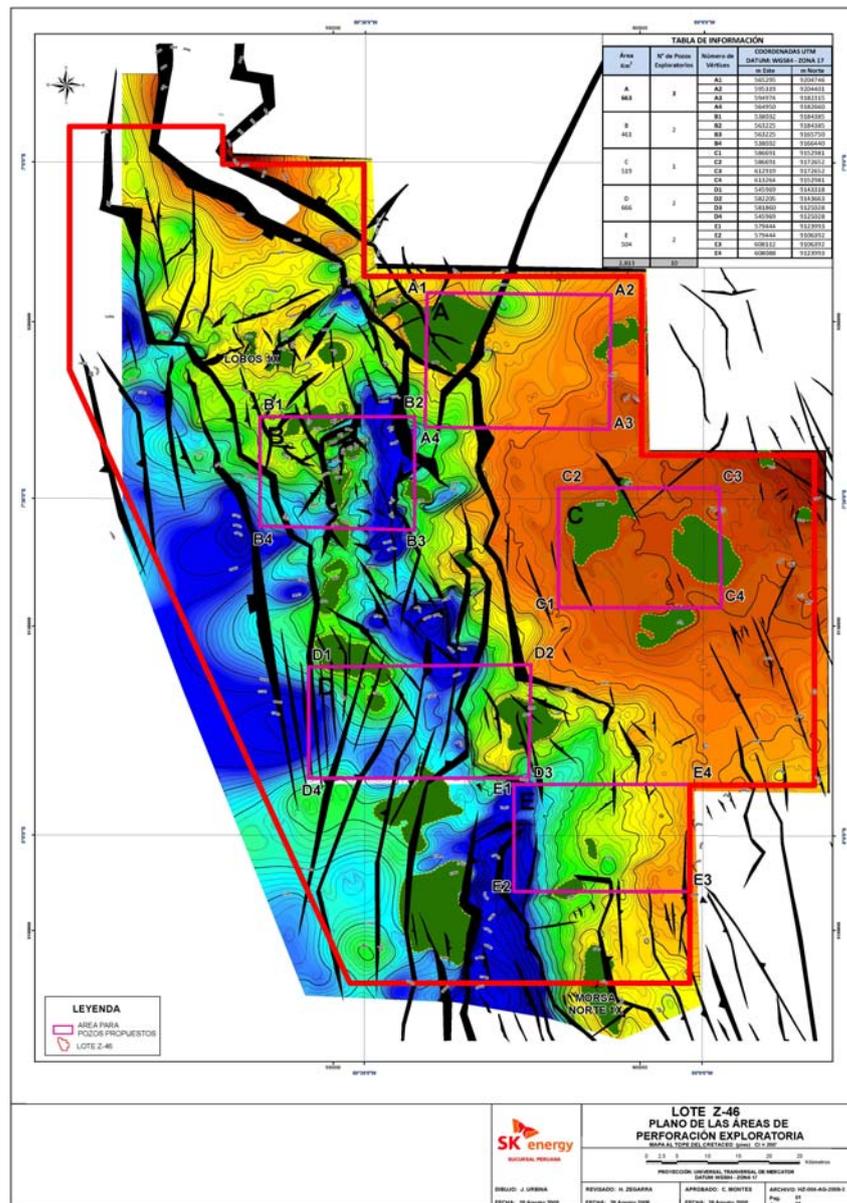
Fuente: SK Energy

Una vez posicionado el barco o unidad semi-sumergible sobre el objetivo o pozo a perforar, se colocará una base conectora en el lecho marino donde se ubicará el pozo y se conectará al barco mediante la conductora de perforación marina (*riser*) para luego dar inicio con las actividades de perforación con el ingreso de la sarta de perforación y broca en el extremo inferior.

2.4.1.2 ***Ubicación de Pozos***

El proyecto considera tentativamente la perforación de 10 pozos exploratorios y 10 confirmatorios, en un total de cinco (5) áreas (Ver *Figura 17 o Anexo 2H y Tabla 3*). Las ubicaciones de los pozos confirmatorios serán contiguas a los pozos exploratorios y su número dependerá de los resultados e información obtenida del pozo exploratorio perforado.

Figura 16 Áreas Tentativas de Perforación Exploratoria



Las coordenadas planas (UTM WGS 84) vinculadas a cada área, que se dan a continuación, corresponden a las áreas donde se encontrarán las ubicaciones preliminares para los tentativamente primeros 10 pozos exploratorios, y tentativamente primeros 10 pozos confirmatorios a perforar. La ubicación exacta de cada pozo exploratorio y confirmatorio dependerá de los resultados de los primeros pozos perforados y de la re-interpretación sísmica.

Tabla 3 *Tabla de Coordenadas Tentativas para Áreas de Perforación*

Área Km ²	No. de Pozos Exploratorios	Número de Vértices	Coordenadas UTM DATUM: WGS84 - ZONA 17	
			m Este	m Norte
A 663	3	A1	565,295	9,204,746
		A2	595,319	9,204,401
		A3	594,974	9,182,315
		A4	564,950	9,182,660
B 461	2	B1	538,032	9,184,385
		B2	563,225	9,184,385
		B3	563,225	9,165,750
		B4	538,032	9,166,440
C 519	1	C1	586,691	9,152,981
		C2	586,691	9,172,652
		C3	612,919	9,172,652
		C4	613,264	9,152,981
D 666	2	D1	545,969	9,143,318
		D2	582,205	9,143,663
		D3	581,860	9,125,028
		D4	545,969	9,125,028
E 504	2	E1	579,444	9,123,993
		E2	579,444	9,106,392
		E3	608,112	9,106,392
		E4	608,088	9,123,993
2,813	10			

En estas áreas se estima llegar a una profundidad final máxima de diseño de aproximadamente 12,000 (pies).

2.4.1.3 *Características del Equipo de Perforación*

La *Tabla 4* presenta las características tentativas o similares del equipo de perforación a usarse en las operaciones de perforación exploratoria y confirmatoria.

Tabla 4

Características Tentativas / Similares del Equipo de Perforación

Componentes	Especificaciones Técnicas
Mástil / Estructura	
Altura	Piramidal 170 pies altura, 46 x 54 pies base
Capacidad nominal	600 TM
Malacate	
Motores	3000 HP
Tambor	Para cable 1-3/4"
Compensador de Movimiento	218 TM operando (544 TM estático)
Sistema de Tope Rotatorio (<i>Top Drive System</i>)	590 TM
Mesa de Rotación	49.5" abierto
Manejo de Tubería	Hidráulico - Semiautomático
Bombas de Lodo	3 bombas Triple de 120 spm y 1,600 HP
Zarandas Vibradoras	3 vibradoras
Impide Reventones (BOP)	2 x Shaffer 18-3/4" de 10,000 lb/pulg ³ y doble rams Shaffer 18-3/4" de 5,000 lb/ pulg ³ para el control anular Cameron 10,000 lb/ pulg ³ conector de cabeza
Empaque Inferior para Elevador Marino (LMRP = Lower Marine Riser Package)	Shaffer 18-3/4", de 5,000 lb/ pulg ³ anular; conector de elevador de 10,000 lb/ pulg ³
Desviador de Flujo (DIVERTER)	Salidas de 14 pulgadas
Sistema de Control	Sistema Múltiple
Elevadores Aislantes de Perforación	95 tubos x 21 pulgadas de x 75 pies por tubo
Tensionador de Elevador	726 TM de Capacidad de Tensión Máxima
Tensionadores Guías de Cable	4 x 9.07 TM
Estrangulador	10,000 lb/pulg ³ ; 2 x ajustable manualmente y 2 x válvulas controladas remotamente
Cementación	Halliburton ASKE - 4 Eléctricos
Planta de luz	6 x EMD MD-20-645E9 a diesel; 1 Generador x 2,500KW; 1 x EMD MD-12-645E8 1050 KW
Planta de luz de emergencia	1 x 90 KW
Distribución de energía	Sistema General Electric
Grúas	2 x 80 pies x 35 TM a 20 pies; 2 x 120 pies x 47 TM a 25 pies
Impulsores	6 x 2,500 HP cada uno
Propulsión	2 x hélices de 8,000 HP cada uno

2.4.1.4 *Equipamiento Básico*

El equipamiento básico considera lo siguiente:

- *Castillo*

La función de esta estructura es proveer la altura y el espacio necesario para levantar y bajar la sarta de perforación, tubería de revestimiento o forro y/o tubería de producción (*tubing*).

- *Base/Skid*

Este componente se utiliza como base para el castillo y el sector donde van montados el malacate, la mesa rotatoria y los motores. Es resistente al peso y está acondicionado para deslizarse con facilidad en el piso del barco de perforación. En su superficie tiene la mesa de maniobras donde trabajan los operarios de perforación (poceros).

- *Malacate/Drawworks*

Consta de un tambor principal con cable de acero enrollado. Este sistema es usado para subir y bajar la sarta de perforación. A un costado del castillo se ubica la consola de mando del perforador, que tiene a través de un sistema manual, el control del malacate. También cuenta con la palanca de freno con capacidad para detener y sostener el peso de la sarta de la tubería de perforar.

- *Motores*

Tienen la función de proporcionar la potencia al malacate y al equipo de perforación. En general se utilizan tres motores a diesel de 1,000 HP cada uno.

- *Sistema de Izaje*

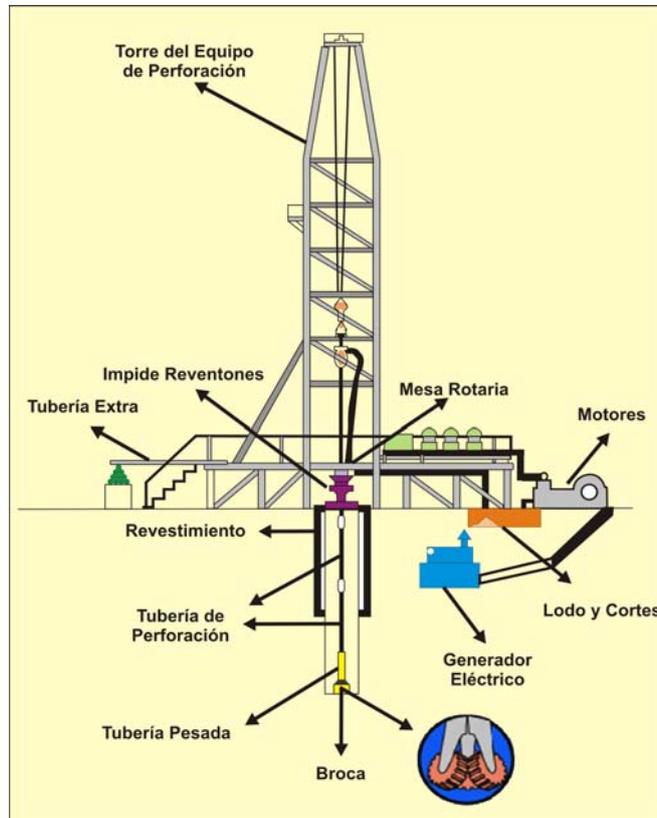
Conformado por el bloque de corona, que es un conjunto de poleas ubicada en la parte superior de la torre y el motón-gancho o polea viajera. La polea viajera se encuentra suspendida por medio del cable de perforar que se embobina o desembobina en el tambor del malacate y realiza la función de subir o bajar la sarta de perforación.

- *Control o Impide-Reventones BOP de 18-3/4"*

Se utiliza para controlar la salida intempestiva de los fluidos contenidos en las formaciones, las cuales son atravesadas durante la perforación del pozo. Este sistema cierra el espacio anular (espacio entre la sarta de perforar y las

paredes del pozo), así también puede cerrar el pozo sin tubería (arietes ciegos).

Figura 17 *Partes del Equipo de Perforación*



Fuente: SK Energy

Adicionalmente a los componentes señalados, existen otras instalaciones auxiliares como la planta de luz, caseta para supervisores, caseta cocina-comedor y planta de tratamiento de aguas servidas, entre otros.

2.4.1.5 *Equipamiento Auxiliar*

Entre el equipamiento auxiliar que se utilizará en las actividades de perforación exploratoria se tiene:

- Bombas centrífugas para accionar los equipos de control de sólidos
- Tanques de almacenamiento
- Múltiple para estrangular flujos y matar el pozo (*Chocke Manifold*)
- Mesa Rotatoria o Sistema de Tope Rotatorio (*Top Drive System*) que se emplea para girar la sarta de perforación.
- Unión giratoria (*swivel*)

- Unidad acumuladora de presión
- Grúa estacionaria que se utiliza para ensamblar los componentes, trasladar los equipos y herramientas de perforación. Tiene una capacidad de 35 a 47 toneladas.

De acuerdo a las buenas prácticas operativas y experiencia de los operadores, para la ejecución del proyecto, se contará con herramientas típicas (tenazas hidráulicas, cuñas neumáticas, elevadoras). Adicionalmente, se contará con herramientas especiales, como pescantes de agarre exterior y agarre interior, brocas, molinos, zapatos para rotar con tubos lavadores para limpiar posibles derrumbes que hubiese alrededor de la sarta de perforación, asimismo, imanes, escareador (*scraper*), arpones para pescar, cable cortadores de *casing*, etc.

2.4.1.6 *Embarcaciones a Emplear*

El barco o unidad semi-sumergible de perforación y las embarcaciones de apoyo partirán inicialmente desde el Puerto de Salaverry hacia cada una de las áreas seleccionadas para realizar las operaciones. Un barco o unidad semi-sumergible de perforación puede permanecer costa afuera todo el tiempo, sin embargo, retornará al Puerto de Salaverry en el caso de requerirse alguna reparación.

La carga de combustible del barco o unidad semi-sumergible, se realizará en altamar con una lancha de apoyo, la cual llegará desde el Puerto de Salaverry u otro puerto que tenga las facilidades reglamentarias, con un periodo estimado de cada 10 días, para poder recargar y mantener el nivel de combustible mínimo operativo. Por otro lado, las cargas de avituallamiento (alimentos, hielo, agua) son reabastecidos cada día desde los puertos de Salaverry, Malabrigo, Pacasmayo o Pimentel.

Se estima que la carga de materiales de perforación (tubería de revestimiento, cemento, baritina, bentonita, etc.) puede tener lugar cada 4 días, inicialmente desde el Puerto de Salaverry.

Los tipos y características generales y tentativas del barco o unidad semi-sumergible y de las embarcaciones a utilizar para el transporte y apoyo a la perforación son los siguientes:

Barco de Perforación (Drilling Ship)

Eslora: 534 pies

Manga: 87 pies

Puntal: 24.9 pies

HP Total: 21,500 HP

Velocidad: 50 nudos

- ***Unidad Semi-Sumergible de Perforación (Semi-Submersible Drilling Unit) en caso de no usar Barco de Perforación***

Eslora: 301 pies

Manga: 256 pies

Puntal: 80 pies

HP Total: 14,700 HP

Velocidad: 65 nudos

- ***Remolcador y transportador de combustible y otros materiales***

Eslora: 180 ft

Manga: 40.9 ft

Puntal: 14.3 ft

Cantidad de motores: 2

HP x motor: 1500 HP

Velocidad: 13 nudos

- ***Embarcación de apoyo utilizado para el transporte del personal – cambio de guardias y para casos de emergencia***

Eslora: 95.3 ft

Manga: 19.7 ft

Puntal: 5.3 ft

Cantidad de motores: 3

HP x motor: 650 HP

Velocidad: 16 nudos

Todas las embarcaciones que se utilizarán, tendrán el equipamiento de seguridad y salvamento exigido por la DICAPI, así como las autorizaciones de zarpe y navegación. Es importante señalar que periódicamente se realizarán

simulacros de emergencia a fin de tener entrenado al personal en caso de presentarse una contingencia o emergencia.

Los cambios de guardia o movimiento de personal se han estimado cada 14 días desde los puertos de Salaverry, Malabrigo, Pacasmayo o Pimentel. En caso que la distancia del puerto al centro de operación (barco o unidad de perforación) requiera más de 5 horas de navegación, se usará helicóptero para el cambio de guardia o movimiento de personal.

2.4.1.7 *Personal*

La *Tabla 7* presenta un estimado del personal operativo requerido para la ejecución del proyecto. Este personal será especializado en cada una de las etapas o fases del proyecto (operadores, soldadores, perforadores, mecánicos, etc.). El requerimiento de personal corresponde a mano de obra calificada y especializada que, en su mayoría, provendrá del extranjero, por lo que no se espera contratar mano de obra local.

Tabla 5 *Estimado de número de Personal Requerido para el Barco o Unidad Semi-sumergible de Perforación*

Personal	Cantidad
De Transporte y Movilización de Equipos	36
De Perforación de Pozos	50
De Pruebas	15
Total	101

Respecto al transporte del barco de perforación o unidad semi-sumergible de perforación a una nueva locación, el estimado de la cantidad de personal estará comprendido por lo siguiente:

- Movilización o Transporte de Barco o Unidad Semi-Sumergible de Perforación: 18 personas x guardia de 12 horas (2 guardias a bordo).
- Tentativamente, el barco o unidad de perforación tendrá 2 guardias especializadas en trabajos de perforación que se relevarán 12 hr x12 hr.
- Remolcador de apoyo: 7 personas x guardia (2 guardias a bordo)
- Embarcación de apoyo: 4 personas

Las medidas de seguridad que SK Energy y sus Contratistas y Sub-Contratistas cumplirán durante las perforaciones, se detallan en el *Plan de Manejo Ambiental (Capítulo VI)* que forma parte de este estudio.

2.4.1.8 *Manejo de Residuos*

En el barco de perforación o unidad semi-sumergible de perforación se contará con cilindros y contenedores para los residuos metálicos, oleosos y

domésticos. Los residuos alimenticios se dispondrán en bolsas negras para su posterior disposición en tierra. Las aguas negras se tratarán en una planta de tratamiento adecuada. En el *Plan de Manejo Ambiental (Capítulo VI)* se presentan las medidas para el manejo de residuos.

2.4.2

Operación

Para la ejecución de las actividades de perforación, se cumplirá el Reglamento de las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos (D.S. N° 032-2004-EM), así como las buenas prácticas operativas actualmente desarrolladas para la industria de hidrocarburos. Las etapas que comprenderá el proyecto de perforación exploratoria son:

ETAPA I: Planeamiento

ETAPA II: Perforación Exploratoria

ETAPA III: Abandono de Pozos

2.4.2.1

Etapas I - Planeamiento

Esta etapa comprende las actividades previas a la perforación exploratoria que incluirá los aspectos logísticos y de ubicación del barco de perforación o unidad semi-sumergible de perforación.

Previamente a la instalación de la boya demarcatoria, se deberán haber efectuado los trabajos de batimetría en el área y de prospección sísmica, donde se ubicará el barco de perforación o unidad semi-sumergible de perforación. La instalación de la boya se realizará para señalar la posición exacta donde se ubicará el pozo a ser perforado.

2.4.2.2

Etapas II - Perforación Exploratoria

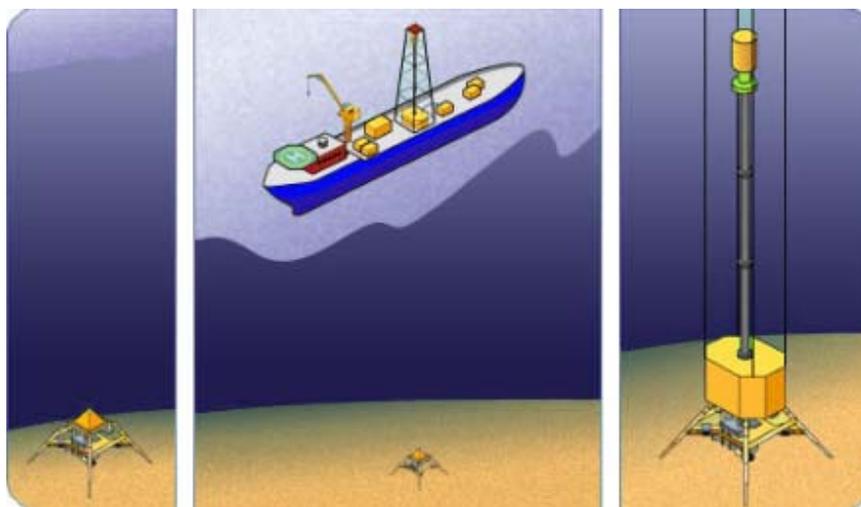
La perforación de los pozos exploratorios se realizará tentativamente en cada una de las áreas definidas en el Lote Z-46 y anteriormente señaladas para perforación. Para ello, se cumplirá con los respectivos procedimientos operativos establecidos. Las operaciones de perforación estarán a cargo de una empresa contratista bajo la supervisión constante y permanente del personal capacitado de SK Energy.

La perforación exploratoria tendrá una duración aproximada de 2 meses por cada pozo a perforar; este tiempo dependerá de la profundidad final, diseño del pozo y de la dureza de las unidades litoestratigráficas a perforarse.

El diseño y especificaciones de la tubería de perforación y revestimientos utilizados para la perforación exploratoria cumplirán con la norma API-SPEC-5D, y las normas correspondientes de ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

La perforación consiste en atravesar las formaciones geológicas submarinas hasta alcanzar el objetivo que será una formación reservorio de hidrocarburos, de acuerdo a las profundidades programadas. Para ello, se utilizará una sarta de perforación conformada por la tubería de perforación (*drill pipe*), tubería de perforación semipesada, pesada (*heavy weight, drill collars*) y una broca.

Figura 18 *Perforación de un Pozo con Barco*



Fuente: SK Energy

El pozo es perforado por la rotación de la broca a la cual se le aplica un peso progresivo hacia abajo. La broca es conectada a tuberías de acero de alta resistencia de aproximadamente 31 pies de longitud, agregándose tubo a tubo conforme avanza la perforación del pozo, conformando así la sarta de perforación. La fuerza motriz que transmite la energía desde la superficie del equipo de perforación hasta la broca es la mesa rotaria, así como el lodo de perforación, en el caso de la perforación dirigida con motor de fondo.

La rotación de la sarta de perforación se realiza por medio de una junta hexagonal o un sistema de tope rotatorio (*top drive system*) conectada a ésta en la parte superior, el cual pasa a través de una mesa rotatoria o un motor hidráulico rotatorio. El movimiento giratorio primario, es proporcionado por la fuerza motriz del malacate, el que hace girar la mesa rotaria por medio de cadenas de transmisión o al sistema de tope rotatorio por medio de un motor hidráulico.

a. Fluido de Perforación (Lodo)

La perforación está estrechamente ligada a los tipos de fluidos o lodos de perforación que se usan. El lodo está formado de una fase líquida y una fase sólida que conforman un coloide, al cual se le añade determinados aditivos para mantener sus propiedades necesarias para la estabilidad y calidad del mismo.

El lodo cumple funciones específicas como llenar o cubrir el hueco que se está perforando y recuperar el corte de perforación (*cuttings*), así como controlar las presiones de la formación atravesada por la sarta de perforación a fin de evitar un descontrol del pozo durante la perforación. Es por ello, que el lodo debe cumplir con ciertas propiedades y características que permitan cumplir con estas funciones. Durante las etapas de perforación, se preparará un volumen total acumulado de 4,200 barriles de lodo, con densidades que variarán de 8.33 a más de 11.0 lb/gl, desde el inicio hasta el término del pozo.

El programa de fluido de perforación contempla el uso de un lodo a base de agua (*Water Based Mud*), tipo biodegradable. El mismo ha sido estructurado en fases de acuerdo a las profundidades de las secciones del pozo a ser atravesada o perforada. El sistema de circulación de los lodos deberá estar conformado por: zaranda, degasificador, desarenador, filtro de finos (*desilter*) y limpiador de lodo (*mud cleaner*). Las bombas de lodo y los compresores de aire, estarán provistos de válvulas de seguridad.

El lodo es preparado en unos tanques (cantinas de lodo) acondicionados para este fin, desde donde las bombas succionarán este lodo en condiciones iniciales requeridas por el pozo, para posteriormente bombearlo a través del interior de la sarta de perforación, haciéndolo recircular en un circuito cerrado. El lodo en su recorrido enfría la sarta y al salir a presión por las boquillas de la broca, la velocidad ayuda a socavar el fondo del hueco, levanta los cortes de perforación, limpia los dientes y cuerpo de la broca dejándola libre de cortes de formación. El lodo con determinadas propiedades (densidad, viscosidad) es impulsado por las bombas en su recorrido, sigue su curso por el espacio anular entre la sarta y las paredes del hueco, y luego por el espacio anular entre la sarta y las conductoras (*risers*). Finalmente, el lodo y los cortes de perforación son separados por medio de una zaranda vibratoria. El lodo luego de ser tratado por un equipo limpiador de sólidos y tratado químicamente para devolverle sus propiedades originales es succionado por las bombas de lodo y es nuevamente re-inyectado al pozo.

Tomando en consideración el Art. 73°, acápite a., del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos (D.S. 015-2006-EM), el cual dice "*Los lodos serán deshidratados y trasladados a tierra firme para su disposición. Los lodos con base agua y las partículas en ellas contenidas, con excepción de los fluidos mezclados con aditivos químicos tóxicos o hidrocarburos en cualquier forma o concentración, pueden ser descargados sin tratamiento por debajo de los diez (10) metros de la superficie del mar o lago*"; por lo tanto, los lodos se descargarán diariamente al mar, a través del tubo de descarga, en un promedio de 50 barriles de lodo (diluidos al 1,000%).

Este lodo que será descargado al mar, será a base de agua sin aditivos tóxicos ni hidrocarburos. En caso que el lodo contenga aditivos químicos tóxicos o hidrocarburos en cualquier forma o concentración, este lodo será deshidratado y trasladado a tierra firme para su disposición, como lo establece el

reglamento. La composición tentativa de los lodos a utilizarse se resume en la *Tabla 5*.

Tabla 6 *Composición Tentativa de Lodos*

Tipo de Revestim.	Hueco	Diám. (2)	Profundidad Tentativa (Pies)	Tipo	Composición	Densidad Lb/gal
Conductora	24"	18"	0-500	Lodo Nativo	Agua: 95% Bentonita: 20 lb/bbl (1)	8.33 - 8.5
Superficie	17"	13-3/8"	500-1200	Flo-Drill Ligeramente Tratado	Kla gard: 2 lb/bbl Bentonita: 10 lb/bbl Shale Check: 2 lb/bbl KCl: 10 lb/bbl KOH: 0.7 lb/bbl Super Sweep: 0.1 lb/bbl Flovís: NT: 0.5 lb/bbl	8.5 - 9.5
Intermedio	12-1/4"	9-5/8"	1200-5000	Flo-Drill	Kla gard: 4 lb/bbl Polypac reg: 1.5 lb/bbl Shale Check: 2 lb/bbl KCl: 15 lb/bbl KOH: 0.7 lb/bbl Baritina: 40 lb/bbl Polypac UL: 1.5 lb/bbl Flovís: NT: 1.0 lb/bbl Conqor 606: 0.1 lb/bbl Bactericida: 0.1 lb/bbl Safe Scav Na: 0.3 lb/bbl	9.5 - 10.0
Producción	8-1/2"	7"	5000 a más (depende de Profundidad final del Pozo)	Flo-Drill	Kla gard: 4 lb/bbl Polypac reg: 1.5 lb/bbl Shale Check: 2 lb/bbl KCl: 15 lb/bbl KOH: 0.7 lb/bbl Baritina: 40 lb/bbl Polypac UL: 1.5 lb/bbl Flovís: NT: 1.0 lb/bbl Conqor 606: 0.1 lb/bbl Bactericida: 0.1 lb/bbl Safe Scav Na: 0.3 lb/bbl	10.0 - 11.0 11.0 ó más

- (1) Lb/bbl significa libra por barril (expresado bajo el criterio de líquido). Para transformar un valor de unidad libra (lb) a unidad de kilogramo (kg) se debe multiplicar el valor de libra por el factor 0.4536.
(2) El forro también es llamado tubería de revestimiento.

Durante la perforación no se efectuarán cambios en el tipo de lodo, éste será de tipo base agua. Los porcentajes de aditivos irán variando de acuerdo a la profundidad a la cual se esté perforando el pozo y a las características de las formaciones a atravesar. Las Hojas de Datos de Seguridad del Material o MSDS (*Material Safety Data Sheets*) de los productos de Cloruro de Potasio, Baritina, Bentonita, KLA-GARD y Caustic Potash (KOH) se encuentran en el Anexo 6B “Hojas de Seguridad de Materiales” (Capítulo 6, Plan de Manejo Ambiental).

b. Control de sólidos o recortes de perforación

Se estima que el sistema de control de sólidos estará compuesto de la siguiente manera:

- 6 Zarandas “Brandt” que trabajen como separadores primarios de cortes grandes.
- 5 Zarandas “Brandt” que trabajen con mallas más finas para la separación de recortes de fina granulometría.
- Desarenador de 2 conos de 10 pulgadas.
- Filtro de Finos (*Desilter*) de 20 conos de 4 pulgadas.
- Un Limpiador de Lodos (*Mud Cleaner*).

El Art. 71° del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos (D.S. 015-2006-EM), establece lo siguiente “*Las plataformas de perforación ubicadas en el mar y en lagos deberán disponer de una capacidad adecuada para almacenar los cortes litológicos de perforación hasta su traslado a tierra firme para su tratamiento, disposición y eliminación. Por excepción se podrá autorizar, con opinión técnica de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas - DICAPI, la disposición en el mar de cortes no contaminados con sustancias que pudieren ser peligrosas*”.

En base a las disposiciones de este artículo, se prevé liberar al mar aproximadamente 50 toneladas de cortes de perforación no contaminados con sustancias que pudieran ser peligrosas, referidas a un pozo de 8,000 pies en un período continuo de 45 días, o aproximadamente 55 toneladas de cortes de perforación no contaminados con sustancias que pudieran ser peligrosas referida a un pozo de 12,000 pies en un período continuo de 60 días, previo tratamiento químico al lodo de perforación y separación de fases: líquidos/sólidos.

Esta liberación de cortes litológicos al mar, como se menciona en la legislación citada, deberá contar previamente con la autorización y opinión técnica de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas - DICAPI. En caso que la liberación de cortes al mar no sea autorizada, se procederá a su traslado a tierra firme para su tratamiento, disposición y eliminación en un relleno

autorizado de tierra firme. La granulometría de estos cortes de perforación variará aproximadamente entre 500 a 50 micras (Ver *Tabla 6*).

Los cortes de perforación de la parte inferior de los pozos estará compuesta de cuarcitas duras con densidades de 2.17 a 2.46 gr/cm³. El volumen de cortes a descargar de los pozos exploratorios o confirmatorios será proporcional a la profundidad final de perforación, ya que el diámetro de la broca final será de 8 1/2".

Tabla 7 *Variaciones en la Granulometría Esperada*

Composición	Tamaño (mm)	Terciario	Cretáceo
Arena Muy Fina	0.09 - 0.106	9.01%	4.02%
Arena Fina	0.125 - 0.212	34.97%	44.04%
Arena Media	0.250 - 0.425	29.27%	34.64%
Arena Gruesa	0.500 - 0.810	11.01%	4.47%
Arena Muy Gruesa	1.000 - 1.400	1.63%	0.56%
Gránulo	2.360 - 4.750	0.00%	0.00%
Otras Partículas	No Diagnosticables	14.11%	12.27%

c. Tubería de Revestimiento (Casing) y Cementación

A la conclusión de cada sección perforada (2 ó 3 secciones en total), el pozo debe ser revestido con tubería, cuya longitud total varía de acuerdo a la profundidad perforada. Para tal fin se deberá preparar un diseño adecuado de tubería de revestimiento, ya que ello está en función de las formaciones atravesadas durante la perforación.

Luego se continuará con los trabajos de cementación del pozo, la cual estará diseñada para permitir un tiempo adecuado de bombeabilidad de la mezcla de cemento durante la operación para colocar la misma a la profundidad deseada, así como para proporcionarle la necesaria resistencia a la tracción y compresión. En caso que el pozo a cementar se encuentre en una zona donde existen formaciones productoras de agua, el diseño considerará la cementación del pozo hasta por lo menos 200 m encima del tope de la misma con la finalidad de evitar posteriores problemas de corrosión de la tubería de revestimiento.

La cementación es la operación de bombeo de una lechada de cemento, a través de la tubería de revestimiento hacia la sección determinada por el anillo (espacio anular) formado entre el hueco perforado y la tubería de revestimiento. Su principal función es la de proveer soporte al revestimiento y restringir el movimiento de fluidos entre formaciones. Para ello, el hueco perforado es cubierto con dos o tres tramos de tubería de revestimiento, en

forma telescópica de mayor a menor diámetro hasta alcanzar la profundidad total del pozo.

También entre sus funciones está evitar que se derrumben las paredes del hueco y proteger formaciones débiles de una posible fractura. Para ello se bombeará una lechada de cemento a la tubería y se la forzarán a subir usando tubos o mangueras de alta presión y bombas de gran potencia, por el espacio comprendido entre el revestimiento y las paredes del pozo cubriendo las zonas de interés. Una vez fraguado el cemento (aproximadamente 24 horas) se continuará con la perforación utilizando una broca de menor diámetro, o si se ha llegado a la profundidad final se continuará con los trabajos de completación.

d. Accesorios de Cementación

- Zapato guía (base del primer revestimiento)
- Válvula flotadora (insertado en la sarta del revestimiento)
- Tapones: Tope / Fondo.
- Cabezal de Cementación.
- Líneas de 2" (Chiksan) o mangueras de alta presión.

e. Técnica

- Conectar la cabeza de cementar al revestimiento.
- Armar líneas de bombeo (de cabeza de cementar a unidad de bombeo), con válvula de seguridad.
- Insertar tapones (tope y fondo) a la cabeza de cementar.
- Probar línea con presión, desfogar lentamente.
- Abrir válvula inferior de cabeza de cementar, retirar seguro del tapón de fondo.
- Preparar y bombear lavadores y lechada de cemento (controlar densidad).
- Retirar seguros del tapón de tope y bombear con el fluido de desplazamiento. Controlar volumen y presión.

f. Completación o Terminación de Pozo

Los trabajos de completación o terminación se realizan en los pozos donde se ha culminado la perforación, el entubado y la cementación para ponerlos en prueba de producción. La terminación permitirá registrar la presión del

reservorio en superficie a través de las tuberías de revestimiento y producción, así como la presión de fondo y las tasas de producción de fluidos del pozo, ya sea gas, petróleo o agua o los tres fluidos juntos, paso que es explicado en el siguiente párrafo.

g. Pruebas de Producción

Esta es la última fase de la actividad de perforación exploratoria y se realizará una vez terminado el pozo. Consiste en poner a prueba el horizonte abierto para evaluar su capacidad productiva. La producción de los hidrocarburos líquidos será medida y depositada en unos tanques que tendrán una capacidad de almacenamiento adecuada y que se localizan en el barco o unidad de perforación. La producción de los hidrocarburos gaseosos será medida y luego quemada usando los quemadores instalados en el barco o unidad semi-sumergible de perforación.

El desarrollo del yacimiento de hidrocarburos dependerá del tamaño del reservorio, de los volúmenes producidos de hidrocarburos descubiertos, de la calidad de los hidrocarburos, de la porosidad y permeabilidad del reservorio y de la cantidad de agua de formación mezclada con los hidrocarburos. El tiempo de una prueba de pozo puede variar dependiendo del comportamiento del pozo y la necesidad de tener datos confiables. En general, pruebas de largo período dan mayor información que pruebas de corto período.

Estas pruebas van a permitir determinar los siguientes parámetros:

- Optimizar los caudales de producción del pozo y/o reservorio.
- Estimar las reservas de petróleo y/o gas.
- Estimar el caudal de declinación del pozo y comportamiento productivo del reservorio.
- Identificar el mecanismo de producción del reservorio.
- Determinar y evaluar posibles re-trabajos.
- Proponer y optimizar el método de levantamiento artificial.
- Definir el futuro plan de desarrollo del prospecto.

2.4.2.3 Etapa III - Abandono

El abandono es una etapa condicionada a los resultados de las pruebas de producción del pozo exploratorio. El abandono podrá ser de tipo temporal o permanente. En caso de encontrarse el objetivo exploratorio con cantidades comerciales de hidrocarburos se efectuará el abandono temporal caso contrario se realizará el abandono permanente.

Luego de llevar a cabo las pruebas de producción de los pozos exploratorios o confirmatorios se decidirá si se continuará con la siguiente etapa que comprende el desarrollo del Lote. De acuerdo al Reglamento de Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos D.S. N° 032-2004-EM, el abandono permanente de pozos será aprobado por PERUPETRO, y que deberá efectuarse bajo la supervisión directa de SK Energy.

El abandono temporal o permanente dependerá, como se mencionó, de la presencia o ausencia de acumulaciones comerciales de hidrocarburos. Si el pozo va a ser abandonado temporalmente, la(s) zona(s) productiva(s) con contenido de hidrocarburos será(n) aislada(s) completamente con tapones de cemento o mecánicos, y se instalará temporalmente a ras del fondo marino un tapón ciego.

Si el pozo va a ser abandonado en forma permanente, se colocarán tapones permanentes de acuerdo al Reglamento para Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos D.S. N° 032-2004-EM. El abandono permanente de los pozos implicará el retiro completo del barco de perforación o de la unidad semi-sumergible de perforación.

Una vez que el pozo haya sido abandonado temporalmente o permanentemente, se movilizará al barco de perforación o unidad semi-sumergible de perforación a otra ubicación. SK Energy decidirá la reubicación del barco de perforación o unidad semi-sumergible de perforación y sus componentes para su instalación en otra locación. La desmovilización de todos los equipos y materiales se realizará utilizando el propio barco de perforación o unidad semi-sumergible de perforación y las embarcaciones de apoyo.