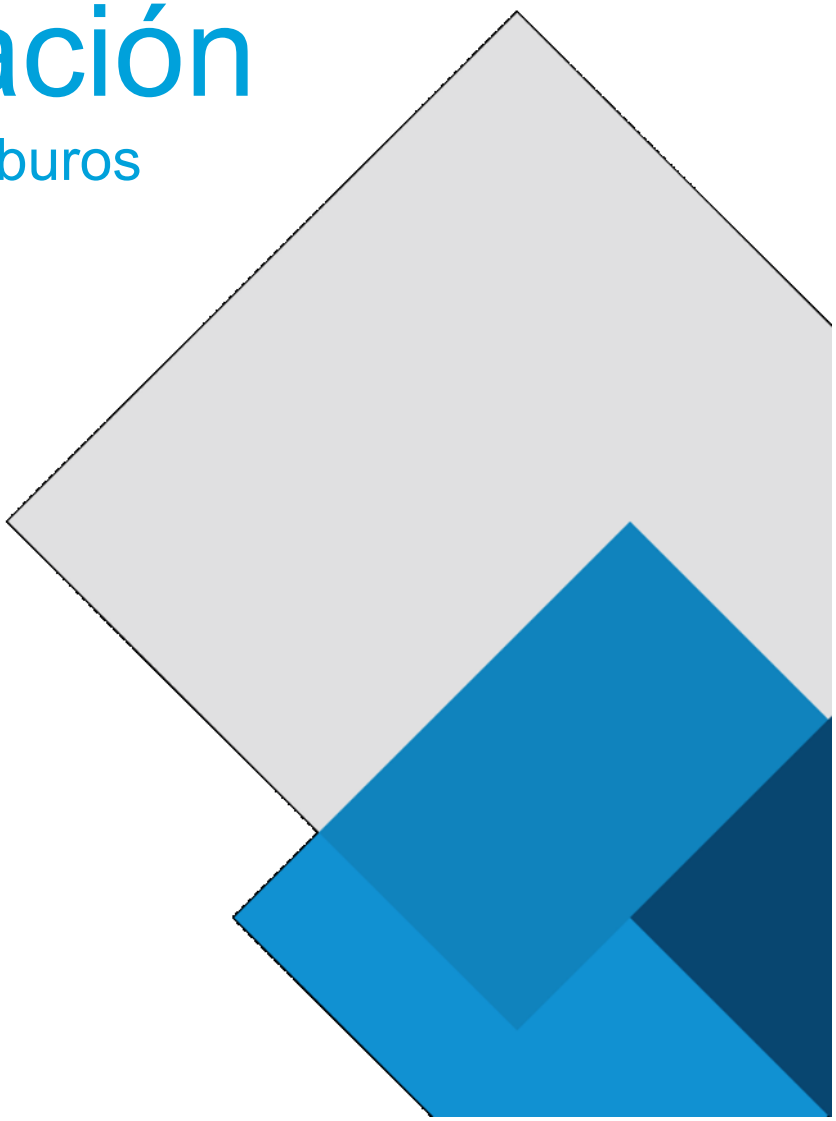
Guía Técnica

Proyectos de Exploración

Sector Hidrocarburos



© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

TABLA DE CONTENIDO

1.0	INTRODUCCIÓN	1
1.1	PROSPECCIÓN SÍSMICA EN SELVA (ONSHORE)	3
1.1.1	Componentes del proyecto	4
1.1.1.1	Campamento base (CB)	4
1.1.1.2	Campamento sub base (CSB) y de apoyo logístico	5
1.1.1.3	Instalaciones auxiliares	5
1.1.1.4	Helipuertos (HP)	7
1.1.1.5	Zonas de descarga (DZ)	8
1.1.1.6	Campamentos volantes (CV)	8
1.1.2	Etapas y actividades del proyecto	9
1.1.2.1.1	Movilización fluvial	10
1.1.2.1.2	Movilización aérea	11
1.1.2.2	Etapa de operación	11
1.1.2.2.1	Apertura de trochas y topografía	11
1.1.2.2.2	Perforación	12
1.1.2.2.3	Registro y procesamiento	13
1.1.2.2.4	Pruebas de velocidad del terreno (“up hole”)	14
1.1.2.3	Etapa de abandono	14
1.1.2.3.1	Abandono de áreas	14
1.1.2.3.2	Restauración	14
1.2	PROSPECCIÓN SÍSMICA COSTA AFUERA (OFFSHORE)	1
1.2.1	Componentes del proyecto	2
1.2.1.1	Embarcaciones	2
1.2.1.2	Equipo sísmico	3
1.2.1.3	Manejo de residuos líquidos y efluentes	4
1.2.1.4	Manejo de residuos sólidos	4
1.2.1.5	Emisiones gaseosas	5
1.2.1.6	Generación de ruido	5
1.2.2	Etapas y actividades del proyecto	5
1.2.2.1	Etapa de planeamiento	5
1.2.2.2	Etapa de operación	6
1.2.2.2.1	Apoyo en puertos locales	6
1.2.2.2.2	Movilización de embarcaciones	6
1.2.2.2.3	Posicionamiento y colocación de receptores	7
1.2.2.2.4	Disparo y registro de data	8
1.2.2.3	Etapa de desmovilización	8
1.3	PERFORACIÓN EXPLORATORIA EN SELVA (ONSHORE)	10
1.3.1	Tipos de pozos	10
1.3.2	Tipos de perforación	10
1.3.3	Prueba extendida de pozo	13
1.3.4	Conceptos básicos	13
1.3.5	Componentes del proyecto	14
1.3.5.1	Campamento base (CB)	14
1.3.5.2	Plataformas de perforación y áreas auxiliares	15
1.3.5.3	Sistema de comunicaciones	18
1.3.5.4	Servicio médico	18
1.3.5.5	Abastecimiento de energía	18
1.3.5.6	Abastecimiento de agua	18
1.3.5.7	Iluminación	18

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.3.5.8 Emisiones, efluentes y residuos sólidos 19
1.3.5.8.1 Emisiones gaseosas 19
1.3.5.8.2 Efluentes 19
1.3.5.9 Residuos sólidos 20
1.3.5.10 Cortes de perforación 21
1.3.6 Etapas y actividades del proyecto 21
1.3.6.1 Etapa de planificación 22
1.3.6.2 Etapa de movilización y construcción 22
1.3.6.3 Etapa de perforación 24
1.3.6.3.1 Fluido de perforación (lodos) 25
1.3.6.3.2 Sistema de reinyección de cortes de perforación 27
1.3.6.3.3 Proceso de entubado 27
1.3.6.3.4 Proceso de cementación 28
1.3.6.3.5 Completación del pozo 29
1.3.6.3.6 Prueba de formación 29
1.3.6.4 Etapa de abandono 30
1.3.6.4.1 Abandono del pozo 30
1.3.6.4.2 Desmontaje de equipos y desmovilización 30
1.3.6.4.3 Restauración 31
1.3.6.4.4 Reforestación 31
1.3.6.5 Monitoreo post-abandono 31
1.4 PERFORACION EXPLORATORIA COSTA AFUERA (OFFSHORE) 33
1.4.1 Componentes del proyecto 34
1.4.1.1 Unidades de perforación offshore 34
1.4.1.1.1 Plataformas “jack-up” 34
1.4.1.1.2 Plataformas semi-sumergibles 34
1.4.1.1.3 Barcos perforadores (drill ships) 34
1.4.1.2 Unidades de apoyo 36
1.4.1.2.1 Bases de apoyo logístico 36
1.4.1.2.2 Sistema de movilización 37
1.4.1.3 Manejo de residuos 37
1.4.1.3.1 Fluido de perforación (lodo) 37
1.4.1.3.2 Recortes de perforación 38
1.4.1.3.3 Tratamiento (lodo y cutting) 39
1.4.1.3.4 Aguas residuales 40
1.4.2 Etapas y actividades del proyecto 41
1.4.2.1 Etapa de planificación 41
1.4.2.2 Etapa de perforación 42
1.4.2.2.1 Tubería de revestimiento (casing) y cementación 42
1.4.2.2.2 Culminación o término del pozo 43
1.4.2.2.3 Pruebas de producción 43
1.4.2.3 Etapa de abandono 44
1.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 45

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.0 INTRODUCCIÓN

Los proyectos de exploración consisten en la búsqueda de yacimientos de petróleo y/o gas mediante métodos destinados a detectar aquellos que sean comercialmente explotables. Incluye métodos de reconocimiento superficial del terreno, prospección sísmica, magnética o gravimétrica y la perforación de pozos de exploración.

Un proyecto de exploración se inicia con la identificación de un área de interés, la cual puede considerar una región virgen o desconocida (no existe información previa), y se utilizan métodos indirectos como la geología de superficie o geología de campo, reconocimiento desde el aire (radares y métodos aeromagnéticos y aerogravimétricos), geoquímica y geofísica (como una sísmica 2D).

Una vez detectada el área de interés, se procede a la "detección de trampas" o estructuras que pudieran tener presencia de hidrocarburos (gas o petróleo). Para ello se utilizan otros métodos geofísicos de mayor tecnología como la sísmica tridimensional (3D o también 4D) y métodos avanzados de visualización e interpretación de datos.

Una vez identificadas y definidas las trampas de hidrocarburos (denominadas "prospectos"), se jerarquizan según las reservas estimadas y su potencial valor económico. Los resultados obtenidos permiten estimar dónde perforar los pozos exploratorios, siendo este último el único método seguro de comprobar la presencia de hidrocarburos.

Los proyectos de exploración representan la etapa más costosa y de mayor riesgo en todo el proceso de extracción de hidrocarburos, tanto por la interpretación geológica, la experiencia y tiempo requerido, como por los riesgos operacionales que implica, en especial si se ubica en la región selva, donde la inversión requerida es muy alta. Estadísticamente, de cada 10 pozos exploratorios que se perforan en el mundo, sólo tres resultan positivos o descubridores de yacimientos.

En los últimos 20 años, el Perú ha sido testigo de cambios importantes en la industria nacional e internacional de hidrocarburos (La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú: 20 años de aporte al desarrollo del país. Osinergmin. Lima-Perú 2015). Esta Guía Técnica contiene diferentes subcapítulos que pretenden describir en forma general y lo más sencillo posible cómo se desarrolla un proyecto de exploración tanto en la región selva (onshore) como en costa afuera (offshore).

Cabe señalar que este documento es una guía de referencia sin ningún valor legal de cumplimiento. Su contenido no corresponde en estricto orden a la descripción de un proyecto de exploración. Su función es facilitar la comprensión de la envergadura de un proyecto de exploración y actuar como una referencia técnica para el lector.

El presente documento ha sido elaborado con base en la revisión bibliográfica de la descripción de proyectos de estudios de impacto ambiental detallados (EIAd) realizados por distintas operadoras en el Peru.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

Subcapítulo I
Descripción de Proyectos

PROSPECCIÓN SÍSMICA EN SELVA (ONSHORE)

Fuente: Reconocimiento de campo. ***CONOCOPHILLIPS (2008)***

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.1 PROSPECCIÓN SÍSMICA EN SELVA (ONSHORE)

Los resultados de un estudio sísmico de un área o lote permiten determinar la forma y disposición de las diferentes unidades litológicas o capas del subsuelo, mediante la detección de ondas acústicas (producidas por una fuente artificial) que se registran en la superficie usando sensores (geófonos) tras reflejarse o refractarse en el subsuelo. Para ello, la exploración sísmica comprende el tendido de líneas sísmicas, en una cantidad determinada por los especialistas y según el área de interés.

Para la ejecución de este tipo de proyecto se requiere principalmente de la instalación componentes como campamentos base y sub base, campamentos volantes, zonas de descarga aérea (drop zone) y helipuertos.

Los proyectos de exploración sísmica se pueden superponer a áreas de interés como: comunidades nativas, zonas de amortiguamiento (de bosques, reservas comunales, santuarios, entre otros) así como terrenos del estado y terrenos privados. En este sentido, previo al inicio de las actividades del proyecto se recomienda una planificación que debe incluir un análisis de alternativas de ubicación de las facilidades o componentes del proyecto.

El análisis de alternativas permite evaluar diferentes opciones de ubicación de las facilidades logísticas (campamentos, accesos, helipuertos, etc.) y el modo de desarrollo de las diferentes actividades requeridas por el proyecto. El objetivo es implementar la tecnología necesaria y una logística viable, así como al mismo tiempo minimizar o evitar potenciales impactos ambientales y sociales, de tal manera que se pueda definir el escenario óptimo para realizar el proyecto de la forma más eficiente y segura posible.

Algunos criterios que se consideran para un análisis de alternativas de ubicación son:

- Zonas de uso de recursos de comunidades nativas;
- Zonas vulnerables por ser hábitats de especies sensibles, endémicas, etc. (por ejemplo, aguajales);
- Zonas reservadas, Áreas Naturales Protegidas (ANP), o pertenecientes a algún régimen especial;
- Cruces de cuerpos de agua (quebradas, ríos, cochas);
- Distancia a centros poblados;
- Uso de zonas intervenidas;
- Facilidades para el transporte aéreo y fluvial requerido;
- Seguridad de la operación y del personal;
- Actividades en cabeceras de cuenca;
    - Seguridad y factibilidad técnica, económica y logística.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.1.1 Componentes del proyecto

Un proyecto de exploración sísmica en selva requiere una infraestructura que permita el desarrollo del proyecto de la forma más eficiente posible. En este sentido generalmente se requiere el desarrollo de uno o más campamentos base (CB), campamentos sub base (CBS), helipuertos (HP), campamentos volantes (CV) y zonas de descarga aérea (DZ).

Campamento base (CB)

El CB representa el centro de operaciones de las actividades de sísmica y coordinaciones del proyecto, requiriendo generalmente de un área aproximada de 3 ha. En este lugar se instalan oficinas, dormitorios, comedor, helipuertos, taller para equipo mecánico y electrónico, servicios higiénicos, área de almacenamiento de combustibles, almacén de alimentos y equipos, planta de tratamiento de agua, áreas para almacenamiento de residuos, área de polvorín, entre otros (la distribución debe presentarse en un plano de distribución).

Fuente: Perupetro, 2013.

Un CB generalmente tiene la capacidad para alojar entre 50 hasta 100 personas. Consta de cabinas portátiles y desarmables, apoyadas sobre una plataforma de madera, que a su vez se encuentra apoyada sobre pilotes. Todo eso puede variar según las condiciones del área. En general, un CB puede incluir las siguientes facilidades (EIA Prospección Sísmica 2D Lotes 129, 123 y 124 ConocoPhillips, 2010):

- Área de campamento: incluye dormitorios, cocina, lavandería y oficinas con aire acondicionado, así como servicios higiénicos con duchas.
- Embarcadero (en caso de acceso fluvial): normalmente el campamento se ubica a orillas de un río navegable para facilitar la logística. En este caso se requiere un muelle que puede ser en una losa de concreto armado apoyado sobre pilotes.
- Pontón de pasajeros (caso acceso fluvial): siguiendo la misma condición del caso anterior, el pontón sirve de soporte para el embarque y desembarque del personal. El pontón de pasajeros está constituido por una plataforma flotante debido a las variaciones en el nivel del agua de los ríos.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

- Helipuerto (s): zona para aterrizaje y despegue de helicópteros, cuyas dimensiones variarán según el tipo de nave a usar, aunque generalmente son de 13 x 13 m. Son construidos usando tablones de madera o losas de concreto armado sobre pilotes. El helipuerto debe ocupar un área despejada que incluye una plataforma de aterrizaje de madera o piso estructural reforzado y un área de seguridad.
- Área para almacenamiento de combustibles y lubricantes: zona donde se instalan tanques, generalmente portátiles (bladders), que debe tener la suficiente capacidad para almacenar diesel de acuerdo a los requerimientos de los equipos y del combustible para los helicópteros. Esta área debe contar con diques de contención y geomembrana impermeabilizante, y deben ser colocados en áreas techadas.
- Taller de mecánica: instalación para hacer trabajos de soldadura y mantenimiento de unidades ligeras. Normalmente está construido con estructuras metálicas y tiene piso de cemento.
- Polvorín de explosivos: los explosivos y detonantes para la sísmica se suelen almacenar temporalmente en polvorines que se habilitan por lo general en los campamentos sub base (ver ítem 1.1.1.2), mientras el polvorín principal se ubica en el CB (manteniendo siempre una distancia mínima de seguridad). Los polvorines serán habilitados cumpliendo con los requisitos de la legislación vigente establecida por el Ministerio del Interior del Perú y fiscalizada por la Dirección General de Control de Servicios de Seguridad, Control de Armas, Munición y Explosivos de Uso Civil (DICSCAMEC). El polvorín deberá estar bajo custodia de la Policía Nacional. Se deberán utilizar contenedores separados para explosivos y detonantes, ambos mantenidos en un ambiente seco, ventilado, donde se eviten cambios bruscos de temperatura.

1.1.1.1 Campamento sub base (CSB) y de apoyo logístico

El programa de sísmica requiere también la habilitación de uno o más CBS. Uno de estos campamentos puede ocupar un área aproximada de 1.5 ha y sirve de apoyo logístico a las actividades en las áreas más alejadas del CB. Generalmente tiene la capacidad de alojar aproximadamente entre 20 a 40 personas permanentes y hasta 80 personas en tránsito.

Las instalaciones necesarias son similares a las del CB, incluyendo oficinas, dormitorios, comedor, helipuerto, taller para equipo mecánico y electrónico, servicios higiénicos, área de almacenamiento de combustibles, almacén de alimentos y equipos, entre otros.

1.1.1.2 Instalaciones auxiliares

Los CB y CSB requieren instalaciones auxiliares para su funcionamiento, tales como:

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

› Energía eléctrica: la generación de energía eléctrica puede ser propia (a través de generadores con capacidad suficiente para abastecer las necesidades del campamento) o en caso exista energía eléctrica pública, se abastecerá de ésta mediante acuerdos u contratos con la empresa distribuidora.

› Área de almacenamiento temporal de residuos sólidos: durante todas las etapa de la exploración sísmica se generarán los siguientes tipos de residuos:

- Residuos no peligrosos domésticos – orgánicos: corresponde a los restos de alimentos;
- Residuos no peligrosos domésticos – inorgánicos: constituidos por plásticos, cartón, papeles, latas, vidrio, cerámica y envases de productos de consumo en general (alimentos, higiene personal, etc.);
- Residuos no peligrosos industriales: constituidos por trapos, tecnopor, chatarra, cables eléctricos, jebes, geomembranas, tubos, entre otros;
- Residuos peligrosos: constituidos por pilas, baterías, grasas, filtros de aceite, pinturas, solventes, aceite usado, entre otros.

› Los residuos no peligrosos domésticos inorgánicos e industriales y los residuos peligrosos se almacenan temporalmente en un área de residuos en los CSB, para su posterior traslado al CB. Su disposición final se realiza a través de una EPS-RS (Prestadora de Servicio de Residuos Sólidos) en centros autorizados por las autoridades competentes como DIGESA.

› Las áreas de almacenamiento temporal de residuos en los campamentos deben tener protección del piso, un techo para evitar el ingreso del agua de lluvia y suficiente ventilación. Además deben contar con señalización adecuada y equipos portátiles de extinción de incendios y respuesta ante derrames.

› Abastecimiento de agua para consumo: puede ser de fuentes naturales (ríos, quebradas, etc.) y/o de la red pública en caso existiera y tenga la capacidad suficiente. Previo a su consumo, el agua debe ser potabilizada hasta cumplir las normas nacionales vigentes para agua potable, mediante una planta de tratamiento de agua potable. Antes de realizar la captación de agua, se debe gestionar la obtención de los permisos de uso de agua respectivos ante la autoridad competente.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

› Tratamiento de aguas residuales: los efluentes sanitarios incluyen las aguas negras y aguas grises (provenientes de las duchas y cocina, respectivamente). En el CB, las aguas grises se dispondrán en superficie luego de pasar por una serie de trampas de grasa y sistema de infiltración tipo cola de pescado, a la cual llegarán mediante un sistema de recolección con tubería de PVC. Las aguas negras residuales pasarán a través de una planta de tratamiento que funcionará mediante el proceso de aeración y biodegradación con cepas bacterianas que descomponen los residuos y reducen la concentración de coliformes fecales y totales. Los efluentes de la planta serán descargados en superficie y monitoreados de acuerdo a los parámetros establecidos por la legislación ambiental peruana aplicable. Los criterios y la periodicidad del monitoreo de las aguas residuales se establecen en el plan de monitoreo ambiental del Plan de manejo ambiental y social (PMAS).

› Instalaciones de comunicación: la comunicación puede ser a través de tres tipos redes de que incluyan conexiones SSB, VHF y telefonía satelital, todas las cuales deberán estar conectadas al sistema del CB. Este sistema deberá proporcionar una conexión confiable para reducir en forma significativa el tiempo de reacción para la aplicación del plan de Evacuación Médica (MEDEVAC) entre todos los lugares o sitios de trabajo.

› Sistema contra-incendio: se deben instalar tomas de agua con sus respectivas mangueras y motobombas para tener alcance a todas las áreas del campamento. Complementariamente se debe disponer de extintores con polvo químico.

› Servicio médico: en el CB normalmente se habilita un centro médico que incluya al menos un profesional médico, enfermeros y equipamiento básico para atender cualquier tipo de emergencias.

1.1.1.3 Helipuertos (HP)

La habilitación de HP es necesaria para el movimiento de personal y equipos que se usarán en la sísmica. Los HP se construirán de manera que el aterrizaje y despegue de los helicópteros se realice en forma segura.

La ubicación y cantidad de los helipuertos dependerá de los requerimientos operativos, de la dificultad de acceso por vía terrestre, de la topografía del lugar, del tipo de equipamiento utilizado en la operación y para atender

Fuente: Perupetro, 2013.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

emergencias laborales que puedan ocurrir.

Las dimensiones de los HP estarán en función del tipo de helicóptero a usar y las cargas que se manejen, estimándose un área aproximada de 2,000 m^2 (40 x 50 m aproximadamente). Se deberá tomar el eje mayor como zona de aproximación para disminuir al mínimo el impacto al dosel de los árboles, pero de preferencia se buscarán áreas desboscadas.

La superficie afectada depende también de las características topográficas de la zona, siendo reducidas sus dimensiones en áreas accidentadas. La distancia entre HP es variable, sin embargo podría estar entre 4.5 hasta 7 km entre sí.

Fuente: Perupetro, 2010

1.1.1.4 Zonas de descarga (DZ)

Las DZ se ubicarán a lo largo de las líneas sísmicas, espaciadas según el diseño del proyecto. En general, por sus reducidas dimensiones las DZ no afectan mayormente el dosel superior de árboles y pueden ser fácilmente reconocibles desde el aire, al igual que los HP, porque se coloca un tipo de señalización y en lo posible se ubican en las zonas altas del terreno (similar a los HP), procurando localizarlos en zonas previamente intervenidas.

A diferencia de los HP, en las DZ los helicópteros no aterrizan, sino que por medio de la técnica de "línea larga", levantan o dejan cargas de equipos y materiales mientras se mantienen suspendidos en el aire, utilizando mallas con cuerdas de nylon (chinguras) sujetas al sistema de izado de la nave.

Las DZ se habilitan a lo largo de las líneas sísmicas y generalmente comprenden un área de 4 x 5 m aproximadamente. La distancia promedio aproximada entre DZ puede ser entre 1 y 2.5 km dependiendo de las condiciones del área. La ubicación definitiva de los HP y DZ dependerá de las consideraciones ambientales y topográficas que sólo pueden ser determinadas *in situ* por las cuadrillas de campo.

1.1.1.5 Campamentos volantes (CV)

Durante la etapa de adquisición de datos en la sísmica se habilitan CV para el pernocte temporal de las diferentes brigadas de trabajo, los cuales deben ser ubicados estratégicamente en el área de proyecto y de preferencia en las líneas sísmicas. Estos campamentos se habilitan preferentemente en áreas intervenidas o debajo del dosel de los árboles, sin realizar desbosque en el área. En algunos casos se requiere realizar un corte de árboles a cuello de raíz para favorecer la regeneración natural después que se abandone el lugar.

Cada CV puede tener una dimensión aproximada de 300 m^2 (10 x 30 m) con una capacidad

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

promedio para 25 personas, los cuales se construyen usualmente cerca a los helipuertos. A

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

medida que avance el programa de adquisición sísmica, los campamentos volantes serán reubicados. Todas las cuadrillas utilizarán los mismos campamentos. En los CV los trabajadores contarán con tarimas, mosquiteros, equipos potabilizadores de agua portátiles, agua potable (embotellada), víveres, botiquín de primeros auxilios, radio transmisor y linternas.

1.1.2 Etapas y actividades del proyecto

Una vez definida la ubicación de los diferentes componentes se procede al desarrollo del programa sísmico. Generalmente comprende las siguientes etapas y actividades:

- Etapa de movilización
  - Movilización fluvial
  - Movilización aérea
- Etapa de operación
  - Apertura de trochas y topografía;
  - Perforación;
  - Registro y procesamiento;
  - Pruebas de velocidad del terreno (“up hole”).
- Etapa de abandono
  - Abandono de áreas
  - Restauración

A continuación se presentan mayores detalles de cada etapa.

Etapa de movilización

El personal, materiales y equipos requeridos para la exploración sísmica (carpas, víveres, combustibles, equipos) son transportados vía terrestre, aérea o fluvial (según su ubicación) hasta el CB y desde ahí hasta los CSB.

El CB generalmente constituye el principal punto de enlace logístico para el transporte de personal y materiales. Puede existir uno o más CB dependiendo de las condiciones del área y la magnitud del proyecto. En general, en la región selva la movilización se realiza vía aérea (helicópteros) y fluvial; en muy pocas ocasiones vía terrestre.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.1.2.1.1 Movilización fluvial

El transporte de los materiales y equipos desde y hasta los CB y CSB generalmente se realiza vía fluvial. Se emplean diferentes tipos de embarcaciones para este tipo de transporte, entre ellas:

Fuente: SNC-Lavalin, 2014

- Barcazas cisternas (motochata): para el transporte de combustible (JP-1, gasolina y diesel), compuestos químicos, etc. Las barcazas para JP-1 pueden transportar volúmenes hasta de 40,000 galones. Las barcazas para diesel pueden transportar hasta 80,000 galones. Todas deben estar autorizadas para tal efecto por la Dirección de Capitanías de Puerto (DICAPI), y contar con equipos de comunicación, mapas de ubicación y equipos de contingencia. El transporte cumplirá con los lineamientos de seguridad establecidos por la ley.
- Embarcaciones de madera: para carga seca, incluyendo víveres, herramientas, equipos y materiales en general. También se utilizarán embarcaciones de madera de 2 a 4 Ton para el transporte de carga menor (víveres y materiales).
- Embarcaciones para pasajeros (deslizadores) con capacidad para entre 14 y 34 personas aproximadamente, con dos motores de 60, 90 o 200 HP de potencia según el peso y carga de la embarcación, así como las condiciones de navegabilidad de los ríos.

Antes y durante la movilización fluvial se debe ejecutar y supervisar el cumplimiento de las medidas de control para el tránsito seguro de las embarcaciones y su personal, incluyendo las

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

medidas que involucran el respeto y la no interferencia con el tránsito fluvial existente en el área. Se establece un horario de tránsito fluvial que generalmente es a partir de las 06:00 horas hasta las 18:00 horas. Está prohibido el movimiento fluvial en horas nocturnas o con poca visibilidad.

Fuente: Perupetro, 2010

1.1.2.1.2 Movilización aérea

El uso de helicópteros es esencial en este tipo de operaciones en selva, ya que permite una operación más eficiente, reduciendo notablemente el esfuerzo del personal y tiempo requerido para efectuar un proyecto de sísmica. Se debe establecer una ruta de vuelo a una distancia horizontal de por lo menos 1,000 pies de altura, evitando el sobrevuelo por centros poblados o comunidades nativas, entre otras medidas de consideraciones socio-ambientales.

Los helicópteros son utilizados para el transporte de personal, víveres, equipos de campamentos, equipos de topografía y taladro, explosivos y equipamiento de registro. Generalmente se utiliza una o más naves para transporte de personal (como el Bell212) y otros para el transporte de carga externa de menor tamaño (B3, Lama o similares).

Un factor importante a considerar es el nivel de ruido que genera cada una de las aeronaves en diferentes momentos o actividades. Se puede tomar como referencia los estándares de las Normas OACI (Organización Internacional de Aviación Civil) y los estándares de las Normas AP Parte 36 especificadas para el diseño de los helicópteros.

1.1.2.2 Etapa de operación

1.1.2.2.1 Apertura de trochas y topografía

Las líneas sísmicas son trochas lineales, en las cuales se tenderán cables para el registro de la información de la operación sísmica. El establecimiento de las líneas sísmicas se ejecuta por brigadas de topografía en forma simultánea con una brigada de apertura de trocha.

El desbroce de la línea sísmica se planifica con anticipación, a fin de ubicar cada línea sísmica de modo que se eviten potenciales impactos al medio socio-ambiental. El desbroce es manual (utilizando machetes y motosierras) y la brigada generalmente está compuesta por 12 a 16 personas aproximadamente, las cuales abren una trocha de entre 1.2 hasta 2 m de ancho y marcan la ubicación de los puntos de disparo y de las estaciones receptoras o de registro (geófonos).

En los puntos de disparo se perforan hoyos donde se colocan pequeñas cargas de explosivos para efectuar las detonaciones. En las estaciones receptoras se colocan los geófonos o sensores

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

encargados de captar las ondas reflejadas en cada tipo de formación en el subsuelo

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

al detonar la carga explosiva. El estacado de las líneas se realiza utilizando equipos GPS. Se emplean puntos de control secundarios para iniciar el estacado de las líneas. Las estaciones individuales son marcadas con estacas de madera.

Generalmente no se talan árboles con diámetro a la altura de pecho (DAP) de más de 10 cm, excepto en el caso de los HP y DZ. La vegetación no será arrancada del piso, sino que será cortada a cuello de raíz, lo cual facilitará su rebrote y la revegetación natural de las líneas en menor tiempo. Normalmente se suele desviar las líneas sísmicas para evitar las especies listadas en alguna categoría de conservación de CITES, UICN y/o D.S. N° 043-2006-AG y de esta manera minimizar el impacto ambiental.

1.1.2.2.2 Perforación

Después que el grupo de topografía abra las líneas sísmicas e identifique la posición de los puntos de disparo en las líneas fuente, se comienza con la perforación de los hoyos donde se colocarán pequeñas cargas explosivas. La perforación de los hoyos se realiza por medio de taladros portátiles. Los componentes de la unidad de taladro pueden ser trasladados fácilmente por la línea símica por dos personas. La cuadrilla de taladro estará compuesta por aproximadamente 16 personas, entre ellos el capataz, los perforadores, el cocinero, el enfermero y el personal de cargado de pozos.

Luego de completarse la perforación se colocan las cargas explosivas en los hoyos. La carga de pozos con los explosivos será efectuada por los carga pozos, personal especializado debidamente autorizado por DISCAMEC, quienes realizan la operación con las varas de taqueo, las cuales están especialmente diseñadas para este fin. Deben verificar su profundidad, apisonándolos correctamente, así como los detonadores mediante un galvanómetro apropiado.

Fuente: Perupetro, 2011

Los cables del detonador que se requieren para controlar la detonación de los explosivos se enterrarán cerca de la superficie del suelo y serán asegurados con un mecanismo de marcado, según sea necesario, por la cuadrilla de perforación. Por lo general, las cuadrillas de taladro trabajan detrás de las cuadrillas de apertura de trocha para perforar los hoyos de disparo.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

Los explosivos serán transportados a lo largo de las líneas sísmicas dentro de mochilas de cuero o lona. Los detonadores (cargas iniciadoras) serán transportados por separado dentro de contenedores anti-estáticos. Al final de cada día, los explosivos no utilizados durante el día serán devueltos al polvorín, del cual se debe llevar un control estricto y adecuado.

Los puntos de disparo se perforan hasta aproximadamente una profundidad de entre 15 y 20 m y tienen tres pulgadas de diámetro. La cantidad de carga de explosivos que se usa en cada punto se determina después de la realización de pruebas de campo, pero usualmente fluctúan entre 1 y 2 kg por punto de disparo.

El agua necesaria para la perforación se bombeará desde las fuentes de agua más cercanas, utilizando una bomba pequeña en la fuente y una manguera de alta presión de 1½" de diámetro. La longitud de manguera que necesitará cada cuadrilla de taladro dependerá de la ubicación de los cuerpos hídricos disponibles. Una misma fuente de agua puede ser utilizada para abastecer a dos cuadrillas. Cuando no existan fuentes de agua locales disponibles, el agua será transportada en contenedores hasta los puntos de disparo.

En algunas áreas podría ser necesario utilizar perforadoras de percusión. En tales casos, se utiliza un compresor de aire para generar la presión necesaria. En estos casos la broca de perforación es reemplazada por un martillo de percusión.

1.1.2.2.3 Registro y procesamiento

Las operaciones de registro empiezan una vez que las actividades de perforación se adelantan lo suficiente. Estos trabajos consisten en colocar los sensores (geófonos) en las líneas, establecer un lugar equidistante para ubicar la central de registro y activar las cargas explosivas instaladas en los puntos de disparo de las líneas para registrar las señales correspondientes. Cada geófono se coloca dentro de un pequeño orificio de 3 cm a 5 cm de profundidad y se cubre con tierra. Los geófonos son luego conectados a los cables, los mismos que a su vez son conectados al equipo de registro sísmico.

Los equipos de adquisición de datos están compuestos básicamente por instrumental electrónico, geófonos y cables. Los geófonos se colocan siguiendo un patrón determinado en las estacas señaladas previamente en las líneas. Las sucesivas estaciones o grupos de geófonos son conectados entre ellos por medio de cables a las cajas electrónicas, las cuales digitalizan y amplifican las señales provenientes de los geófonos. Si se realizan trabajos cerca a cursos de agua, éstos deberán ser cuidadosamente planificados para evitar dañar los bancos. Los cables quedarán suspendidos por encima de las quebradas y se establecerán áreas de exclusión.

La detonación o disparo empieza luego de colocados todos los geófonos. Los puntos de disparo se detonan uno a uno, aunque se pueden emplear varios "disparadores". La señal de cada geófono es registrada simultáneamente una vez detonada la carga explosiva. Este proceso se repite para cada uno de los puntos fuente. Luego de completado este proceso, se procede a transportar los cables, los geófonos y el equipo de registro al siguiente segmento de la línea sísmica. Los datos registrados son sometidos a una prueba de control de calidad y son luego transmitidos al CB, donde son procesados en una computadora.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

Las normas de seguridad empleadas en el proyecto requieren que todo el personal asociado con el registro del pozo se mantenga a una distancia mínima de 35 m del punto de detonación. Las detonaciones serán monitoreadas diariamente para verificar que no queden cargas explosivas en el área de trabajo. Todas las cargas tendrán un "doble detonador" para garantizar, en la medida de lo posible, que todas las cargas detonen. Los disparos fallidos o las cargas que no detonen serán registrados y reportados. En todos los casos, incluyendo este último, el hoyo es sellado con cemento, ya que el explosivo es biodegradable.

1.1.2.2.4 Pruebas de velocidad del terreno ("up hole")

Estas pruebas permiten relevar las capas meteorizadas de la superficie terrestre y sus datos son necesarios para el control de calidad del procesamiento de los datos adquiridos. Estos "up holes" se ubican preferentemente en las inmediaciones de los helipuertos.

El procedimiento consiste en perforar pozos de hasta 75 m de profundidad colocando pequeñas cargas de explosivos a intervalos de 5 a 10 m en su interior, y de 4 a 5 sensores (geófonos) en la superficie. Al detonar las cargas, una por vez, se miden los tiempos de tránsito de las ondas sísmicas hasta la superficie y se puede graficar las velocidades de los terrenos superficiales.

1.1.2.3 Etapa de abandono

Una vez finalizada la obtención de los datos sísmicos se procede al proceso de abandono y la restauración de las áreas intervenidas. Para ello se destina una brigada de cuatro a seis personas, quienes serán las encargadas de realizar los trabajos de limpieza y restauración.

1.1.2.3.1 Abandono de áreas

Las principales actividades de abandono incluyen el desmontaje de las estructuras temporales instaladas, incluyendo CV, CB, CSB, HP y líneas sísmicas. Los explosivos remanentes, si los hubiera, serán devueltos al proveedor. La custodia de la Policía Nacional a cargo del polvorín levantará un acta de la cantidad de explosivos remanentes. Posteriormente, se procederá al desmantelamiento de los polvorines, a menos que haya un acuerdo con la comunidad o propietarios del terreno y el promotor del proyecto.

Los trabajados de restauración y limpieza de todas estas áreas deben ser detallados en el plan de abandono del PMAS.

1.1.2.3.2 Restauración

Existen diferentes metodologías para iniciar una restauración de áreas. Una de las más empleadas consiste en que un primer grupo de recojo recorra la zona y luego un segundo grupo se asegure que no quede en campo ningún cable de detonador, banderines de línea, cinta reflectante, marca o señalización realizada en las líneas o en los rodeos acondicionados, así como algún otro material u equipo, incluyendo residuos. Otra tareas de este segundo grupo es el tapado de hoyos "soplados", asegurándose que las fosas de residuos orgánicos y

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

letrinas hayan sido correctamente cerradas, se haya descompactado los HP y DZ, y se haya revegetado donde sea necesario.

Finalmente, se deben realizar los trabajos de reforestación y contribuir al mejoramiento de la calidad del suelo en las áreas clarificadas para el desarrollo de las operaciones, tales como el CB, CSB y HP. La recuperación de la cobertura vegetal se lleva a cabo a través de la reposición con plantones, estacas, semillas u otras formas de especies del lugar, siendo dirigidos generalmente por profesionales del área forestal. El detalle de las especies recomendables debe ser formulado en el Plan de abandono del PMAS.

Fuente: Perupetro,2011

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

Subcapítulo II
Descripción de Proyectos

PROSPECCIÓN SÍSMICA COSTA AFUERA (OFFSHORE)

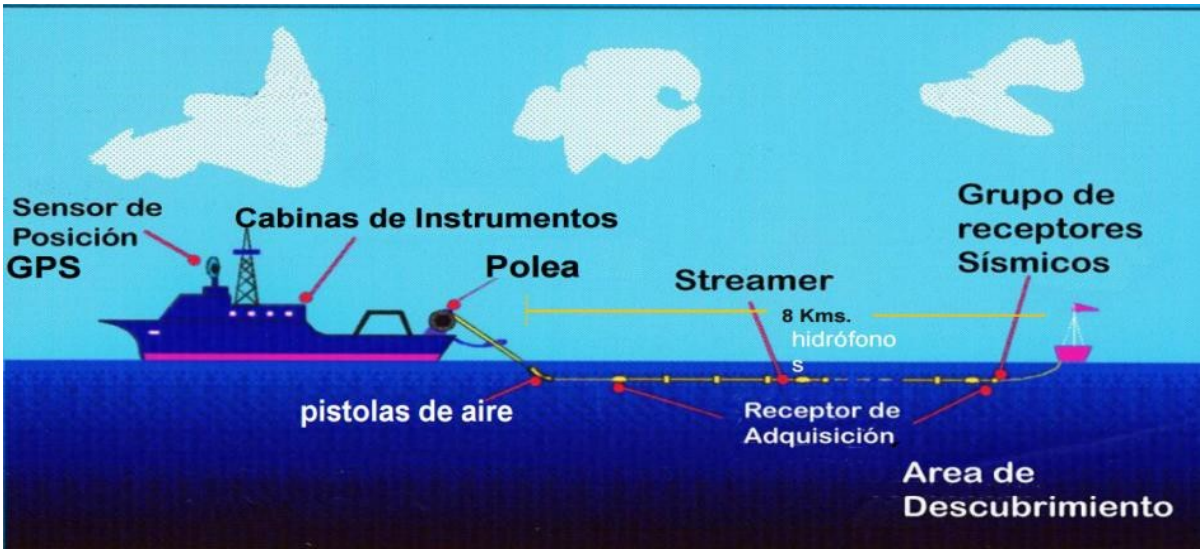
Fuente: http://www.snclavalin.com/en/cygnus-jacket

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.2 PROSPECCIÓN SÍSMICA COSTA AFUERA (OFFSHORE)

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

En la mayoría de los casos se utiliza el método de reflexión de ondas acústicas para obtener la información sísmica, el cual se realiza remolcando equipos con un barco (técnica del cable remolcado o streamer). Para ello se usa 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 transmite hacia las capas del subsuelo y se refleja de acuerdo a las propiedades de éstas. Las ondas reflejadas son registradas cerca de la superficie por los receptores (hidrófonos). Luego se amplifican y graban 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 utiliza para determinar la profundidad de los estratos que yacen debajo de la superficie del lecho marino.



Fuente: Perupetro, 2011

Al igual que la sísmica en tierra, la sísmica marina puede ser 2D (bidimensional) o 3D (tridimensional). Como su nombre indica, 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 son el espaciamiento más cercano entre líneas de registro en sísmica 3D (aprox. 50 m) en comparación con la 2D (2.5 a 5.0 km) y el posible uso intercalado de dos arreglos de cámaras de aire (fuentes sísmicas) en comparación con una sola fuente en el caso de 2D.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.2.1 Componentes del proyecto

En general los componentes de un proyecto de perforación sísmica offshore son:

1.2.1.1 Embarcaciones

Las embarcaciones empleadas para los trabajos de prospección sísmica marina están equipadas con equipos digitales de adquisición de datos sísmicos de última generación. Estas embarcaciones disponen de un sistema de navegación, grabación y control de calidad a bordo con capacidad para realizar las actividades de sísmica sin interferencia y/o problema alguno. Su tripulación está conformada por tripulantes del barco, personal para la actividad de sísmica y supervisores. Las operaciones se llevan a cabo durante las 24 horas del día.

Fuente: Perupetro, 2011

La embarcación debe contar con los equipos de seguridad necesarios, de acuerdo a los reglamentos de la Asociación Internacional de Contratistas Geofísicos (IAGC por sus siglas en inglés) y la certificación IMO/SOLAS/ABS "Class 1". Estos equipos 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, entre otros.

El contratista de sísmica debe tramitar y obtener un certificado de permiso de navegación para naves extranjeras otorgado por la DICAPI, así como 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. Asimismo, el contratista de sísmica debe contar con los certificados de salud, seguridad y ambiente de acuerdo con las normas internacionales. La embarcación que realizará la prospección sísmica debe contar adicionalmente con un plan de emergencia de a bordo en caso de contaminación por hidrocarburos (SOPEP por sus siglas en inglés). Por otro lado, la embarcación debe contar con un sistema de tratamiento de aguas servidas, separación de aceites en agua, producción de agua potable, compactación de residuos y almacén de residuos hasta llegar a puerto.

Para este tipo de operaciones siempre se requiere de embarcaciones más pequeñas (con 30 a 50 m de eslora) como apoyo, pero deben tener mayor velocidad operativa que el barco sísmico. También es común usar una embarcación del tipo remolcador, con velocidad operativa adecuada, para realizar actividades de prevención ante la presencia de embarcaciones comerciales y/o de pesca dentro de área de operación, garantizando un trabajo sin

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

interrupciones de la embarcación sísmica. Adicionalmente, se usa una embarcación de abastecimiento para el suministro de alimentos (especialmente perecibles, los cuales requieren ser reemplazados en períodos de 2 a 3 semanas), combustible y, en caso de requerirse, de equipos menores.

Toda embarcación debe contar con equipos de comunicación mínimos, tales como una estación radionáutica fija (con licencia para operar radios portátiles y radios personales), teléfonos satelitales y radios de alta frecuencia, faro de emergencia y radio (VHF) para el bote salvavidas. Finalmente, el barco de sísmica debe contar con equipos de navegación de la más alta tecnología e incluir motores auxiliares, generadores y alternadores, UPS, compresores de aire, impulsadores y hélices adecuadas para su buen desempeño. El puente de mando debe incluir un sistema de navegación electrónica, radar, ecosonda, giroscopio, GPS diferencial, entre otros.

1.2.1.2 Equipo sísmico

El equipamiento sísmico principal de la embarcación está constituido por el sistema de navegación y posicionamiento, cables sísmicos y fuente de energía (las cámaras de aire). Para la captura del "mapa" del subsuelo, la exploración sísmica por lo general requiere que tanto la ubicación de la embarcación como la de los equipos remolcados tenga una exactitud menor a 5 m. Para el posicionamiento de la embarcación se emplean sistemas 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 pueden combinar DGPS o sistemas de radio flotantes con sistemas de posicionamiento acústico y brújulas.

De acuerdo a la descripción previa que se haga de la sísmica, las ondas reflejadas se detectan en los hidrófonos que son remolcados en los cables sísmicos. Estos instrumentos eléctricos monitorean las ondas detectando cambios de presión en el ambiente marino. Los hidrófonos se encuentran empaquetados dentro de un cable sísmico de por lo general 6 cm de diámetro, el cual 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.

Los hidrófonos captan las ondas sísmicas en grupos lineales, por ejemplo de 12 a 24 hidrófonos, produciendo una señal (canal) por grupo. Cada grupo tiene una longitud determinada y se traslapa con los grupos anterior y posterior. De este modo cada kilómetro de cable sísmico puede tener, por ejemplo, hasta alrededor de 80 grupos de hidrófonos. El cable sísmico a ser usado debe ser de última generación del tipo manufacturado por Sercel, o equivalente, de tipo multicanal digital. Además de contener a los hidrófonos, el cable sísmico debe estar configurado con módulos de digitación ("dispositivos"), módulos de telemetría, transductores de profundidad, reguladores de profundidad y flotación ("birds" o pájaros) y conexiones. El cable cuenta con hidrófonos linealmente espaciados entre dispositivos que contienen los digitadores de datos y módulos de telemetría. Finalmente, el cable sísmico cuenta con una boya en la cola, la cual tiene un reflector de radar para determinar la posición de todo el cable sísmico durante el estudio.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

Por lo general, el combustible empleado para estas embarcaciones es del tipo diesel y de preferencia deben tener un bajo contenido de azufre (0.5-0.8%). El abastecimiento de combustible para la embarcación de sísmica se realiza entre semanas según consumo. Las recargas suelen realizarse en altamar para garantizar que la capacidad de almacenamiento mantenga un nivel mínimo de operación, aunque en algunas ocasiones las embarcaciones pueden ir a la costa a recargar. Todos los barcos deben cumplir con las normas de seguridad para los casos de manejo de combustible estipulados en los convenios internacionales, y deben contar con una certificación de navegación vigente expedida por la autoridad marítima, de acuerdo a lo detallado en el ítem 1.2.1.1.

1.2.1.3 Manejo de residuos líquidos y efluentes

Las aguas servidas se tratan en la planta de tratamiento específica para este fin de la embarcación sísmica. Esta planta debe estar diseñada para reducir los contenidos de DBO_5, coniformes fecales y sólidos en suspensión, de acuerdo a la disposición respectiva de la DICAPI (R.D. 0069-98/DCG).

Las aguas servidas tratadas se disponen en el mar siempre que cumplan con los límites establecidos por la autoridad marítima, en cumplimiento de la R.D. 0069-98/DCG de la DICAPI y del Anexo I del Convenio Internacional MARPOL 73/78 aprobado por el D.S. N° 008-86-MA, y de acuerdo a la autorización que expide la autoridad marítima cuando el barco ingresa y opera en aguas peruanas.

El agua de sentina se trata con un separador agua/aceite para retirar todo el aceite del flujo de agua, de modo que cuando se descargue esté libre de aceites. Este separador debe estar diseñado para obtener un efluente que cumpla con los límites establecidos para descargas por MARPOL 73/78.

Por lo general, este tipo de naves proviene del extranjero y es por ello que antes de iniciar los trabajos de sísmica debe recambiar el agua de lastre. Este cambio siempre debe ser realizado en aguas internacionales y con la autorización de DICAPI. Los restos de aceites, pinturas, hidrolinas etc., son almacenados y retirados en un puerto de atraque y su disposición final deberá estar a cargo de una EPS debidamente registrada.

1.2.1.4 Manejo de residuos sólidos

Las embarcaciones deben contar con un compactador de residuos y con los recipientes adecuados para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos hasta llegar a puerto, donde se realizará la disposición de éstos. La disposición final de los residuos domésticos inorgánicos se debe realizar en un relleno sanitario autorizado por DIGESA.

Los residuos orgánicos (restos de comida) deben ser triturados antes de su descarga en altamar, en conformidad con las disposiciones de MARPOL 73/78 y con las Normas para Prevenir y Controlar la Contaminación por Basuras procedentes de los Buques (R.D. 0510- 99/DCG).

Los residuos sólidos especiales considerados peligrosos que se podrían generar durante los trabajos de exploración son: baterías de plomo con ácido usadas, baterías de níquel cadmio,

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

pilas de litio, entre otros. En estos casos, los residuos se almacenan temporalmente en el barco en recipientes rotulados específicamente, para luego ser dispuestos en puerto a través de una EPS autorizada por DIGESA.

Finalmente, en el caso de residuos médicos, los cuales sólo se podrían generar a partir de acciones de primeros auxilios, también serán dispuestos en puerto a través de una EPS autorizada por DIGESA.

1.2.1.5 Emisiones gaseosas

Las emisiones gaseosas típicas de un barco de operaciones sísmicas son gases de combustión del sistema de propulsión y generadores. Existen diferentes guías para su estimación, pero entre las más comúnmente utilizadas están la de USEPA (1985) y la de Mineral Management Services (1989).

1.2.1.6 Generación de ruido

Los niveles de ruido se producen básicamente por los motores de la embarcación al navegar con una velocidad de 4,5 nudos (velocidad aproximada que puede variar según las características marítimas). Se estima que el nivel de ruido se ubica en niveles inferiores a los 55 dB. La intensidad de ruido a propagarse en el agua de mar por la activación de los cañones de aire se sitúa entre 180 a 220 dB aproximadamente.

1.2.2 Etapas y actividades del proyecto

Una vez definidos los componentes del proyecto se procede al desarrollo del programa sísmico offshore, que generalmente comprende las siguientes etapas y actividades:

- Etapa de planeamiento
- Etapa de operación
  - Apoyo en puertos locales;
  - Movilización de embarcaciones;
  - Posicionamiento y colocación de receptores;
  - Disparo y registro de data.
- Etapa de desmovilización

A continuación se presentan mayores detalles de cada etapa.

1.2.2.1 Etapa de planeamiento

Para llevar a cabo la prospección sísmica offshore se requiere que la embarcación siga determinadas rutas que se seleccionan de acuerdo al objetivo de la exploración y la interpretación preliminar de la información geológica y geofísica del área disponible. Por lo

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

general, el programa de prospección sísmica se diseña teniendo en consideración los siguientes criterios:

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

El barco para el relevamiento de información sísmica debe viajar a una velocidad adecuada (en función al diseño de la sísmica y a los equipos con los que cuenta). La frecuencia de descargas de aire dependerá del diseño del proyecto.

Para la ejecución del proyecto de sísmica no se requieren instalaciones en tierra, ya que se usan las instalaciones de un puerto seleccionado. Mayores detalles se presentan en el ítem 1.2.2.2.1.

1.2.2.1.1 Etapa de Operación/Apoyo en puertos locales

Durante las operaciones en mar se requiere de un puerto de apoyo para las embarcaciones en todo lo relacionado a provisiones. Este puerto deberá contar con las instalaciones necesarias de carga (grúas de alto, medio y bajo tonelaje), seguridad, almacén temporal de equipos y materiales, sistema de transferencia de residuos sólidos y líquidos, y tener las facilidades para suministrar agua, víveres, combustible y lubricantes, entre otras necesidades.

Como se mencionó anteriormente, adicionalmente a la embarcación de sísmica se considera la contratación de embarcaciones más pequeñas para ser utilizadas como apoyo logístico y fuentes de suministro, a través de los puertos locales. Algunas de ellas navegarán permanentemente cerca del barco sísmico a fin de alertar a otras embarcaciones de la actividad que se está desarrollando. En algunas ocasiones estas embarcaciones son contratadas en los puertos locales.

Una vez obtenido los permisos necesarios y luego de realizado el aprovisionamiento de alimentos, materiales y la recarga de combustibles, el barco sísmico zarpará del puerto designado para iniciar las actividades de sísmica. Estos desplazamientos deben ser coordinados con la Capitanía de Puertos respectiva. La fecha y ruta definida debe ser informada a las autoridades locales y a los representantes de los grupos interés (por ejemplo, los gremios de pescadores) antes del inicio del proyecto.

1.2.2.1.2 Movilización de embarcaciones

La movilización de embarcaciones consiste en el tránsito de los barcos desde el puerto de apoyo hasta la zona de operaciones y viceversa. Durante los trabajos de operación se debe mantener una señalización específica para la embarcación de sísmica que arrastra equipos en el agua. Esto consiste en el posicionamiento de figuras en forma de diamantes y círculos de color negro que se izan en el mástil de la embarcación e indican el riesgo a las demás naves en el área (esto puede variar según normas y regiones). El riesgo básicamente está representado por los equipos que arrastra la embarcación (cable sísmico y cañones de aire).

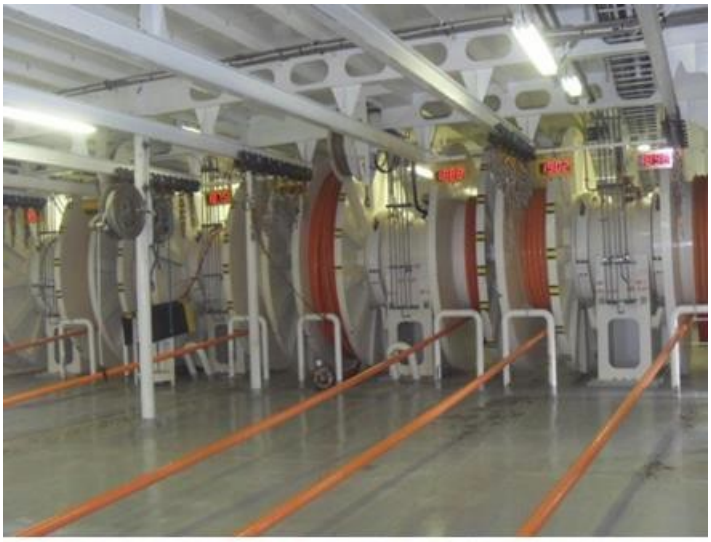
© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.2.2.1.3 Posicionamiento y colocación de receptores

El posicionamiento se realiza mediante el uso de equipos GPS tanto para la fuente de energía como para el control del tendido del cable (“streamer”). La ubicación final del cable bajo el agua se determina por medio del sistema denominado “pinger”, el cual define la posición final del cable mediante pequeñas emisiones acústicas.

El tendido del cable se realiza con el barco en movimiento, a una velocidad entre 4 y 6 nudos (millas náuticas/hora). Consiste en el despliegue de la boya de cola y del cable sísmico marino mediante la utilización de cilindros hidráulicos instalados en la popa del barco y sobre los cuales se enrolla el cable sísmico. El tambor es movido por un motor hidráulico.

Para la recopilación de información sísmica, el cable sísmico (implementado con los hidrófonos) se arrastra a una profundidad específica constante que puede estar en el rango de 5 a 10 m debajo de la superficie del mar. Los cables sísmicos se deben remolcar 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.



Dado que el cable pesa menos que el agua, se mantendrá balanceado 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.

El cable sísmico debe ser enrollado en el riel ubicado en la cubierta trasera cuando la embarcación esté navegando en zonas ajenas a la prospección sísmica, así como durante las operaciones de embarque y desembarque en un puerto.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.2.2.1.4 Disparo y registro de data

La fuente de energía utilizada para generar la onda acústica consiste de un arreglo de cañones de aire comprimido, los cuales son arrastrados directamente detrás del barco, suspendidos en el agua a una profundidad de aproximadamente 6 ± 1 m. La activación de la fuente ocurre normalmente cada 25 m, los cual equivale a unos 10 segundos entre disparo y disparo. En líneas generales, si la profundidad donde se realiza el levantamiento sísmico no excede los 50 m, la capacidad de los cañones de aire puede oscilar entre 2,500 y 2,700 pulgadas cúbicas (in^3), operando a una presión de 2,000 libras/pie cúbico (lb/ft^3). Se debe tener en cuenta que a mayor profundidad, mayor compacidad y presión.

El inicio de la secuencia del disparo es generado por el Sistema Integrado de Navegación, considerando la posición de la embarcación, su velocidad y rumbo. La señal generada es transmitida al sistema de registro de datos sísmicos, desde donde se transmite una señal hacia el sistema de sincronización de la fuente de energía para que genere el “time break”, es decir el tiempo en el cual los cañones de aire son accionados de manera sincronizada (la diferencia permitida es más o menos un milisegundo).

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

1.2.2.2 Etapa de desmovilización

Posteriormente al término de las actividades de adquisición de data sísmica, la embarcación se desmoviliza hacia algún puerto designado. Debido a que la actividad sísmica se realiza en tránsito y no requiere de instalaciones o plataformas fijas, el abandono sólo se centrara en el manejo adecuado de los residuos y líquidos generados durante la actividad.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

Subcapítulo III
Descripción de Proyectos

PERFORACIÓN EXPLORATORIA EN SELVA (ONSHORE)

Fuente: Perupetro (http://www.youblisher.com/p/1319358-Brochure-Promocional/)

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.3 PERFORACIÓN EXPLORATORIA EN SELVA (ONSHORE)

Una vez obtenida la evaluación, análisis e interpretación de datos geológicos y geofísicos del subsuelo generados por la sísmica, se pueden empezar a realizar las perforaciones exploratorias y confirmatorias a través de pozos para comprobar la posible existencia de reservas de hidrocarburos (gas y/o petróleo) en un lote determinado.

En el presente subcapítulo se describen las principales componentes, etapas y actividades de un proyecto de exploración por pozos en selva (onshore). Sin embargo, previo al inicio de este subcapítulo, es importante que el lector tenga en cuenta algunas definiciones básicas sobre los diferentes tipos de pozos y de perforación que se pueden presentar en un proyecto de exploración, así como también una breve descripción sobre la actividad de prueba extendida de pozo.

A continuación, se presentan conceptos básicos respecto a perforación (Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Ing Armando Méndez, México, 2013; El pozo Ilustrado, PDVSA, 1998)

1.3.1 Tipos de pozos

Los pozos pueden ser de cuatro tipos:

- Pozo exploratorio: aquel que se perfora en un área inexplorada. Normalmente se cuenta con los resultados de una prospección sísmica. Puede perforarse en un lote nuevo o en una nueva formación productora dentro de un lote existente.
- Pozo confirmatorio: aquel que se perfora para confirmar y evaluar la presencia de hidrocarburos en un reservorio que ha sido encontrado previamente por un pozo exploratorio.
- Pozo de avanzada: después de la perforación de un pozo exploratorio en un área inexplorada que resulta productor, se perforan pozos de avanzada con el objetivo de establecer los límites del yacimiento.
- Pozo de desarrollo: aquel que se perfora con la finalidad de explotar, extraer y drenar las reservas de un yacimiento. El objetivo principal al perforar un pozo de desarrollo es aumentar la producción del campo, razón por la cual, se perforan dentro del área probada; sin embargo, algunos pueden resultar secos.

Este último pozo solo aplica para la etapa de producción, mientras que los anteriores se realizan durante la etapa de perforación exploratoria.

1.3.2 Tipos de perforación

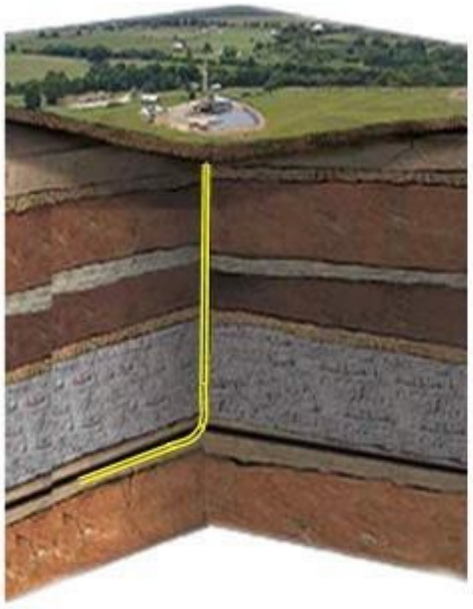
En forma general, a continuación se presenta una breve descripción del pozo según el tipo de perforación que se realice:

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

- Pozo vertical: también llamado pozo convencional, representa la primera opción a la hora de definir un pozo debido a sus bajos costos comparativos y a la madurez de la tecnología. Se trata de un pozo muy fácil de perforar, completar y reparar. Ideal para fracturamiento hidráulico.
- Pozos direccionales: se desarrollan modificando el grado de inclinación, el rumbo y el desplazamiento lateral que debe tener el hoyo con respecto a la verticalidad. Es ideal para llegar al objetivo deseado. A su vez los pozos direccionales pueden ser clasificados en:
  - Pozo horizontal: desarrollado para drenar yacimientos de poco espesor con la finalidad de incrementar el área de contacto entre el sistema del pozo y el yacimiento. Se requiere una excelente caracterización para asegurar la navegación dentro de la arena objetivo.
  - Pozo inclinado (Tipo “J” o Tipo “S”): se desarrolla para sobrepasar las limitaciones en superficies, conservando las ventajas del pozo vertical.
  - En comparación con un pozo vertical, los costos y los tiempos incrementan considerablemente y el éxito de las cementaciones es amenazado por la tendencia del revestidor a recostarse contra el hoyo, impidiendo una buena centralización (vital para el éxito de las cementaciones).
  - Pozos multilaterales: consisten básicamente en un hoyo primario y uno o más hoyos secundarios que parten del hoyo primario. Su objetivo principal es reducir el número de pozos que se perforan, además de optimizar la producción de las reservas. Según la geometría del yacimiento se pueden construir distintas configuraciones de pozos multilaterales para lograr drenar los yacimientos de manera más eficiente.

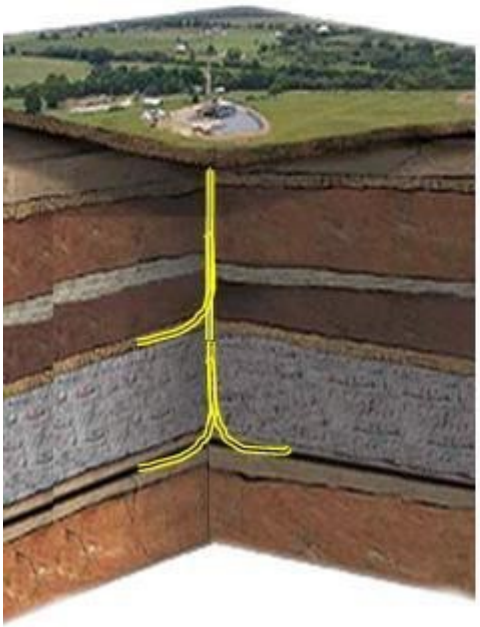
En la Figura 1, se aprecia los diferentes tipos de pozos según el tipo de perforación.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

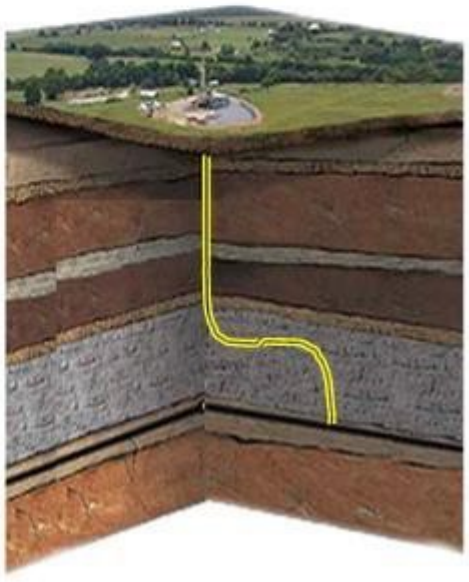


Pozo Horizontal – Direccional

Pozo Horizontal – Direccional
Pozo Vertical – Convencional



Pozos Multilaterales – Direccional



Pozo Tipo "S" – Direccional

Fuente: Modificación propia de imagen de energía del sur (http://energiadelsur.blogspot.com/2011/10/sacarles-petroleo-las-rocas.html)

Figura 1: Tipos de pozos para perforación exploratoria onshore

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.3.3 Prueba extendida de pozo

La prueba extendida de pozo (también conocida como Drill Stem Test – DST) generalmente se realiza en pozos exploratorios o en áreas que no se tienen suficiente grado de certeza, por ejemplo, áreas de reservas probables/posibles, las cuales requieren comprobar si las reservas tienen algún atractivo comercial. Usualmente se realizan en un corto período de tiempo.

Esta actividad permite evaluar el potencial de producción de alguna arena particular en el yacimiento, así como medir la presión, características y comportamiento de la roca del yacimiento y obtener fluidos en fondo. Toda la información recolectada durante esta prueba permite saber si el pozo puede producir hidrocarburos de manera comercial.

En resumen, la prueba extendida de pozo permite evaluar los siguientes aspectos del yacimiento:

- Productividad: evaluar el potencial de la arena productora con distintos reductores, evaluar los efectos de turbulencia (daño), la presión de fondo fluyente y otros efectos en la cara de la arena (resistencia inercial y despojamiento capilar);
- Propiedades del yacimiento: evaluar la presión promedio de la formación, permeabilidad, capacidad de la formación, skin, efectos de barrera o límites de yacimiento, entre otros;
- Muestreo de fluidos: obtener muestras en fondo para caracterizar el fluido original del yacimiento. Esto juega un papel importante en la estimación de fluidos originales en sitio, monitoreo y estudios de yacimiento, diseño de las facilidades de superficie, etc.

1.3.4 Conceptos básicos

A continuación, se presenta algunos conceptos básicos utilizados en los proyectos de perforación exploratoria:

- Torre de perforación o taladro: estructura metálica en la que se concentra prácticamente todo el trabajo de perforación;
- Tubería o "sarta" de perforación: tubos de acero que se van uniendo a medida que avanza la perforación;
- Brocas: piezas metálicas que perforan el subsuelo y permiten la apertura del pozo;
- Malacate: unidad que enrolla y desenrolla el cable de acero con el cual se baja y se levanta la "sarta" de perforación y soporta el peso de la misma;
- Sistema de lodos: es el que prepara, almacena, bombea, inyecta y circula permanentemente un lodo de perforación que cumple varios objetivos: lubrica la broca, sostiene las paredes del pozo y saca a la superficie el material sólido que se va perforando;

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

› Sistema de cementación: es el que prepara e inyecta un cemento especial, con el cual se pega a las paredes del pozo tubos de acero que componen el revestimiento del mismo;

› Motores: es el conjunto de unidades que imprimen la fuerza motriz que requiere todo el proceso de perforación.

1.3.5 Componentes del proyecto

Una vez definidos algunos conceptos básicos de la exploración, a continuación se describen los componentes de un proyecto de perforación exploratoria

1.3.5.1 Campamento base (CB)

Por lo general, el área del CB para perforación exploratoria es la misma que aquella utilizada para el proyecto de exploración sísmica. El CB generalmente tiene una capacidad de alojamiento aproximada para 80 a 150 personas, con cabinas portátiles y desarmables. En selva este campamento normalmente es apoyado sobre una plataforma de madera, la cual a su vez se apoya sobre pilotes. Esto es variable según las características del área.

El CB debe incluir las siguientes facilidades:

› Área de campamento: incluye dormitorios, cocina, lavandería y oficinas. Esta área es de construcción modular, disponible tanto para el personal *staff* como contratistas, y debe contar con aire acondicionado. Incluye servicios higiénicos con duchas.

› Embarcadero (en caso de acceso fluvial): muelle que puede ser en una losa de concreto armado apoyado sobre pilotes.

› Pontón de pasajeros (caso acceso fluvial): sirve de soporte para el embarque y desembarque del personal. El pontón de pasajeros está constituido por una plataforma flotante que sube y baja con el nivel del agua, deslizándose a lo largo de dos pilotes hincados uno en el extremo norte y otro en el extremo sur.

› Helipuerto (s): zona para aterrizaje y despegue de helicópteros, construida de tablones de madera sobre pilotes. El helipuerto debe estar diseñado para soportar hasta un helicóptero Chinook o similar y contar con manga indicadora de la dirección del viento. El helipuerto debe ocupar un área despejada que incluye una plataforma de aterrizaje de madera o piso estructural reforzado y un área de seguridad.

› Área para almacenamiento de combustibles y lubricantes: zona donde se instalan tanques, generalmente portátiles (bladders), que debe tener la suficiente capacidad para almacenar diesel de acuerdo a los requerimientos de los equipos y del combustible para los helicópteros. Esta área debe contar con diques de contención y geomembrana impermeabilizante, y deben ser colocados en áreas techadas.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

› Taller de mecánica: instalación para hacer trabajos de soldadura y mantenimiento de unidades ligeras. Normalmente está construido con estructuras metálicas y tiene piso de cemento (puede ocupar un área aproximada de 200 m^2).

› Área de almacenamiento temporal del equipo de perforación: zona para ubicar aquellos equipos que posteriormente serán movilizados a las plataformas de perforación.

› Almacén de productos químicos: área techada y con el piso cubierto por un matting sintético prefabricado o impermeabilizado con geomembrana. Debe cumplir con los reglamentos correspondientes al manejo y seguridad de almacenamiento (puede ocupar una área aproximada de 1,500 m^2).

› Área de patio de tuberías: zona para almacenar las tuberías requeridas para el proyecto de perforación. El patio está compuesto por caballetes metálicos ubicados ordenadamente para facilitar las operaciones de carga y descarga aérea. Alrededor del patio de tubería se colocan canaletas de drenaje de agua de lluvia.

› Incinerador: en algunos proyectos se usa esta modalidad con el objeto de incinerar de los restos de comida generados en el campamento. Si es el caso, debe presentar un manual con las especificaciones técnicas.

Adicionalmente, para el adecuado funcionamiento del CB se requieren siguientes instalaciones auxiliares:

› Planta de energía eléctrica (primaria y secundaria);

› Planta de tratamiento de agua potable;

› Planta de tratamiento de aguas residuales;

› Instalaciones de comunicación, a través de las cuales se establece comunicación vía satélite con la torre de perforación y las oficinas de Lima;

› Sistema contra-incendio: el CB debe contar con tomas de agua que tengan mangueras y motobombas portátiles. Asimismo, se dispondrán extintores con polvo químico en lugares estratégicos del CB.

Finalmente, todas las instalaciones del CB deben estar correctamente señaladas en un plano, donde se muestre claramente el esquema de distribución del campamento.

1.3.5.2 Plataformas de perforación y áreas auxiliares

Las zonas donde se ubica la plataforma de perforación y sus áreas auxiliares se le denomina “locación”. Cada una es diseñada y construida siguiendo estándares de ingeniería establecidos por cada empresa, de acuerdo a las características del equipo de perforación, a la normatividad ambiental vigente y aspectos de ingeniería y seguridad.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

El lugar del emplazamiento de cada locación debe ser una zona lo suficientemente apta desde el punto de vista estructural y geotécnico para albergar de manera segura el equipo de perforación y facilidades auxiliares necesarias.

Fuente: Perupetro, 2011

Es importante señalar que el reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos (D.S. N° 039-2014-EM) especifica que el área de afectación de la plataforma no deberá superar las 2 ha y por cada pozo adicional se permitirá como máximo 0.5 ha, hasta un máximo de cuatro 4 ha en total. Adicionalmente, se debe presentar las coordenadas de ubicación de las plataformas para pozos del proyecto.

Cada plataforma estará conformada por los siguientes elementos:

- Área de plataforma para el equipo de perforación y sus equipos auxiliares: en esta área se ubica la torre de perforación con los equipos de rotación, levantamiento de herramientas y tubería, así como el sistema de bombeo, generación y adecuación de los lodos de perforación.
- Pozas para lodos y detritos para contener los fluidos y detritos de perforación: son secciones donde se depositan los residuos sólidos (pozas de sólidos) y líquidos (poza de líquidos) de la perforación. Cada plataforma de perforación contará con una poza de sólidos (cortes para almacenar ripios producto de la perforación del pozo) y poza de líquidos (fluidos de perforación).
- Red de drenaje: consiste en un doble sistema de canaletas. El primero sigue el perímetro del área enmaderada y está revestido con una capa de geomembrana impermeabilizante. Sus aguas descargan en pozas de seguridad, las que también están revestidas con una geomembrana impermeabilizante y provistas de trampas de grasas. El segundo sistema de canaletas es perimetral a la plataforma y sirve solamente para colectar agua de lluvia. Sus aguas descargan en dos pozas de seguridad, revestidas con geomembrana impermeabilizante y provistas de trampas de grasas, al igual que el primer sistema.
- Área de almacenamiento de productos químicos: ambiente especialmente construido para el almacén de químicos y cemento, ubicado en el área de la plataforma. En cuanto al almacenamiento de productos químicos para la perforación:

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

- Las sustancias químicas para la preparación de los lodos de perforación y cemento generalmente se empacan, transportan y almacenan en el lugar de la plataforma de dos maneras, a granel y/o paletizadas. Para el material a granel (cemento) se necesitan tanques y se utiliza presión de aire para transferir el material en polvo de un lugar al otro.

- Las medidas de manejo y almacenamiento de los diferentes productos químicos que componen cada tipo de lodo se debe indicar en las Hojas de Seguridad (MSDS, Material Safety Data Sheets).

- Áreas para recepción y almacenamiento de combustibles: dentro del área de la plataforma se debe definir un lugar destinado únicamente para el almacenamiento de combustibles requeridos para el transporte y equipos utilizados durante la construcción de la plataforma.
- Campamento: consiste de cabinas portátiles, desarmables, y estarán apoyadas sobre una plataforma de madera, la cual, a su vez, se apoyará sobre pilotes. Incluye instalaciones de apoyo al campamento del personal como generadores diesel, instalaciones de tratamiento de agua residuales domésticas e industriales y una posta médica.
- Área de almacenamiento complementaria: incluye área para almacenamiento de tuberías para la perforación, área de generadores y almacén de equipos.

Fuente: PeruPetro, 2010

Adicionalmente, se requiere la instalación de los siguientes componentes que normalmente están fuera del área de la plataforma:

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

› El helipuerto de la plataforma: ocupa un área despejada que incluye una plataforma de aterrizaje y un área de seguridad o aproximación.

› Poza de quema: es usada durante la prueba del pozo (en caso de efectuarse). El fondo y las paredes de la poza serán construidos de arcilla compactada o de cemento, materiales que resisten el calor y permiten prevenir la filtración al subsuelo (las dimensiones aproximadas son de 50 x 50 x 2 m de profundidad).

› Área de bombeo de agua: consiste en la instalación de electrobombas que elevarán la presión del agua para su bombeo hasta el campamento de perforación. Requiere una autorización de uso de agua, previo al inicio de las actividades de perforación otorgado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

1.3.5.3 Sistema de comunicaciones

En la locación normalmente se instala un sistema de comunicación satelital con capacidad de transmisión de voz y datos, con cobertura nacional e internacional. Adicionalmente, se utilizan radios del tipo VHF con repetidoras y sistemas de banda fija.

1.3.5.4 Servicio médico

Para el proyecto es necesario disponer de un médico y se debe habilitar un tópico, el cual debe contar con el equipamiento básico para la atención de una emergencia médica.

1.3.5.5 Abastecimiento de energía

La energía necesaria para la operación del equipo de perforación debe ser provista por el sistema de generación eléctrica del mismo equipo de perforación. También es factible que se cuente con generadores adicionales exclusivamente para el abastecimiento de energía.

1.3.5.6 Abastecimiento de agua

La fuente principal de captación de agua son las quebradas y ríos aledaños a la locación. Previo a su consumo, el agua debe ser potabilizada hasta cumplir las normas nacionales vigentes para agua potable, mediante una planta de tratamiento compacta y patentada, la cual tiene la capacidad de remover impurezas.

El volumen de agua se estima con base en el consumo por etapa del proyecto y sus actividades (consumo de servicios domésticos, elaboración de hormigones, riego para estabilización de taludes, etc.). Antes de realizar la captación de agua, se debe gestionar la obtención de los permisos de uso de agua respectivos ante la autoridad competente.

1.3.5.7 Iluminación

Se debe establecer una adecuada iluminación en los campamentos y lugares que así lo requieran, entre ellos se incluyen las áreas de trabajo del equipo de perforación, alojamientos y pasillos. Se recomienda luminarias exteriores amarillas para reducir la atracción de insectos en el sitio del pozo y/o las posibles molestias causadas por las luces brillantes para la fauna del lugar. En todo momento la luz debe ser direccionada hacia el interior de la locación.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.3.5.8 Emisiones, efluentes y residuos sólidos

A continuación se presenta una breve descripción sobre la generación y manejo de emisiones, efluentes y residuos sólidos generados durante el proyecto de perforación.

1.3.5.8.1 Emisiones gaseosas

Las emisiones gaseosas provienen de:

- Fuentes estacionarias, tales como la combustión interna de los generadores de energía eléctrica destinadas para el funcionamiento del equipo de perforación y del generador para abastecer de energía al campamento de perforación;
- Incinerador de residuos orgánicos (en caso exista);
- Emisiones asociadas a la prueba del pozo (en caso se realice);
- Fuentes menores como las cocinas, maquinarias, equipos portátiles y equipos móviles como helicópteros.

Se debe presentar un cuadro con valores aproximados de emisiones gaseosas para la perforación.

1.3.5.8.2 Efluentes

Se debe presentar los volúmenes estimados de los efluentes domésticos generados durante cada etapa del proyecto. Los diferentes tipos de efluentes podrían ser manejados como se indica a continuación:

- Agua de lluvia: recolectada por el sistema de canaletas exterior (perímetro de la plataforma), que luego pasa a una trampa de grasas y finalmente a la poza de seguridad. El agua podría ser reutilizada durante la perforación o dispuesta en cuerpos receptores.
- Agua de escorrentía del enmaderado de la plataforma: recolectada por el sistema de canaletas interior (a lo largo del perímetro del área enmaderada de la plataforma), que luego pasa a una trampa de grasas y finalmente a la poza de seguridad. El agua resultante podría ser dispuesta en el pozo inyector.
- Efluentes industriales: para su manejo se aplica un sistema de tratamiento que consiste en procesos de sedimentación y clarificación del agua, mediante los cuales se reduce la concentración de sólidos en el agua.
- Agua residual doméstica: colectada y derivada a sistemas de tratamiento antes de su disposición final. Posteriormente a su tratamiento, los efluentes serán dirigidos hacia un cuerpo receptor (quebrada/río) previo monitoreo de control de su calidad. Las aguas residuales pueden ser:

- Aguas domésticas (aguas grises): provenientes de duchas, lavados, cocinas y lavanderías, recolectados por el sistema de drenaje de aguas grises del campamento,

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

y luego pasan a través de una trampa de grasas para el respectivo tratamiento. El agua puede ser reusada o dispuestas adecuadamente en cuerpos receptores.

- Aguas servidas (aguas negras): provenientes de los baños. Son conducidas por el sistema de drenaje de aguas negras del campamento hacia una planta de tratamiento de aguas servidas, para ser tratadas, evaluadas y dispuestas adecuadamente en cuerpos receptores.

En algunos casos y previa autorización, la disposición final de las aguas se efectúa en la superficie del suelo en lugar de cuerpo de agua. Para reducir el potencial de erosión a través de la descarga se usa un sistema de aspersión en el suelo. En otros casos el agua es dispuesta en el subsuelo, mediante su inyección en una formación aprobada. En cualquiera de los casos, previo a su disposición, el agua será tratada de acuerdo a la legislación peruana vigente.

1.3.5.9 Residuos sólidos

Los residuos generados en una plataforma de perforación serán de dos tipos: orgánicos o inorgánicos (peligrosos y no peligrosos). La clasificación y disposición de los residuos se realiza de acuerdo con su origen. Se debe presentar los estimados de residuos sólidos que se generarían en cada etapa del proyecto (residuos sólidos orgánicos e inorgánicos). La proyección de generación de residuos es la siguiente:

- Residuos no peligrosos domésticos – orgánicos: corresponde a los restos de alimentos;
- Residuos no peligrosos domésticos – inorgánicos: constituidos por plásticos, cartón, papeles, latas, vidrio, cerámica y envases de productos de consumo en general (alimentos, higiene personal, etc.);
- Residuos no peligrosos industriales: constituidos por trapos, tecnopor, chatarra de metal, cables eléctricos, plásticos industriales, filtros de aire, así como cualquier otro tipo de material que no haya tenido contacto con sustancias peligrosas;
- Residuos peligrosos: constituidos por cilindros y otros envases de sustancias peligrosas (lubricantes, aceites, solventes), pilas, baterías, grasas, aceites y lubricantes usados, filtros de aceite, pinturas (recipientes), residuos médicos de tópico (jeringas, agujas, algodones, gasas, etc.).

En cada campamento de construcción debe existir una instalación para el almacenamiento temporal de los residuos no peligrosos domésticos (inorgánicos), residuos no peligrosos industriales y residuos peligrosos, que cuente con cobertura sobre el piso y techo para evitar el ingreso del agua de lluvia y la suficiente ventilación. Además, debe contar con la señalización adecuada y equipos portátiles de extinción de incendios y respuesta ante derrames. Estos residuos serán transportados fuera del lote y finalmente dispuestos a través de una EPS-RS autorizada por DIGESA, en rellenos sanitarios y lugares de reciclaje/tratamiento para reúso de residuos.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

Fuente: Peru 2012, Sustainable Development Report. Bourlington Resource Conocophillips

Todos los residuos generados durante la etapa de perforación serán manejados de igual manera que los residuos de la etapa de construcción, a excepción de los residuos orgánicos, los cuales en esta etapa pueden ser incinerados (por la extensión reducida del área).

1.3.5.10 Cortes de perforación

Los cortes de perforación generados por el lodo base agua deben ser llevados por el sistema transportador hacia la poza de cortes de perforación para su almacenamiento temporal.

Al final de la operación de perforación se realiza el procedimiento de la deshidratación de la poza de cortes. La fase agua resultante es bombeada para su tratamiento y disposición final en el pozo inyector. Los cortes secos restantes podrán ser mezclados en proporción con tierra nativa (3:1) si se comprueba su inocuidad, para finalmente ser esparcidos en toda la superficie de la plataforma. En otros casos pueden usarse como materia prima para fabricar ladrillos o pueden ser llevados a un sitio de disposición final. Cualquier sea la opción de disposición final debe cumplir con la legislación y contar la aprobación de las autoridades respectiva. El plan de abandono o cierre del PMAS debe presentar mayor detalle.

Se debe presentar el volumen estimado de los cortes de perforación generados durante la perforación exploratoria por pozo. Estos volúmenes representan cortes húmedos (corte procedente del sistema de control de sólidos, previo a la deshidratación).

1.3.6 Etapas y actividades del proyecto

El proyecto de perforación exploratoria onshore se realiza en cuatro etapas de ejecución:

- Etapa de planificación
- Etapa de construcción
  - Movilización y transporte;
  - Instalación de campamento de construcción y servicios;

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

- Construcción de la plataforma de perforación y áreas auxiliares.

- Etapa de perforación
  - Instalación campamento de perforación y servicios;
  - Montaje del equipo de perforación.
- Etapa de abandono

Algunos proyectos incluyen solo las tres últimas, dejando la planificación dentro de la etapa inicial o de construcción. A continuación se presentan mayores detalles de cada etapa.

1.3.6.1 Etapa de planificación

Esta etapa Incluye las actividades, estudios y permisos necesarios previos a la ejecución del proyecto de perforación exploratoria. Entre los permisos a gestionar se requieren:

- Autorización de desbosque ante el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR);
- Autorización de vertimiento cero ante la ANA, con opinión técnica favorable de la DIGESA;
- Obtención del certificado de inexistencia de restos arqueológicos ante el Instituto Nacional de Cultura (INC);
- Autorización de uso de aguas ante la ANA a través de la Autoridad Local del Agua (ALA);
- Coordinación con las comunidades del área de influencia directa e indirecta.

Como parte de las actividades de planeamiento, previo al inicio de la ejecución del proyecto, se debe realizar:

- Contratación y coordinación con empresa contratista y otras empresas prestadoras de servicios para la ejecución del proyecto;
- Adquisición de equipos, maquinaria, insumos, productos, etc. para el proyecto;
- Contratación y capacitación previa al personal, en coordinación con la empresa contratista;
- Chequeo médico previo y revisión de la vacunación del personal.

1.3.6.2 Etapa de movilización y construcción

Esta etapa incluye la movilización de personal, equipos, materiales e insumos que requiere el proyecto para la adecuación de las instalaciones en los CB y la construcción de las plataformas de perforación.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

Generalmente, la movilización se realiza vía fluvial y aérea. Se deben presentar las características de las embarcaciones, la logística, las rutas y frecuencias requeridas de movilización para cada etapa del proyecto.

Los equipos y materiales requeridos para la perforación son almacenados inicialmente en el CB, de allí son transportados por vía aérea o fluvial hasta la locación donde se efectuara la perforación.

En cada locación de perforación, durante la etapa de construcción, se habilita un campamento temporal de construcción que tendrá una capacidad para albergar a las personas que laborarán. Este campamento es usado temporalmente como alojamiento para el personal y debe contar con áreas de servicio (cocina, comedores, lavanderías, planta de tratamiento de agua potable y aguas residuales domésticas, oficinas, talleres, almacenes, servicio médico, comunicaciones), como se detalló en los ítems anteriores.

El procedimiento constructivo de cada una de las plataformas contempla las siguientes actividades:

- Levantamiento topográfico: la construcción del campamento y de las plataformas de perforación se debe realizar en base al estudio topográfico de diseño. Previo a la construcción se debe realizar otro estudio topográfico de detalle, con el que se afina el perímetro de la locación a construir. Este detalle ayuda a reducir movimiento de tierras y a aprovechar las características topográficas de la zona.
- Desbosque y desbroce: esta actividad consiste en la remoción de árboles, arbustos, matorrales y toda vegetación que hubiere en las áreas estrictamente requeridas para el emplazamiento de las locaciones. Esta actividad se realiza con el uso motosierras. El procedimiento es:
  - Delimitación del área de las locaciones, de acuerdo al levantamiento topográfico de detalle;
  - Desbroce y desbosque del área delimitada: se removerá el material vegetal de los árboles caídos y luego los tallos serán cortados en trozos no mayores de 4 m de longitud. La madera producto del desbosque no será utilizada en los trabajos de construcción del proyecto. Se colocarán en los límites de la locación de perforación.
- Movimiento de tierras, corte y relleno: el corte y excavación se realiza con la finalidad de nivelar el área donde se emplazarán las instalaciones requeridas para los trabajos de perforación exploratoria. También implica la construcción de cunetas para el manejo de la escorrentía y protección de las obras civiles. Cabe indicar que la excavación de las piscinas de tratamiento de lodos, agua y poza de quema se realiza hasta alcanzar el nivel diseñado.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

› Nivelación y compactación de la plataforma: se nivela y compacta el área de la plataforma, mediante el empleo de maquinaria pesada para brindar estabilidad a los equipos que se instalarán para la ejecución del proyecto. El equipo de perforación irá apoyado sobre una cementación en base de pilotes y vigas metálicas. Incluye el diseño y ejecución de las obras de geotecnia o de ingeniería necesarias para garantizar estabilidad del área durante la construcción.

› Impermeabilización con geomembrana: una vez finalizadas las actividades de excavación, nivelación y compactación se realiza una inspección para determinar la instalación de la geomembrana en todas las zonas de interés de las plataformas. La geomembrana a utilizar es de HDPE (polietileno de alta densidad) incluyendo los canales perimetrales y pozas de almacenamiento de lodos, agua y químicos.

› Instalación de piso estructural reforzado o de madera: finalizada la colocación de la geomembrana en las zonas de interés se procede a colocar un entablonado de madera o piso estructural reforzado en el área donde se levantará el taladro y todos sus equipos complementarios. En el área restante de las plataformas se colocan piezas del material conocido comercialmente como tipo Dura-Base o geoblocks, donde se distribuirán los otros equipos adicionales a la perforación. Todas las coberturas tienen una función protectora para evitar la contaminación del suelo.

› Colocación del equipo de perforación y facilidades: esta fase inicia con el transporte del personal, el taladro, maquinaria y equipo al sitio de la perforación, e incluye el transporte y acarreo de materiales, tales como: aditivos, químicos, lodo de perforación y combustibles. Se realiza el izamiento de la torre y una prueba de las facilidades auxiliares de la perforación, incluyendo el montaje de la planta tratamiento aguas residuales, la bomba captación agua, la caseta de químicos, los tanques de almacenamiento, los generadores, las bombas de lodo, los equipos de control de sólidos y las demás facilidades auxiliares.

› Áreas de extracción de material de acarreo (material de aporte): para la construcción de las locaciones se requiere materiales agregados (finos y gruesos), cuya extracción se realiza en áreas ubicadas generalmente en ríos o canteras.

1.3.6.3 Etapa de perforación

El equipo de perforación y demás facilidades para la perforación son ensamblados en la misma locación por medio de grúas, montacargas de horquilla, cargadoras frontales, etc. Los equipos de perforación tienen características helitransportables, de manera que puedan ser trasladados por secciones de acuerdo a la capacidad del tipo de transporte (aéreo o fluvial).

Existen variaciones especificas según el tipo de perforación (vertical, direccional, etc.); sin embargo, en líneas generales para la perforación se emplea un sistema rotatorio que consiste en hacer girar una broca conectada en el extremo inferior de una tubería para taladrar, cortar o

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

triturar la roca penetrando el subsuelo terrestre. La acción de corte de los dientes de la broca, el movimiento rotatorio, la carga ejercida por las tuberías que soporta y el flujo de fluido a alta velocidad son los elementos que permiten cortar las diferentes capas de rocas.

El proceso de perforación se inicia con la perforación del hueco conductor. El diámetro inicial del pozo es ancho pero va disminuyendo gradualmente conforme se alcanzan mayores profundidades. Una vez que la broca penetra las diferentes formaciones, se coloca y cementa un revestimiento de acero para controlar el pozo y proteger el ambiente. El propósito de este revestimiento es evitar que los fluidos subterráneos a distintas profundidades se filtren a fuentes de agua subterránea o alcancen la superficie.

Los pozos son perforados hasta una profundidad deseada, que puede ser muy variable según la ubicación del objetivo (desde 1,500 hasta 3,000 m). La perforación se realiza por etapas, se van utilizando brocas y tubería de menor tamaño en cada sección conforme disminuye el ancho del pozo. La perforación debe llegar y atravesar las formaciones donde se estima que se encuentra el yacimiento. El último tramo de la tubería de revestimiento se llama "liner de producción" y se fija con cemento al fondo del pozo. Al finalizar la perforación el pozo queda literalmente entubado (revestido) desde la superficie hasta el fondo, lo que garantiza su consistencia.

Se debe presentar un diagrama de la perforación de los pozos y la geometría (tamaño y profundidad de cada revestimiento hasta llegar a la profundidad planteada). Durante la perforación es fundamental la circulación permanente de un "lodo de perforación", el cual da consistencia a las paredes del pozo, enfría la broca y saca a la superficie el material triturado. Este lodo se inyecta entre la tubería y la broca y asciende por el espacio que hay entre la tubería y las paredes del hueco. El material que sale sirve para tomar muestras y saber qué capa rocosa se está atravesando y si hay indicios de hidrocarburos.

Durante la perforación también se toman registros eléctricos que ayudan a conocer los tipos de formación y las características físicas de las rocas, tales como densidad, porosidad, contenidos de agua, de petróleo y de gas natural. Igualmente se extraen pequeños bloques de roca a los que se denominan "corazones" y a los que se hacen análisis en laboratorio para obtener un mayor conocimiento de las capas que se están perforando.

En la exploración petrolera los resultados no siempre son positivos. La mayoría de las veces los pozos resultan secos o productores de agua.

1.3.6.3.1 Fluido de perforación (lodos)

Un apropiado diseño del fluido de perforación (lodo) permite perforar hasta el objetivo geológico proyectado en forma eficiente y confiable. Los objetivos principales de todo fluido de perforación son obtener buenas tasas (rates) de penetración, minimizar el daño a la formación y permitir una eficiente limpieza del pozo.

Actualmente existen diversos tipos de lodoso, tales como lodos base agua, lodos sintéticos, etc. Los componentes utilizados para formular el lodo base agua son ambientalmente aceptables y de naturaleza inhibitoria, lo cual reduce el volumen de generación de cortes en la perforación. Sin embargo, se debe presentar la lista de productos químicos que se emplearán

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

para la formulación del lodo de perforación por sección del pozo, en conjunto con las Hojas de Seguridad respectivas.

Para cada lodo hay productos de contingencia específicos, cuya cantidad se encuentra regulada por el D.S. N° 032-2004-EM. La razón técnica radica en contar con una cantidad adicional de productos para preparar más lodo en el eventual caso de la pérdida de circulación de fluido.

Entre los principales productos utilizados en el sistema de lodos en las distintas fases de perforación se encuentran: baritina, bicarbonato de sodio, cloruro de calcio, carbonato de sodio, carbonato de calcio, sulfato de calcio, hidróxido de potasio, gel natural (bentonita), sulfato de potasio y ácido cítrico. El empleo de una mezcla específica de lodo durante la perforación dependerá de las características de la formación geológica.

A continuación una descripción del sistema de control de sólidos y líquidos (efluentes) durante la perforación:

Sistema de control de sólidos

Durante la perforación se utiliza un sistema de circuito cerrado para el manejo del fluido de perforación y la lechada o pasta de cemento. El sistema de control de sólidos elimina cortes, gas y sólidos finos del fluido o lodo de perforación. La función del sistema es limpiar el lodo recirculado del fondo del pozo, de manera que éste lodo o "fluido" pueda volver a ser utilizado durante la perforación del pozo.

El proceso se inicia cuando los lodos que retornan a la superficie pasan por el sistema de zarandas, acondicionadores y un sistema de centrifugación. En éste último se separan las fases sólido y líquido. El lodo limpio retorna al sistema para ser bombeado nuevamente al pozo. La fracción sólida o “corte de perforación” es almacenada temporalmente en la poza de cortes.

En el sistema de circulación de lodo también se incluye por lo menos una tolva de mezcla de alto cizallamiento. Debido a la alta precipitación en selva, los tanques de lodo, la tolva y la centrifuga deben estar techados.

Manejo de efluentes de perforación

El agua que no es reutilizada en el proceso de perforación debe ser enviada al sistema de tratamiento de efluentes industriales. Para el manejo de estos efluentes se aplica un sistema de tratamiento consistente en procesos físico-químicos de sedimentación y neutralización del agua, mediante los cuales se reducen la concentración de sólidos en el agua y se estabiliza el pH. El proceso contempla las siguientes etapas:

- Recolección: se recibe el agua del sistema de deshidratación de lodos, se asegura la mezcla y se homogeneíza el agua colectada.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

› Floculación y sedimentación: se inicia el tratamiento con la respectiva adición de química para facilitar los procesos de coagulación, floculación y sedimentación. Se consideran los factores de tiempo de residencia, concentración de los productos químicos y agitación. Todos los productos requeridos deben llevar su hoja de seguridad respectiva.

› Ajuste de parámetros: esta etapa consiste en el monitoreo de los parámetros, a fin de darle mayor tiempo de sedimentación, así como la neutralización con el uso de ácidos diluidos. En esta etapa se realiza también la desinfección del agua con hipoclorito de calcio.

Cabe mencionar que debido a que el pozo inyector es perforado (habilitado) después del primer pozo exploratorio, los efluentes industriales de este último y del pozo inyector serán debidamente tratados y monitoreados antes de su vertimiento a quebradas y/o ríos aledaños, cumpliendo con no sobrepasar los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes líquidos para el Subsector Hidrocarburos.

1.3.6.3.2 Sistema de reinyección de cortes de perforación

Se debe estimar los volúmenes de cortes de perforación del pozo exploratorio con la finalidad de poder dimensionar y perforar los pozos de reinyección. El almacenamiento temporal de estos cortes se realiza en una fosa denominada “fosa de cortes de perforación”.

La fosa de cortes de perforación tiene por finalidad almacenar temporalmente los cortes producto de la perforación. Estos cortes serán reinyectados en un pozo inyector; sin embargo, debido a que el proceso de reinyección es por batch (etapas), es necesario su acopio temporal.

Esta fosa debe ser techada (para no permitir el ingreso de agua de lluvia), impermeabilizada con geomembrana y tener el fondo compactado con una pendiente de aproximadamente 12 º a 15º, tanto en el eje longitudinal como transversal, para ayudar a tener una mejor distribución de los recortes cuando sean descargados.

Como medida de manejo ambiental, la disposición final de los cortes de perforación se realiza en un pozo inyector, para lo cual los cortes de perforación, lodo de perforación remanente y otros residuos sólidos o semisólidos de la perforación son mezclados con agua, formando una lechada.

El agua a emplear para la preparación de la lechada proviene del agua industrial que se genere como parte de la deshidratación de los lodos. Las operaciones de inyección normalmente se hacen en forma discontinua, a bajos regímenes de bombeo (2 a 8 barriles por minuto).

Para inyectar la lechada al pozo inyector se usa una bomba de desplazamiento positivo (triplex) y se dispone de una bomba de cementación como contingencia. Se usan formas compactas de estos equipos para que ocupen el mínimo espacio en la locación.

1.3.6.3.3 Proceso de entubado

El diseño general de entubado de un pozo depende de las condiciones de las formaciones subsuperficiales, de las presiones y de la estabilidad del diámetro interior del pozo. A

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

continuación se presentan algunas definiciones que describen las diferentes series de entubado que se instalan en un pozo:

- Tubo principal (estructura): es la primera sección de tubería que se instala en el pozo. Se introduce en la tierra mediante un martillo mecánico o se lo incorpora en el diseño del piso del sótano (según las condiciones del suelo superficial). No se perfora el pozo antes de la instalación, por lo tanto, no se usa ningún fluido de perforación ni tampoco cemento para ayudar a sostener el entubado.
- Tubo conductor: sobre la base de la información obtenida en las perforaciones de gas a poca profundidad, los datos sísmicos u otros pozos perforados, la tubería guía se coloca por encima de cualquier peligro superficial conocido y en la formación más consolidada posible. El revestimiento se cementa hasta la superficie. Esta sección brinda el soporte estructural necesario y constituye el sello subsuperficial inicial para el equipo de control del pozo (esta tubería puede tener un diámetro variable entre 20 y 25").
- Tubería superficial: se puede usar o no un sistema desviador (equipo de control del pozo inicial) durante la fase de perforación e instalación de la sarta superficial. Este requisito se determinará según los datos del pozo perforado. Esta sección de tubería (de menor diámetro que la anterior) también se cementa hasta la superficie para proteger cualquier zona de agua poco profunda, antes de perforar cualquier posible zona productiva.
- Tuberías intermedias: se utiliza una torre completa de un equipo impide reventones (BOP - blow out preventer) durante la fase de perforación e instalación de esta sección. La sarta intermedia generalmente se coloca en una formación justo por encima de las formaciones productivas. Brinda integridad y estabilidad al pozo, después de haberlo cementado hasta superficie de la sarta superficial, antes de perforar el intervalo productivo.
- Tubería de producción: al igual que la tubería intermedia, se utiliza una torre completa de un equipo impide reventones (BOP-blow out preventer) durante la fase de perforación e instalación de esta sección. La tubería de producción generalmente se coloca a través de todas las formaciones productivas. Después de cementarla hasta 200 m, esta tubería actúa como un sello para los horizontes productivos individuales. La cementación de esta sección debe verificarse con perfiles sónicos para comprobar su calidad.

1.3.6.3.4 Proceso de cementación

Una vez perforado el pozo hasta la profundidad programada en cada sección del mismo, es necesario entubarlo y cementar el espacio anular entre la tubería y las paredes del pozo, con la finalidad de impedir la contaminación de cualquier posible acuífero superficial durante el resto de la perforación y aislar las posibles formaciones productivas entre sí. Para esto se elabora la lechada de cemento en la superficie, mediante un proceso de mezclado dentro de un sistema

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

de circuito cerrado (tanques de acero), que incluye el uso de cemento a granel y sustancias químicas para darle las características adecuadas.

Para la cementación de los pozos se requiere del uso de cemento común Clase V, G o H como un estándar de la industria. Para obtener las características adecuadas del cemento se utilizan aditivos como bentonita, almidón, detergentes, lignito, retardadores y antiespumante. Los aditivos del cemento están sujetos a los mismos rigurosos controles y procedimientos de tratamiento establecidos para el lodo y los aditivos del lodo. La cantidad de aditivo que normalmente se requiere varía de sección en sección, dependiendo de las formaciones encontradas, del tipo de sistemas de lodo y de la densidad requerida para perforar el pozo. Previamente deben realizarse las pruebas de laboratorio para cada lechada de cemento a usar.

El material se bombea dentro del revestimiento, sale por la parte inferior y luego se desplaza fuera del revestimiento y hacia arriba por el espacio anular, creando un sello entre las formaciones expuestas y el revestimiento de acero. Durante el proceso de desplazamiento, parte del cemento puede volver a la superficie. Este cemento que vuelve queda dentro del sistema de circuito cerrado y se captura en un tanque o pozo separado.

En el caso ocurra una contingencia durante la operación de cementación, una línea de desvío (bypass) en la línea de flujo de retorno instalada antes de las zarandas, permite que el cemento y el lodo contaminado con cemento sean depositados en un tanque de contingencia, ubicado delante del área de la trampa de arena. Si se llena este tanque, el excedente se bombea a uno de los otros tanques (contingencia de cortes de perforación) con una bomba de aire para brindar mayor capacidad.

1.3.6.3.5 Completación del pozo

Los trabajos de completación del pozo se inician luego de bajar y cementar la tubería (casing). Durante el proceso de completación se retorna a la superficie los fluidos con base acuosa. Estos fluidos se incorporan al circuito de lodos para su manejo. Al concluir la completación, el pozo queda lleno con diesel en espera de su puesta en producción.

El gas, los condensados y el agua se dirigen a los quemadores (ground flare) respectivos de la fosa de quema, donde serán quemados. Deben estar disponibles y operativos los sensores de gas, detectores de H_2S y equipos portátiles de respiración.

El quemador y la zona de contención conexa deben estar diseñados para reducir al mínimo el riesgo de derrame de líquidos y daños por radiación en la vegetación circundante. Se debe realizar un estudio de radiación para asegurar que el diseño final considere todas las variaciones climáticas posibles. El quemador debe ser monitoreado continuamente para asegurar su operación eficaz y se debe ubicar según la dirección predominante de los vientos.

1.3.6.3.6 Prueba de formación

La prueba de formación, también llamada prueba de pozo, puede tener un periodo de duración de 10 a 20 días con el fin de obtener datos sobre las características del fluido y las formaciones.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

Una vez alcanzada la(s) formación(es) objetivo(s), y en caso de encontrarse trazas significativas de hidrocarburos, pueden ser probadas para determinar la factibilidad de producir comercialmente el pozo. El desarrollo de la acumulación de hidrocarburos dependerá del tamaño del reservorio, 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. Si fuera necesario llevar a cabo una prueba de formación, ésta puede durar hasta 30 días para la evaluación del pozo. En la prueba de pozo se utiliza un cañón perforador para perforar el revestimiento (liner). Este cañón perforador, que es manejado por el contratista, utiliza pequeñas balas de tipo explosivo para perforar el revestimiento. En cuanto al cuidado, la seguridad y el almacenamiento de los cañones perforadores y cargas explosivas, el contratista deberá aplicar las prácticas estándar de la industria.

Para la prueba de producción se requiere del siguiente equipo: un distribuidor, una válvula de regulación, un calentador, un separador, un tanque de prueba y una antorcha (flare). La prueba de formación no requiere de la apertura de un área adicional en el emplazamiento de perforación. El flare o antorcha estará ubicado dentro de la poza de quema, en un extremo de la locación de perforación. Esta área es necesaria para que la antorcha pueda operar de manera segura durante la prueba de formación. El fondo y las paredes de la poza deben ser construidos de arcilla compactada o de cemento debido a que son materiales que resisten el calor de alguna posible llama y, a su vez, permiten prevenir la filtración de fluidos al subsuelo.

1.3.6.4 Etapa de abandono

Al finalizar la fase de perforación y prueba, se evalúa cada pozo y cada sitio para su uso futuro. Un pozo puede abandonarse de manera temporal o definitiva dependiendo de la presencia o ausencia de acumulaciones comerciales de hidrocarburos. Las actividades de la fase de abandono se describen a continuación.

1.3.6.4.1 Abandono del pozo

El pozo debe abandonarse con tapones de cemento o mecánicos, aislando aquellas zonas en donde no se haya puesto revestimiento o donde pudieran existir fluidos. Si es necesario se pueden instalar tapones adicionales en caso que se requiera cubrir algún horizonte productivo o estratos con agua. En el caso de un abandono permanente, además, se coloca un tapón de cemento hasta la superficie, de acuerdo a lo señalado en el D.S. Nº 032-2004-EM (Título IV, Capítulo V - Abandono del Pozo).

1.3.6.4.2 Desmontaje de equipos y desmovilización

Esta etapa incluye el desmantelamiento de todas las facilidades habilitadas de concreto, tales como bases, buzones, red de drenajes o canales, así como otras estructuras de madera (pasarelas y barandas) y estructuras metálicas. La geomembrana recuperada se recicla o se dispone de acuerdo al Plan de Manejo de Residuos del proyecto.

Toda la superficie del campamento de perforación debe ser limpiada y la estructura desarmada. Los equipos electrónicos y cableados deben ser recuperados. Todos los residuos deben ser dispuestos según al Plan de Manejo de Residuos del proyecto. Se debe desmantelar, retirar y

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

disponer de acuerdo al Plan de Manejo de Residuos los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y el incinerador. Los equipos de bombeo, mangueras y otros que fueron instalados en las cercanías del punto de bombeo, deben ser de igual forma desmantelados, retirados y posteriormente transportados.

1.3.6.4.3 Restauración

Posterior a las actividades de desmovilización y desmontaje, se conforma una brigada de restauración, previamente capacitada, responsable de restaurar las áreas intervenidas, mediante trabajos de acondicionamiento que permitan luego los trabajos de revegetación.

La disposición final de cortes de perforación debe realizarse de acuerdo a su ubicación y las facilidades logísticas existentes, lo cual debe ser evaluado en el estudio ambiental correspondiente. Para este efecto se pueden utilizar las siguientes alternativas:

- En zonas altamente sensibles se dispondrán los cortes de perforación mediante reinyección;
- En zonas donde se cuente con accesos terrestre y las condiciones geográficas lo permitan, la disposición final de los cortes se realizará por medio de una EPS- RS;
- En zonas donde no sea factible la reinyección ni el transporte de los cortes, la disposición se realizará en el sitio, requiriendo para ello el tratamiento de los cortes que asegure el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para suelo vigentes.

1.3.6.4.4 Reforestación

La reforestación de las áreas intervenidas consiste en restablecer la cobertura vegetal disturbada por efectos de la ejecución del proyecto, contribuyendo a acelerar los procesos de sucesión natural de los ecosistemas existentes para cada tipo de vegetación presente en la zona.

1.3.6.5 Monitoreo post-abandono

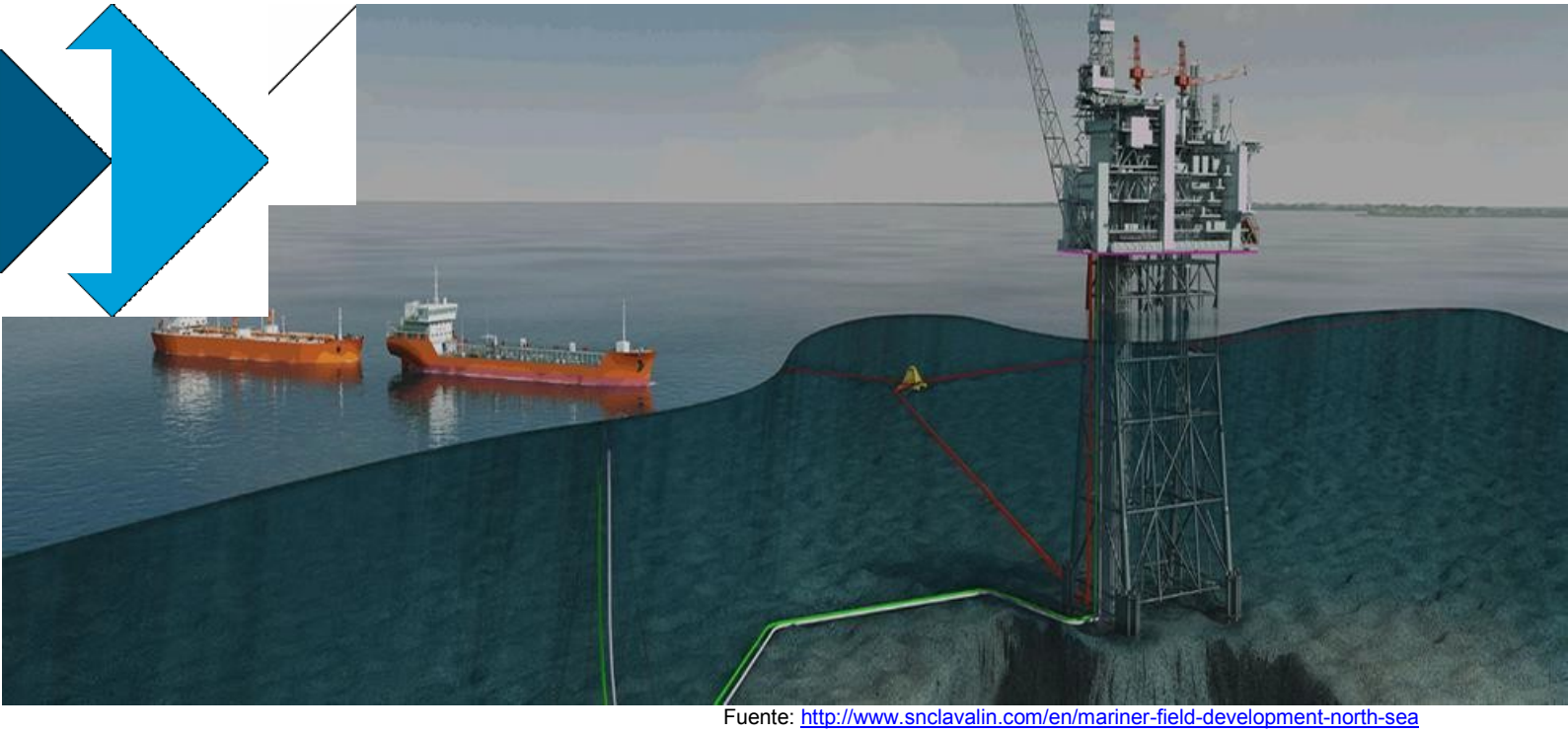
Esta actividad consiste en evaluar el proceso de recuperación de la vegetación que ha fue restablecida en la etapa de abandono, para cada una de las áreas intervenidas en la locación. El monitoreo culmina cuando la vegetación se haya cubierto en un 100%.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

Subcapítulo IV
Descripción de Proyectos

PERFORACIÓN EXPLORATORIA COSTA AFUERA (OFFSHORE)

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial



Fuente: http://www.snclavalin.com/en/mariner-field-development-north-sea

1.4 PERFORACION EXPLORATORIA COSTA AFUERA (OFFSHORE)

El objetivo de un proyecto de perforación exploratoria en mar o en lagos (costa afuera - offshore) sigue siendo el mismo de un proyecto de exploración onshore (subcapítulo anterior); sin embargo, los equipos, componentes y medidas de manejo de residuos específicas que se emplean para lograr el objetivo son diferentes.

La exploración de hidrocarburos costa afuera (offshore) son operaciones más complejas que sobre tierra. Las estructuras costa afuera deben soportar condiciones climáticas extremas y al mismo tiempo, dependiendo de sus dimensiones, las plataformas tienen que albergar a entre 25 a 200 trabajadores con un nivel razonable de comodidad. Asimismo, estas instalaciones necesitan una serie de equipamientos de control y comunicaciones, infraestructuras de anclaje o posicionamiento, generadores eléctricos, salvavidas, equipamiento para prevenir y apagar incendios, apoyo de helicópteros, almacenamiento y gestión de residuos humanos.

En este sentido, en el presente subcapítulo se describen los aspectos más relevantes de los proyectos de perforación offshore, con mayor énfasis en aquellos aspectos que difieren de un proyecto en tierra (onshore).

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.4.1.1 Componentes del proyectoUnidades de perforación offshore

1.4.1.1.1 Plataformas “jack-up”

Las plataformas Jack-up son utilizadas en aguas poco profundas, hasta 100 m de profundidad. Son habitualmente en forma de barcaza triangular o rectangular y son remolcadas al área de perforación. Una vez colocadas en el sitio, los tres o cuatro soportes (patas) de la plataforma son hundidas en el agua hasta que establecen contacto con el fondo marino o del lago, para de esta manera brindarle estabilidad a la estructura.

1.4.1.1.2 Plataformas semi-sumergibles

La unidad semi-sumergible es un tipo particular de barco que está conformado por una estructura “flotante” sumergida justo por debajo del nivel de la superficie. 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 (entre 70 y 1,400 m aproximadamente). Usualmente estas estructuras son ancladas, usando para ello entre seis y 12 cadenas hacia el fondo marino o con un sistema de posicionamiento dinámico. Estas plataformas pueden ser remolcadas al sitio o capaces de trasladarse por su propia propulsión.

La unidad semi-sumergible debe estar anclada en la zona a perforar para mantenerse en su posición. Con este tipo de equipos se puede perforar hasta profundidades finales de pozo de 25,000 pies (7,500 m aproximadamente). Durante la perforación se coloca un equipo impide reventones (BOP - Blow-Out Preventers) y unas conductoras de perforación (risers) que funcionan como aislantes con el medio acuático.

El equipo de perforación se coloca sobre la unidad semi-sumergible, 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. Además cuenta con fuerza motriz para el abastecimiento de energía eléctrica a toda la unidad, incluyendo los motores, el accionamiento de la mesa rotaria que hace girar la sarta de perforación con la broca, las bombas de fluido de perforación (lodo), los tanques de tratamiento del lodo, los tanques de almacenamiento de combustible, los almacenes de químicos, los sistemas de seguridad contra incendio, el área de campamento para el personal de turno, las oficinas de control, entre otras instalaciones auxiliares.

1.4.1.1.3 Barcos perforadores (drill ships)

Los barcos perforadores son unidades de perforación movibles, utilizadas en profundidades de entre 200 y 1,000 m, las cuales utilizan un sistema de anclas o sistema de posición dinámica. Son básicamente grandes barcos instalados con un sistema completo de perforación. Son particularmente útiles en áreas lejanas puesto que no necesitan mucho apoyo. La perforación se efectúa mediante una gran apertura en el fondo del casco.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

El barco de perforación es una unidad autopropulsada, que después de ser anclado, es capaz de posicionarse dinámicamente sobre el objetivo durante los trabajos de perforación y prueba del pozo. Para este posicionamiento dinámico, posee un sistema computarizado para mantener la instalación en su posición y dirigirlo usando sus propias hélices y propulsores.

Sobre la unidad se coloca 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. Cuenta con 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, así como el envío de los materiales y equipos, dependerá de las condiciones meteorológicas y oceanográficas existentes, así como

Fuente: Perupetro, 2011.

también de otras condiciones naturales.

Tipo de unidad de perforación	Profundidad (m)	Descripción
Descripción barcazas y plataformas sumergibles	15 – 30	Barcazas o plataformas que se remolcan hasta el lugar de la perforación y se hunden y apoyan en el fondo. Columna inferior con capacidad de flotación para mantener la torre de perforación a flote

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

Tipo de unidad de perforación	Profundidad (m)	Descripción
		cuando se mueve.
Con gato (sobre soportes)	30 – 100	Plataformas móviles flotantes autoelevadoras, cuyos soportes se elevan para poder remolcarlas. Una vez en el lugar de la perforación, se bajan los soportes hasta el fondo y después se extienden para elevar la plataforma por encima del nivel del agua.
Plataformas flotantes	100 – 3,000+	Estructuras de gravedad de hormigón armado de grandes dimensiones, autónomas, con varios niveles, que se remolcan hasta el lugar de la perforación, se sumergen con lastre de agua hasta una profundidad predeterminada, para que las columnas y los dispositivos estabilizadores contrarresten el oleaje, y se anclan. Con frecuencia, el crudo se almacena en las columnas hasta su descarga.
		Plataformas flotantes más pequeñas, suspendidas de la misma forma, que soportan únicamente el equipo de perforación y son atendidas por una embarcación de servicio
Barcazas de perforación	30 – 300	Barcazas autopropulsadas, flotantes o semisumergibles.
Barcos de perforación	120 – 3,500+	Barcos flotantes o semisumergibles muy avanzados, de diseño especial.
Plataformas fijas	0 – 250	Plataformas construidas sobre soportes de acero (blindajes) que se hunden y fijan en el lugar de la perforación, e islas artificiales utilizadas como plataformas.
Plataformas submarinas	ND	Instalaciones de producción subacuáticas

Fuente: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/75.pdf

1.4.1.2 Unidades de apoyo

Dependiendo de las condiciones y características del proyecto de exploración, las unidades de apoyo tienen relevancia variable. Sin embargo, en general un proyecto de exploración offshore puede contar con las siguientes unidades de apoyo:

1.4.1.2.1 Bases de apoyo logístico

Es necesario establecer uno o más centros de apoyo logística en tierra, los cuales entre sus funciones están:

- Salida e ingreso de unidades de apoyo (otras embarcaciones), responsables del envío de equipos, suministros y rotación de personal de la plataforma.
- Almacenamiento temporal de residuos generados en la plataforma.
- Base de respuesta a contingencia.
- Personal de apoyo, sistema de comunicación, etc.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.4.1.2.2 Sistema de movilización

Para el proceso de movilización y desmovilización de la plataforma de perforación (en lo referente al anclaje de la unidad) se contará con embarcaciones de apoyo marítimo, que posteriormente se emplean para el transporte de materiales y suministros a la unidad de perforación. Posteriormente, se cuentan con otras embarcaciones para el transporte de productos líquidos (agua potable, gasoil, fluidos de perforación) y otros insumos a granel. La movilización se puede realizar de distintas maneras, las cuales se detallan a continuación:

- Aérea: se establece una ruta aérea, siempre se debe contar con helipuertos y movilización aérea para el personal, esto para la operación rutinaria de la plataforma y para dar respuesta rápida en caso de una evacuación de la plataforma.
- Marítima: la ruta marítima es la de mayor frecuencia de uso, es necesario contar con diferentes tipos de embarcaciones según el tipo de transporte a utilizar.
- Terrestre: referido básicamente a las rutas de los subcontristas o empresas responsables del traslado, tratamiento y disposición de residuos peligrosos. También se considera la ruta terrestre para llevar todos los equipos y maquinarias (incluyendo unidades de perforación) para la salida en el puerto, esto dependiendo del tipo de unidad de perforación y el lugar de origen de la misma.

En todos los casos anteriores es necesario contar con una ruta establecida, frecuencia y una descripción de las unidades de movilización a emplear.

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.

1.4.1.3 Manejo de residuos

A continuación se presenta una descripción del manejo de residuos en proyectos off shore que se basa en la “Metodología para la evaluación de procesos de tratamiento y opciones de disposición de residuos de perforación generados costa afuera” (Gustavo Martinez Rodriguez, Universidad Industrial de Santander. Colombia. 2005; 1998).

1.4.1.3.1 Fluido de perforación (lodo)

Los fluidos o lodos de perforación son mezclas complejas de compuestos químicos que son utilizados para el transporte de los recortes de perforación a la superficie; controlar la presión de formación del yacimiento con la de la subsuperficie, a fin de prevenir brotes; y finalmente como sistema de enfriamiento para reducir la fricción. Actualmente, existen fundamentalmente dos clases de lodos:

- Lodos base agua (ABM por sus siglas en inglés) cuya composición es 76% agua de mar, 15% barita y 7% bentonita;
- Lodos de perforación no acuosos (NABM). Estos últimos se subdividen básicamente en:

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

- Lodos base aceite (OBM);
- Lodos base aceite-mineral mejorado (EMOBM);
- Lodos sintéticos (SBM).

Los lodos base agua y sintéticos son menos dañinos al ambiente debido a sus componentes biodegradables, en comparación con aquellos a base aceite. Al final, ambos deben estar sujetos a un plan de manejo que garantice su correcta disposición.

A través del tiempo estos lodos junto con los recortes se convierten en un desecho que se recupera en superficie y que demanda de un tratamiento posterior para su disposición.

Es importante señalar, que cualquier tipo de lodo usado, contienen aditivos tales como:

- Material densificante: la barita (sulfato de Bario) es la sustancia de más uso, la cual permite incrementar la densidad del fluido.
- Inhibidores de corrosión: tal como el oxido de hierro, bisulfato de aluminio, zinc, carbonato y cromato de zinc, los cuales protegen la tubería y otros componentes metálicos de la acción corrosiva del medio.
- Dispersantes: incluyendo el lignosulfonato que coadyuvan a mantener la suspensión (dispersas) de las partículas solidas contenidas en el lodo con el objetivo de facilitar su fluidez.
- Floculantes: tales como polímeros acrílicos, los cuales agrupan las partículas suspendidas facilitando así su remoción del fluido.
- Surfactante: como acido graso y jabones antiespumante que emulsifican los lodos.
- Biocidas: típicamente aminas orgánicas, clorofenoles, etc., los cuales eliminan bacterias que producen gases tóxicos.

1.4.1.3.2 Recortes de perforación

Se denomina así a los recortes de perforación formados por las partículas trituradas de las distintas formaciones atravesadas y que son evacuadas del pozo. Se trata de elementos naturales, provenientes de los suelos y subsuelos que conforman las formaciones y son separados por zarandas, hidrociclones y decantación de lodos.

Los recortes junto con los lodos son recuperados en superficie y sometidos a un proceso de control de sólidos, en esta etapa de pre-tratamiento se lleva a cabo la separación por tamaño de partículas con el fin de recuperar la mayor cantidad posible de lodos. Estos recortes son sometidos a diferentes tratamientos para su disposición.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.4.1.3.3 Tratamiento (lodo y cutting)

El sistema de circulación de los lodos está conformado por los siguientes equipos: zaranda, desgasificador, desarenador, filtro de finos (desilter) y limpiador de lodo (mud cleaner). Las bombas de lodo y los compresores de aire, deberán de estar 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, siguiendo 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.

Por lo general, el sistema de control de sólidos está compuesto por:

- Zarandas “Brandt”: que trabajan como separadores primarios de cortes grandes.
- Zarandas “Brandt”: que trabajan con mallas más finas para la separación de recortes de fina granulometría.
- Desarenador.
- Filtro de finos (Desilter).
- Un Limpiador de Lodos (*Mud Cleaner*).

En las plataformas de perforación ubicadas en el mar o en lagos los residuos deberán ser manejados de acuerdo a las siguientes normas:

- 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 10 m de la superficie del mar o lago.
- Los lodos con base no acuosa y aquellos con base acuosa mezclados con aditivos químicos tóxicos o hidrocarburos, los residuos inorgánicos, basuras industriales, domésticas y no combustibles deberán ser conducidos hacia el continente para su adecuada disposición en tierra firme.

Es importante señalar que la legislación nacional, indica que las plataformas de perforación ubicadas en el mar y en lagos deben disponer de capacidad para almacenar los cortes

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

litológicos de perforación hasta su traslado a tierra firme para su tratamiento, disposición y eliminación mediante unaravés de EPS---RS autorizada.

Cabe señalar que sólo en casos excepcionales 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.

Adicionalmente, cuando la perforación de los pozos se realice en aguas profundas y cuando sea necesario instalar el preventor de reventones (BOP) en el lecho marino, se podrá disponer los cortes de perforación en el fondo marino, hasta que sea posible la instalación de la tubería (forro de superficie) para soportar el BOP. Estos cortes no deberán estar contaminados ni contener sustancias peligrosas.

El proyecto sólo podrá realizar la disposición final de los cortes de perforación limpios si se encuentra fuera de las cinco millas marinas. Tampoco podrá realizarlo de esta forma dentro áreas naturales protegidas (ANP), zonas de amortiguamiento o en zonas sensibles (bancos naturales de recursos bentónicos y arrecifes). En estos casos, la disposición deberá trasladarse fuera de los límites de las áreas. Para la disposición de los cortes, éstos no deberán estar contaminados ni contener sustancias peligrosas. Adicionalmente deberá realizarse los estudios de modelamiento hidrodinámico y demostrar la no afectación significativa al ambiente.

Estas excepciones podrán realizarse previa opinión técnica de la DICAPI; dicha opinión deberá ser solicitada por la autoridad ambiental competente, en el proceso de evaluación del Estudio Ambiental.

1.4.1.3.4 Aguas residuales

El principal componente en el tratamiento de aguas residuales es el dewatering, el cual consiste en el tratamiento y la completa eliminación de los sólidos en suspensión, de todos aquellos fluidos no reutilizables; como el agua utilizada para limpieza, lodos contaminados, volúmenes retirados en las trampas decantadoras, agua utilizada para el lavado del equipo, etc.

Esto se logra mediante la separación mecánica asistida, donde se utilizan polímeros biodegradables para coagular y/o flocular sólidos finos, los que son separados por centrifugado. El sólido generado se almacena en big bags y el agua se vuelve a reutilizar en el fluido de perforación o para dilución. La adición de polímeros se realiza en la línea de alimentación de lodos a decantar, logrando de esta manera la aglomeración de los sólidos con la turbulencia producida en la línea, consiguiendo aumentar el tamaño de estas partículas y por ende una separación más eficiente de la fase líquida. El objetivo del dewatering es desechar la máxima cantidad de sólidos de baja gravedad y reutilizar la máxima cantidad fluido de perforación, de esa manera reducir la dilución y el costo de la disposición.

Las plataformas de perforación ubicadas en el mar o en lagos deberán contar con un sistema para recolectar las aguas residuales, así como los productos químicos, los lubricantes y los combustibles derramados en la plataforma.

Las aguas usadas o servidas de las plataformas y las aguas de lluvia, si están contaminadas con hidrocarburos, deben ser recolectadas y tratadas antes de ser descargadas en el mar o

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

lago. Los residuos orgánicos serán procesados utilizando incineradores, biodegradación u otros métodos ambientalmente aceptados antes de ser vertidos al mar o lagos, de lo contrario serán trasladados a tierra para su disposición, de acuerdo a la normatividad vigente.

No se permite la descarga al aire de los fluidos producidos. Los líquidos serán recibidos en recipientes cerrados; los gases serán quemados en condiciones controladas para lograr su combustión completa y sin emisión significativa de ruido. Los residuos orgánicos podrán ser procesados utilizando incineradores, biodegradación u otros métodos ambientalmente aceptados, para facilitar su traslado a tierra para su disposición final, de acuerdo a la normatividad vigente.

Las emisiones y efluentes podrán realizarse siempre que se cumplan con las autorizaciones y el marco legal ambiental específico además de:

- La quema de hidrocarburos, la cual se rige por lo aprobado en el Decreto Supremo Nº 048-2009-EM, bajo autorización de la Dirección General de Hidrocarburos (DGH) en condiciones controladas de combustión completa.
- El agua producida en las pruebas de producción podrá ser reinyectada o vertida previo tratamiento y cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles (LMP) aplicables a los componentes del sector hidrocarburos; así como la evaluación de la calidad de los mismos.

1.4.2 Etapas y actividades del proyecto

El proyecto de perforación exploratoria en mar se realiza en tres etapas principales, con sus respectivas actividades:

- Etapa de planificación
- Etapa de perforación
  - Tubería de revestimiento (casing) y cementación;
  - Culminación o término del pozo;
  - Pruebas de producción.
- Etapa de abandono

A continuación se describe a detalle cada etapa del proceso.

1.4.2.1 Etapa de planificación

Esta etapa se inicia cuando se tiene la certeza de existencias de reservas, se planea la perforación de pozos confirmatorios en número y cantidad. En esta etapa, se inicia el proceso de los permisos necesarios para iniciar los procesos de perforación. En muchos casos, las unidades perforatorias son traídas de sitios lejanos y requieren un plazo de movilización hasta el sitio de interés, en algunos casos esta movilización podría demorar meses.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

Obtenidos los permisos correspondientes y la aprobación por parte de las autoridades competentes, se da inicio a las actividades previas a la perforación exploratoria que incluye aspectos logísticos y de ubicación del barco de perforación o unidad semi-sumergible de perforación y de las embarcaciones de apoyo, así como la logística requerida en tierra de apoyo.

1.4.2.2 Etapa de perforación

Realizados la etapa de planeamiento, y efectuados los trabajos de batimetría en el área, se ubica el barco de perforación o unidad semi-sumergible de perforación, para ello se instala previamente una boya de demarcación, con el objeto de señalizar la posición exacta donde se ubicará el pozo que se perforara.

La perforación exploratoria tendrá una duración que varía en función a 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 puede usar una sarta de perforación conformada por la tubería de perforación (drill pipe), tubería de perforación semipesada, pesada (heavy weight, drill collars) y una broca.

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. 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.

1.4.2.2.1 Tubería de revestimiento (casing) y cementación

Un componente esencial de los pozos es la colocación de la estructura interna de cemento denominada casing, la cual permite estabilizar el pozo y reducir la posibilidad de derrumbes internos. Desde el punto de vista ambiental, el casing constituye una barrera de protección que impide la mezcla de los lodos de perforación y los fluidos extraídos del subsuelo con los componentes del medio circundante.

Al término de cada sección perforada (dos o tres secciones en total), el pozo debe ser revestido con tubería, cuya longitud total varía de acuerdo a la profundidad perforada. Luego se continúa con los trabajos de cementación del pozo, que es la operación de bombeo de una lechada de

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

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.

La legislación nacional indica que los pozos deberán tener tubería de revestimiento cementada hasta la superficie, siéndole de aplicación las reglas relativas a la cementación que se encuentran desarrolladas en detalle en el Reglamento de Exploración y Explotación de Hidrocarburos aprobado mediante D.S. 032-2004-EM; así como sus modificatorias o sustitutorias.

1.4.2.2.2 Culminación o término del pozo

Los trabajos de culminación o término se realizan en los pozos donde se ha culminado la perforación, el entubado y la cementación para ponerlos en prueba de producción.

La prueba de culminación, incluye el desarrollo de pruebas de ensayo para verificar si la existencia de hidrocarburos es suficiente para justificar tanto la culminación en sí misma como la fase de producción, siendo estas las pruebas a desarrollarse:

- Toma de núcleos: permite medir la porosidad y permeabilidad de la formación.
- *Wireline logging*: determina con mayor precisión la profundidad del petróleo o gas.
- Medición de vapor: indica la presión del pozo y sobre esta base se estima la presión natural con que podría fluir (petróleo, gas y agua) durante la fase de producción.

1.4.2.2.3 Pruebas de producción

Esta es la última fase de la actividad de perforación exploratoria y se realiza una vez terminado el pozo. Es la verificación de la capacidad de producción de crudo y/o gas de un pozo durante su vida productiva. Existen pruebas de producción especiales que se realizan a los pozos con el taladro en sitio, cuando se está evaluando la capacidad de producción en pozos exploratorios o de la capacidad de producción en pozos exploratorios o de avanzada

La producción de los hidrocarburos líquidos será medida y depositada en unos tanques que tendrán una capacidad de almacenamiento adecuada y 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 tiempo de una prueba de pozo puede variar dependiendo del comportamiento del pozo y la necesidad de tener datos confiables. En general, las pruebas de largo período dan mayor información que las 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;

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

› Estimar el caudal de declinación del pozo y el 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.

1.4.2.3 Etapa de abandono

El abandono es una etapa que está condicionada a los resultados de las pruebas de producción del pozo exploratorio. El abandono podrá ser de tipo temporal (en caso se encuentre el objetivo exploratorio con cantidades comerciales de hidrocarburos) o permanente (cuando el objetivo exploratorio no presenta cantidades comerciales de hidrocarburos).

De acuerdo al reglamento de actividades de exploración y explotación de hidrocarburos D.S. N° 032-2004-EM, las actividades de abandono variarán si el pozo se cierra de manera temporal o permanente:

› Si el pozo es abandonado temporalmente, la zona productiva con contenido de hidrocarburos será aislada completamente con tapones de cemento o mecánicos, y se instalará temporalmente a ras del fondo marino un tapón ciego.

› Si el pozo es 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, el barco de perforación o unidad semi-sumergible de perforación se moverá a otra ubicación o su retiro final del sitio.

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.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

1.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

› 2015 - Tamayo, Jesús; Salvador, Julio; Vásquez, Arturo; y De la Cruz, Ricardo (Editores) (2015). La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú: 20 años de aporte al desarrollo del país. Osinergmin. Lima-Perú.

› 2013. Aspectos de Producción. Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Taller de hidrocarburos en Lutitas. Gas Shale. Ing Armando Méndez

› 2012 - "Tecnología de descarga cero de los efluentes de los fluidos de perforación en pozos de offshore plataforma albacora Lote Z-1" tesis para optar el título profesional de ingeniero de petróleo y gas natural. Christian Edinson Ruiz Muñoz Lima – Perú 2012

› 2012 - Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Programa de Perforación de 05 pozos Exploratorios y 04 Pozos Confirmatorios en el Lote 114. Cepsa. Peru 2012

› 2011 - Estudio de impacto ambiental del proyecto de perforación de 30 pozos exploratorios desde 10 plataformas en el Lote 123. Bourlington Resource Conocophillips. Peru 2011.

› 2011 - Estudio de impacto ambiental Perforación de 21 Pozos Exploratorios Desde 7 Plataformas en el Lote 129. Bourlington Resource Conocophillips. Peru 2011.

› 2010 - Estudio de Impacto Ambiental y Social del Proyecto Perforación de Exploratoria, y Sísmica 2D y 3D, Lote Z-33. Savia. Peru. Marzo 2010.

› 2010 - Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de Prospección Sísmica 2D-3D y Perforación de 23 Pozos Exploratorios en Kinteroni, Mapi y Mashira, Lote 57. Repsol. Peru 2010

› 2010 -Estudio de Impacto Ambiental y Social y Estrategia de Desarrollo Sustentable para la Prospección Sísmica 2D de los Lotes 129, 123 y 124. Bourlington Resource Conocophillips. Peru 2010.

› 2006 - Estudio de Impacto Ambiental y Social de la Prospección Sísmica 3D y Perforación Exploratoria del Lote 101. Talisman. Peru 2006.

› 2008 - Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Prospección Sísmica 2D – Lote 127. Cepsa. Peru 2008.

› 2008 Estudio de impacto ambiental y sociocultural de los estudios geofísicos y geotécnicos del fondo marino para las instalaciones costa afuera del Bloque 2 Y Bloque 3, Proyecto Plataforma Deltana. Chevron. Venezuela. 2008

› 2008 - Estudio de impacto ambiental y sociocultural, Programa de Perforación Exploratoria de dos (2) pozos ubicados en el Yacimiento Dragón Proyecto Mariscal Sucre. PDVSA. Venezuela 2008.

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial

› 2007 - Estudio de Impacto ambiental y Social de la prospección Sísmica 2D de 445 KM en el Lote 104. Bourlington Resource ConocoPhillips. Peru. Noviembre 2007.

› 2005 - Gustavo Martinez Rodriguez. Metodología para la evaluación de procesos de tratamiento y opciones de disposición de residuos de perforación generados costa afuera. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería de Petróleos. Bucaramanga. Colombia. 2005.

› 2005 - Plan de manejo de residuos y residuos producidos en los pozos exploratorios de la fase A del Proyecto Rafael Urdaneta. Trabajo especial de grado a la Universidad Simon bolívar por Ana Margarita Perea de Rivas, Venezuela Diciembre 2005

› 1998 – "El Pozo Ilustrado". Efraín E. Barberii, S.A. Petróleos de Venezuela. Cuarta Edición.

› 1998 - Encyclopaedia of Occupational Safety and Health. Oil: Exploration and Drilling Autor: Kraus, Richard S. . 1998.

Páginas Web visitadas:

› Sociedad Peruana de Hidrocarburos. http://www.sphidrocarburos.com/index.php

› PeruPetro http://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/perupetro/site

› PetroPeru http://www.petroperu.com.pe/portalweb/index.asp?Idioma=1

› SNC-Lavalin http://www.snclavalin.com/en/cygnus-jacket

› Osinergmin http://www.osinergmin.gob.pe/

› PDVSA http://www.pdvsa.com/

› ConocoPhillips http://www.conocophillips.com

› Savia Peru http://www.saviaperu.com

› MINAM http://www.minam.gob.pe

› PetroPerú. Recuperado el 22 de junio de 2016, de

http://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/3b4e7478-f9e8-417b-8a38-5aff8a13b763/Operaciones+petroleras+en+elz%C3%B3calo+continental+del+noroesteperuanoPiura.pdf?MOD=AJPERES

© 2016 SNC-Lavalin Perú
Derechos reservados - Confidencial