

**METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO DE
EXPLORACIÓN SÍSMICA TERRESTRE EN COLOMBIA**

ANDRÉS MAURICIO LONDOÑO VÁSQUEZ

JUAN SEBASTIAN PINTO MEZA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2013

**METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO DE
EXPLORACIÓN SÍSMICA TERRESTRE EN COLOMBIA**

ANDRÉS MAURICIO LONDOÑO VÁSQUEZ

JUAN SEBASTIÁN PINTO MEZA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO DE PETRÓLEOS**

M.Sc. OLGA PATRICIA ORTIZ CANCINO

DIRECTOR

Esp. MIGUEL ÁNGEL ARANZAZU RENDÓN

CO-DIRECTOR

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2013

DEDICATORIA

*Con todo el amor del mundo a,
Dios por encima de todo, por mantener mi fe siempre viva, por demostrarme que “Al que
cree todo le es posible. Marcos 9:23”.*

A mi señora y amada madre, porque sin ella este sueño no hubiera sido posible.

A mi papá John, por siempre estar ahí.

A mi papá Yair, por transmitirme su amor y por todos sus consejos.

A mi hermanita Manuela.

A mi familia, tíos, primos, abuelitos.

A Juanita María, por ser la persona más fascinante que jamás conocí.

A Juan Sebastián Villamizar, por ofrecerme una amistad sincera.

A la memoria de mi buen amigo Jorge Emilio Monsalve Galeano (Q.E.P.D).

*A todos mis parceros y amigos, especialmente a Pablo Londoño, Pablo Gómez, David
Medina, Eyleen Vanessa, Cristian Buitrago, Javier Niño, Laura Cabrales, Felipe Cipagauta,
Margarita Moya, Humberto León, Carlos Lanzziano, Diego Villaveces, Sergio López, Shirley
Jaimes, Adrián Ruiz, siempre los recordaré.*

A mi familia santandereana, especialmente a Fanny y a Wilson Fernando.

A mi compañero de proyecto Juan Sebastián Pinto Meza, por ser una excelente persona.

A mis amigos los ciclomontañistas y al profe Jaime Alberto Rincón.

Y por último a la bicicleta, porque la disciplina que crea es bella.

Andrés Mauricio Londoño Vásquez

DEDICATORIA

En primer lugar quiero agradecer a Dios por todas sus bendiciones y por acompañarme en todo momento.

A mi madre María Helena y a mi padre Alonso, por sus enseñanzas, consejos y el apoyo que me han brindado durante mi vida.

A mi hermano Andrés Felipe y mi primo Nicolás por su compañía y amistad.

A mi familia en especial a mi nono Jesús María, y a mis nonas Ana Jesús y Ana por darme la familia que tengo, al igual que a mi tía Sol y mis padrinos chucho y Janeth y demás familiares por su cariño.

A Mauro con quien sacamos adelante este proyecto a pesar de los diferentes inconvenientes e intentos que hicimos.

A mis amigos y compañeros porque de cada uno aprendí; a Felipe Guio y Andrés Ibáñez por haberme acompañado durante toda esta etapa y a quienes considero grandes seres humanos y mis mejores amigos, a Diego Fernando un excelente amigo, a Juanita por su amistad y espontaneidad, a Erika Calderón a quien quiero mucho, a Rogert, Clau, Angie Bueno, Alejo, Ricardo, Archila, Sergio D., Sergio C., y demás personas que de una u otra forma me han enseñado y a quienes recordare.

Juan Sebastián Pinto Meza

AGRADECIMIENTOS

A Dios por iluminarnos y permitirnos culminar esta meta en nuestras vidas.

A la prestigiosa Alma Mater Universidad Industrial de Santander y su Escuela de Ingeniería de Petróleos por todas sus enseñanzas, por haber permitido formarnos como seres humanos de bien y profesionales de la industria.

A todos aquellos docentes que compartieron y transmitieron todos sus conocimientos durante estos años.

A la Ingeniera Olga Patricia Ortiz Cancino, por haber brindado su apoyo como directora de este proyecto de grado, por sus consejos y sugerencias.

A Miguel Aranzazu, por su valiosa colaboración, apoyo incondicional, consejos y por estar presente en todo momento para la realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. MARCO CONCEPTUAL	22
1.1. SÍSMICA	22
1.2. EXPLORACIÓN SÍSMICA TERRESTRE	22
1.3. HISTORIA DE LA EXPLORACIÓN SÍSMICA	23
1.4. ADQUISICIÓN SÍSMICA TERRESTRE	23
1.4.1. Aspectos generales.....	23
1.5. FUENTES DE ENERGÍA	26
1.5.1. Fuentes impulsivas	27
1.5.2. Fuentes vibratorias.....	31
1.5.3. Cañones de aire.....	32
1.5.4. Fuentes de energía de percusión	33
1.5.5. Cargas superficiales.....	34
1.6. REGISTRO	35
1.6.1. Pruebas de equipos	36
1.6.2. Plantado de geófonos	36
1.6.3. Número de geófonos por grupo	37
1.6.4. Teoría de patrones.....	38
1.6.5. Análisis de la relación señal/ruido	39
1.6.6. Control de calidad de la información	40
1.7 MÉTODOS ALTERNATIVOS DE EXPLORACIÓN	41
1.7.1. Método gravimétrico.....	41

1.7.2. Método magnético.....	41
1.7.3. Método geoquímico.....	42
1.7.4. Métodos eléctricos	43
1.7.5. Resistividades.....	44
1.7.6. Sondeo eléctrico vertical.....	44
1.7.7. Tomografía eléctrica	45
1.7.8. Exploración geológica de superficie.....	45
1.7.9. Proyectos especiales	46
1.8. SÍSMICA MARINA	48
1.8.1. Configuración marina para la prospección sísmica.....	49
1.8.2. Configuración de los receptores	50
2. LICITACIONES EN LA INDUSTRIA PETROLERA.....	52
2.1. PROCESOS DE SELECCIÓN	53
2.1.1. Modalidades de procesos de selección	53
2.1.2. Análisis de procesos de selección	55
2.2. GENERALIDADES DE LAS LICITACIONES.....	56
2.2.1. Proceso de licitación pública.....	56
2.2.2. Documentación de una licitación	60
2.3. TIPOS DE PROPONENTES.....	63
2.3.1. Proponentes singulares	63
2.3.2. Proponentes plurales	64
2.4. ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA.....	65
2.4.1. Requisitos jurídicos.....	65
2.4.2. Requisitos financieros.....	68

2.4.3. Requisitos técnicos	69
2.4.4. Propuesta económica	70
2.4.5 Recomendaciones	71
3. FASE LOGÍSTICA Y OPERATIVA DE UN PROYECTO DE EXPLORACIÓN SÍSMICA TERRESTRE.....	74
3.1. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DEL PROYECTO	74
3.1.1. Datos del programa.....	74
3.2. ASPECTOS LOGÍSTICOS.....	75
3.3. ANÁLISIS DE SOPORTE	76
3.4 ANÁLISIS OPERATIVO	79
3.4.1 Dificultades para topografía	79
3.4.2 Dificultades para perforación	80
3.4.3 Dificultades para registro	80
3.5. ASPECTOS OPERATIVOS	81
3.5.1. Actividades pre-operativas.....	81
3.5.2. Programación propuesta.....	83
3.5.3. Movilización	83
3.6. OPERACIONES DE CAMPO.....	85
3.6.1. Levantamiento topográfico y posicionamiento	85
3.6.2. Perforación.....	89
3.6.3. Registro.....	90
4. GESTIÓN AMBIENTAL.....	92
4.1. ANTECEDENTES	92
4.2. MARCO JURÍDICO AMBIENTAL	92

4.3. PARTICIPACIÓN CIUDADANA	94
4.4. PLANIFICACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO	94
4.5. CICLO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL	97
4.6. MANEJO AMBIENTAL PARA LAS ETAPAS DE UN PROYECTO DE EXPLORACIÓN SÍSMICA	98
4.6.1. Manejo ambiental para la instalación de campamentos.....	98
4.6.2. Residuos solidos.....	101
4.6.3. Gestión ambiental de líquidos.....	102
4.6.4. Gestión ambiental de helipuertos.....	106
4.6.5. Gestión ambiental para actividades de trocha y topografía	108
4.6.7. Detonación de cargas y registros.....	111
4.6.8. Manejo ambiental para la utilización de vibradores.....	113
4.7. PLAN DE CONTINGENCIA	114
4.8. INTERVENTORÍA AMBIENTAL.....	115
5. GESTIÓN SOCIAL.....	117
5.1. RESPONSABILIDADES Y ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL PLAN DE GESTIÓN SOCIAL.....	118
5.2. INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN.....	121
5.2.1. Reconocimiento del área e identificación de comunidades.....	121
5.2.2. Información y comunicación a autoridades locales y comunidades del área de influencia.....	122
5.2.3. Reuniones de pre-socialización	123
5.2.4. Socialización del proyecto ante autoridades locales y comunidades	124
5.2.5. Reuniones informativas (sean de avance y/o extraordinarias.....	124
5.2.6. Oficina de atención a la comunidad	125

5.2.7. Manejo de quejas, reclamos e inquietudes	125
5.2.8. Reuniones de cierre	126
5.3. PARTICIPACIÓN LABORAL.....	127
5.3.1. Generación de empleo.....	127
5.3.2. Proceso de selección para el personal a contratar	129
5.3.3. Programa de bienestar a los empleados.....	131
5.4. MATRIZ DE SEGUIMIENTO PARA LA ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN LABORAL	131
5.5. ADQUISICIÓN DE BIENES Y SERVICIOS A NIVEL LOCAL	133
5.5.1. Matriz de seguimiento para la estrategia de adquisición de bienes y servicios a nivel local	135
5.6. INVERSIÓN SOCIAL VOLUNTARIA	136
5.6.1. Metodología para elaboración plan de aportes a la comunidad.....	136
5.6.2. Manejo de Cotizaciones.....	137
5.7. SEGUIMIENTO Y MONITOREO	139
5.7.1. Informes y reuniones.....	139
5.8. PROTOCOLO DE ATENCIÓN A CONTINGENCIA SOCIAL.....	140
5.8.1. Pasos del plan de contingencia social	141
5.9. CONTROL DE REGISTROS	142
6. METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTAR UN PROYECTO DE EXPLORACIÓN SÍSMICA TERRESTRE EN COLOMBIA.....	143
7. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DESARROLLADA PARA UN PROYECTO DE EXPLORACIÓN SÍSMICA TERRESTRE EN UNA CUENCA SEDIMENTARIA DE COLOMBIA	149
7.1. CUENCA SEDIMENTARIA CAGUÁN-PUTUMAYO	150

7.2. DATOS DEL PROGRAMA.....	151
7.3. PARÁMETROS REQUERIDOS.....	152
7.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	152
7.5. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LOS COSTOS.....	154
7.5.1. Definiciones	155
7.6. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES QUE INCIDEN EN LA PRODUCCIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS DE TOPOGRAFÍA, PERFORACIÓN Y REGISTRO ...	157
7.6.1. Producciones estimadas	158
7.7. LOGÍSTICA.....	162
7.7.1. Fase pre-operativa.....	162
7.7.2. Fase operativa	163
7.7.3. Fase post-operativa	165
7.8. FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO.....	166
7.9. ANÁLISIS DE COSTOS.....	168
8. CONCLUSIONES	171
9. RECOMENDACIONES	174
BIBLIOGRAFÍA.....	175

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Líneas 2D Tipo Sparse 1:4	26
Figura 2. Líneas 2D Tipo Stack Array	26
Figura 3. Explosión de 1000 Kilos de explosivos.	29
Figura 4. Brisance, Micro-fracturación y Zona Anaelástica.	29
Figura 5. Patrón de fuente versus cargas unitarias.	30
Figura 6. Camión vibrador.	31
Figura 7. Correlación de una señal de vibrador	32
Figura 8. Sísmica de reflexión en alta mar utilizando cañones de aire	33
Figura 9. Digipulse o Thumper.	34
Figura 10. Bolsa Poulter.	34
Figura 11. Cargas superficiales versus enterradas.	35
Figura 12. Interacción de los números de ondas de las señales de reflexión, onda de tierra y onda de aire.	39
Figura 13. Red telemétrica.	90
Figura 14. Diagrama de flujo: Requisitos y condiciones referentes a licencias ambientales.	93
Figura 15. Planificación ambiental.	95
Figura 16. Ciclo de la gestión ambiental.	97
Figura 17. Criterios ambientales para minimizar el daño ambiental debido a la adecuación del sitio.	100
Figura 18. Relleno sanitario para residuos biodegradables.	102
Figura 19. Diseño de la letrina.	104
Figura 20. Diseño del campo de infiltración.	105
Figura 21. Pozo séptico.	106
Figura 22. Dimensiones de un helipuerto en una zona boscosa.	107
Figura 23. Dimensiones Trocha.	109
Figura 24. Modelos de cruce de cuerpos de agua.	110

Figura 25. Actividades desarrolladas en el proceso social.....	117
Figura 26. Diagrama de Flujo Adjudicación de Contratos de Exploración.	144
Figura 27. Diagrama de Flujo Fase Logística y Operativa.	145
Figura 28. Diagrama de Flujo Gestión Ambiental.	146
Figura 29. Diagrama de Flujo Gestión Social.....	148
Figura 30. Localización y límites de la cuenca Caguán-Putumayo.	151
Figura 31. Mapa del proyecto.	154

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Propiedades del Sismigel.....	27
Tabla 2. Etapas del proceso licitatorio.	57
Tabla 3. Fórmulas de indicadores financieros básicos.....	68
Tabla 4. Principales normas ambientales aplicables a la exploración sísmica.	94
Tabla 5. Criterios para la planificación ambiental del proyecto.	96
Tabla 6. Distancias mínimas para puntos de disparo.	113
Tabla 7. Riesgos asociados al desarrollo de un programa sísmico terrestre.	115
Tabla 8. Actividades del interventor ambiental.....	116
Tabla 9. A nivel de empresa.	119
Tabla 10. A nivel de campo.....	120
Tabla 11. A nivel de interventoría.	121
Tabla 12. Matriz de seguimiento.	126
Tabla 13. Cargos correspondientes a la mano de obra calificada.	128
Tabla 14. Temas involucrados con la operación.....	130
Tabla 15. Matriz de seguimiento para la estrategia de participación laboral.....	132
Tabla 16. Suministros y servicios requeridos.....	133
Tabla 17. Observaciones y requisitos de los servicios locales.....	134
Tabla 18. Matriz de seguimiento para la estrategia de adquisición de bienes y servicios a nivel local.	135
Tabla 19. Matriz de seguimiento para la estrategia de aportes a la comunidad. .	138
Tabla 20. Comité de Contingencia Social.	141
Tabla 21. Costos por centro de costo.	155
Tabla 22. Costos por departamento.....	156
Tabla 23. Cronograma de actividades según la producción proyectada.....	159
Tabla 24. Hoja de cálculo de costos topografía	160
Tabla 25. Flujo de caja del proyecto.	166

RESUMEN

TÍTULO: METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO DE EXPLORACIÓN SÍSMICA TERRESTRE EN COLOMBIA¹

AUTORES: ANDRÉS MAURICIO LONDOÑO VÁSQUEZ

JUAN SEBASTIÁN PINTO MEZA²

Palabras claves: Exploración, Sísmica, Licitación, Cuenca Sedimentaria.

Los proyectos de exploración sísmica terrestre en Colombia juegan un papel muy importante para el desarrollo de la industria petrolera, ya que estos permiten identificar las estructuras de los yacimientos almacenadores de hidrocarburos que se encuentran bajo el subsuelo. La prospección sísmica sin lugar a dudas constituye una de las principales herramientas de la exploración y caracterización de los yacimientos en las cuencas sedimentarias del país. Entre los procedimientos más comunes se encuentra el método de reflexión, donde pequeñas cargas de sismigel se detonan. Las ondas generadas por la perturbación viajan por el subsuelo donde se reflejan y se refractan en los cambios de rigidez del medio recorrido, posteriormente las ondas son registradas por instrumentos denominados geófonos, seguidamente son procesadas por un sismógrafo, para que los geofísicos realicen mediante un laborioso trabajo estimaciones sobre yacimientos de hidrocarburos.

Una metodología para implementar un proyecto de estas magnitudes es de vital importancia, ya que permite hacer un seguimiento sobre los aspectos que más influyen en la planeación de actividades operativas y logísticas, así como de la influencia de los factores sociales y ambientales, buscando minimizar costos y tiempos operacionales. Al final de este trabajo se presenta un ejemplo de la metodología planteada para la exploración de la cuenca sedimentaria Caguán – Putumayo.

¹ Trabajo de Grado

² Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Olga P. Ortiz C. Codirector: Miguel A. Aranzazu R.

ABSTRACT

TITLE: METHODOLOGY FOR THE IMPLEMENTATION OF A LAND SEISMIC EXPLORATION PROJECT IN COLOMBIA³

AUTHORS: ANDRÉS MAURICIO LONDOÑO VÁSQUEZ

JUAN SEBASTIÁN PINTO MEZA⁴

Key words: Exploration, Seismic, Tender, Sedimentary Basin.

Land seismic exploration projects in Colombia play an important role for the development in oil industry, since these projects allow to identify the structures of the hydrocarbon reservoir storages that are located below the surface. The seismic prospecting, undoubtedly constitutes one of the main tools of the exploration and characterization of the fields in the sedimentary basin along the country. Among all the most common processes, we have the Reflection Method, where small loads of sismigel are detonated. The waves generated by the perturbation travel below the surface where they are reflected and are refracted in the changes of rigidity of the traveled form; afterwards the waves are registered by instruments called geophones, and then they are processed by a seismograph, so the geophysicists make throughout a laborious work estimations about hydrocarbon reservoirs.

A methodology to implement a Project of such a big magnitude is clearly vital, since it allows to do a follow up about the aspects that influence the most in the planification of operative and logistical activities, as well as the influence of social and environmental factors, looking for minimizing operational costs and times. At the end of this research it is illustrated an example of the suggested methodology for the exploration of the Caguán-Putumayo sedimentary basin.

³ Degree Project

⁴ Faculty physic chemical engineering. Petroleum Engineering School. Director: Olga P. Ortiz C. Co-director: Miguel A. Aranzazu R.

INTRODUCCIÓN

El petróleo se encuentra localizado bajo la superficie o subsuelo terrestre, en áreas en las que hay rocas con ciertas características especiales (porosidad, permeabilidad, almacenamiento). La sola existencia de esas rocas, no prueba que allí haya un yacimiento que lo contenga, para ello es necesario hacer exploración del subsuelo con trabajos de sísmica, para saber con mayor certeza dónde puede haber petróleo y dónde no, y así descartar las zonas antes de realizar una inversión en un yacimiento.

Una correcta planeación de los proyectos de exploración sísmica es vital para la industria de los hidrocarburos, ya que estos son fundamentales para recopilar la información necesaria que permite localizar los tipos de estructuras almacenadoras de hidrocarburos y así facilitar la toma de decisiones de los futuros prospectos de perforación.

El presente proyecto de grado permite conocer y comprender los aspectos que más influyen en la planeación de actividades operativas y técnicas, así como de la influencia de factores sociales y ambientales, buscando minimizar costos y tiempos operacionales, con un enfoque que permite aplicar la metodología planteada en los primeros capítulos a la cuenca sedimentaria colombiana Caguán-Putumayo, donde el fin sea incentivar las buenas prácticas para el desarrollo de las actividades de exploración petrolera en el país.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. SÍSMICA

La sísmica es un proceso geofísico que consiste en crear temblores artificiales de tierra, mediante explosivos que causan ondas, con las cuales se hace una ecografía del subsuelo. Con la información obtenida de la línea sísmica se producen mapas del subsuelo donde aparecen diversas estructuras presentes en el área objeto de estudio, incluidas aquellas que potencialmente pueden almacenar hidrocarburos.

1.2. EXPLORACIÓN SÍSMICA TERRESTRE

La exploración sísmica comprende una serie de estudios geológicos y geofísicos realizados en áreas bastante amplias, con el fin de identificar objetivos favorables para realizar operaciones respectivas, generalmente en ese tipo de procesos se realizan pruebas de sísmica para determinar zonas de interés, con el objeto de obtener información del subsuelo y así tener un insumo para definir áreas de interés con alta probabilidad de encontrar reservas de hidrocarburos.

La actividad sísmica comprende actividades como son: topografía, apertura de trochas, perforación, cargado de pozos, detonación, y registro. Posteriormente una vez terminadas las actividades de registro, se debe realizar la fase de restauración final.

1.3. HISTORIA DE LA EXPLORACIÓN SÍSMICA⁵

A Aristóteles (384 – 322 a. C.) se le asigna el crédito de haber realizado la primera publicación geofísica. En 132 a. C., Chang Heng utilizó su sismoscopio para indicar actividad sísmica y determinar la dirección y magnitud del temblor. Leonardo Da Vinci (1452 – 1519) identificó que las rocas de los Alpes estuvieron sumergidas alguna vez en el fondo marino, al conseguir fósiles de conchas marinas. Muchos científicos hicieron contribuciones importantes en las áreas de magnetismo, difracción y refracción de ondas, leyes de movimiento, movimiento de las placas tectónicas, etc. que son la fundamentación de la sísmica que se usa en la actualidad.

A finales del siglo XIX se realizaron los primeros registros académicos de temblores. La geofísica se dividió en 4 áreas de estudio de las propiedades de la Tierra: gravimetría, magnetismo, electroquímica y comportamiento acústico. El método sísmico es el más usado en la exploración de hidrocarburos.

1.4. ADQUISICIÓN SÍSMICA TERRESTRE⁶

La adquisición de sísmica terrestre es el método geofísico más usado a nivel mundial para la exploración de hidrocarburos. La sísmica de reflexión se puede adquirir en tres tipos de ambientes: Marino, Terrestre y Zonas de Transición.

1.4.1. Aspectos generales

En el método sísmico se utiliza una fuente de energía impulsiva o vibratoria para generar las ondas elásticas que se propagan hacia el subsuelo pasando por capas

⁵ HERRERA, Yajaira. COOPER, Norman. Mustagh Resources Ltda. (2010). “Manual para la adquisición y procesamiento de sísmica terrestre y su aplicación en Colombia”. UNAL Colombia. ANH. p 15.

⁶ Ibid, p 18-20.

de rocas que poseen propiedades físicas y litológicas de interés; una parte de la energía de las ondas se transmite y otra se refleja, cuando los campos de onda llegan a superficie son captados por instrumentos llamados geófonos. La información se almacena en forma digital en los equipos de registro del sismógrafo o “Casablanca”.

1.4.1.1. Aplicación del método sísmico

La aplicación del método sísmico cubre varias fases que se concatenan para optimizar los resultados. El proceso comienza con un grupo de geólogos y/o geofísicos que hacen un estudio del subsuelo y definen un área en donde la geología sugiere qué hidrocarburos podrían estar almacenados en esa área. Luego se determinan los parámetros de adquisición que iluminen la zona de interés apropiadamente creando un balance entre presupuestos, calidad de la imagen y preservación del medio ambiente. Luego se procede a obtener permisos de los propietarios de los terrenos para poder tener acceso a la superficie durante todas las etapas subsiguientes. Simultáneamente se desarrollan estudios y planes de manejo tanto social como ambiental. Después se realizan el levantamiento topográfico del proyecto, el corte y preparación de las líneas sísmicas.

1.4.1.2. La aplicación del método sísmico es muy similar en todo el mundo

Las diferencias principales entre el caso colombiano y el mundial radican en el tipo de topografía en donde se trabaja, los instrumentos disponibles para la preparación de las líneas, las fuentes de energía empleadas, los sistemas de registros, el control de calidad y el procesamiento de los datos. El análisis de las variables superficiales que involucran al método sísmico es similar en todos los países. Para determinar si el levantamiento sísmico es viable o no, se estudia la topografía, la geología superficial, los aspectos climáticos, comunidades, líneas de flujo, etc.

El estudio de la geología superficial es fundamental, pues dependiendo de la dureza de las rocas en la capa meteorizada se han de usar diferentes equipos de perforación.

La topografía es uno de los aspectos que define la fuente de energía a emplear: El vibrador debería emplearse solamente en los llanos y la dinamita en cualquier zona. En zonas montañosas y/o rugosas se afecta la implementación de patrones de receptoras. La identificación previa de las vías de acceso, zonas pobladas, restricciones culturales, pozos, líneas de flujo, nacimientos de agua, etc. tienen una gran influencia en las operaciones.

1.4.1.3. Análisis de las variables de subsuelo

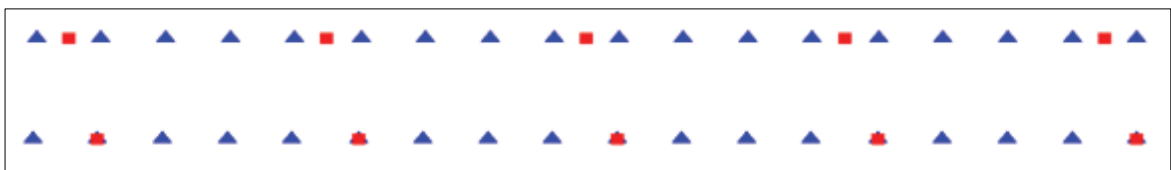
Para el diseño de levantamientos sísmicos se utilizan tres modalidades. Las operadoras que tienen el personal capacitado hacen el diseño internamente, otras contratan a una compañía externa especializada en el diseño de parámetros 2D-3D-4D, y las restantes solicitan a las contratistas este servicio. En los casos en los cuales la operadora determina los parámetros a seguir, la contratista sugiere cambios para optimizar el levantamiento.

Antes de planificar un levantamiento se hace geología de superficie. En sitios en donde no exista sísmica previa, se buscan afloramientos y se miran los buzamientos para crear un modelo del subsuelo. Si existe sísmica regional previa, se estudia la sección, los parámetros empleados, etc. y se determina en que área se colocará la nueva línea 2D o grilla 3D.

Tanto en Colombia como en el resto del mundo se usan dos tipos de líneas 2D: 2D Sparse y Stack Array. Las líneas 2D tipo Sparse son aquellas en donde existe una mayor densidad de receptoras que de fuentes y la relación puede variar entre 1:2, 1:3 hasta 1:5, la línea de arriba tiene las fuentes centradas entre dos

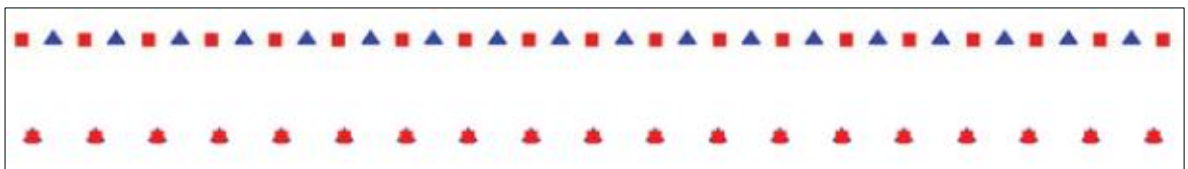
receptoras y la de abajo las tiene compartiendo la misma posición (ver figura 1). Las líneas con Stack Array son aquellas en las que el intervalo de las receptoras es igual al de las fuentes, es decir que se tienen las mismas densidades de receptoras que de fuentes, la línea de arriba tiene las fuentes centradas entre dos receptoras y la de abajo en la misma posición (ver figura 2). La opción Stack Array se hace posible con la utilización de vibradores debido a que se pueden seleccionar parámetros de barridos que no afecten los costos ni el tiempo de producción. Se recomienda colocar las fuentes a la mitad de la distancia entre dos grupos de receptoras para aumentar la diversidad de las distribuciones de offsets.

Figura 1. Líneas 2D Tipo Sparse 1:4



Fuente: HERRERA, Yajaira. Manual para la adquisición y procesamiento de sísmica terrestre y su aplicación en Colombia. p 21.

Figura 2. Líneas 2D Tipo Stack Array



Fuente: HERRERA, Yajaira. Manual para la adquisición y procesamiento de sísmica terrestre y su aplicación en Colombia. p 21.

1.5. FUENTES DE ENERGÍA

El dispositivo que entrega la energía para la adquisición de datos sísmicos se le conoce como fuente de energía.

Cuando se diseña una campaña de adquisición de datos sísmicos la elección de la fuente dependerá de factores económicos, geológicos, estructurales y ambientales.

1.5.1. Fuentes impulsivas

Los explosivos proporcionan la mayor cantidad de energía posible requerida de prospección produciendo un pulso de corta duración y alta densidad. Consisten en un detonador y una carga explosiva.

Inicialmente se utilizaba la dinamita, actualmente se utilizan otro tipo de cargas para el caso de Colombia se usa SISMIGEL (ver tabla 1), tanto el sismigel como los detonadores o fulminantes son suministrados por INDUMIL.

Tabla 1. Propiedades del Sismigel.

Descripción	SISMIGEL
Explosivo	Sismigel
Peso unitario aprox. (g)	450
Diámetro (cm)	5.1
Longitud (cm) 450(g)	27
Densidad (g/cm ³)	1.2
Resistencia al agua	Excelente
Velocidad de detonación (m/s)	5600
Resistencia a la presión hidrostática (2kgf/cm ²)	140

Fuente: Tomado de HERRERA, Yajaira. Manual para la adquisición y procesamiento de sísmica terrestre y su aplicación en Colombia. Tabla 9.

1.5.1.1. Diseño de pruebas para la profundidad de los pozos⁷

Si se trabaja en un área nueva se procede a realizar pruebas para la profundidad de los pozos y el tamaño de la carga, las cuales se realizan al inicio de la sísmica.

Por lo general se seleccionan 2 a 3 áreas diferentes a lo largo de la línea 2D o del levantamiento 3D. En cada área se diseña una agrupación de cargas en donde se van a estudiar los tamaños de la carga, las profundidades del pozo y tipo de explosivo o número de pozos para el patrón de fuentes. Cada configuración deberá estar separada entre sí unos 5 metros, de modo que cuando se active una carga no se genere una detonación de las otras, pero lo suficientemente cerca como para que todas estén en un área con las mismas propiedades del terreno.

1.5.1.2. Relación de la profundidad de los pozos con la geología

Tres eventos distintos ocurren cuando se detona un explosivo, (ver figura 3):

- **Térmico:** Este es un evento de radiación y se propaga a la velocidad de la luz.
- **Brisance:** (rompimiento): es en donde se crean micro-fracturas en los materiales que rodean a la carga.
- **Gaseoso:** se produce por los gases que se expanden durante la combustión del explosivo.

De estos tres eventos, sólo la expansión del gas tiene la capacidad de mover físicamente y de desplazar cantidades significativas de material y es uno de los componentes principales en un pozo soplado.⁸

⁷ Ibid, p 56.

⁸ Ibid, p 57.

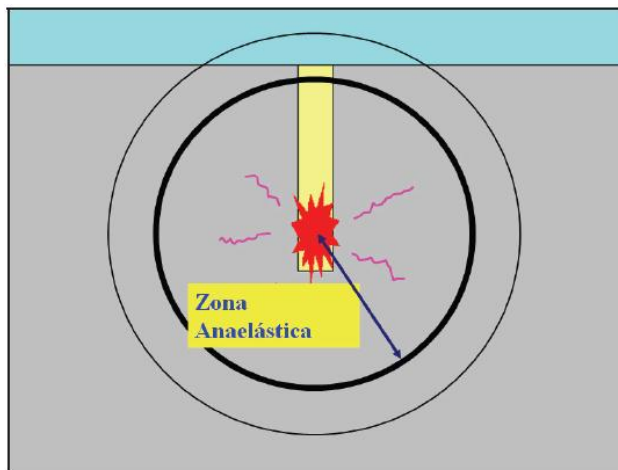
Figura 3. Explosión de 1000 Kilos de explosivos.



Fuente: ILLÁN, MAR y Colaboradores. "Explosión de 1000 kilos de explosivo". 13 de Mayo 2012.
Disponible en la web: <http://encastillalamancha.es/noticia/7087/wwwencastillalamanchaes>

En el fenómeno de Brisance la onda compresional no se produce instantáneamente cuando se activa el explosivo. Durante este fenómeno se genera una zona anaelástica entorno a la carga, donde se genera la micro-fracturación de las rocas y se produce una deformación del material (ver figura 4).

Figura 4. Brisance, Micro-fracturación y Zona Anaelástica.



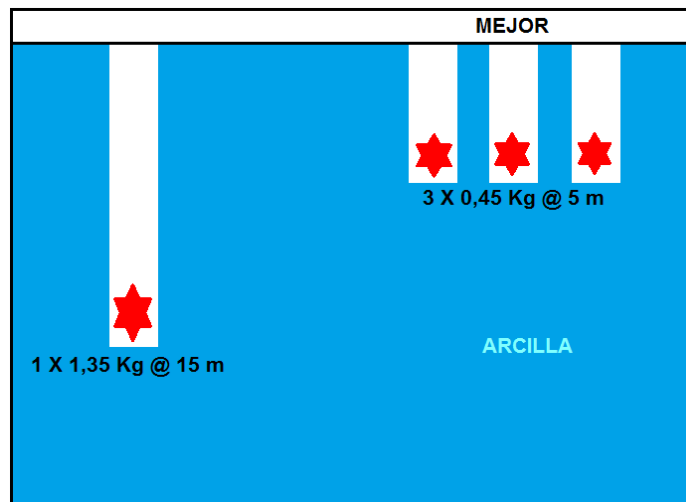
Fuente: Herrera Yajaira, Manual para la adquisición y procesamiento de sismica terrestre y su aplicación en Colombia, pg. 59

La energía transferida por el explosivo y transformada en una onda compresional se llama acoplamiento. Dicha transferencia de energía va a depender del material adyacente a la carga, para materiales poco competentes como las arenas no consolidadas y gravas, la onda compresional no se genera.

Con cargas pequeñas es más probable que se consiga un buen acoplamiento en zonas en donde la tierra es no homogénea. Esta es una de las razones por las cuales se puede obtener mejor acoplamiento y ancho de banda cuando se usan patrones de pozos (distribuyendo varias cargas pequeñas en diferentes ambientes) en lugar de usar una carga grande.⁹

En ocasiones, el uso de cargas múltiples pequeñas puede generar frecuencias más altas comparadas con una sola carga grande (ver figura 5); sin embargo, la mejoría depende del acoplamiento disponible. Cuando se obtiene un buen acoplamiento, el patrón de fuentes puede generar frecuencias más altas.¹⁰

Figura 5. Patrón de fuente versus cargas unitarias.



Fuente: HERRERA, Yajaira. Manual para la adquisición y procesamiento de sismica terrestre y su aplicación en Colombia. p 61.

⁹ Ibid, p 58.

¹⁰ Ibid, p 59.

El tamaño de la carga a usar va a depender de:

- La profundidad de la zona de interés
- Los offsets lejanos que se quieran utilizar
- Las máximas frecuencias altas a recuperar
- La complejidad de la geología
- Tipo de play (estructural o estratigráfico)
- Tipo de rocas en la superficie

Se debe tener un tamaño de carga lo suficientemente pequeño para recuperar las frecuencias altas y tener un buen acoplamiento y una carga lo suficientemente grande para tener una penetración de la energía hasta la zona de interés más profunda y ser capaces de utilizar los offsets lejanos.

1.5.2. Fuentes vibratorias

Un vibrador es utilizado como fuente de energía para generar un tren de ondas controlado (ver figura 6). A diferencia de las fuentes impulsivas, que generan un único impulso, el vibrador introduce una señal continua que contiene un rango de frecuencias determinado, esta señal inducida se conoce como barrido.

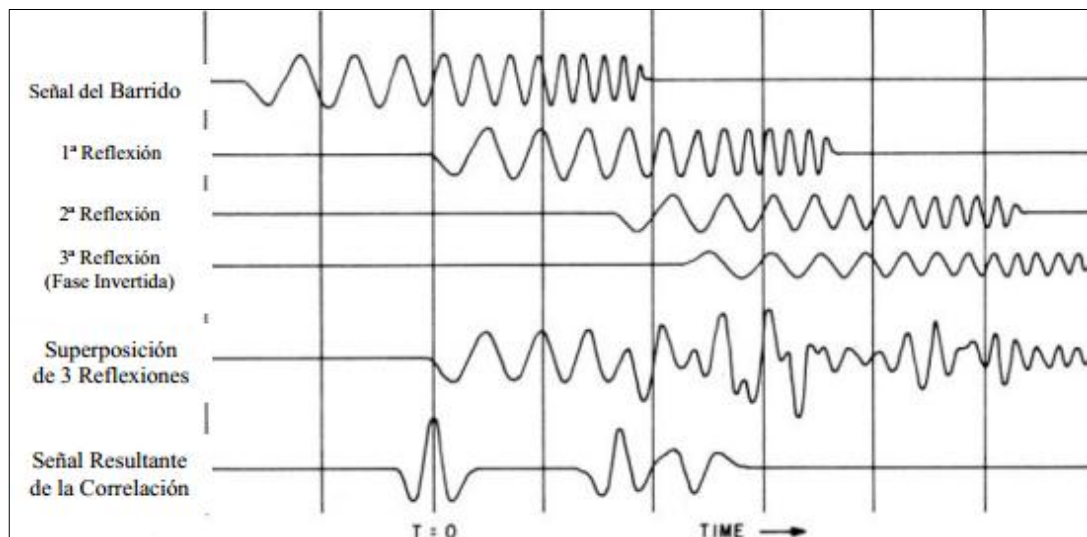
Figura 6. Camión vibrador



Fuente: Seismicpros, 3D Vibroseis

Dado que la señal que se introduce en el subsuelo no es un impulso sino un barrido (ver figura 7), es imposible realizar una interpretación en primera instancia de lo que se registra en los geófonos, ya que estos registran una superposición de los trenes de ondas reflejados, para darle sentido a estos registros se realiza la correlación del tren de onda barrido con cada una de las trazas registradas en cada geófono, se asocian los valores máximos de correlación con las reflexiones de la onda, y se obtiene un registro similar al obtenido con una fuente impulsiva.

Figura 7. Correlación de una señal de vibrador



Fuente: Tomado de ACUÑA, Alberto. Estudio comparativo de fuentes de energía sísmica sobre la faja petrolífera del Orinoco. Figura 7.

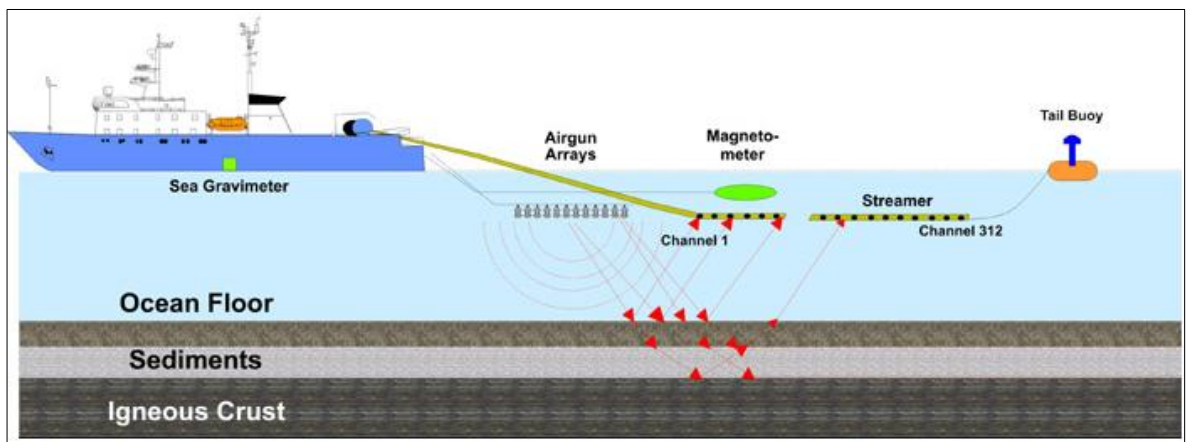
1.5.3. Cañones de aire

Los cañones de aire se componen de una o más cámaras neumáticas que son presurizadas con aire comprimido (14 al 21 MPa). La matriz de pistola de aire se sumerge por debajo de la superficie del agua, y es remolcado detrás de un barco (ver figura 8). Cuando se dispara la pistola de aire, se activa un solenoide, que libera el aire en una cámara de fuego que a su vez hace que un pistón se mueva,

permitiendo de ese modo que el aire escape de la cámara principal para producir un pulso de energía.

Cámaras grandes (es decir, superior a 1500 centímetros cúbicos) tienden a dar señales de baja frecuencia, y las cámaras pequeñas (menos de 70 centímetros cúbicos) dan señales de frecuencias más altas. Están hechos de los más altos grados de acero inoxidable resistente a la corrosión.

Figura 8. Sísmica de reflexión en alta mar utilizando cañones de aire



Fuente: BGR, Geophysik

1.5.4. Fuentes de energía de percusión

Este método radica en el impacto de una masa contra una placa que se ajusta con el suelo para producir un impulso, el cual se propaga por el subsuelo (ver figura 9). Funcionan con un sistema hidráulico que levanta la masa o martillo a una altura establecida. Un pistón aumenta la velocidad de caída, transmitiendo una mayor cantidad de energía generada por el impacto.

Figura 9. Digipulse o Thumper.

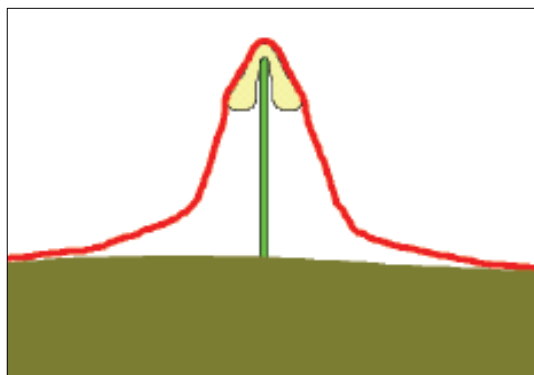


Fuente: Tomado de ACUÑA, Alberto. Estudio comparativo de fuentes de energía sísmica sobre la faja petrolífera del Orinoco. Figura 6.

1.5.5. Cargas superficiales¹¹

Dadas las condiciones de la superficie, hay casos en los que no es posible perforar pozos para cargar explosivos. En estos casos se puede considerar usar bolsas Poulter. Las bolsas deben estar elevadas alrededor de 4 pies sobre la superficie de la tierra para permitir que se desarrolle el frente de onda (onda de impacto), como se puede apreciar en la figura 10.

Figura 10. Bolsa Poulter

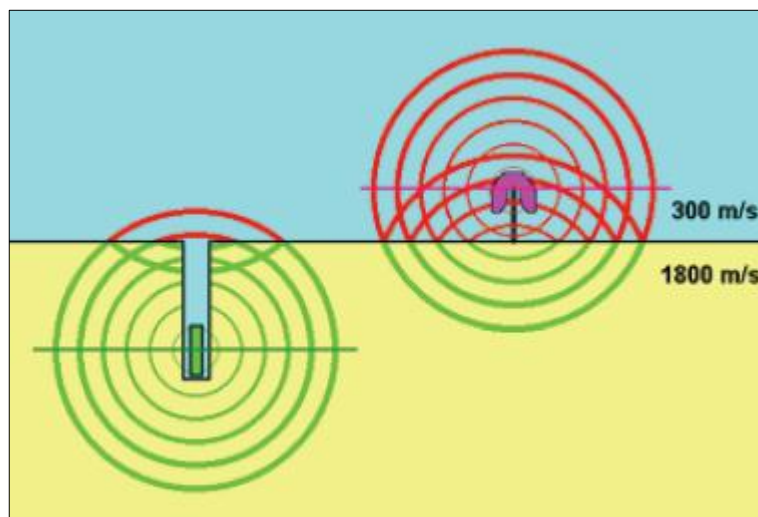


Fuente: HERRERA, Y. Manual para la adquisición y procesamiento de sísmica terrestre y su aplicación en Colombia, p 76.

¹¹ Ibid, p 75-76.

Cuando se entierran cargas, alrededor de un 85% de la energía penetra a la tierra. Cuando se colocan cargas en la superficie, puesto que el frente de onda debe penetrar la superficie de la tierra y dado que por lo menos la mitad de la energía se expande hacia arriba al aire libre, sólo un 15% de la energía penetra (ver figura 11). Por lo tanto, se necesita usar de siete a diez veces más energía que la que se necesita en el subsuelo.

Figura 11. Cargas superficiales versus enterradas.



Fuente: Herrera Yajaira, Manual para la adquisición y procesamiento de sismica terrestre y su aplicación en Colombia, pg. 76

1.6. REGISTRO

Siempre que haya cambios en la topografía se va a necesitar equipos de registro de telemetría distribuida, los cuales permiten mantener la producción cuando se pasa de un tipo de terreno a otro.¹²

¹² Ibid, p 77.

1.6.1. Pruebas de equipos¹³

Las pruebas a realizar a los equipos se pueden categorizar en:

- Pruebas de arranque: son pruebas que se le realizan a los canales, apilador, editor, memoria y unidades de cintas al comienzo de las operaciones.
- Polaridad del sistema: debe ser tal que un desplazamiento de la carcasa del geófono hacia abajo resulta en un número positivo en la cinta.
- Pruebas de instrumentos diarias: pruebas básicas que se realizan una vez al día.
- Pruebas de instrumentos mensuales: se realizan al comienzo del programa una vez al mes durante su duración.

Las pruebas que se realizan a los geófonos son: polaridad, resistencia (para identificar grupos débiles, con corto circuitos y grupos abiertos), prueba de impulso (para determinar amplitud, fase y distorsión armónica total), relación señal/ruido (para aislar áreas ruidosas y acoplamientos pobres de los geófonos), fugas (leakage) (para indicar cables, geófonos o arneses en mal estado), continuidad, frecuencias espurias, etc.

1.6.2. Plantado de geófonos

Los geófonos deben plantarse de tal forma que se logre un buen acoplamiento. Para garantizar una respuesta óptima del geófono, es importante que a su alrededor el área se encuentre limpio (radio mínimo 30 cm).

¹³ Ibid, p 79.

Se debe optimizar el acoplamiento de los geófonos en cada posición, evitar grava o materiales no consolidados, troncos y raíces y buscar arcillas o materiales compactados. Es más importante obtener un buen acoplamiento que el mantener una separación perfecta en el patrón de receptores. La punta del geófono debe estar completamente enterrada. El acoplamiento es proporcional a la de la punta que hace contacto con el suelo.¹⁴

1.6.3. Número de geófonos por grupo¹⁵

El número de geófonos por grupo varía de país a país, según las costumbres y la geografía. En el Medio Oriente, es común usar patrones complejos de 72 geófonos por grupo. En Norte América se usan 6 y en Sur América varían desde 6 hasta 12 por grupo.

Existen ventajas teóricas para el uso de varios geófonos por grupo, entre ellas están:

- **Estáticas en grupo:** grupos de geófonos producen una traza promedio por grupo. No se pueden hacer correcciones estáticas a los geófonos individuales. Es probable que en un mismo grupo haya variaciones estáticas de 2 o 3 milisegundos para geófonos separados por 1 o 2 m.
- **Ventajas eléctricas:** la mayoría de las brigadas sísmicas ofrecen cadenas de 6 geófonos configurados en dos circuitos en paralelo. Esto crea un aumento del voltaje en lugar de la corriente. Las pruebas modernas dependen de proporcionar una señal con una función por pasos y analizar la respuesta de impulso. Grupos de 9 o 12 geófonos son menos sensibles a estas pruebas porque 1 o 2 plantas pobres se promedian con la respuesta del grupo completa.

¹⁴ Ibid, p 80.

¹⁵ Ibid, p 82-84.

- Ventajas estadísticas: algunos geófonos en un grupo estarán plantados en tierra firme, otros en tierra más suave y los demás sobre heterogeneidades cerca de la superficie. Si se usan geófonos individuales para registrar cada traza sísmica, algunos estarán bien acoplados y los demás pobremente acoplados. Al utilizar geófonos múltiples por canal y al distribuirlos sobre una distancia razonable, se puede obtener probablemente un nivel de acoplamiento promedio. Esto ayuda a estabilizar las variaciones de traza a traza.
- Superposición y atenuación de ruido aleatorio: si cada geófono dentro de un grupo está suficientemente separado de los otros, entonces se debe atenuar el ruido aleatorio con distribución Gaussiana cuando se hace el promedio de las señales. En teoría, la relación señal/ruido de la traza promedio debe ser mejor que la relación señal/ruido de las trazas individuales a una razón de la raíz cuadrada del número de observaciones.

1.6.4. Teoría de patrones

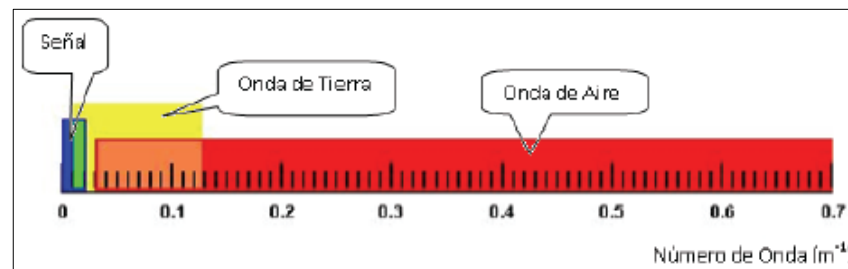
Los patrones son filtros en el dominio del número de onda los cuales atenúan eventos no deseados como el ruido. Se forman por la disposición física de geófonos y/o fuentes en el campo. Los patrones se diseñan para rechazar ruido más allá del número de onda más largo de la señal deseada.¹⁶

Los números de ondas de las señales sísmicas de reflexión están en un rango entre 0 y 0.02 m^{-1} , este rango puede aumentar un poco si la zona de interés es más somera y contiene frecuencias más altas (ver figura 12). La onda de tierra tiene un rango limitado de números de ondas, entre 0.010 m^{-1} hasta un máximo en algunos casos de 0.125 m^{-1} . La onda de aire tiene un rango más amplio, variando

¹⁶ Ibid, p 85.

entre 0.020 m^{-1} y 0.7 m^{-1} . El rango más limitante en donde la señal se va a mezclar con el ruido es en los offsets lejanos de los reflectores someros.¹⁷

Figura 12. Interacción de los números de ondas de las señales de reflexión, onda de tierra y onda de aire.



Fuente: HERRERA, Y. Manual para la adquisición y procesamiento de sísmica terrestre y su aplicación en Colombia. p 88.

Si se va a diseñar un patrón para atenuar ruido, éste debe filtrar los números de ondas más allá del rango de las señales sísmicas. Para este fin, se debe conocer la longitud de onda más corta que se desee proteger (λ_{pro}).¹⁸

En una línea sísmica 2D es conveniente que los receptores estén uniformemente ubicados sobre la línea.

1.6.5. Análisis de la relación señal/ruido

Al comienzo de las operaciones de registro en un proyecto, es necesario establecer la separación entre el nivel de ruido presente y la calidad de la señal en el (los) reflector (es) de interés.¹⁹

¹⁷ Ibid, p 88.

¹⁸ Ibid, p 89.

¹⁹ Ibid, p 96.

El ruido es una función de varias variables²⁰:

- **Tiempo:** el ruido es aleatorio cuando varía con el tiempo. Como ejemplo se tiene el tráfico, el viento, la lluvia, etc.
- **Offsets:** se observan diferentes tipos de ruido en offsets diferentes, por ejemplo la onda de tierra sólo afecta los offsets cercanos. Dentro de esta categoría se coloca también el ruido que se genera cada vez que se activa la fuente de energía pero que no se ve en los noise strips, por ejemplo el que se produce por los puntos de esparcimiento y la energía atrapada entre dos capas altamente reflectivas.
- **Receptoras:** la posición geográfica de las receptoras puede afectar solamente a unos grupos, por ejemplo las receptoras que están plantadas al lado de una fábrica o un río.
- **Fuentes:** el tipo de terreno en donde se colocan los explosivos o puntos de vibración puede variar como pantanos o afloramientos rocosos y estos terrenos influyen en la calidad de los datos.

1.6.6. Control de calidad de la información²¹

Cada fabricante de instrumentos proporciona software para el control de calidad en tiempo real con cálculo de atributos y base de datos. Todos los software son similares, se diferencian en la manera como presentan la información.

Entre los módulos que se pueden usar se tienen la presentación histórica del resumen de cada disparo, captación automática de las interrupciones en el tendido, relación de señal a ruido, energía de trazas sísmicas, análisis de frecuencia de trazas sísmicas, resistencia del grupo de geófonos, fugas, inclinación del grupo de geófonos, etc.

²⁰ Ibid, p 95.

²¹ Ibid, p 97.

1.7 MÉTODOS ALTERNATIVOS DE EXPLORACIÓN

1.7.1. Método gravimétrico²²

Es un método pasivo que permite la medición de las propiedades gravimétricas en cualquier condición geológica. La gravimetría consiste en la medición del campo de gravedad, suele ser empleado cuando el objeto de estudio es el campo de gravedad o las variaciones de densidad responsables de su variación.

El método gravimétrico fue aplicado inicialmente en la prospección petrolífera en los Estados Unidos y en el golfo de México con el objetivo de localizar domos de sales, que potencialmente albergan petróleo. Luego se buscaron estructuras anticlinales con este método.

La gravimetría es un método muy sobresaliente en la búsqueda de yacimientos minerales. Este método aprovecha las diferencias de la gravedad en distintos sectores. Grandes cuerpos mineralizados pueden aumentar la gravitación en una región determinada porque las rocas de mayor densidad aumentan la aceleración.

El método gravimétrico se emplea como un método de reconocimiento general en hidrología subterránea para definir los límites de los acuíferos (profundidad de las formaciones impermeables, extensión de la formación acuífera, naturaleza y estructura de las formaciones del subsuelo).

1.7.2. Método magnético

El método magnético es el método geofísico de prospección más antiguo aplicable en la prospección petrolífera, en las exploraciones mineras y de artefactos arqueológicos.²³

²²Rodríguez, R. Gravimetría [en línea]. Universidad Nacional de Colombia. <<http://www.unalmed.edu.co/rrodriguez/geologia/gravimetria.htm>> [Consulta: 20 de Mayo de 2013].

²³Rodríguez, R. Magnético [en línea]. Universidad Nacional de Colombia. <<http://www.unalmed.edu.co/rrodriguez/geologia/gravimetria.htm>> [Consulta: 20 de Mayo de 2013]

En la prospección petrolífera el método magnético entrega informaciones acerca de la profundidad de las rocas pertenecientes al basamento. A partir de estos conocimientos se puede localizar y definir la extensión de las cuencas sedimentarias ubicadas encima del basamento, que posiblemente contienen reservas de petróleo.²³

Método: La presencia del campo geomagnético es utilizada por la geofísica para detectar la presencia (o ausencia) de elementos ferromagnéticos en el subsuelo. A escala microscópica, los momentos magnéticos de los minerales magnéticos que se encuentran en objetos metálicos, suelos, sedimentos y rocas se alinean en la dirección del campo geomagnético, produciendo un momento magnético macroscópico neto que se observa como una magnetización inducida. Como en la mayoría de los casos, la magnetización inducida es proporcional a la susceptibilidad magnética macroscópica del cuerpo, propiedad que puede ser medida por los magnetómetros.²⁴

Ventajas de Magnetismo: El magnetismo es un método pasivo que permite la medición de las propiedades magnéticas en cualquiera condición geológica. Puede ser aplicado en plataformas aéreas, marina (bajo el agua) y en tierra. Grandes avances en la teoría de campos potenciales, técnicas de adquisición, algoritmos de interpretación y visualización permiten que datos magnéticos (y gravimétricos) sean usados en la ayuda a la solución de problemas de exploración, ingeniería geotecnia y ambiente.²⁴

1.7.3. Método geoquímico²⁵

Los métodos geoquímicos emplean procedimientos químicos en el laboratorio, con el propósito de determinar la presencia o ausencia de rocas generadoras de

²⁴TRX + Consulting, Engineering & Earth Sciences, Next Exploration Technology. (2012) “Método Magnetismo”.

²⁵ ESCALANTE, Fernando. (2008). Métodos de Exploración Geoquímico. Ministerio de Educación Superior. Instituto Universitario de Nuevas Profesiones.

hidrocarburos, y se detectan emanaciones de asfalto, de gas, impregnaciones de petróleo y depósitos naturales de parafinas. Estos métodos también ayudan a determinar el periodo geológico en el cual se originaron los hidrocarburos.

La exploración geoquímica de superficie también investiga la presencia de hidrocarburos químicamente identificables que se encuentren en superficie o cerca de la misma o los cambios inducidos por la presencia de esos hidrocarburos en el suelo, con la finalidad de localizar las acumulaciones en el subsuelo que le dieron origen. Su rango de observación se extiende desde aquellos afloramientos de petróleo y/o gas de escala macroscópica (fácilmente visibles), hasta los de escala microscópica en los que es necesaria la identificación de huellas o rastros de hidrocarburos no visibles o inferirlos a través de la identificación de cambios en el suelo o en la superficie del terreno producidos por la presencia de hidrocarburos.

Los métodos de prospección geoquímica de superficie se han usado desde la década de 1930, pero es en esta última década que se ha visto un renovado interés en la exploración geoquímica, especialmente por el desarrollo de nuevos métodos analíticos e interpretativos, que han generado un nuevo conjunto de datos que han activado la exploración geoquímica.

1.7.4. Métodos eléctricos²⁶

Estos métodos utilizan las variaciones de las propiedades eléctricas, de las rocas y minerales, y más especialmente su resistividad. Generalmente emplean un campo artificial eléctrico creado en la superficie por el paso de una corriente en el subsuelo.

Se emplean como métodos de reconocimiento y de detalle, sobre todo en prospección de aguas subterráneas. Los mapas de isoresistividad permiten definir

²⁶ SANZ, Jorge. (2011) Metodología para la Construcción de un Telurómetro de Frecuencia Variable. p 9.

los límites del acuífero, el nivel del agua en los acuíferos, la presencia de agua salada y permite la cartografía de las unidades litológicas.

Los métodos geo-eléctricos pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- En los métodos **inductivos** se trabajan con corrientes inducidas en el subsuelo a partir de frecuencias relativamente altas (entre 100 Hz y 1 MHz).
- En el caso de los métodos **conductivos** se introduce en el subsuelo una corriente continua o de baja frecuencia (hasta unos 15 Hz), mediante electrodos.

Los métodos eléctricos de prospección geofísica comprenden variedad de técnicas que emplean tanto fuentes naturales como artificiales, de las cuales éstas son de aplicación más amplia.

1.7.5. Resistividades²⁷

El método llamado de resistividades es, sin duda, en todas sus modalidades el más importante de todos los métodos eléctricos.

Este método permite suministrar una información cuantitativa de las propiedades conductoras del subsuelo y se puede determinar aproximadamente la distribución vertical de su resistividad.

El método de resistividades permite no sólo el estudio de formaciones sub-horizontales, sino también la determinación de formaciones sub-verticales (fallas, filones, zonas de contacto, etc.).

1.7.6. Sondeo eléctrico vertical²⁸

El más importante de los métodos que utilizan corriente continua producida por generadores artificiales es el Sondeo Eléctrico Vertical (SEV). Encuentra su

²⁷ Ibid, p 9-10.

²⁸ Ibid, p 10.

aplicación principal en regiones cuya estructura geológica se puede considerar formada por estratos horizontales. La finalidad del SEV es la determinación de las profundidades de las capas del subsuelo y las resistividades o conductividades eléctricas de las mismas, mediante mediciones efectuadas en la superficie.

1.7.7. Tomografía eléctrica²⁹

Como tomografía eléctrica se entiende la visualización de alguna propiedad eléctrica del subsuelo (resistividad o impedancia general) mediante secciones continuas, generalmente verticales, pero ya se trabaja en tres dimensiones. Esta metodología es intensiva y de alto detalle o resolución y permite no solamente la prospección de los acuíferos, sino que mediante su observación en el tiempo, se puede ver la dinámica hídrica. Actualmente se está usando, por ejemplo en controles de contaminantes.

1.7.8. Exploración geológica de superficie³⁰

Está constituida por el conjunto de análisis realizados sobre la superficie, con la finalidad de reconocer la presencia y determinar la naturaleza de las facies favorables para la generación, migración y acumulación de hidrocarburos. Además, se localizan o se determina la posible ubicación de la trampa.

Geología de Superficie, es el Estudio Geológico exploratorio de una zona determinada de la superficie; mediante recorridos, encaminamientos, recolección de muestras, mediciones, etc. con el objetivo de seleccionar las áreas más promisorias, en base a la información geológica existente de la superficie. La evaluación preliminar de los resultados, obtenidos de la exploración Geológica de Superficie, más la obtenida de estudios anteriores, de mapas, de fotos aéreas, de

²⁹ Ibid, p 10.

³⁰ OSINERGMIN (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería) "Exploración y Explotación, Información General de la Actividad, Etapas de Exploración: Estudio del Área: Geología de Superficie" <<http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/Publico/1.htm>> Consulta: 24 de Mayo de 2013.

imágenes satelitales, etc. permite decidir y definir las áreas sobre las cuales se debe realizar las Prospecciones Geofísicas.

Prospección Geofísica, podemos usar esta definición; “La Geofísica es la ciencia cuyo objeto es el estudio científico de la Tierra y su aplicación a la búsqueda de recursos naturales, reducción de efectos causados por desastres naturales y la preservación del medio ambiente”³¹.

1.7.9. Proyectos especiales

- **Análisis AVO (Amplitude Variation with Offset)**³²

La técnica AVO relaciona la variación de amplitud de la reflexión sísmica con cambios en la distancia entre puntos de disparo y receptores (offset). Su análisis permite identificar el contenido de fluidos y la caracterización litológica de la roca.

El análisis AVO es una técnica utilizada en exploración como un indicador de hidrocarburos, fue propuesta por Ostrander (1984) quien demostró que los coeficientes de reflexión en arenas saturadas con gas varían de una forma anómala con el incremento de la distancia fuente-receptor (offset).

- **Inversión sísmica**³³

La inversión sísmica es el proceso mediante el cual se trata de determinar qué características de rocas y fluidos generan el comportamiento de la ondulación sísmica (Hunter 3D Inc, 2008). Se utiliza la técnica del modelado regresivo.

El objetivo de la inversión es determinar el tipo de roca, sus propiedades y los fluidos que contienen. A partir de una traza sísmica se desea construir una serie de coeficientes de reflexión aprender acerca de impedancia acústica de las interfaces del subsuelo. De allí se determinan las

³¹ Ministerio de Fomento del gobierno Español.

³² H. Zhang and R. Brown. 'A REVIEW OF AVO ANALYSIS'. CREWES Research Report, Volume 13. 2001

³³ HERRERA, Yajaira. COOPER, Norman. Mustagh Resources Ltda. Op. Cit., p 112-113.

velocidades expresadas en función del tiempo y en función de la profundidad.

- **Sísmica 4D**³⁴

La sísmica 4D es una herramienta que es utilizada para el monitoreo de los yacimientos en producción, la cual consiste en repetir una serie de levantamientos 3D a intervalos regulares con el fin de estudiar los cambios observables en el yacimiento.

Los cambios en los que se puede estar interesado son el movimiento de los fluidos dentro del yacimiento, expansión de las cámaras de vapor para estudios de inyección de vapor y perforación horizontal, etc. Esta es una técnica se aplica a nivel del desarrollo del yacimiento y no para su exploración.

- **Análisis con VSP**³⁵

Un perfil sísmico vertical (VSP) es una medición de un tipo de sísmica de pozo que se emplea para correlacionar con la sísmica de superficie.

Por lo general, se colocan receptoras dentro del pozo, a lo largo de un intervalo de interés y se usa una fuente de energía en la superficie cerca del pozo. Cuando se activa la fuente de energía, las receptoras captan dos tipos de señales principales: las que se propagan directamente desde la fuente hasta las receptoras, y las que salen de la fuente, se reflejan de algún reflector profundo y luego son captadas por las receptoras.

- **Tomografías**³⁶

Un estudio tomográfico consiste en la emisión y recepción de señal acústicas entre pozos con la finalidad de medir campos de velocidades entre diferentes capas del subsuelo.

³⁴ Ibid, p 114.

³⁵ Ibid, p 115.

³⁶ Ibid, p 117.

- **LIDAR**³⁷

LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) es una tecnología de monitoreo remoto que mide las propiedades de la luz esparcida para definir distancias de un objeto lejano. LIDAR es una tecnología similar al RADAR (Radio Detection and Ranging) pero utiliza luz en lugar de ondas electromagnéticas.

Se utiliza un helicóptero o una avioneta que contiene varios instrumentos como GPS, sensores de inercia y láseres de emisión de pulsos. Mientras la aeronave vuela, los instrumentos emiten pulsos de luz sobre el área de interés generando una nube de densidades puntuales. Parte de estas señales se reflejan a la superficie y son captadas por un láser.

1.8. SÍSMICA MARINA

La sísmica marina es una tecnología de investigación científica que tiene como objeto conocer las capas de rocas que se encuentran debajo del lecho marino a través de un procedimiento similar a una ecografía.³⁸

Este estudio consiste en generar ondas de sonido mediante una fuente emisora (burbujas de aire o de agua a altas presiones) que viajan a través del agua y las capas del lecho marino. Cada capa, dependiendo de sus características físicas, hace que este sonido rebote. Las ondas que rebotan son registradas por hidrófonos (cables que son arrastrados por el barco sísmico) y son procesadas por un computador que produce una imagen visual de la estructura del subsuelo.

La sísmica marina tiene como objetivo obtener imágenes del subsuelo marino con el fin de conocer las formas o trampas con las características requeridas donde se

³⁷ Ibid, p 117.

³⁸ Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). (2008). Cartilla Productiva de los Hidrocarburos Costa Afuera.

pueden haberse acumulado un recurso natural. El estudio de exploración sísmica marina, no determina la existencia de hidrocarburos.

1.8.1. Configuración marina para la prospección sísmica³⁹

Según las configuraciones marinas la prospección sísmica de reflexión se puede clasificar según su geometría en tres partes esenciales:

Configuración marina profunda: la configuración marina profunda se usa para exploraciones realizadas mayores a 300 metros. La tecnología a utilizar actualmente son: Sensores Remotos, Modelo Geoquímica, Métodos Potenciales, Sísmica 3D y 4D, sísmica multicomponente, Estudios AVO y AVA, y modelado Geológico; sin olvidar áreas como la robótica para una mejor exploración de yacimientos a más de 1000 metros del tirante de agua. Las características del método de campo son:

- ✓ Se utiliza el cañón de aire como fuente de energía.
- ✓ Las boyas demarcadoras definen los nodos del mallado
- ✓ Panel de control en la Casa Blanca
- ✓ Se ubican los hidrófonos
- ✓ Se hace el disparo
- ✓ Se registra la información de forma Telemétrica
- ✓ Procesamiento de datos

Configuración marina somera: la configuración marina somera se usa para exploraciones que van desde profundidades con respecto al mar entre 30 metros y 100 metros. La técnica consiste en lanzar al agua las boyas de posicionamiento separadas a cierta distancia de los receptores para que posteriormente con la ayuda de una embarcación portadora de la fuente de energía se ubique a una

³⁹ HERNÁNDEZ, Jesús. (2011). Tipos de Configuraciones Marinas.

distancia preestablecida para generar la onda acústica que va a interactuar con las diferentes interfaces del suelo marino. Las características del proceso son:

- ✓ Se inicia con el posicionamiento de las líneas sísmicas
- ✓ Los barcos son de poco calado y se ubican de 10 – 12 metros de las boyas
- ✓ Se lanzan las boyas al agua para posicionarlas, el posicionamiento de la fuente es cada 2" y del barco cada 15"
- ✓ Se hace el disparo
- ✓ Se registra la información de forma Telemétrica
- ✓ Procesamiento de datos

Configuración marina costera: la configuración marina costera se combinan las líneas sísmicas marinas con las terrestres, cuyo posicionamiento puede definirse en forma clásica o con GPS y por ende se utiliza un barco de poco calado. El cable de la bahía digital puede contener tanto geófonos como hidrófonos.

1.8.2. Configuración de los receptores

Streamers: consiste en colocar los receptores dentro de cables que pueden tener una longitud cercana a los 8000 metros; estos streamers van sumergidos en el agua aproximadamente siete metros y se mantienen a esa profundidad fija durante toda la adquisición.

Streamer tipo único: se caracteriza porque una sola embarcación arrastra más de un cable de bahía o guaya, es muy utilizado para trabajos de exploración sísmica somera y profunda.

OBC (Ocean Bottom Cable): deposita los cables en el fondo del mar, y los cables pueden ser arrastrados por un barco sobre el fondo marino.

LOFS (Life of Field Seismic): Los receptores son sembrados en el fondo marino y se dejan permanentemente, como su nombre lo indica, por toda la vida de la producción del campo.

2. LICITACIONES EN LA INDUSTRIA PETROLERA

La industria petrolera tiene como rasgo distintivo el riesgo, los altos capitales en juego y el manejo de un recurso de interés general, lo cual se traduce en la imposición de reglas, fases y requisitos que responden a esas altas exigencias y, por ello, las precalificaciones en términos de capacidad económica y operacional, las garantías y procedimientos reglados que permitan la confianza del cumplimiento de las obligaciones contraídas por el contratista seleccionado.

Los procesos de selección son las herramientas mediante las cuales las entidades, ya sean públicas o privadas, seleccionan a sus proveedores para adquirir los bienes y servicios que requieren para llevar a cabo sus objetivos. Se da un concurso entre proveedores, para otorgarse la adquisición o contratación de un bien o un servicio requerido por una organización. En este proceso formal las partes contratantes invitan a los interesados a que, sujetándose a las bases fijadas en el pliego de condiciones, formulen propuestas de las cuales se seleccionará y aceptará (adjudicación) la más ventajosa, con lo cual quedará perfeccionado el contrato.

La adjudicación de contratos de exploración sísmica se realiza mediante licitaciones. Este proceso de selección evalúa a los proponentes de forma objetiva según los criterios principales del contrato a licitar.

Una propuesta de licitación requiere de un amplio conocimiento técnico, jurídico y legal así como la organización y gestión de diferentes áreas de una misma empresa.

2.1. PROCESOS DE SELECCIÓN

Entidades públicas: los procesos de selección son regidos por las leyes que abarca el régimen contractual. Dichos parámetros se establecen en la Ley 80 de 1993, en las modificaciones establecidas por la Ley 1150 de 2007 y en el Decreto-Ley 19 de 2012.

Entidades privadas: cada una cuenta con su régimen de derecho privado para la contratación de bienes y servicios, el cual es regulado en ciertos casos con la normativa estatal, como es el caso de las entidades privadas prestadoras de servicios públicos.

Sociedades de economía mixta: se encuentran regidas por algunas de las normas estipuladas por el gobierno nacional para entidades públicas, mas cuentan con cierta libertad en la contratación. Por lo tanto su metodología de selección se acerca más a la de las empresas privadas.

2.1.1. Modalidades de procesos de selección

Las modalidades de selección más usuales en los procesos de licitación son:

- **Licitación pública**

Consiste en una invitación de carácter público en la que bajo criterios previamente establecidos, se elige al contratista cuya oferta sea la más favorable y cumpla con los objetivos del programa a desarrollarse. Lo anterior generalmente se decide con la oferta económica presentada, tras verificar que cada uno de los opcionados cumpla con una serie de requisitos de orden jurídico, financiero y técnico.

- **Concurso de méritos**

A diferencia de la licitación pública se premia la experiencia y el talento. El precio no es un factor de evaluación. El concurso de méritos se puede dar mediante concurso abierto, en el cuál se reciben ofertas de cualquier proponente que desee participar, o bien puede ser mediante concurso con precalificación, en el cual se selecciona la oferta favorable de una lista de oferentes preseleccionados, requisito previo que se hace mediante convocatoria pública utilizando criterios de capacidad técnica, intelectual y de organización.

- **Contratación directa**

En la modalidad de contratación directa, se recibe una única oferta la cuál es comparada con los estudios previos realizados por la entidad, las condiciones y los precios del mercado, según sea el caso.

- **Invitación a participar**

Esta es una modalidad que solo utilizan las entidades privadas; en esta se seleccionan los posibles proponentes en base en experiencias anteriores, precalificaciones o reputación del contratista. El proceso se lleva de manera cerrada, por lo cual es posible que la información de este no se encuentre disponible públicamente.

Los procesos relacionados a las modalidades de selección son:

- **Precalificación**

Su finalidad es seleccionar posibles proponentes para una futura selección. En entidades públicas se utilizan para conformar listas de preseleccionados para concursos de méritos, pero los entes privados también los utilizan como paso previo a un concurso cerrado.

- **Intención de participación**

Consiste en un acto en el cual los posibles proponentes manifiestan su intención de participar en el proceso de selección.

- **Inteligencia de Mercados**

Permite conocer en forma más profunda el desempeño de la empresa, su capacidad técnica y financiera. Con el fin de iniciar un eventual proceso de selección.

2.1.2. Análisis de procesos de selección

Después de que ha seleccionado un proceso para una posible presentación de una propuesta, se hace un análisis para poder evaluar la viabilidad y rentabilidad de la propuesta y de esta forma descartar procesos que se dificulten para la empresa. Para ello, se plantea tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Necesidad de propuesta conjunta**

Se debe analizar si el proponente puede presentar la propuesta de forma individual, o si, por el contrario, debe formar un consorcio o unión temporal con otra persona natural o jurídica. Esto se define a partir de los requisitos del proceso y si el proponente cumple con ellos o no.

Si se decide que la propuesta se va a presentar de forma conjunta, se debe definir lo más pronto posible el otro integrante, para así poder evaluar la capacidad y los requisitos de ambos, tanto de forma individual como en grupo.

- **Presupuesto del proyecto**

Para todo proceso de selección se debe realizar una evaluación económica inicial. El cual consiste en estimar un posible presupuesto para de esta

forma evaluar la rentabilidad del proyecto. De esta forma se pueden descartar procesos que, en caso de ser adjudicados, no vayan a generar mucha utilidad para el contratista.

- **Equipo y personal requerido**

El posible proponente debe pensar, en caso de ejecutar el proyecto, si cuenta para las fechas especificadas con el equipo y el personal requeridos, de no ser así deberá alquilar los equipos necesarios y hacer convocatorias laborales.

- **Lugar de ejecución del proyecto**

Se debe evaluar muy bien el lugar en donde se va a ejecutar la obra, para así plantear posibles instalaciones temporales o vías de acceso que se deban construir. De la misma forma, se puede estimar la dificultad de traslado de personal, equipos e insumos, lo cual puede modificar considerablemente la logística del proyecto.

2.2. GENERALIDADES DE LAS LICITACIONES

2.2.1. Proceso de licitación pública

Las etapas principales del proceso licitatorio son la etapa previa, etapa inicial y etapa final las cuales comprenden una serie de actividades que serán explicadas a continuación⁴⁰. En la tabla 2 etapas del proceso licitatorio se pueden observar las actividades que se realizan en cada etapa.

⁴⁰ PARRA, William. (2009). Los Contratos Estatales. p 209.

Tabla 2. Etapas del proceso licitatorio.

Etapas previas	Autorizaciones o aprobaciones Elaboración de estudios, diseños, planos y evaluaciones Elaboración de los pliegos de condiciones o términos de referencia Disponibilidad presupuestal Publicación de avisos
Etapas iniciales	Apertura de la licitación o concurso Plazo de la licitación o concurso Audiencia Presentación de Propuestas Evaluación de Propuestas
Etapas finales	Adjudicación Declaratoria de desierta Firma del contrato Perfeccionamiento del contrato Registro Presupuestal Publicación Ejecución

Fuente: Los Autores

Etapas previas

- **Autorizaciones o aprobaciones:** Se comienza por plantear una necesidad y posteriormente se tramitan los permisos necesarios para ejecutar el proceso de selección para la realización del proyecto.
- **Elaboración de estudios, diseños, planos y evaluaciones:** En este período se hacen estudios de conveniencia, factibilidad, diseños, planos y evaluaciones, ya que toda la documentación técnica debe ponerse a disposición del posible proponente. Todos estos documentos sirven como soporte para la posterior elaboración del pliego de condiciones.

- **Elaboración de los pliegos de condiciones o términos de referencia:** En base en la documentación ya recopilada, se elabora el pliego de condiciones del proceso.
- **Disponibilidad presupuestal:** Se debe solicitar a quien corresponda la expedición del certificado de disponibilidad presupuestal (CDP) para la adquisición del servicio a contratar.
- **Publicación de Avisos:** Antes del acto de apertura del proceso, se hacen uno o más avisos en medios de comunicación. En este momento también se publican los pliegos de condiciones.

Etapas iniciales

- **Apertura de la licitación o concurso:** Se abre oficialmente el proceso mediante una audiencia, de la cual surge un acta que se adjunta a la documentación del mismo.
- **Plazo de la licitación o concurso:** Este es el periodo que los proponentes tienen para preparar sus propuestas. Usualmente en este lapso se da un espacio para que los posibles proponentes puedan efectuar las preguntas que crean convenientes.
- **Audiencia:** En algún momento durante el plazo de la licitación, se hace una audiencia de precisión de los pliegos de condiciones, en la cual se explica con mayor detalle la mecánica del proceso. Esta audiencia puede o no ser obligatoria para la presentación de la propuesta.
- **Presentación de propuestas:** Las propuestas se entregan en medio físico mediante sobres, generalmente uno original y una o más copias. Cuando la

propuesta es muy extensa se entrega en varios sobres, según parámetros establecidos en el pliego de condiciones. Las entidades establecen los lugares para la entrega de las propuestas, así como una fecha y hora a partir de la cual no se han de recibir más propuestas.

- **Evaluación de propuestas:** En los pliegos de condiciones se establecen previamente los criterios para evaluar las propuestas, teniendo en cuenta acciones a tomar para un posible empate. Generalmente, en una licitación el factor decisivo sobre la evaluación es la propuesta económica.

Etapas finales

- **Adjudicación:** Se hace mediante la celebración de una audiencia de adjudicación, para el cual se notifica personalmente al proponente favorecido.
- **Declaratoria de desierta:** Cuando ninguno de los proponentes cumple con los requisitos exigidos por el pliego de condiciones, se declara desierta la licitación mediante una audiencia.
- **Firma del contrato:** El favorecido debe suscribir el contrato correspondiente dentro del término señalado, de lo contrario la entidad podrá adjudicar el contrato al proponente calificado en segundo lugar, siempre y cuando su propuesta sea igualmente favorable para la entidad.
- **Perfeccionamiento del contrato:** Por perfeccionamiento de los contratos se entiende el momento en el cual, una vez reunidos los requisitos que la ley exija, un contrato puede considerarse existente. Los contratos pueden perfeccionarse de distintos modos: con el simple acuerdo de las partes (se denominan consensuales), con la elaboración de un escrito público o

privado (se denominan solemnes), o con la entrega de un bien (se denominan reales)

- **Registro presupuestal:** El registró presupuestal, afecta en forma definitiva la apropiación existente. Esto implica que los recursos financiados mediante este registro no podrán ser destinados a ningún otro fin. En el registro se deberá indicar claramente el valor y el plazo de las prestaciones a las que haya lugar.
- **Publicación:** Es obligatoria la publicación del contrato en el diario oficial correspondiente a la respectiva entidad territorial, o a falta de dicho medio, por algún mecanismo determinado en forma general por la autoridad administrativa territorial, con el fin de permitir a los habitantes conocer su contenido.
- **Ejecución:** Se ejecuta el contrato según los términos establecidos.

2.2.2. Documentación de una licitación⁴¹

- **Aviso de convocatoria pública:** Documento mediante el cual se invita a participar en la licitación, en el cual se publica el objeto del contrato, la modalidad de selección, el lugar de consulta y el presupuesto oficial.
- **Prepliego:** Documento que especifica los requisitos que deben cumplir los posibles proponentes para la presentación de su propuesta.

⁴¹ ROSALES, M. (2012). Manual de Selección, Presentación y Optimización de Propuestas en Procesos de Licitación. p 53.

- **Observaciones al prepliego:** Los posibles proponentes pueden hacer observaciones al prepliego y los cambios quedarán consignados en los pliegos de condiciones definitivos.
- **Documento de estudios previos:** En este se resumen los resultados y conclusiones de todos los estudios previos al proceso de selección
- **Especificaciones técnicas:** Es un compendio de todas las especificaciones mecánicas, eléctricas, etc. por las cuales el contratista se debe guiar en la ejecución del proyecto.
- **Presupuesto/Oferla económica:** Contiene la lista de ítems, cantidades y sus respectivos precios
- **Acto de apertura de la licitación:** Resolución que ordena la apertura del proceso de parte de la entidad correspondiente.
- **Pliegos de condiciones definitivos:** Es el documento correspondiente al proyecto del pliego de condiciones, con sus respectivas modificaciones producto de las observaciones efectuadas.
- **Anexos a pliegos de condiciones:** Modelos de documentos los cuales son requisitos establecidos en el pliego de condiciones. Esto se hace con el fin de que las propuestas sean uniformes y así, más fáciles de evaluar.
- **Minuta del contrato:** Es una especie de “borrador” del contrato. En él se establecen las condiciones del contrato y su alcance.

- **Adendas:** Si alguna observación después de la apertura del proceso amerita un cambio, dicha información se publica mediante adendas numeradas.
- **Acta de cierre:** El cierre del proceso consiste en el fin del plazo para la presentación de propuestas, generalmente se hace mediante una audiencia.
- **Informe de evaluación:** La entidad cuenta con un plazo para evaluar las propuestas recibidas, tras el cual emite un informe con los resultados. En este informe aparece el puntaje de cada propuesta y el motivo de descarte de las propuestas que no fueron seleccionadas.
- **Observaciones al informe de evaluación:** Los proponentes cuentan con un tiempo durante el cual pueden efectuar observaciones al informe de evaluación. Es posible que después de esto haya cambios en la calificación y surja un nuevo informe de evaluación.
- **Acta de audiencia de adjudicación:** Este documento queda como constancia de la ejecución del acta de adjudicación.
- **Resolución de adjudicación:** Esta resolución oficializa la adjudicación del contrato al proponente favorable, dando inicio a todos los trámites contractuales.
- **Contrato:** Este documento marca el fin del proceso de licitación, y debe haber sido revisado y perfeccionado por ambas partes para su suscripción.

2.3. TIPOS DE PROPONENTES⁴²

2.3.1. Proponentes singulares

Persona Natural

Son personas naturales todos los individuos que sin importar su edad, sexo, estirpe o condición responden por sus actos por la vía civil y/o con indemnizaciones según el caso que se dé.

Al constituir una empresa como persona natural, la persona asume a título personal todos los derechos y obligaciones de la empresa, es decir la persona asume la responsabilidad y garantiza con todo el patrimonio que posea, las deudas u obligaciones que pueda contraer la empresa. La ventaja de constituir una empresa como persona natural es que su constitución y administración es mucho más sencilla que para una persona jurídica.

Persona Jurídica

Se entiende por persona jurídica a aquellas entidades que nacen como consecuencia de un acto jurídico (acto de constitución), por el reconocimiento que hace una autoridad u órgano administrativo o por concesión.

Al constituir una empresa como persona jurídica, es la empresa (y no el dueño) quien asume todos los derechos y las obligaciones de la empresa. Esto que implica que las deudas u obligaciones que pueda contraer la empresa, están garantizadas y se limitan sólo a los bienes que pueda tener la empresa a su nombre.

Toda persona jurídica debe tener un Representante Legal, que es una persona que actúa a nombre de esta. La representación legal permite que el delegado se

⁴² Ibid, p 58-60.

haga cargo de los negocios, obligaciones y hasta derechos del representado, que los administre y disponga de ellos según las condiciones acordadas en el momento de crearse la representación.

2.3.2. Proponentes plurales

Consortios y Uniones Temporales

Tanto un consorcio como una unión temporal resultan de la unión de dos o más personas naturales o jurídicas que conjuntamente presentan una propuesta o desarrollan una actividad o negocio, sin que esa unión o colaboración constituyan una entidad jurídica, en la que los miembros mantienen su independencia y su autonomía; buscando optimizar recursos, aprovechando las cualidades y calidades técnicas, administrativas, financieras o de infraestructura de cada uno de ellos.

La diferencia entre el consorcio y la unión temporal, radica en el grado de responsabilidad de los miembros que los componen. En el consorcio, todos los miembros responden solidariamente por los incumplimientos y perjuicios que causaren a terceros. En la unión temporal, cada integrante responde de acuerdo a su porcentaje de participación, y ninguno es solidario por las responsabilidades que le corresponde a otro integrante según, lo que hace que los intereses individuales de cada integrante estén mucho más protegidos que en el consorcio.

Promesa de Sociedad Futura

Cuando se proponga constituir sociedades para posibles contratos, el documento de intención para la propuesta consistirá en una promesa de sociedad futura cuyo perfeccionamiento se sujetará a las condiciones del contrato.

Esta promesa deberá hacerse por escrito, con las cláusulas que deban expresarse en el contrato, y con indicación del término o condición que fije la fecha en que ha de constituirse la sociedad.

2.4. ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA⁴³

2.4.1. Requisitos jurídicos

La parte jurídica de la propuesta corresponde a los documentos que certifican que el proponente es apto, acorde con la ley, para la presentación de la oferta.

Carta de presentación

En este documento el proponente manifiesta su intención de participar en el proceso de selección. También declara que se encuentra apto para ofertar en el mismo y que toda la información que proporciona es verídica. Además, se compromete a los términos establecidos en los pliegos de condiciones en caso de resultar favorecido. En casi todos los procesos, la entidad proporciona un modelo de carta de presentación para los posibles proponentes.

Registro Único Tributario

El registro único tributario (RUT) es un mecanismo para identificar, ubicar y clasificar a las personas y entidades que tengan la calidad de contribuyentes declarantes del impuesto de renta y no contribuyentes declarantes de ingresos y patrimonio, los responsables del régimen común, los pertenecientes al régimen simplificado, los agentes retenedores, los importadores, exportadores y demás usuarios aduaneros; y los demás sujetos de obligaciones administradas por la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales.

En caso de propuestas conjuntas, se debe presentar el RUT de cada uno de los integrantes.

⁴³ Ibid, p 62.

Certificado de existencia y representación legal

El certificado de existencia y representación legal que expide la cámara de comercio, acredita la existencia de una persona jurídica o sociedad. Se requiere en cualquier tipo de contrato o solicitud de crédito y en él consta la información actualizada sobre la actividad de la empresa, sus órganos de gobierno, su existencia jurídica y su capacidad legal para hacer negocios.

El certificado de existencia de representación legal muestra algunos aspectos relevantes de una sociedad comercial, tales como la antigüedad y fecha de expiración de la sociedad, su objeto social, su domicilio, número y nombre de los socios, monto del capital, nombre del representante legal, facultades que este tiene para comprometer y obligar a la sociedad, etc.

Documento de conformación del consorcio o unión temporal

En caso de propuestas conjuntas, se debe adjuntar el documento que certifique la conformación del consorcio o unión temporal. Este documento debe incluir la información de cada participante con sus respectivos porcentajes de participación, así como el representante designado y los términos de su participación dentro del proceso.

Garantía de seriedad de la propuesta

Para garantizar la seriedad y validez de la oferta, el proponente debe tramitar mediante una entidad bancaria o de seguros, una póliza que se haga efectiva en caso de incumplimiento por parte del proponente en los términos establecidos en el pliego de condiciones. La entidad contratante exige el monto por el que se debe tramitar esta garantía, el cual suele ser un porcentaje del presupuesto oficial.

Certificación de cumplimiento de aportes parafiscales

En el caso de procesos con entidades estatales, el proponente debe certificar que se encuentra afiliado y a paz y salvo con el sistema integral de seguridad social (salud, riesgos profesionales y pensiones) y aportes parafiscales (cajas de compensación familiar, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar y Servicio Nacional de Aprendizaje).

Dicha acreditación suele hacerse mediante un certificado expedido por el representante legal o el revisor fiscal, en caso de personas jurídicas, o si se trata de una persona natural, expedido por ella misma.

Registro Único de Proponentes

Toda persona natural o jurídica que desee realizar contratos con cualquier entidad pública debe realizar ante la Cámara de Comercio, la inscripción en el Registro Único de Proponentes (RUP). Esto es con el fin de que la entidad pública que va a celebrar el contrato con el particular, conozca toda la información necesaria de quien va a contratar, en aspectos como: experiencia, capacidad técnica, capacidad jurídica, capacidad de organización, capacidad financiera, etc.

En la mayoría de los procesos se solicita que el proponente se encuentre inscrito en el RUP en las actividades, especialidades y grupos que se establezcan en el pliego de condiciones.

Certificado de Antecedentes Fiscales

Este certificado es expedido por la contraloría general de la nación y acredita que el proponente no se encuentra dentro del Boletín de Responsables Fiscales.

Certificado de Antecedentes Disciplinarios

El proponente debe mostrar sus antecedentes disciplinarios, penales, contractuales, fiscales y de pérdida de investidura. Esto se hace mediante un certificado expedido por la procuraduría general de la nación.

2.4.2. Requisitos financieros

Certifican la capacidad financiera del proponente para la ejecución del proyecto.

Cupo de crédito

El proponente debe tener como mínimo el cupo de crédito establecido por la entidad en los pliegos de condiciones y deberá presentar la correspondiente certificación.

Indicadores financieros

El proponente debe cumplir con unos rangos establecidos para los indicadores financieros, calculados según la información que aparezca en el RUP, de acuerdo a lo indicado en la tabla 3 (Fórmulas de indicadores financieros básicos).

Tabla 3. Fórmulas de indicadores financieros básicos.

Indicador financiero	Fórmula
Capital de trabajo (CT)	$CT=AC-PC$
Liquidez (L)	$L=AC/PC$
Endeudamiento (E)	$E=PT/AT$
Patrimonio (P)	$P=AT-PT$
AC=Activo Corriente	AT=Activo Total
PC=Pasivo Corriente	PT=Pasivo Total

Fuente: Los Autores

Estados financieros

Los estados financieros, son informes que utilizan las instituciones para reportar la situación económica y financiera durante una fecha o periodo determinado y constituyen el producto final de la contabilidad.

2.4.3. Requisitos técnicos

Certificados de Calidad

Los certificados de calidad son cada vez más solicitados en los procesos de selecciones. En algunas licitaciones no son obligatorios, pero otorgan mayores puntajes aumentando la posibilidad de adjudicación del contrato.

Experiencia

Para cada proceso la entidad contratante debe indicar en el pliego de condiciones cual es la experiencia requerida de los proponentes. Existen dos tipos de experiencia:

Experiencia general: Es aquella que respalda el buen desempeño del proponente en los proyectos que ha realizado, los cuales no tienen que ver específicamente con el objeto del contrato.

Experiencia específica: Como su nombre lo indica, supone como requisito un proyecto que tenga que ver directamente con el objeto del contrato.

Personal mínimo requerido

En los pliegos de condiciones se especifica el personal que la entidad contratante exige que cada proponente debe tener.

El proponente debe demostrar que, en caso de resultar favorecido, cuenta con todo el personal mínimo exigido. Esto se hace mediante cartas de compromiso firmadas por cada uno, donde se indique la intención de participar en el proyecto.

También se debe adjuntar otra documentación que soporte la experiencia del personal; por lo general se adjuntan las tarjetas profesionales, hojas de vida y certificados de participación en proyectos anteriores.

Equipo mínimo de trabajo

Dependiendo de la magnitud y el alcance del proyecto, la entidad contratante solicita una maquinaria y un equipo determinado con los que el proponente debe poder contar en caso de resultar favorecidos.

Si el proponente es dueño del equipo solicitado o si es de alguien más, se debe adjuntar una copia de la tarjeta de propiedad.

2.4.4. Propuesta económica

La propuesta económica suele ser la parte más importante, ya que otorga el mayor puntaje a la hora de la calificación. Hay algunos casos en los que es el único factor decisivo en la adjudicación (Una vez se ha verificado que la propuesta cumple con los requisitos jurídicos, técnicos y financieros establecidos). Es por ello que se debe presentar una oferta válida y coherente.

Contrato a precios unitarios

Este es el tipo de contrato más común en los procesos de selección. En él, la entidad contratante proporciona a los posibles proponentes una lista de ítems. Los proponentes calculan para cada ítem un valor que incluye materiales, herramientas, mano de obra y transporte. Dicho valor se conoce como precio unitario, ya que es calculado para una unidad de cada ítem.

El análisis detallado de los precios unitarios (APU) suele ser un requisito en la mayoría de los procesos, para lo cual las entidades por lo general proporcionan modelos a los que los proponentes se deben ajustar. Cabe aclarar que en algunos procesos no se exige la entrega de la totalidad de los APU.

La suma de la totalidad de los valores unitarios de todo el proyecto (es decir, la suma de cada precio unitario por su respectiva cantidad) se conoce como costo directo.

Por otro lado, se conoce como costo indirecto a un porcentaje establecido sobre el costo directo, el cual cubre gastos de administración, imprevistos y utilidades. Por lo tanto, se le conoce como A.I.U., cuyo porcentaje suele ser establecido por el proponente, aunque en ocasiones la entidad contratante fija dicho valor o establece un rango en el cual se debe encontrar.

La suma del costo directo y el costo indirecto da como resultado el costo total del proyecto, que es el valor que se toma como oferta económica de la propuesta.

A precio global o a todo costo

En ella, el proponente oferta un valor total sobre todo el proyecto. La oferta del proponente se basa en un estudio del proyecto suministrado por la entidad, pero los riesgos de errores en dicho proyecto se entienden asumidos por el contratista, el cual debe realizar un estudio completo y exhaustivo del proyecto que le es entregado y añadir en él todo aquello que considera que falte ya que la cifra de su oferta se considera "cerrada" una vez firmado el Contrato.

El proponente debe ser muy cuidadoso ya que cualquier sobrecosto debe ser asumido por el mismo, en caso de ser adjudicatario del contrato.

2.4.5 Recomendaciones

Lista de chequeo

Se recomienda, para cada proceso de interés, elaborar un documento conocido como lista de chequeo. Este documento muestra en forma concisa todo lo que

debe contener la propuesta. De esta forma, se facilita el control de documentos faltantes. Además, la lista de chequeo evita el tener que revisar los pliegos de condiciones cada vez que se quiera revisar un requisito de la propuesta.

Es buena idea estructurarla de la misma forma como se hará con la propuesta, es decir, separar en ella los diferentes capítulos y a su vez los sobres en los que estará contenida. También se debe incluir para cada ítem en la lista de chequeo el requisito exigido por la entidad, si hubiese alguno.

Revisión de documentos del proceso

Es sumamente importante estar revisando constantemente la documentación del proceso. La lectura de la totalidad de los pliegos de condiciones, las especificaciones técnicas y la minuta del contrato es prácticamente obligatoria para poder presentar cualquier tipo de propuesta. Se deben también revisar las observaciones de los demás proponentes, ya que es posible que las preguntas que surjan en la preparación de la propuesta ya hayan sido formuladas por alguien más.

Así mismo, cualquier tipo de agenda debe ser revisada, pues es posible que en ellas se cambien los términos establecidos en los pliegos de condiciones, lo cual puede hacer que se deba cambiar algún aspecto de la propuesta, después de elaborado.

Formulación de preguntas

Se debe recordar que el proceso se guía únicamente por lo que se establece en la documentación del mismo. No se deben hacer suposiciones, por muy obvias que parezcan ser. Cualquier duda que surja debe ser aclarada con la entidad utilizando los canales y los plazos establecidos. Si algún documento requerido no cumple textualmente con lo exigido en la propuesta, se debe preguntar si el mismo aplica o no, para así poder tomar las acciones necesarias al respecto.

Manejo del tiempo

Es de vital importancia tener siempre en mente el cronograma, a la hora de preparar una propuesta. Con base en él, se debe establecer un cronograma de trabajo para la presentación de la misma, en el cual se debe tener en cuenta, y de manera realista, el tiempo que tardan las diferentes actividades.

Verificación de la oferta final

A veces, debido a la magnitud y el trabajo requerido para una propuesta, se obvian detalles muy sencillos que pueden resultar en causales de rechazo. Por lo anterior, se recomienda separar, antes de la entrega de la propuesta, uno o dos días para la revisión de la propuesta, ya que de esta forma se minimiza la posibilidad de errores en ella.

Análisis del informe de evaluación

Ya sea que el proponente haya resultado favorecido o no, es muy importante revisar el informe de evaluación de las propuestas. Obviamente, se debe analizar con cuidado la evaluación de la propuesta propia, ya que de esta forma se pueden encontrar posibles errores de calificación que puedan hacer que, por ejemplo, una propuesta rechazada resulte elegible de nuevo. También se recomienda observar las evaluaciones de los demás proponentes por la misma razón, ya que el proponente siempre debe exigir igualdad de condiciones.

Cuando la oferta no haya resultado favorable y así no haya a lugar ningún posible reclamo, es importante que el proponente defina las razones por las cuales su oferta no fue ganadora. De esta forma, el proponente adquirirá experiencia y conocimiento que puede ser útil en la futura presentación de una nueva propuesta, sobre todo si es con la misma entidad.

3. FASE LOGÍSTICA Y OPERATIVA DE UN PROYECTO DE EXPLORACIÓN SÍSMICA TERRESTRE

3.1. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DEL PROYECTO

Antes de iniciar cualquier programa de campo, se debe recopilar y evaluar la toda la documentación técnica posible, como: mapas topográficos, fotografías aéreas, mapas geológicos, fuentes de minerales, mapas geotécnicos e informes que cubran el área del proyecto. De igual forma se recomienda estudiar, desde que estén disponibles, informes de investigaciones del subsuelo de proyectos adyacentes o cercanos.

Se debe tener presente que aun cuando los mapas e informes anteriores sean obsoletos y de valor limitado a la luz del conocimiento presente, una comparación de lo viejo con lo nuevo a menudo revela información valiosa e inesperada.

3.1.1. Datos del programa

Para obtener un reconocimiento favorable de un proyecto de estas magnitudes es muy importante especificar y tener en cuenta los siguientes tópicos:

- **Cliente:** se debe especificar el nombre de la empresa interesada en la adquisición de sísmica.
- **Área:** hace referencia a la cuenca sedimentaria, la cual va a ser objeto de estudio.
- **Nombre del programa:** como todo proyecto, se debe bautizar el proyecto con un nombre característico, que haga referencia al área objeto de estudio.
- **Extensión del programa:** es la extensión que cobija el área de estudio, comúnmente se especifica en unidades de kilómetros cuadrados.

- **Fechas de viaje:** las fechas de viaje están referenciadas por los días en los cuales se realizará el reconocimiento del área, es decir, se debe especificar la fecha en la cual se va a hacer el recorrido desde un punto “A” a un punto “B”, describiendo las rutas, carreteras y vías de acceso al bloque específico.

3.2. ASPECTOS LOGÍSTICOS

El desarrollo de un proyecto de exploración sísmica terrestre requiere de una organización y planeación logística, que este adaptada a las actividades que impulsen al avance óptimo del estudio. En sentido general se refiere al flujo de los recursos que una empresa va a necesitar para la realización de sus actividades. El éxito final de un proyecto depende en buena parte, de la logística.

Personal y cargo para el reconocimiento del área: El reconocimiento del área debe ser realizado por un profesional que se dedique a la descripción y representación de terrenos, para este caso lo ideal sería un topógrafo de campo y un supervisor técnico, que se aseguren de la calidad de la información obtenida.

Equipos de reconocimiento: Para un reconocimiento óptimo del área objeto de estudio, se requiere de una serie de equipos especiales que permitan obtener información exacta y bien calificada. Los equipos de reconocimiento utilizados, usualmente son cámaras fotográficas de alta resolución, GPS (Sistema de Posicionamiento Global), camionetas de tracción 4x4 que permitan la movilización por los terrenos que cobijan el área a estudiar.

Plan de viaje: El plan de viaje se concentra en programar las rutas por las cuales se va a realizar el recorrido terrestre, que permitirán el reconocimiento del área. El uso de mapas cartográficos será de gran ayuda para estimar el plan de viaje.

3.3. ANÁLISIS DE SOPORTE

En el estudio de los impactos que potencialmente puede originar un proyecto de exploración sísmica será importante definir el área de influencia del proyecto, para poder identificar en este, las características ambientales, sociales pre existentes a la ejecución de los trabajos, para establecer así una línea de base, que sirva como punto de referencia y compararla con un pronóstico de la futura situación ambiental y social que se espera como resultado de ejecución de los trabajos y operación del proyecto.

El AID (Área de Influencia Directa) del proyecto es aquella donde se manifiestan los impactos y/o efectos directos generados por el proyecto, obra o actividad sobre los medios abiótico, biótico, socioeconómico y cultural.

La caracterización del AID debe ofrecer una visión detallada de los medios abiótico, biótico, socioeconómico y cultural, y basarse fundamentalmente en información primaria.

El análisis de soporte permitirá tener un control eficiente sobre las actividades que se desarrollaran en el AID, los siguientes puntos a tener en cuenta son de los más importantes para un óptimo desarrollo del proyecto:

Acercamiento con las autoridades: Se debe realizar un previo acercamiento con las autoridades municipales del AID.

Infraestructura vial: Es muy importante tener en como referencia al área de estudio, las carreteras y vías, que permitan la comunicación con las veredas del AID. Se debe tener presente el estado de las vías, ya que la mayoría de estas son destapadas, donde el buen uso y aprovechamiento de estas dependerá de la época de lluvias.

Apoyo aéreo: El apoyo aéreo dependerá de la densidad de carreteras, y del tipo de unidades geomorfológicas presentes.

Facilidades de comunicación: Es indispensable que exista buena señal telefónica e internet para facilitar la comunicación del personal.

Facilidades salud: Es muy importante tener presente las Clínicas, EPS's, Cajas de Compensación, Hospitales, más cercanos a los lugares de desarrollo de las actividades.

Facilidades bancarias: Importante que estén presentes en las cabeceras municipales más cercanas, incluso si hay cajeros electrónicos para realizar retiros.

Facilidades para suministros: Como, ferreterías, farmacias, supermercados, etc. Esto para prever inactividad durante las operaciones de campo.

Opciones de campamento base: En ocasiones hay restricciones de no ocupar campamentos base dentro del área de estudio, para este caso se debe tener presente campamentos bases opcionales como fincas aledañas, sitios turísticos en las vías marginales.

Situación social, problemática con comunidades: Muchas de las comunidades aledañas a zonas donde se concentran actividades de la industria del petróleo, han generado posiciones encontradas contra las empresas petroleras y de servicios que ingresan a realizar actividades en las áreas de influencia. Lo que se recomienda es para estos casos es investigar si hay presencia de asociaciones de trabajadores que estén bien organizadas, las cuales comúnmente exigen cupos de mano de obra calificada; así mismo de asociaciones de transportadores que las cuales no permiten el ingreso de vehículos de zonas ajenas a la región. Es normal que se presenten medidas de hecho como paros y huelgas.

Dificultad para permisos, tradición del área: Es importante indagar sobre la dificultad e inconvenientes en lo referente a la firma de permisos por parte de los propietarios de las tierras ubicadas sobre el área de influencia.

Organización política: Definir si la organización política está basada en, veredas, JAC, Consejos Comunitarios, Resguardos.

Situación de orden público: Se debe hacer referencia a la ocurrencia sobre situaciones de este tipo.

Corporaciones Autónomas Regionales: Se debe definir sobre que jurisdicción está regida el área de estudio, que CAR's.

Opciones de almacenamiento de material: Se recomienda el almacenamiento de material en lugares como batallones o zonas seguras, ya que dentro de los materiales usados se usan explosivos y es importante almacenar ese tipo de productos en lugares seguros y/o custodiados por personal de seguridad.

Disponibilidad de personal calificado: En áreas donde a través de mucho tiempo se han realizado actividades de exploración es común encontrar personal capacitado; sin embargo es un punto muy importante a tener en cuenta.

Disponibilidad de personal No calificado: Se convocaría directamente a personas que estén dentro del AID, se recomienda tener en un número estimado sobre el personal disponible en las veredas, corregimientos, etc.

Disponibilidad de vehículos: Estudiar la oferta de camionetas tipo doble cabina, con tracción en las cuatro ruedas y vehículos adecuados para transporte de personal y equipos.

Ubicación de volantes: Se debe buscar opciones entre las carreteras marginales y variantes que comunican (los pueblos). Donde sería conveniente una logística trabajando con el personal desde sus veredas, conformando rutas de recogida de personal en las vías principales cercanas al área de estudio.

Asociaciones de trabajadores: Definir si existen y si están organizadas. Verificar si históricamente estas han generado huelgas, paros y bloqueo a empresas contratistas.

Asociaciones de transporte: Definir si existen y si están organizadas.

3.4 ANÁLISIS OPERATIVO

3.4.1 Dificultades para topografía

Descripción Geomorfológica

La geomorfología es la ciencia que tiene como objeto el estudio de las formas de la superficie terrestre enfocado a describir, entender su génesis y entender su actual comportamiento. Una descripción topográfica del área es muy importante en la cual se debe referir la morfología del paisaje, la cual debe incluir las elevaciones de los terrenos más altos respecto a los más bajos, así mismo analizar como la topografía del sector se encuentra relacionada con los tipos de roca.

Cobertura Vegetal

La cobertura vegetal es toda vegetación natural correspondiente a un área o territorio, que incluye principalmente: bosques, matorrales, sabanas, vegetación de agua dulce, terrenos con escasa vegetación y áreas agropecuarias en uso. Una descripción general del tipo de vegetación presente en el área de estudio se hace necesaria, en proyectos de este tipo, ya que de esto dependerá el uso de los diferentes equipos que se hacen necesarios para el estudio del área.

Equipos convencionales y Equipos RTK: El porcentaje de equipos convencionales y RTK (Real Time Kinematic), dependerá de las condiciones del terreno. Se debe considerar el impacto operativo que pueden dejar este tipo de elementos, sobre el terreno o los bosques de galería.

3.4.2 Dificultades para perforación

Es muy importante realizar una reseña geológica que permita describir la ubicación del proyecto e identificar las características principales del área de estudio, así como de la cuenca sedimentaria a la cual pertenece; básicamente consiste en estudiar la complejidad geológica de la región, haciendo énfasis en la topografía de la región y unidades geológicas presentes, ya que dependiendo de lo anterior, y de la dureza de las rocas en la capa meteorizada se han de usar diferentes equipos de perforación, como: torres con punzón o equipos de aire; y así mismo también dependerá la facilidad de movilización de los mismos equipos por el terreno objeto de estudio. De ser necesario el uso del agua para las operaciones, es necesario identificar la disponibilidad de agua de la zona.

3.4.3 Dificultades para registro

Existen obstáculos culturales que pueden causar problemas significativos al momento de las operaciones de registro, esto se traduce en las vías, carreteras aledañas, campos productores de petróleo y/o gas, poblaciones, maquinaria en operación. Muchos de estos resultan ser controlables y manejables. Además, obstáculos naturales como ríos, selvas, terreno, podrían presentar inundaciones en la época de invierno

Desde el punto de vista del aspecto climático, Colombia como país tropical cuenta con dos períodos: seco y lluvioso, no bien definidos. En los países del Norte, el invierno es la mejor época para adquirir sísmica pues todas las zonas pantanosas se congelan y se logra un mejor acoplamiento tanto de las fuentes como de las receptoras; durante la primavera se presentan inundaciones y es la época de menor actividad sísmica. En países desérticos, se hace sísmica todo el año independientemente de la temperatura exterior. Es por esto que se hace necesario saber cuándo ocurren las épocas de sequía y de lluvias. En Colombia, la época de sequía es generalmente de Noviembre a Marzo y éste es el tiempo ideal para la

adquisición sísmica en todo el país. En el caso particular de los Llanos colombianos, éstos se ven afectados durante la época de lluvia sufriendo inundaciones y esto hace que la sísmica sea más costosa desde el punto de vista operacional pues hay que utilizar avionetas y helicópteros para el transporte de los equipos y del personal.

3.5. ASPECTOS OPERATIVOS

Los aspectos operativos, son aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad y/o proceso, depende de los recursos humanos que participen durante la operación del proyecto. Esta etapa permitirá identificar todas aquellas actividades que son necesarias para lograr un objetivo, donde se evalúa y determina todo lo necesario para llevarlo a cabo.

Se pretende hacer un acercamiento a la forma en que las empresas que prestan el servicio deben llevar a cabo las actividades en un proyecto de exploración sísmica terrestre.

3.5.1. Actividades pre-operativas

3.5.1.1. Oficinas centrales

Una vez sea notificada la asignación de los trabajos a la empresa de servicios, la gerencia de operaciones de la empresa deberá liderar una serie de talleres, en los cuales se deben dar a conocer los pormenores de las actividades a realizar, es decir se deben fijar las directrices a seguir y discutir el plan operativo a seguir.

3.5.1.2. Comisión de avanzada

Provista la presentación ante la Compañía Operadora, se debe realizar el desplazamiento de la primera comisión a la zona de operaciones, con el fin de iniciar los acercamientos con las autoridades civiles, militares y ambientales. Donde se deberá hacer las presentaciones de rigor y explicar los alcances del proyecto, así como la incidencia en la zona de operaciones, también se deberán aclarar las inquietudes por parte de las autoridades y organizaciones regionales que lo requieran.

La comisión de avanzada deberá estar integrada principalmente por:

Coordinador (a) Social

Su misión es preparar las reuniones con las diferentes autoridades, realizar un diagnóstico de la organización política en la zona de trabajo, tales como resguardos y asociaciones civiles, si las hubiese, además ir preparando la participación laboral equitativa con base en el diagnóstico. Para las presentaciones del proyecto ante las autoridades locales y las diferentes comunidades, el coordinador social debe estar acompañado de un Coordinador Ambiental, un Control de Calidad y un Jefe de Grupo.

Tramitador de Permisos

Su tarea consiste en identificar los predios y sus propietarios, e iniciará la obtención de permisos por medio de formatos previamente autorizados por la Empresa Operadora ajustados a la actual legislación. Es muy importante que el tramitador de permisos tenga un avance previo de por lo menos quince a veinte días del inicio de las actividades operativas, con el fin de ir despejando el ingreso de los grupos de topografía y trocha. Simultáneamente el Jefe de Grupo estará haciendo las respectivas negociaciones para el asentamiento de campamentos

base y volantes, además del acompañamiento a las presentaciones con las autoridades locales.

3.5.2. Programación propuesta

Una vez realizada la visita al bloque sísmico, se debe concluir en que época del año se deben ejecutar los trabajos, para así efectuar las operaciones, procurando evitar las épocas de lluvia en Colombia, además de obstáculos como la topografía del área. El programa propuesto se debería empezar a desarrollar primordialmente por las áreas más planas, y finalizar con la topografía más elevada.

3.5.3. Movilización

Campo Base

La ubicación del campamento base se debe ajustar a las reglamentaciones exigidas por las CAR's a las cuales pertenece el área objeto de estudio.

Se debe estimar el número de campamentos volantes, así como su ubicación para facilitar las actividades de soporte y avance del proyecto.

Comunicaciones

En el campamento base se tendrán facilidades de Internet, telefonía fija, telefonía celular y fax. Todos los grupos de campo están dotados con comunicación radial tipo VHF que en muchos casos están conectados satelitalmente, dando la opción de hacerles seguimiento en tiempo real.

Transporte

Se debe evaluar la forma en la cual se transportará el personal Staff hasta la zona de operaciones, si se realizará por medio de vía terrestre, en vehículos o por medio aéreo.

En el campo, el transporte básicamente se hace en vehículos de doble tracción y en zonas de selva y montaña alta, por medio de helicópteros.

Suministros

Es necesario convenir la forma en que se enviarán los equipos, herramientas, repuestos, equipos de seguridad y elementos de difícil consecución local, hasta el área de estudio; así como el suministro de comida al personal Staff y el personal obrero, el suministro de combustible para los equipos, generadores y vehículos.

Definir quien suministrará el explosivo utilizado para las operaciones, y los fulminantes y coordinar su almacenamiento en un lugar seguro. (Los explosivos en Colombia son suministrados por la industria militar INDUMIL y los detonadores importados generalmente de Perú, Brasil o Chile)

Relaciones con las comunidades

Se incluye en los siguientes capítulos la gestión social a realizar para proyectos de este tipo.

3.6. OPERACIONES DE CAMPO

3.6.1. Levantamiento topográfico y posicionamiento

3.6.1.1. Sistema de coordenadas usado en Colombia

Según estipulaciones del EPIS todo dato geo-referenciado se debe expresar en el único Datum oficial de Colombia, el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: Magna-Sirgas, en los cuales se debe tener en cuenta los orígenes correspondientes al sistema establecidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC.

El IGAC es el organismo nacional encargado de determinar, establecer, mantener y proporcionar los sistemas de referencia geodésico, gravimétrico y magnético (Decretos No. 2113/1992 y 208/2004), inició a partir de la estaciones SIRGAS, la determinación de la Red Básica GPS, denominada MAGNA (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia), que por estar referida a SIRGAS, se denomina convencionalmente MAGNA-SIRGAS. Esta se halla conformada por sesenta estaciones GPS de cubrimiento nacional de las cuales, ocho son vértices SIRGAS Y dieciséis corresponden a la red geodinámica CASA (Central and South American Geodynamics Network). Estos fueron determinados durante los años 1994, 1995 y 1997 con el propósito de suministrar una plataforma confiable a los productores y usuarios de información geo-referenciada en el país.

3.6.1.2. Metodología de corte y nivelación de líneas

Antes del inicio de las actividades de topografía:

- Se identifica el datum geodésico y se localizan estaciones dentro del levantamiento que pertenezcan a la red nacional. Se identifican los controles horizontales y verticales los cuales se deben originar y estar amarrados al sistema geodésico nacional.
- Se definen las tolerancias horizontales y verticales las cuales son especificadas por las operadoras y varían entre operadoras y países.
- Se establece una base de calibración de equipos determinada con GPS. Se chequea y calibra antes del inicio de las operaciones de campo cada una de las estaciones totales de topografía convencionales para asegurar su consistencia en los datos observados. Se calibran las partes por millón (ppm) y las constantes de los prismas a utilizar.
- Se revisan las plomadas ópticas y se revisan y ajustan en los casos en que es necesaria la verticalidad de los bastones.
- Se realizan inducciones dictadas al personal de topógrafos, capataces y porta prismas y se hace énfasis en los parámetros ambientales y técnicos establecidos para el desarrollo del proyecto.
- Se deben identificar tuberías, pozos de agua, canales de irrigación, edificaciones, etc. que van a introducir cambios de las coordenadas preplot, al igual que zonas ambientales de interés en el programa. Las distancias de separación deber estar bien definidas para estar dentro de las especificaciones de los permisos.
- En programas 2D y 3D todos los puntos fuentes se deben medir sin interpolaciones, al igual que todos los puntos que requieran reubicación.

Para la calibración final se tienen en cuenta la temperatura promedio, las constantes de prisma y PPM preestablecidos según el equipo utilizado, la presión atmosférica y la distancia patrón de la base de calibración.

Para establecer la red de GPS se hace una exploración preliminar con un navegador GPS. Luego se procede a efectuar las observaciones astronómicas por sol para determinar los azimut de inicio de líneas y poligonales.

El trabajo de corte y nivelación se puede realizar aplicando un sistema convencional y/o un sistema RTK (Real Time Kinematics). El sistema convencional consiste en nivelación trigonométrica recíproca con dos orígenes en Medición de ángulo horizontal y vertical en posición directa e inversa respectivamente. El sistema RTK utiliza equipos de GPS, conectados entre sí a un punto base fijo que mediante un radio y antena se encarga de transmitir simultáneamente valores en tiempo real a los equipos receptores (Rover).

Las poligonales de línea se pueden realizar con el método de nivelación trigonométrica recíproca de ángulos horizontales y verticales, los arranques de líneas se pueden hacer a partir de la red de GPS. Las correcciones acimutales de las poligonales se pueden realizar con base en observaciones solares.

El topógrafo controla el rumbo de la línea mediante observaciones astronómicas para determinar el azimut de la línea. Al final del día el topógrafo lleva a la base la producción diaria, el desplazamiento de puntos de disparo y las compensaciones. El jefe de topografía revisa diariamente la información de campo que se baja diariamente.

Las compensaciones y offsets requeridos en el campo debido a las distancias mínimas establecidas por las guías ambientales se realizan usando el sistema convencional o el RTK empleado en la nivelación de las líneas sísmicas.

3.6.1.3. Nivelación y ajuste de líneas sísmicas

Corte

Para iniciar el corte de la línea, el capataz de trocha o un ayudante sostiene un jalón a una distancia de la estación que permita su visualización. El topógrafo se comunica con la persona que sostiene el jalón y le indica el destino de la trocha. Se repite la operación con un segundo jalón ubicado a una mayor distancia visual de la estación y con estos dos puntos de referencia el capataz de trocha inicia sus labores de corte usando machetes, tratando de minimizar el daño al medio ambiente y siguiendo las normas estipuladas en las guías ambientales. Se usa también el amarre de ramas y arbustos en donde sea posible. No se cortan árboles que tengan un grosor mayor a 10 cm, las trochas tienen un ancho de 1.20 m y son hechas a machete.

Nivelación

El jefe de topografía solicita la información de los vértices de primer orden más cerca del proyecto al IGAC, se traslada a la zona y localiza el sitio exacto del vértice. Si es un punto confiable elabora el diseño de la red de GPS para localizar los puntos de arranque del proyecto.

El diseño de la red consiste en realizar triángulos equiláteros sobre tres puntos, el primero de ellos es el vértice de primer orden, luego un nivel de precisión (conocido como NP y tiene elevaciones conocidas) y después el punto que se desea referenciar (la distancia base entre los puntos no debe ser menor a 20 Km). Se debe tomar en cuenta el tiempo de rastreo, tipo de observación, intervalo de grabación, mínimo de elevación, mínimo de satélites (5 preferiblemente) y la clase de ocupación. Se repite el procedimiento hasta ocupar todos los puntos de referencia del proyecto.

Se ubica el punto de interés, se arma el trípode, se centra y nivela la estación con base en el mojón o base de referencia, se le coloca la antena al equipo. Se configura el equipo asignándole nombre, hora de inicio y duración de la sesión, fecha, número mínimo de satélites y cualquier otro parámetro estipulado por el cliente.

Se hace el registro de sesión de GPS y se repiten las operaciones con los dos equipos restantes. Se verifica constantemente que los equipos estén trabajando adecuadamente. Se transfieren los datos a la computadora. Se verifica el estado de la información, la altura de las antenas, el cumplimiento de los parámetros del cliente. Se realiza el proceso de los datos. Se hacen las transformaciones en los orígenes que establece el cliente, se obtienen las coordenadas y se insertan en las líneas para los ajustes.

Para el inicio de la línea se establece si existe alguna línea nivelada previamente para amarre o referencia. Si no existen líneas previas, el jefe de topografía le proporciona al topógrafo las coordenadas y azimut del sitio de referencia establecido y la distancia del mismo con respecto al punto en el cual se iniciarán los trabajos en la línea. La cuadrilla conformada por el topógrafo, el ayudante de topografía, porta prisma, capataz de trocha y ayudantes de trocha se desplazan al sitio establecido. El topógrafo arma, nivela la estación y envía al porta prisma al punto de referencia.

3.6.2. Perforación

Cuadrillas o grupos de personas dotados con taladros portátiles como, equipos hidráulicos, torres mecánicas, taladros que perforan con agua, con aire o torre punzón, utilizados según la topografía y geología del área del programa de adquisición sísmica, realizan perforaciones sobre las líneas de tiro, el diámetro de la perforación es de 2 y ½ pulgadas aproximadamente, la profundidad del hueco la determina el diseño del proyecto. Una vez realizada la perforación de acuerdo a

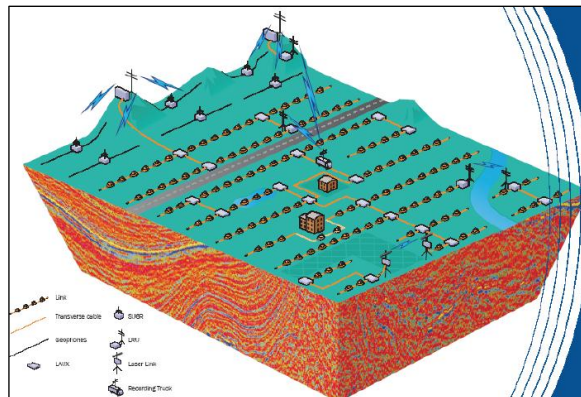
los parámetros técnicos establecidos, se deposita la fuente de energía denominada “SISMIGEL”, se tapa el hueco con material especial, para garantizar el sello al momento de disparar la fuente de energía. Al igual que la profundidad de la perforación, la cantidad de SISMIGEL también la determina el diseño del proyecto.

3.6.3. Registro

Colombia tiene una topografía muy variable, desde el punto de vista del registro de los datos y del riego de los equipos, las zonas montañosas, rugosas, quebradas, al igual que los llanos presentan sus retos. Como se vio en las primeras secciones, siempre que haya cambios considerables en la topografía se va a necesitar equipos de registros de telemetría distribuida.

Al conectarse a una red con tecnología de multi-telemetría los datos fluyen a través de muchas rutas definidas por el operador. Los diferentes medios de comunicación telemétrica (cable, frecuencia radial, láser, fibra óptica) pueden mezclarse a lo largo de la red para proporcionar una óptima solución en el cruce de los obstáculos (ver figura 13).

Figura 13. Red telemétrica.



Fuente: Tomado de Tomado de <ftp://ftp.sercel.com/pdf/brochures/408UL.pdf>

En la etapa de registro se debe definir los equipos de registro a ser utilizados, el tipo de geófonos.

Entre los pasos más relevantes que comprende esta etapa, se pueden considerar los siguientes:

- En los sitios donde se ubicaron los puntos de registro, se plantan en el terreno los sensores o geófonos.
- Se tienden a lo largo de las líneas receptoras, cables que van interconectados entre sí y a su vez, estos van conectados a los equipos de registro. Actualmente hay una gran oferta de equipos inalámbricos, que van tomando mucha fuerza en el mercado.
- Se disparan controladamente cada una de las fuentes de energía, generando con ello, una onda sonora, la cual se propaga a través del subsuelo y al encontrar capas de densidad diferente, genera un rebote de onda hacia la superficie, allí es capturado por los sensores o geófonos y transportado por los cables a los equipos de registro
- Con personal altamente calificado, equipos de alta tecnología y un efectivo control de ruidos se logra obtener información con excelentes estándares de calidad, que permite que los intérpretes puedan identificar la ubicación de las rocas que almacenan los hidrocarburos, que son la finalidad de los programas de exploración sísmica.

4. GESTIÓN AMBIENTAL

4.1. ANTECEDENTES⁴⁴

La Ley 99 de 1993 determinó que la ejecución de obras y actividades de la industria del petróleo debían contar con una planificación ambiental adecuada, y estableció como requisito la Licencia Ambiental para aquellos casos en los que se cause deterioro de los recursos naturales renovables o al medio ambiente, o modificaciones notorias al paisaje. Para estos casos definió el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) como el instrumento básico para la planificación ambiental y la toma de decisiones.

Para facilitar el proceso de planificación el Ministerio del Medio Ambiente y el sector petrolero identificaron la necesidad de definir guías ambientales básicas que orienten la gestión ambiental en la ejecución de este tipo de proyectos.

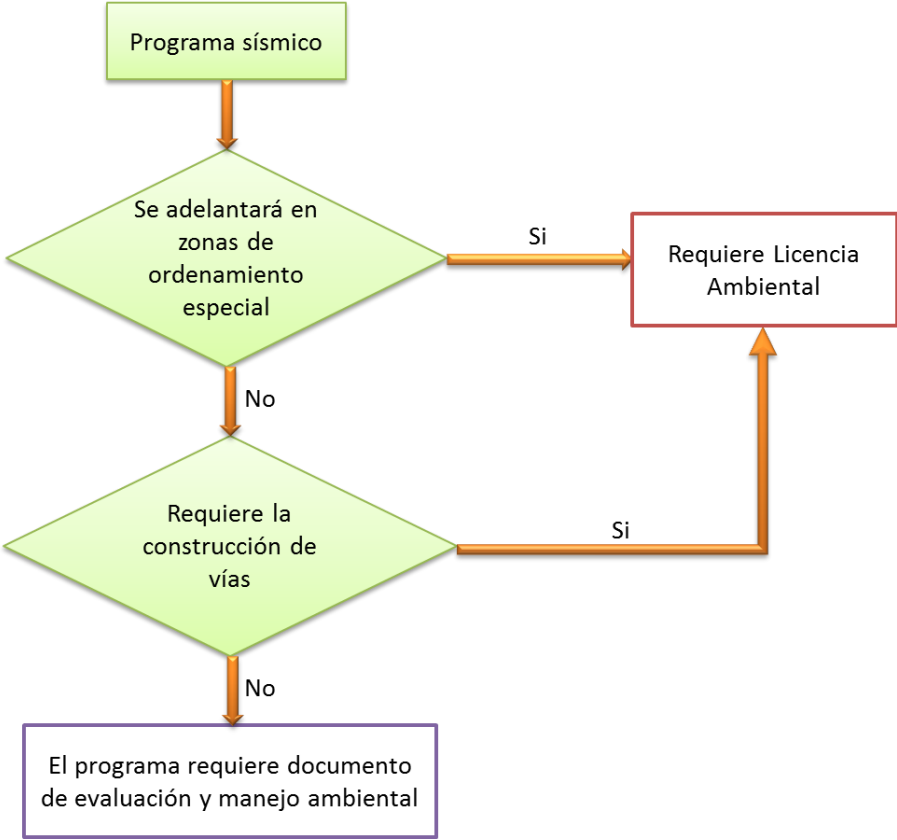
4.2. MARCO JURÍDICO AMBIENTAL⁴⁵

La exploración sísmica terrestre, salvo algunas excepciones, no conlleva normalmente a factores de deterioro grave invocados en la ley para hacer exigible la Licencia Ambiental. Por medio del decreto 883 de 1997, se establecieron los requisitos y condiciones referentes a licencias ambientales en programas de exploración sísmica (ver figura 14). Así mismo en la tabla 4 se pueden apreciar las principales normas ambientales aplicables a la exploración sísmica.

⁴⁴ Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre. (1997). Ministerio del Medio Ambiente. p 1.1.

⁴⁵ Ibid, p 3.1.

Figura 14. Diagrama de flujo: Requisitos y condiciones referentes a licencias ambientales.



Fuente: Tomado y Modificado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre. Figura 3.2.

Tabla 4. Principales normas ambientales aplicables a la exploración sísmica.

NORMA	MATERIA
Decreto 2811/74	Utilización de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.
Decreto 1541/78	Aguas superficiales y subterráneas.
Ley 09/79	Legislación sanitaria (Gestión ambiental de residuos).
Decreto 02/82	Emisiones atmosféricas.
Decreto 1594/84	Vertimientos de líquidos.
Constitución /91	Derechos y deberes del estado y particulares en materia ambiental.
Decreto 948/95	Emisiones atmosféricas y ruido.
Resolución 8321/93	Ruido.
Decreto 1791/97	Régimen de aprovechamiento forestal.
Ley 99/93	Creación del MMA y organización del SINA.
Decreto 1753/94	Licencias ambientales.
Decreto 1421/96	Licencias ambientales – PMA
Decreto 883/97	Licencias ambientales – DEMA

Fuente: Tomado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre.

Cuadro 3.1.

4.3. PARTICIPACIÓN CIUDADANA⁴⁶

La participación ciudadana en las decisiones ambientales de los proyectos merece especial atención, particularmente cuando las actividades se desarrollan en territorios pertenecientes a comunidades étnicas. La importancia de la participación nace de la Constitución Política y del derecho fundamental que tienen las personas a gozar de un ambiente sano.

4.4. PLANIFICACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO

Los estudios ambientales tienen como objetivos principales identificar y evaluar los impactos sobre el ambiente y la salud pública que puede generar la exploración, así como diseñar las medidas de manejo ambiental necesarias.⁴⁷

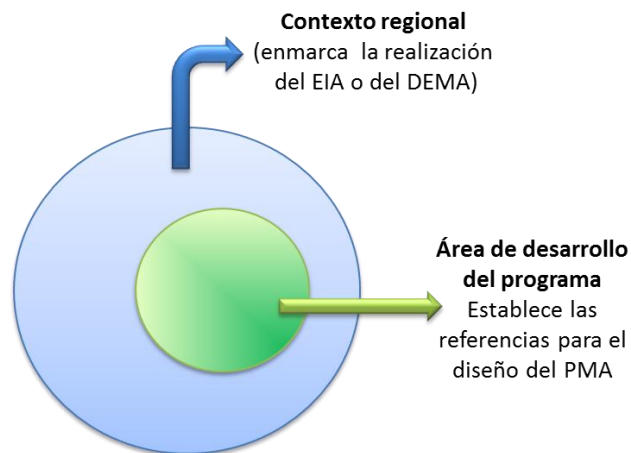
⁴⁶ Ibid, p 3.7.

⁴⁷ Ibid, p 4.1.

La planificación ambiental de la exploración sísmica terrestre contempla, dos niveles de análisis como se muestra en la figura 15 planificación ambiental.

En todo programa sísmico se deben obtener los permisos ambientales antes de ingresar al área, para captación de aguas domésticas, aguas industriales y de aprovechamiento forestal cuando fuere necesario, como en el caso de helipuertos y volantes en selva, con las respectivas corporaciones autónomas; normalmente hace parte del plan de manejo ambiental PMA.

Figura 15. Planificación ambiental.



Fuente: Tomado y Modificado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre. Figura 4.1.

Los lineamientos para la elaboración de estudios ambientales son⁴⁸:

- Debe existir siempre un estudio de carácter regional que enmarca la planificación ambiental de los programas sísmicos a desarrollar en el área de interés.

⁴⁸ Ibid, p 4.2.

- Los estudios ambientales deberán identificar factores, elementos, variables e indicadores que generen posibles impactos debido a las actividades desarrolladas por la exploración sísmica.
- La obtención de la información sobre el área de estudio requiere de métodos y procedimientos que deben incluirse en el estudio regional. Para identificar la carencia, incertidumbre y confiabilidad de los datos.
- La información procesada, del aspecto social debe cruzarse con la de los aspectos físicos y bióticos para que de su análisis integral pueda precisarse la zonificación ambiental.

Las estrategias de manejo ambiental deben responder a los impactos generados por la actividad. La tabla 5 permite apreciar los criterios para la planificación ambiental de un proyecto.

Tabla 5. Criterios para la planificación ambiental del proyecto.

Criterios de	Estudio regional	Manejo ambiental
Descripción del proyecto	Descripción general de las actividades de exploración sísmica.	Descripción detallada del programa sísmico y actividades a desarrollar.
Caracterización ambiental del área	Descripción ambiental del área con información nacional, regional y municipal.	Descripción ambiental con base a la obtenida en el estudio regional. Elaboración de perfiles eco-topográficos.
Zonificación ambiental	Establecer de manera general el grado de sensibilidad ambiental respecto a las actividades.	Establecer el grado de sensibilidad ambiental respecto a las actividades productivas.
Evaluación ambiental	Evaluación de los impactos ambientales por las actividades de exploración sísmica.	Evaluación de los impactos ambientales generados por las actividades del programa.
Zonificación de manejo ambiental	Establecer de manera general las áreas de exclusión, susceptibles de intervención e intervención con restricción.	Establecer las áreas de exclusión, susceptibles de intervención e intervención con restricción.
Manejo ambiental	Formular estrategias de manejo ambiental.	Diseños de las medidas de manejo ambiental.
Sistema gerencial de gestión	Integrar las medidas de manejo ambiental a un sistema gerencial de gestión ambiental.	Integrar las medidas de manejo ambiental a un sistema gerencial de gestión ambiental.

Fuente: Tomado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre.

Cuadro 4.2.

4.5. CICLO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL⁴⁹

La Gestión Ambiental en los proyectos de exploración sísmica terrestre puede conceptualizarse como un proceso de mejoramiento continuo, cuyos elementos y sistemas principales se muestran en la figura 16.

Figura 16. Ciclo de la gestión ambiental.



Fuente: Tomado y Modificado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre. Figura 4.2.

- a) El PMA se verificará y ajustará de acuerdo con las exigencias adicionales formuladas por la autoridad ambiental y las condiciones operativas al momento de iniciar actividades.
- b) Este plan requiere recursos económicos, técnicos y de personal, los cuales deben ser aportados por el dueño del proyecto y por el Contratista de sísmica.

⁴⁹ Ibid, p 4.7-4.8.

- c) El Plan debe ser divulgado, y los participantes deben capacitarse en el mismo.
- d) Los resultados de la gestión deben ser comunicados a todas las partes interesadas.
- e) Se requiere de mecanismos de control para garantizar que el programa se desarrolle como medio para alcanzar los objetivos y metas de calidad propuestos.
- f) Debe establecerse un sistema de medición que permita evaluar los resultados de la gestión.
- g) La gestión debe tener mecanismos ágiles para tomar acciones correctivas o preventivas concordantes con los resultados de la evaluación.
- h) Se requiere disponer de un sistema de registro que permita administrar la información generada por el proceso.
- i) El proceso debe permitir su revisión periódica, necesaria para lograr el mejoramiento continuo.

4.6. MANEJO AMBIENTAL PARA LAS ETAPAS DE UN PROYECTO DE EXPLORACIÓN SÍSMICA

Desarrollo

4.6.1. Manejo ambiental para la instalación de campamentos

4.6.1.1. Definición de la localización

La mejor alternativa de localización es aquella que:

- Cumple con los objetivos y requerimientos del proyecto.
- Minimiza el daño ambiental que puede derivarse de la instalación y operación del campamento base y los campamentos volantes.

- Busca la preservación de la calidad fisicoquímica, biótica y socioeconómica del área afectada.
- Cumple con las restricciones legales a la ocupación del espacio.
- Reduce la necesidad de restauración del área afectada una vez concluido el proyecto.
- Se encuentra centros poblados o área ocupadas con la finalidad de utilizar la infraestructura disponible. Si se encuentra en zonas despobladas se deben seguir los criterios de localización para dichas zonas.

Criterios de localización para zonas despobladas⁵⁰:

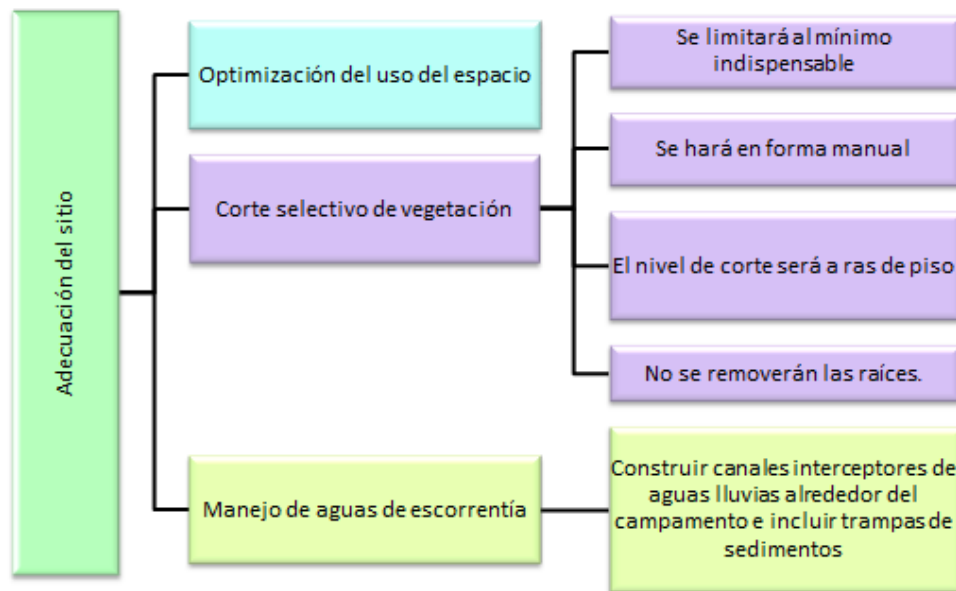
- Utilización de áreas planas u otras que no requieran movimiento de tierras.
- Alejado de áreas inestables, o con riesgos de avalancha.
- Área suficiente para albergar el campamento y sus instalaciones conexas respetando normas ambientales y de seguridad.
- Se evitará ubicar campamentos en áreas de exclusión definidas por el EIA.
- La distancia mínima a un cuerpo de agua, a la cual se podrá ubicar el campamento base es de 30 m.
- El orden de preferencia para seleccionar la localización será:
 - Áreas intervenidas desprovistas de vegetación arbórea
 - Estados sucesionales incipientes-Bosque secundario
 - Bosque primario.

4.6.1.2. Adecuación del sitio

Para minimizar el daño ambiental debido a la adecuación del sitio se deben seguir los criterios ambientales de la figura 17.

⁵⁰ Ibid, p 6.4.

Figura 17. Criterios ambientales para minimizar el daño ambiental debido a la adecuación del sitio.



Fuente: Los Autores

4.6.1.3. Instalación del campamento⁵¹

Para la instalación del campamento se deben seguir los siguientes parámetros:

- La capa vegetal del área sobre la cual se instalará el campamento no será removida ni el sitio explanado.
- Se debe preferir el uso de estructuras metálicas
- Se deberá hacer el mínimo uso posible de madera como material de construcción. En caso de requerirse su utilización se deberá contar con el respectivo permiso de aprovechamiento forestal.

⁵¹ Ibid, p 6.6.

4.6.2. Residuos solidos

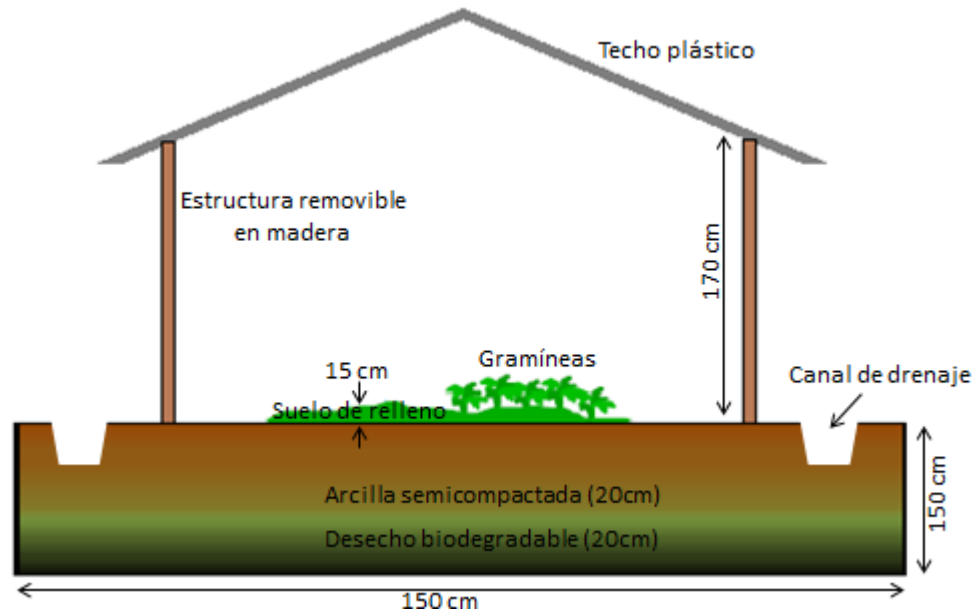
Se debe contar con un sistema de gestión apropiado para el manejo y la disposición de los residuos sólidos generados el cual debe contar con:

- Recipientes señalizados por tipo de residuo para la separación
- Limpieza de los campamentos y otras áreas ocupadas permanentemente.
- Una cuadrilla de limpieza de las líneas sísmicas, la cual será responsable por la recolección de los residuos abandonados en la trocha. El avance de la cuadrilla se dará detrás del frente de trabajo, cuando se hayan completado las operaciones.

La disposición de residuos se hará de la siguiente forma:

- **Residuos no biodegradables:** Se tratarán y dispondrán fuera del área del proyecto.
- **Residuos biodegradables:** Su disposición se realizara en un relleno sanitario (ver figura 18), el cual deberá ubicarse a una distancia no inferior a 30 metros de los cuerpos de agua y durante su operación se deberá hacer cubrimiento diario de la basura dispuesta en la fosa, para evitar la generación de olores.

Figura 18. Relleno sanitario para residuos biodegradables.



Fuente: Tomado y modificado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre. Figura 6.3.

4.6.3. Gestión ambiental de líquidos

4.6.3.1. Aguas de escorrentía

Se debe evitar la contaminación de las aguas de escorrentía que escurren sobre el área donde se ha construido un campamento (base o volante).

Para el manejo de aguas de escorrentía se tendrán en cuenta los siguientes principios⁵²:

- Los campamentos deberán ubicarse de tal manera que no obstruyan la red natural de drenaje del área

⁵² Ibid, 6.10.

- Las aguas lluvias limpias que caen sobre el campamento tendrán un sistema de manejo independiente que evite su contaminación, y serán dispuestas directamente al ambiente.
- Para garantizar el correcto manejo de las aguas lluvias, especialmente en zonas de ladera, se construirá un canal interceptor sobre el perímetro de la instalación.
- También es obligatoria la construcción del canal interceptor alrededor del relleno sanitario (si este método de disposición está siendo utilizado).
- La protección de las aguas lluvias exige que el almacenamiento de combustibles se encuentre confinado en diques con capacidad mínima del 110% del volumen almacenado.

4.6.3.2. Aguas residuales domesticas⁵³

Los campamentos (base y volantes) deben contar con un sistema adecuado de manejo, tratamiento y disposición de aguas residuales generadas durante su operación con el fin de prevenir la contaminación del suelo y del agua (superficial y subterránea), y evitar riesgos para la salud, para ello se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

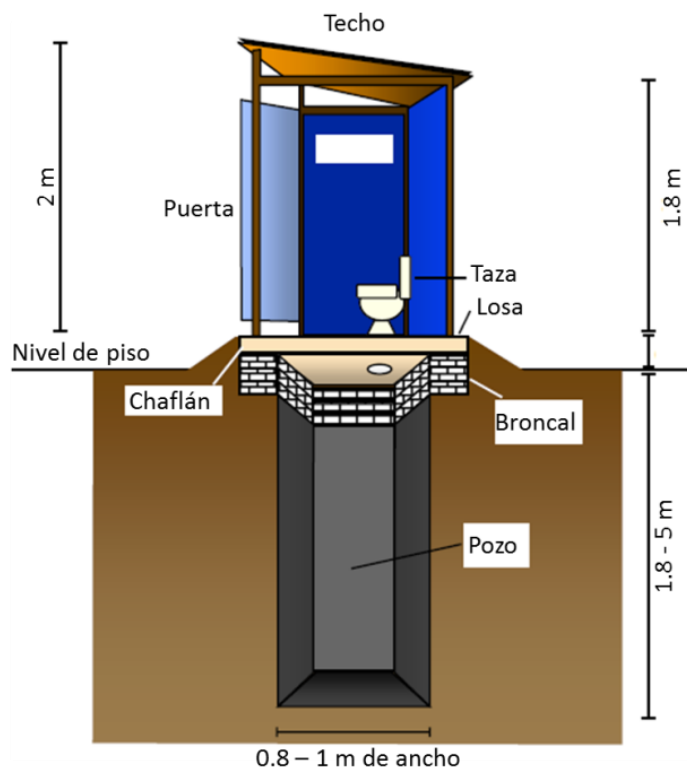
- El campamento base y los campamentos volantes estarán provistos con un número suficiente de baterías sanitarias para atender la población prevista.
- Las aguas residuales domésticas se manejarán a través de redes independientes. Se tendrá una red para aguas negras y otra para la conducción de aguas grises.
- El sistema de tratamiento de aguas para el campamento base se realizara por medio de una red de alcantarillado si existe en el área, en caso

⁵³ Ibid, p 6.11-6.12.

contrario se deberá instalar un pozo séptico (ver figura 21), o utilizar una planta de tratamiento portátil

- El sistema de tratamiento de aguas para campamentos volantes se realizara por medio de una letrina séptica conectada a una batería sanitaria (ver figura 19 diseño de la letrina) o por medio de un pozo séptico.
- El campo de infiltración del pozo séptico (ver figura 20 diseño del campo de infiltración) deberá localizarse a no menos de 100 metros de cualquier corriente de agua y el pozo se ubicara a no menos de 3.5 metros de cualquier edificación, deberán ubicarse aguas abajo de cualquier otro pozo y en zonas no inundables.

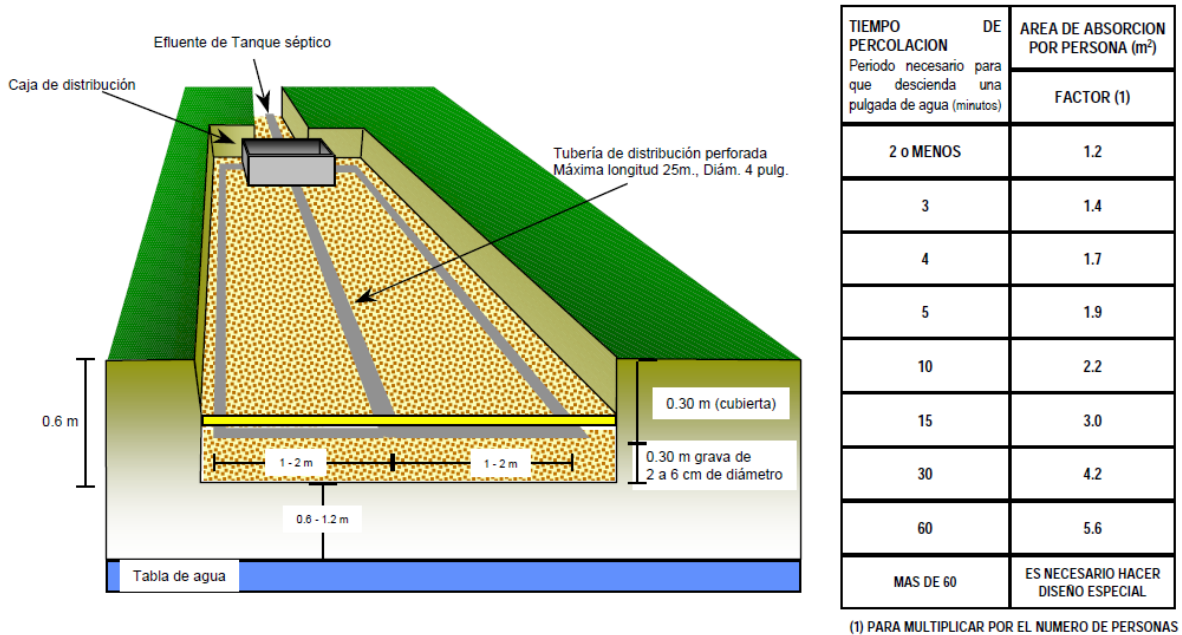
Figura 19. Diseño de la letrina.



Fuente: Tomado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre.

Figura 6.7

Figura 20. Diseño del campo de infiltración.



Fuente: Tomado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre.

Figura 6.8.

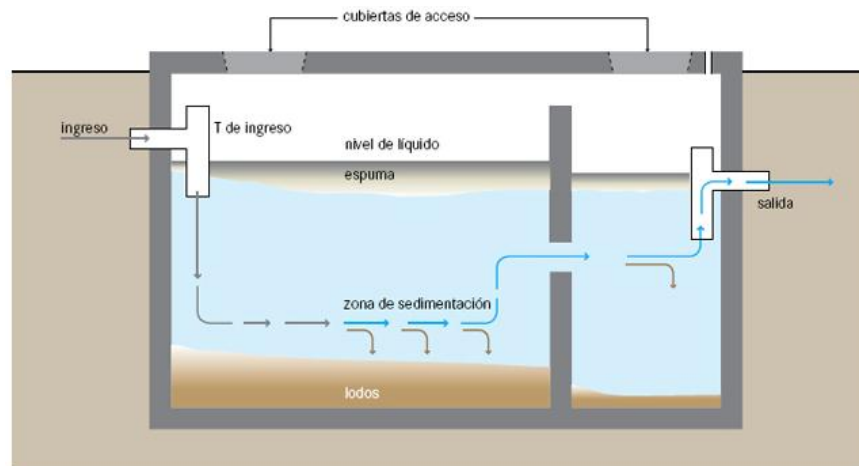
El sistema de manejo y disposición de aguas residuales debe tener un programa de mantenimiento, según las siguientes pautas generales⁵⁴:

- No adicionar productos químicos o desinfectantes que inhiban la acción bacteriana.
- Minimizar la entrada de aguas lluvias.
- Programar la inspección periódica del sistema para apreciar su funcionamiento y determinar las necesidades de mantenimiento.
- Extracción periódica de grasas y sedimentos de trampas y cajas de inspección.
- La letrina sanitaria debe dotarse de un recipiente con cal y tierra, mezcla que se adicionará al foso cada vez que se utilice el sistema.

⁵⁴ Ibid, p 6.13.

- Los lodos y las grasas u otros sólidos que se extraigan del sistema irán al relleno sanitario.

Figura 21. Pozo séptico.



Fuente: Polprasert, C. y Rajput, V S. Environmental Sanitation Reviews: Septic Tank and Septic Systems. Centro de Información Sanitaria Ambiental, AIT, Bangkok. Tailandia. pp. 68-74. (Manual detallado de diseño)

4.6.4. Gestión ambiental de helipuertos⁵⁵

Para la construcción y operación de helipuertos se deben seguir los siguientes criterios ambientales:

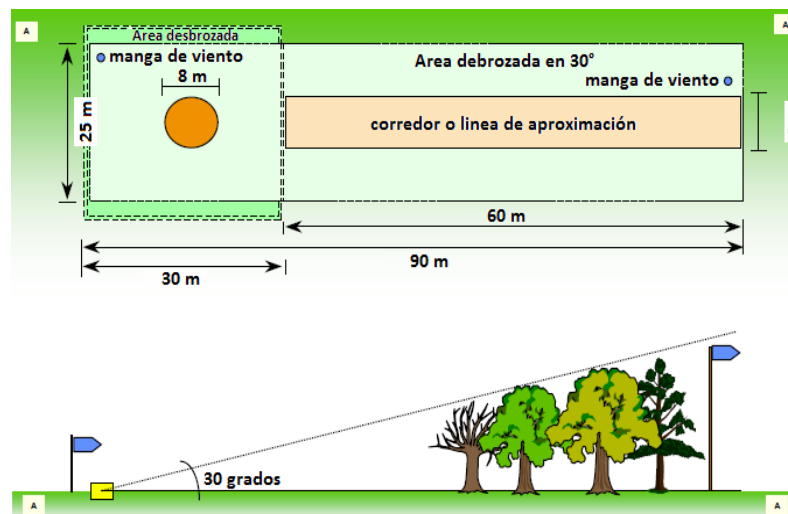
- El número de helipuertos y zonas de descarga se restringirá al mínimo.
- Solo se construirá un helipuerto si hay imposibilidad o inconveniencia de acceder por otros medios.

⁵⁵ Ibid, p 6.18.

- La ubicación de helipuertos y zonas de descarga se hará con criterios de protección ambiental, mínima afectación del suelo, flora, fauna y la comunidad.
- Se aprovecharán en lo posible las áreas que se encuentran desmontadas, o las que estén ocupadas por vegetación herbácea o rastrojos.
- Se aprovechará la topografía del terreno más favorable con el fin de evitar trabajos de nivelación.
- Se minimizará el tamaño de las áreas a ser intervenidas, sin sacrificar condiciones de seguridad de la operación.
- Las zonas de descarga con cuerda larga previstas para áreas de difícil acceso tendrán dimensiones hasta de 15 x 15 m.
- Los helipuertos deberán ser desmantelados al finalizar los trabajos, procediendo a la limpieza del área y a su restauración.

La figura 22 permite apreciar las dimensiones de un helipuerto en una zona boscosa.

Figura 22. Dimensiones de un helipuerto en una zona boscosa.



Fuente: Tomado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre.

Figura 6.10.

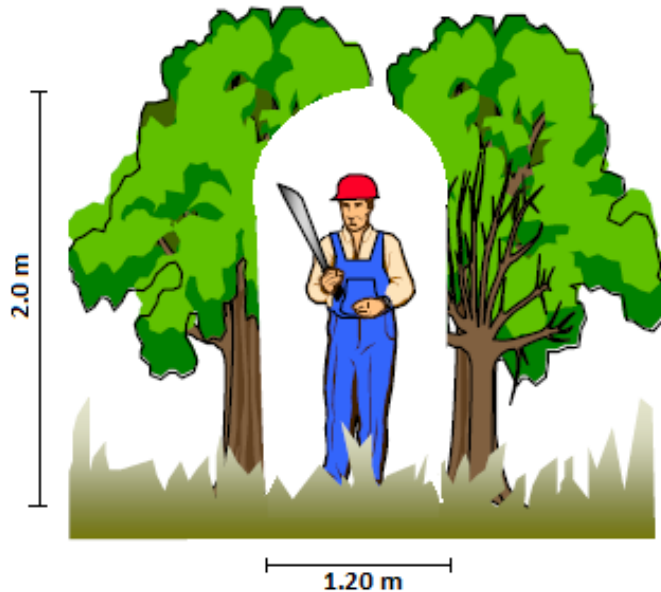
4.6.5. Gestión ambiental para actividades de trocha y topografía⁵⁶

La apertura de las trochas se hará siguiendo los lineamientos que se indican a continuación:

- El ancho máximo de la trocha será de 1.5 m en las áreas desprovistas de vegetación arbórea y de 1.2 m en los bosques primarios y de galería (ver figura 23).
- El corte de vegetación se hará únicamente con herramientas manuales
- El diámetro máximo (DAP) del árbol que puede ser talado es de 10 cm. Cuando se encuentren árboles que sobrepasen esta especificación, la línea topográfica los evitará. Se procederá de igual manera cuando se encuentren especies raras o en peligro de extinción.
- Siempre que sea posible se harán trochas tipo túnel en las cuales la remoción de vegetación se limitará al ancho especificado, con altura máxima de 2 m y se hará el corte o amarre de ramas bajas hasta lograr la altura deseada.
- Antes de cortar la vegetación, especialmente cuando se trabaje en áreas de minorías étnicas, debe tomarse en consideración su valor social, económico y cultural.

⁵⁶ Ibid, p 6.20.

Figura 23. Dimensiones Trocha.



Fuente: Tomado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre.

Figura 6.11.

4.6.5.1. Disposición del material de corte

- a) El material de corte se utilizará para fabricar las estacas y demás elementos de madera requeridos en el trabajo.⁵⁷
- b) La selección del sitio y del método de disposición del material de corte se hará considerando el riesgo de incendio. Se evitará colocar el material vegetal removido a una distancia inferior a los 50 m de los cuerpos de agua.⁵⁸
- c) No se permitirá la quema de vegetación o del material de corte.⁵⁸

⁵⁷ Ibid, p 6.20.

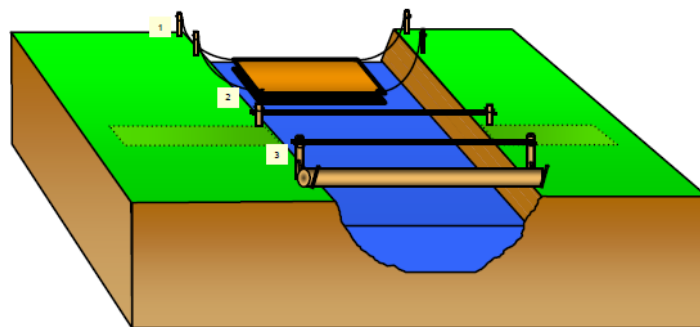
⁵⁸ Ibid, p 6.22.

4.6.5.2. Cruce de cuerpos de agua⁵⁹

Los cruces de cuerpos de agua por las líneas sísmicas y la colocación de estructuras temporales para facilitar la operación se regirán por las siguientes normas:

- No se construirá más de un cruce en la intersección de la línea con cualquier cuerpo de agua, excepto en cauces meándricos.
- El cruce se hará en ángulo recto con la corriente para evitar el deterioro de las márgenes del cuerpo de agua.
- Se procurará evitar al máximo la desestabilización de las orillas para no inducir procesos erosivos, la contaminación con sólidos y la sedimentación del cauce.
- Solo se colocarán estructuras temporales para facilitar los cruces, y éstas serán removidas después de su utilización por la última cuadrilla (ver figura 24 modelos de cruces de cuerpos de agua).
- La distancia mínima a la ribera del cuerpo de agua a la cual puede detonarse una carga explosiva será de 30 m.

Figura 24. Modelos de cruce de cuerpos de agua.



Fuente: Tomado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre.

Figura 6.12.

⁵⁹ Ibid, p 6.22.

4.6.6. Manejo ambiental de la perforación⁶⁰

Para prevenir la ocurrencia de impactos ambientales asociados a la perforación de los pozos tales como la generación de inestabilidades o la contaminación del agua o del suelo para la colocación de cargas, se deben seguir los siguientes criterios ambientales:

- Evaluar la estabilidad del terreno, con el fin de reubicar puntos de disparo y/o decidir el tipo de equipo a emplear.
- No localizar ni perforar pozos en pendientes mayores a 45 grados.
- Las distancias mínimas a las fuentes de agua, a las cuales se puede perforar pozos para detonar cargas explosivas para nacederos son 100 metros y para corrientes y cuerpos de agua superficiales 30 metros.
- Los cambios de aceite de los motores se harán preferiblemente en los campamentos, evitando los derrames en tierra. El aceite se deberá recoger en un recipiente el cual posteriormente se evacuará hacia el campamento base.
- La descarga del fluido del taladro se orientará de tal manera que el residuo no impacte los cuerpos de agua cercanos, para evitar el aumento de turbidez y sedimentación.
- Los huecos se taponarán después del cargado y el registro.

4.6.7. Detonación de cargas y registros⁶¹

Aspectos ambientales a tener en cuenta:

- Cuando se detonen cargas en lugares cercanos a poblaciones se utilizarán mantas de protección.

⁶⁰ Ibid, p 6.24-6.25.

⁶¹ Ibid, p 6.28.

- Los habitantes cercanos al área de trabajo serán advertidos con anticipación acerca de la ocurrencia y duración de las explosiones.
- Señalización de áreas donde se están efectuando disparos.
- Si se hacen disparos nocturnos se informará con 24 horas de anticipación.
- El manejo de explosivos se hará de acuerdo a los siguientes criterios:
 - Adquisición en el Ministerio de Defensa Nacional.
 - Transporte por helicóptero, siguiendo las medidas de seguridad de la OACI.
 - Almacenar explosivos y detonantes con las debidas precauciones de seguridad, para evitar accidentes o robos.
 - Mantener inventario diario detallado de los explosivos, para evitar que se dejen en el campo.
 - La distancia mínima para puntos de disparo se regirán según la tabla 6.
 - La utilización de cargas en ríos, lagos y lagunas está prohibida, por eso se debe recurrir a otras tecnologías como pistolas de aire.

Tabla 6. Distancias mínimas para puntos de disparo.

Sitio	Distancia (Metros)			
Carreteras o acueductos municipales superficiales	10			
Lagunas, esteros y aljibes	30			
Oleoductos, gasoductos, residencias y estructuras en concreto	< 2kg 30 m	2-4 kg 45 m	4-6 kg 50 m	6-8 kg 75 m
Estanques, viviendas en adobe, torres de alta tensión, tanques de almacenamiento de hidrocarburos	100			
Líneas de flujo, acueductos municipales enterrados, carretera pavimentada	25			
Cuerdas de alta tensión y carreteras destapadas	50			
Tanques de agua, viviendas en material	70			
Viviendas en madera	20			
Acueductos veredales, superficiales o enterrados	5			

Fuente: Tomado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre. p 6.27

4.6.8. Manejo ambiental para la utilización de vibradores

Los criterios de manejo ambiental aplicables cuando la adquisición de datos se realice mediante la utilización de equipos vibradores en reemplazo del método de detonación de cargas explosivas son:

- Su utilización se hará en áreas planas o de colinas bajas, no cubiertas de bosques.
- El desplazamiento de los equipos se efectuará utilizando la infraestructura vial existente, la cual deberá adecuarse para satisfacer las necesidades del equipo y del programa.

- En áreas de inestabilidad se evitará el uso de estos equipos
- El equipo deberá mantenerse en óptimas condiciones mecánicas. No debe presentar fugas de aceite o de combustible y ser sincronizado periódicamente, con la frecuencia debida para evitar ruido excesivo.

4.7. PLAN DE CONTINGENCIA

El plan de contingencia es un instrumento de planificación que permite al usuario anticipar una situación de emergencia y tomar decisiones adecuadas, organizacionales y operativas, para su manejo y control eficaz y de esta forma garantizar una adecuada respuesta a incidentes de contaminación o a los eventos que ponen en riesgo los recursos naturales y la integridad de las personas, vinculadas o no a la ejecución.

Los principales riesgos asociados al desarrollo de un programa sísmico terrestre pueden sintetizarse de la siguiente forma (ver tabla 7).

Tabla 7. Riesgos asociados al desarrollo de un programa sísmico terrestre.

Evento	Aspectos a analizar
Incendio o explosión, que ocasione la destrucción de la vegetación, afecte la estabilidad de los suelos o ponga en riesgo a las personas o a sus bienes.	<ul style="list-style-type: none"> -Materiales (explosivos; combustibles) utilizados, y su manejo. -Estado mecánico de equipos. -Señalización; medidas de prevención.
Derrame de combustibles y/o lubricantes. Puede deteriorar las condiciones del suelo, el agua o la vegetación.	<ul style="list-style-type: none"> -Transporte -Almacenamiento -Estado mecánico de equipos -Reaprovisionamiento, reparaciones -Disposición de residuos
Accidentes en campo que ponen en peligro, lesionen u ocasionen pérdidas humanas.	<ul style="list-style-type: none"> -Volcamiento -Quemaduras -Explosión -Mordedura de serpientes -Reacción alérgica a plantas o animales -Insolación -Caída libre en áreas montañosas -Manejo o utilización de herramientas

Fuente: Tomado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre. p 6.36.

4.8. INTERVENTORÍA AMBIENTAL

Para asegurar la calidad ambiental del proyecto sísmico, el plan de manejo debe prever una Interventoría Ambiental, cuya función será garantizar que la exploración se ejecute siguiendo los lineamientos básicos establecidos las normas vigentes en Colombia y la mejor práctica ambiental de la industria⁶².

Las actividades a desarrollar en cada fase por la interventoría ambiental se muestran en la tabla 8:

⁶² Ibid, p 6.41.

Tabla 8. Actividades del interventor ambiental.

Fase del proyecto o actividad	Actividades a cargo del interventor
Planificación ambiental del proyecto por el contratista de sísmica	-Revisión y evaluación del PMA -Incorporación de los criterios del PMA al diseño del proyecto
Desarrollo de actividades previas	-Acompañamiento en el reconocimiento del área -Supervisión de la concertación con los propietarios -Asesorar las gestiones del plan de gestión social
Apertura de trocha y topografía	-Instrucción al personal de las restricciones ambientales del área -Inspección de la trocha una vez finalizado el trabajo de apertura
Instalación y operación de campamentos	-Asesoría en la localización y definición de criterios de manejo -Asesoría sobre los sistemas de tratamiento y disposición de -Asesoría para la captación de agua para campamentos
Perforación	-Supervisión de la operación para garantizar el cumplimiento del -Acompañamiento en zonas de riesgo o críticas -Vigilancia del cumplimiento de normas referentes a agua y disposición de residuos
Detonación de cargas	-Vigilar el cumplimiento de aviso previo a las comunidades -Supervisión del manejo de explosivos, distancias mínimas a áreas críticas y taponamiento de huecos
Disposición de residuos	-Asesoría de los sistemas de manejo, tratamiento y disposición
Capacitación del personal	-Supervisar la capacitación impartida -Participar en la divulgación del PMA
Restauración y abandono del área	-Supervisión del desmantelamiento -Evaluación y aprobación de las obras y actividades de restauración ambiental -Identificar efectos residuales y proponer soluciones

Fuente: Tomado de Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre.

Cuadro 6.8.

5. GESTIÓN SOCIAL

El plan de gestión social busca prevenir, mitigar y compensar los impactos socio-ambientales y hacer partícipes a las comunidades involucradas durante el programa sísmico; estableciendo estrategias de participación, estructura organizacional del área a intervenir y acoplando las políticas de las compañías al entorno social.

Las actividades desarrolladas en el proceso social se aprecian en la figura 25:

Figura 25. Actividades desarrolladas en el proceso social.



Fuente: Los Autores

Los objetivos del plan de gestión social son:

- Presentar a las autoridades y comunidades del área el programa sísmico.
- Atender y resolver de manera oportuna las inquietudes y/o reclamaciones que surjan por parte de la comunidad.
- Generar empleos mediante la contratación de personal de la región.
- Dinamizar la economía local mediante la adquisición de bienes y servicios requeridos para el desarrollo del proyecto.
- Cumplir con los acuerdos adquiridos con las comunidades.

5.1. RESPONSABILIDADES Y ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL PLAN DE GESTIÓN SOCIAL

Los responsables que están relacionados con el cumplimiento del plan de gestión social pueden ser clasificados en tres grupos como se muestra a nivel de empresa, a nivel de campo y a nivel de interventoría (ver tablas 9, 10, 11).

Tabla 9. A nivel de empresa.

Responsable	Actividades Relacionadas con la Gestión Social
Gerencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Direccionar las políticas de la empresa. ❖ Aprobación del plan de Gestión Social. ❖ Brindar los recursos necesarios para el desarrollo de la Gestión Social. ❖ Apoyar al grupo de trabajo social cuando se requieran gestiones que impliquen decisiones de tipo gerencial.
Supervisión Social	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Dar a conocer el PGS a cada uno de los miembros de equipo social asignado y despejar cualquier inquietud a que haya lugar. ❖ Impartir lineamientos claros sobre el desarrollo de cada una de las actividades de la gestión social. ❖ Brindar el soporte requerido para el desarrollo de las actividades. ❖ Mantener al tanto a la Gerencia de los avances en las actividades de la gestión social. ❖ Brindar el soporte requerido por el grupo social a nivel: Humano, material y económico para desarrollar de manera satisfactoria sus actividades. ❖ Verificar que los lineamientos y las políticas sociales establecidas por la empresa se cumplan a cabalidad, para no dejar ningún tipo de pasivo social, lo cual se logra, contando con un personal idóneo en campo y brindando el soporte adecuado, de manera permanente.

Fuente: Los Autores

Tabla 10. A nivel de campo.

Responsable	Actividades Relacionadas con la Gestión Social
Jefatura de Grupo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Brindar condiciones generales para la ejecución adecuada del Plan de Gestión Social. ❖ Acompañamiento en las reuniones con Autoridades Locales. ❖ Facilitar el cumplimiento a los compromisos adquiridos con la comunidad. ❖ Validar ante los demás departamentos que involucran el desarrollo del proyecto, los compromisos adquiridos con la comunidad y monitorear que no vayan en contra por el cumplimiento a la parte técnica.
Social	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Aplicar el Plan de Gestión Social en campo. ❖ Seguir las recomendaciones e indicaciones impartidas por el contratista. ❖ Ser el canal de comunicación entre la comunidad y la compañía. ❖ Estar atenta a cualquier situación que pueda generar alarma y que pueda afectar el desarrollo normal de la operación. ❖ Coordinar la ejecución de los programas de gestión social contenidos en el PMA. ❖ Dar cumplimiento a los requerimientos de personal y coordinar los procesos de ingreso de todo el personal a contratar. ❖ Atender de manera oportuna a las comunidades. ❖ Hacer seguimiento y verificar que la política de participación a la gente de la región se cumpla (generación de empleo, Bienes y servicios) ❖ Mantener al tanto a la interventoría social sobre los avances de la gestión y realizar entrega de información solicitada de manera oportuna. ❖ Hacer seguimiento a que el personal contratado se le brinde las condiciones básicas de alojamiento y alimentación. ❖ De manera conjunta con el departamento de HSE ejecutar el plan de bienestar social para todo el personal.
Permisos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Suministrar información oportuna sobre comunidades identificadas como área de influencia para el proyecto. ❖ Notificar posibles situaciones que atenten el normal desarrollo del proyecto y que tenga inferencia con los aspectos sociales.
Administración	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Cumplir con los trámites administrativos que implica la contratación del personal. ❖ Seguimiento para que el personal cumpla las jornadas de trabajo establecidas. ❖ Elaboración de contratos y órdenes de servicio con los proveedores locales. ❖ Suministrar semanalmente al departamento social la información de bienes y servicios locales a la fecha generados. ❖ Brindar una atención adecuada a las personas de la comunidad que requieran algún trámite de índole administrativo. ❖ Participar en los programas de inducción para el personal a contratar.
Salud Ocupacional	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Practicar exámenes de ingreso para la contratación del personal. ❖ Notificar al departamento social problemas de salud que presenten los trabajadores, o que puedan implicar incapacidades. ❖ Participar en los programas de inducción para el personal a contratar.
Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Acompañar y participar en las reuniones de socialización con las comunidades y autoridades Locales con el fin de dar información y/o respuestas acertadas y completas en lo correspondiente al PMA del programa sísmico. ❖ Participar en los programas de inducción para el personal a contratar.

Tabla 10 (Continuación). A nivel de campo.

Responsable	Actividades Relacionadas con la Gestión Social
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Definir los lineamientos de HSE. ❖ Apoyar la implementación del PGS dentro del ámbito de sus competencias. ❖ Participar en los programas de inducción para el personal a contratar. ❖ Apoyar la aplicación del plan de bienestar social para los trabajadores, por considerarse un tema de Salud Ocupacional.
Control Calidad	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Acompañar y participar en las reuniones de socialización del proyecto en las comunidades de AID y All del proyecto, explicando de manera sencilla la parte técnica y dando respuesta a inquietudes con respecto al tema. ❖ Participar en los programas de inducción para el personal a contratar.
Todos Los Departamentos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Notificar al departamento social los requerimientos de personal que su área requiere, con el suficiente tiempo de anterioridad al inicio de actividades. La solicitud se debe hacer por escrito y con el visto bueno de jefatura de grupo.

Fuente: Los Autores

Tabla 11. A nivel de interventoría.

Responsable	Actividades Relacionadas con la Gestión Social
Social	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Hacer seguimiento y acompañamiento a los procesos de la Gestión Social. ❖ Sugerir o recomendar acciones que permita mejorar el desarrollo de las actividades. ❖ Verificar el cumplimiento a los compromisos adquiridos con las comunidades. ❖ Hacer seguimiento al pago oportuno del personal y proveedores.

Fuente: Los Autores

5.2. INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

5.2.1. Reconocimiento del área e identificación de comunidades

El propósito de ésta actividad es identificar el área a intervenir con el programa sísmico, para determinar las comunidades que estarán involucradas en el proyecto. Se debe establecer el área de influencia, tanto a nivel regional (departamento), local (municipio) y puntual (vereda).

El área de influencia socioeconómica presenta dos niveles de intervención, establecidos de acuerdo con el grado de proximidad del sector de interés:

- AID (área de influencia Directa), lugares donde se adelantaran las líneas sísmicas
- All (área de influencia indirecta), sector estratégico para el desarrollo de la operación, como vía de acceso al área de trabajo, o por su misma cercanía al área a intervenir.

Para la realización del reconocimiento del área se cuenta con el apoyo del personal del departamento de tierras y jefatura de grupo, encargados de la identificación de propietarios y del área, para la solicitud de los respectivos permisos y lugares de apoyo a la operación y la logística a manejar. Una vez se tenga contacto directo con líderes comunitarios, se diligenciará una ficha social, relacionada con la inversión social voluntaria.

Las fuentes de información para la identificación del área a intervenir son:

- Cartografía suministrada por el departamento de topografía: Ploteo de líneas a desarrollar.
- Mapas suministrados por la oficina de planeación del municipio: se identifica el área regional y local, como también las veredas o comunidades a intervenir.
- GPS, que permite una ubicación detallada en el área.
- Información suministrada por pobladores del área.

5.2.2. Información y comunicación a autoridades locales y comunidades del área de influencia

En esta etapa se ubican los líderes para desarrollar la estrategia de información y comunicación del programa sísmico la cual es de gran importancia para establecer

lazos de confianza y credibilidad con la comunidad, mediante el despeje y respuesta de inquietudes.

Para el desarrollo de esta estrategia se aplican las siguientes acciones:

- Reuniones de Pre- Socialización.
- Socialización de proyecto ante autoridades locales y comunidades.
- Reuniones informativas (sean de avance y extraordinarias).
- Atención de quejas, reclamos e inquietudes.
- Oficina de atención a la comunidad.
- Reuniones de cierre.

5.2.3. Reuniones de pre-socialización

Las reuniones de pre-socialización se realizan con la finalidad de establecer un primer acercamiento con las comunidades del área de influencia del programa sísmico, brindando información oportuna y clara sobre el inicio de los trabajos de gestión inmobiliaria y de esta manera crear unas buenas relaciones entre la comunidad local y el proyecto.

Aspectos a Mitigar:

- Desconfianza por parte de los pobladores por desconocimiento de las actividades a realizar
- Problemas de movilidad y de acceso a predios privados
- La actividad de pre-socialización se realizara manera paralela con las actividades de solicitud de permisos, donde el grupo social y de permisos trabajaran de manera coordinada.
- Se brindara información sobre las primeras actividades que se realizaran como pre requisito para inicio del proyecto.

5.2.4. Socialización del proyecto ante autoridades locales y comunidades

Garantiza que las comunidades conozcan toda la información necesaria sobre los trabajos sísmicos, despejar las inquietudes que se puedan generar y garantizar el conocimiento de las comunidades respecto a los beneficios del proyecto.

Aspectos a mitigar

- Generación de expectativas como producto de una mala calidad de la información, transmitida por el proyecto a las comunidades.
- Minimizar conflictos con la comunidad.
- Problemas socioeconómicos en la zona.

Previo al inicio de la operación, se realiza la socialización del proyecto ante las autoridades y comunidades locales, dando a conocer los componentes: operativos, técnicos, sociales y ambientales, de la compañía responsable de la ejecución de las actividades sísmicas.

5.2.5. Reuniones informativas (sean de avance y/o extraordinarias)

Con el propósito de mantener canales de información abiertos con la comunidad y crear espacios de retroalimentación con respecto a los avances de los trabajos se realizan reuniones en dos modalidades:

- Reuniones de avance: Mensualmente se debe programar una reunión de avance para informar a la comunidad sobre el avance en el desarrollo de las actividades, resultados alcanzados, afectaciones presentadas y los mecanismos de corrección, presentación y aclaración de inquietudes.
- Reuniones Extraordinarias: En caso de ser requerido por la comunidad se llevan a cabo reuniones, las cuales en la mayoría de los casos son para aclarar situaciones que han dado lugar a malos entendidos, pueden ser de carácter comunitario o institucional.

5.2.6. Oficina de atención a la comunidad

En la base se ubica una oficina de atención de manera permanente, donde cualquier persona de la comunidad puede acercarse a aclarar cualquier tipo de inquietud que se pueda generar a raíz del desarrollo del programa sísmico. El objetivo es brindar una información clara y oportuna a las inquietudes planteadas por las personas.

5.2.7. Manejo de quejas, reclamos e inquietudes

El proceso social tiene como mecanismo de control y mejoramiento, la recepción, tratamiento y seguimiento de quejas, reclamos e inquietudes, para dar respuesta a las situaciones que presente la comunidad y/o autoridades locales.

A continuación se establece el Procedimiento en el manejo de quejas, reclamos e inquietudes:

- Se lleva a cabo la socialización del formato Quejas, Reclamos e inquietudes para su registro.
- El proceso social realiza la clasificación, para establecer qué proceso o departamento está involucrado en la situación y quien es el responsable de dar solución.
- Una vez notificado el proceso involucrado, se establece un tiempo de ejecución de la solución que se estima dependiendo de la magnitud de la solución.
- El proceso social es el responsable del seguimiento del cierre oportuno de los reportes.

5.2.8. Reuniones de cierre

Una vez terminadas las actividades en el área se lleva a cabo una reunión de cierre, en cada una de las comunidades y con las autoridades locales, para realizar un balance sobre la gestión social adelantada y el cumplimiento de los compromisos adquiridos con la comunidad, y se lleva a cabo la firma del Paz y Salvo social, constatando que el área ha quedado saneada. (Ver tabla 12).

Tabla 12. Matriz de seguimiento.

Actividades	Indicador	Estrategia de seguimiento	Medios de verificación	Riesgos	Prevención y/o contingencia
Coordinación reuniones de pre-socialización	No. de pre-socializaciones realizadas/ No de reuniones de pre-socialización con comunidades programadas.	Comunicación con líderes comunitarios, elaboración de panfletos ubicados estratégicamente para que la comunidad se informe.	El recibido por parte de la comunidad de la convocatoria a la reunión, acta de la reunión, registro de asistencia y reporte fotográfico.	Inasistencia por parte de la comunidad.	Confirmación de reuniones.
Coordinación reuniones informativas	No. de reuniones ejecutadas /No. de reuniones programadas, de acuerdo a las autoridades locales y comunidades del AID.	Comunicación con funcionarios y líderes comunitarios	Copia carta de presentación, donde se solicita fecha para socializar el proyecto. Actas de reuniones, registros de asistencia y reporte fotográfico.	-Cambio de fechas de las programadas inicialmente. -Que la convocatoria por parte de los representantes de la comunidad no se lleve a cabo o no sea lo suficientemente divulgada.	Confirmación de reunión, programación oportuna.
Aplicación de procedimiento para la atención quejas, reclamos, solicitudes e inquietudes	Nº de quejas, reclamos, solicitudes e inquietudes solucionadas en un tiempo menor a 5 días/ Nº de quejas, reclamos, e inquietudes recibidas.	Actualización permanente de la base de datos y reuniones evaluativos periódicas del departamento de comunidades.	Formato de registro, soporte de cierre y base de datos.	Dificultad en la concertación.	-El proceso informativo sea muy claro. A través de las diferentes actividades sociales se mantenga contacto permanente con líderes. Respuesta oportuna y proceso de concertación. -Seguimiento al departamento que le corresponde dar respuesta y verificar que la comunidad quede satisfecha con la respuesta.
Reuniones de cierre del proyecto con las autoridades locales y comunidades	Nº paz y salvos obtenidos / Nº total de comunidades.	Actualización de base de datos de paz y salvos obtenidos.	Formato paz y Salvos sociales obtenidos.	Exigencias comunitarias o institucionales que se salen de los parámetros del Programa sísmico.	Puntual cumplimiento con todos los compromisos adquiridos con las comunidades y autoridades locales. Comunicación permanente con ellos.

Fuente: Los Autores

5.3. PARTICIPACIÓN LABORAL

La generación de empleo permite la participación activa de las comunidades en la ejecución del programa sísmico, ya sea como mano de obra no calificada y/o calificada, entre sus principales objetivos están:

- Favorecer a las comunidades de los municipios donde se desarrollará el Programa Sísmico, dando prioridad a la contratación de mano de obra no calificada.
- Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las personas que tienen la posibilidad de acceder al trabajo de manera temporal.
- Dar preferencia a la mano de obra calificada de la zona, siempre y cuando demuestre su capacidad para desempeñar dichos cargos.
- Dar a conocer los requisitos que debe cumplir el personal para poder acceder al trabajo.

5.3.1. Generación de empleo

Para los estudios de exploración, se requiere de dos clases de personal:

Mano de Obra Calificada: Cuentan con la experiencia necesaria para desempeñar cargos específicos de responsabilidad y liderazgo con amplio conocimiento en la labor, algunos son presentados en la tabla 13:

Tabla 13. Cargos correspondientes a la mano de obra calificada.

Ítem	Etapa	Cargo
1	TOPOGRAFÍA	Porta-prisma Capataz de Trocha
2	PERFORACIÓN	Supervisores de Línea Capataz de Taladro Carga pozos Mecánicos Soldador
3	REGISTRO	Supervisor de Registro Repara-cables Capataz de Registro Chequeador de Línea Shooter
4	HSE	Auxiliar de HSE Capataz de restauración
5	CAMPO BASE	Campamentero Cocinero Bodeguero Camarero Coordinador Radios Carpintero Electricista Auxiliar de helicóptero

Fuente: Los Autores

Personal No Calificado: No requieren experiencia en estudios de exploración sísmica, simplemente cumplir ciertos requisitos.

Una vez asignados los cupos para cada una de las comunidades, el departamento social llevara un control respecto a los cupos asignados y el personal solicitado, esto como medida de control y verificación al cumplimiento de los compromisos adquiridos a nivel laboral.

5.3.2. Proceso de selección para el personal a contratar

Una vez el departamento social establezca fechas para llevar a cabo el proceso de vinculación del personal, se le informara a cada comunidad de manera escrita, cuantas personas se requieren, donde y cuando deben presentarse, bajo qué condiciones y documentación requerida para los trámites administrativos.

Todo el personal deberá someterse al proceso de selección el cual cumplirá como pre requisito para iniciar actividades con la compañía, el cual consta de:

1. Exámenes de Ingreso:

Examen médico: tiene como finalidad establecer el estado físico que tiene el aspirante para desarrollar la actividad para la cual va a ser contratado.

Examen de Laboratorio: tiene como finalidad establecer el estado de salud en aquello que no se puede ver a simple vista.

2. Jornada de inducción

Tiene como finalidad, que el personal conozca a la empresa, su actividad y una capacitación sobre la labor que va a desarrollar de manera adecuada, eficiente y segura.

El programa de inducción cuenta con la intervención de todos los procesos que están involucrados en la operación como se puede apreciar en la tabla 14.

Tabla 14. Temas involucrados con la operación.

Ítem	Responsable/ Departamento	Temas
1	JEFATURA DE GRUPO	Presentación de la Compañía.
2	RELACIONES CON LA COMUNIDAD	Plan de Gestión Social Participación Laboral Normas de comportamiento y Convivencia en los volantes Compromiso del personal como grupo de trabajo Respeto a la propiedad privada
3	PERMISOS	Obtención de permisos Recomendaciones de ingreso a predios por cuadrilla de trabajo
4	CONTROL DE CALIDAD	Etapas del programa sísmico y parámetros técnicos.
5	MEDIO AMBIENTE	Presentación PMA Aspectos e impactos ambientales Manejo de vegetación y fauna, Manejo de Residuos Plan de Contingencia
6	MEDICO	Salud Ocupacional Ley 100-Sistema General de Salud en Colombia
7	HSE	Políticas de HSE Política fumadores no alcohol y drogas Reglamento de Higiene y seguridad COPASO Plan de emergencias Elementos de protección personal Condiciones y actos Inseguros reportes de HSE.
8	ADMINISTRATIVA	Deberes y derechos de los trabajadores Afilaciones de ley Salarios Horario de trabajo
9	TOPOGRAFIA	Presentación del equipo de topografía y la función de cada trabajador y recomendación especial en el uso adecuado del machete.
10	PERFORACION	Partes del equipo de perforación Tipos de equipos Riesgos en la utilización Transporte y manipulación de equipos.
11	REGISTRO	Presentación del material Forma de regar y recoger cable Cálculo de distancia de desplazamiento Estática, lluvia y truenos.

Fuente: Los Autores

5.3.3. Programa de bienestar a los empleados

Es de vital importancia brindar espacios de recreación y sano esparcimiento al personal para el desarrollo integral de los trabajadores, minimizando impactos psicosociales que puedan afectar la convivencia y propiciando un sano ambiente laboral.

El grupo social, contara con el apoyo del departamento HSE y administrativo para llevar a cabo la ejecución del programa de bienestar social, el cual estará dirigido a todo el personal.

Desde la gerencia se contara con la aprobación de un presupuesto para el cumplimiento de las actividades establecidas, dichos recursos serán manejados por la jefatura de grupo, quien ira aprobando la realización de cada actividad para que el departamento administrativo solviente la necesidad de recursos para cada actividad propuesta.

5.4. MATRIZ DE SEGUIMIENTO PARA LA ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN LABORAL

En la tabla 15 se puede apreciar la matriz de seguimiento para la estrategia de participación laboral.

Tabla 15. Matriz de seguimiento para la estrategia de participación laboral.

Actividades	Indicador	Estrategia de	Medios de verificación	Riesgos	Prevención y/o
Definición de la demanda de personal calificado y no calificado.	N° total de personal contratado/N° total de personal proyectado.	Base de datos personal contratado.	Documento matriz. Documento base de datos.	Ninguno	N.A
Distribución equitativa de la demanda de personal no calificado en las comunidades del área de influencia del Programa.	N° total de personal contratado por comunidad / N° total de cupos asignados	Base de datos personal contratado.	Acta reunión informativa, listado de personal seleccionado y base de datos personal contratado.	Conflicto entre comunidades. Inconformidad por cupos asignados.	La distribución de personal no calificado estará por debajo de los requerimientos del Programa.
Evaluación teórico-práctica del personal calificado del área de influencia.	N° de personas clasificadas /N° total de personas convocado a la evaluación.	Base de datos personal calificado presentado por las comunidades.	Listados de personal seleccionado de las comunidades. Convocatorias para la evaluación. Documento evaluación.	Las comunidades ingresen en sus listados personal foráneo y que en realidad no sea calificado.	Los listados estarán avalados por las comunidades en la reunión informativa o el acta de concertación, si esta se realiza posteriormente.
Coordinación y logística del proceso de vinculación laboral: exámenes médico y de laboratorio, la programación de la información pre-contractual y contratación.	N° de personas con proceso de vinculación completa / N° total de personal contratado.	Verificación de carpetas de personal, participación la programación de la información pre-contractual, examen médico y afiliaciones.	Listados de afiliación de las entidades EPS, ARS, AFP y Caja de Compensación. Carta de aprobación médica, contratos, carpetas de personal.	El personal no asista de manera completa al proceso de vinculación.	No se contrata al personal que no cumpla con los requisitos.

Fuente: Los Autores

5.5. ADQUISICIÓN DE BIENES Y SERVICIOS A NIVEL LOCAL

Con la adquisición de bienes y servicios a nivel local se busca dinamizar la economía local y regional del área de influencia, mediante la adquisición de bienes y servicios necesarios para la operación, con el fin de compensar los impactos generados por el programa sísmico.

Se debe elaborar un inventario de los recursos existentes en el área y que en un momento dado pueden ser requeridos para la operación.

Los suministros y servicios requeridos se pueden apreciar respectivamente en las tablas 16 y 17:

Tabla 16. Suministros y servicios requeridos.

Suministros	Servicios
Combustible	Vivienda
Papelería	Hoteles
Provisiones	Alimentación
Agua	Lavandería
Ferretería	Vehículos
Madera	Canoa
Gas	Salud
Repuestos	Manejo de residuos

Fuente: Los Autores

Acciones a desarrollar:

- Se informará a las comunidades y autoridades locales sobre los requerimientos de adquisición de bienes y servicios.
- Se comunicará a las comunidades sobre los procedimientos para la adquisición de bienes y servicios establecidos.
- Definición de los bienes y servicios que puede adquirir la empresa.

- Seguimiento a la entrega de Paz y Salvo a los proveedores locales al finalizar el programa sísmico.

Tabla 17. Observaciones y requisitos de los servicios locales.

Servicio	Observaciones	Requisitos específicos del servicio
Alojamiento y alimentación	Principalmente en la fase pre-operativa y pos-operativa	Cumplimiento a requisitos administrativos
Alquiler de inmuebles	Ubicación base y volantes	Cumplimiento a requisitos administrativos
Laboratorio clínico	Para examen de ingreso de todo el personal a contratar	Habilitado servicio de primer nivel ante la Secretaría de salud
Camperos	Como apoyo a la operación	Requisitos del vehículo: SOAT, seguro contra todo riesgo, revisión tecno- mecánica vigente, kit de carretera, Requisitos del conductor: examen médico, pase, afiliaciones a la ARP y EPS del conductor, cumplir con el pago mensual al conductor.
Buses		
Camionetas 4X4		
Turbos		
Carro tanques		
Suministro de combustible	En la etapa de perforación y de manera directa por quienes prestan el servicio de transporte	Cumplimiento a requisitos administrativos
Viveres	Cárnicos (cumpliendo estándares de calidad e higienes)	Certificado veterinario de origen y bienestar de productos. Verificación del inspector de sanidad de la localidad.
	Frutas y verduras (cumpliendo estándares de calidad)	Inspección del sitio de expendio de las frutas.
	Abarrotes	Inspección del sitio de expendio de abarrotes.
Ferretería	Adecuación de base y volantes	
Agua y gaseosa	Servicio de casino	Prueba físico-química y Bacteriológica
Gas		

Fuente: Los Autores

La estrategia de adquisición de bienes y servicios a nivel local se puede valorar en la tabla 18.

5.5.1. Matriz de seguimiento para la estrategia de adquisición de bienes y servicios a nivel local

Tabla 18. Matriz de seguimiento para la estrategia de adquisición de bienes y servicios a nivel local.

Actividades	Indicador	Estrategia de seguimiento	Medios de verificación	Riesgos	Prevención y/o contingencia
Selección de proveedores locales y regionales	Relación proveedores presentados que cumplen requisitos/proveedores seleccionados.	Reunión de seguimiento con el Departamento de Administración.	Documento relación proveedores que cumplen requisitos/proveedores seleccionados.	Proveedores no cumplen con los requisitos para contratación.	Aclarar los principios institucionales y legales para el proceso de adquisición de bienes y servicios, durante reuniones informativas.
Contratación de vehículos	No de vehículos contratados de la región/No de vehículos contratados para la operación.	Certificación que demuestre la procedencia del vehículo o relación de vehículos remitidos por empresas transportadoras locales.	Información suministrada por personería como garante del proceso e información suministrada por líderes de la comunidad.	-Negociación de cupos para el ingreso de vehículos que no son de la región. -Que no se cumplan los requisitos tanto del vehículo, como con pagos y afiliaciones del conductor.	-No vincular vehículos hasta tanto no cuente con toda la documentación requerida. -Revisión periódica de la documentación y que se encuentre al día.
Seguimiento a la entrega de los Paz y salvos	Nº paz y salvos adquiridos /Nº proveedores contratados.	Base de datos generada por administración sobre los pagos realizados.	Formatos de paz y salvos diligenciados y firmados.	Demora en el pago por factores técnicos o sociales. Dificultad en la obtención de los RUT.	Comunicación permanente con representantes comunitarios e institucionales. Procedimiento de apoyo para la obtención de los RUT. Mecanismo eficiente de pago a proveedores.

Fuente: Los Autores

5.6. INVERSIÓN SOCIAL VOLUNTARIA

Para el desarrollo del programa sísmico se asigna un presupuesto de inversión social para las comunidades consideradas como área de influencia directa, el monto de estos recursos son concertados entre la operadora y el contratista con el fin de cubrir alguna necesidad insatisfecha, sin suplir las obligaciones del estado.

5.6.1. Metodología para elaboración plan de aportes a la comunidad

El proceso social elabora un diagnóstico de necesidades, de acuerdo a la información proporcionada por los líderes comunitarios y por la comunidad, el cual sirve para identificar algunas necesidades, las cuales son puestas en consideración a las comunidades.

Metodología:

- a. Se dan a conocer los lineamientos generales para identificar las necesidades, los cuales son:
 - Beneficio colectivo
 - Viabilidad en tiempo de ejecución y presupuesto
 - Que sea una necesidad sentida por la comunidad
 - Que la comunidad colabore de alguna forma para llevar a cabo la ejecución de las obras
 - Que sea de consenso con la comunidad
- b. Informar sobre el presupuesto establecido.
- c. Propuestas por parte de la comunidad.
- d. Evaluar cada una de las propuestas establecidas para revisar los pro y contra con respecto a dichas necesidades.

- e. Se identifica cual es la más viable, de acuerdo al presupuesto establecido.
- f. Se elabora el acta donde se estipula cual ha sido la decisión de la comunidad.
- g. Se delegan responsabilidades, con respecto a inventario de materiales y relación de recursos.

5.6.2. Manejo de Cotizaciones

El manejo de cotizaciones se realiza, mínimo con dos proveedores a nivel local y/o regional y se elabora un cuadro comparativo de proveedores.

Ejecución plan de inversión social:

- Notificación a la comunidad, sobre aprobación y ejecución del proyecto de PIS
- Diligenciamiento de orden de compra con los proveedores
- Entrega de órdenes de compra a administración para generar los cheques de pago
- Pago a proveedores, para recibir los materiales y/o servicios.
- Entrega a la comunidad, la cual será soportada con un acta de entrega de PIS.
- Seguimiento a la ejecución de los proyectos, cuando son obras de infraestructura.

La matriz de seguimiento para la estrategia de aportes a la comunidad se puede apreciar en la tabla 19.

5.6.3. MATRIZ DE SEGUIMIENTO PARA LA ESTRATEGIA DE APORTES A LA COMUNIDAD

Tabla 19. Matriz de seguimiento para la estrategia de aportes a la comunidad.

Actividades	Indicador	Estrategia de	Medios de	Riesgos	Prevención y/o
<i>Priorización de propuestas con las comunidades.</i>	No. de veredas con proceso de priorización de propuestas para el Aporte Social / N° total de veredas identificadas.	Taller de priorización de propuestas para el Aporte Social.	Registro de asistencia a las reuniones, acta de reunión informativa.	No haya representatividad comunitaria en la reunión informativa.	La comunidad realiza una reunión posterior y la soporta con un acta de acuerdo comunitario.
<i>Ejecución de los proyectos.</i>	N° de proyectos ejecutados y entregados/N° total de proyectos de inversión social.	Visitas de seguimiento y reunión de entrega del Aporte Social.	Acta de entrega de Inversión Social.	Por condiciones sociales (orden público), ambientales y / o técnicas no se entregue el Aporte Social en la fecha acordada.	Comunicación permanente con los líderes comunitarios.

Fuente: Los Autores

5.7. SEGUIMIENTO Y MONITOREO

Mediante el seguimiento, monitoreo y evaluación permanente se garantizar el cumplimiento de las estrategias y objetivos del programa de gestión social, sus objetivos son:

- Establecer mecanismos que permitan evaluar el grado de eficiencia en cada una de las estrategias establecidas
- Verificar el cumplimiento a los compromisos adquiridos con la comunidad.
- Evaluar y ajustar las estrategias que no estén cumpliendo con las necesidades del programa sísmico y que puedan poner en riesgo las relaciones con el entorno social.

5.7.1. Informes y reuniones

Informes: Se presentarán informes diarios, semanales, mensuales y finales, cuyo contenido va directamente relacionado con cada una de las estrategias y al proceso de control de calidad.

Reuniones: Buscando una permanente evaluación y retro-alimentación, es necesario realizar reuniones periódicas de la siguiente manera:

Proceso Social: Se deben realizar reuniones semanales, y se analizara cada una de las estrategias, estableciendo dificultades y logros.

Reunión Operativa: Deberán hacerse reuniones periódicas con la presencia de los coordinadores de todos los procesos y la interventoría. Esta reunión permitirá hacer seguimiento permanente a los acontecimientos sociales relacionados con cada uno de ellos y de esta manera darle rápida solución a las situaciones que se vayan presentando en el camino.

Reunión grupo social-Interventoría: Estas reuniones se llevarán a cabo de acuerdo al horario y frecuencia establecida de mutuo acuerdo entre las partes. Donde se busca construir de manera conjunta el proceso de gestión social, partiendo de los roles y responsabilidades de las dos partes.

5.8. PROTOCOLO DE ATENCIÓN A CONTINGENCIA SOCIAL

Establece una lista de acciones operacionales o administrativas que permitan responder ante una emergencia de manera oportuna, adecuada y efectiva, para poder continuar de manera normal las operaciones. Planifica y dispone de los recursos necesarios para el control de emergencias

El comité de contingencia social será conformado por un grupo de personas involucradas dentro del proyecto y que conozcan el desarrollo de la operación como se muestra en la tabla 20.

Tabla 20. Comité de Contingencia Social.

No	Departamento	Justificación	Nivel de responsabilidad
1	Jefatura de Grupo	Como líder del proyecto y canal de comunicación con la gerencia.	Alto
2	Social	Identificación de situaciones sensibles e interlocutor válido con las comunidades.	Alto
3	Administración	Conocedor y manejo del personal contratado por la compañía y manejo de recursos económicos.	Medio
4	Permisos	Conocedor del área y de propietarios como parte de la comunidad.	Medio
5	Ambiental	Por conocimiento y puesta en práctica del PMA, el cual contempla fichas de la Gestión Social.	Alto

Fuente: Los Autores

5.8.1. Pasos del plan de contingencia social

1. Establecer situación generadora de alerta, (credibilidad de la fuente informativa).
2. Notificar o informar de manera inmediata a la jefatura de grupo sobre la situación.
3. Recepción inmediata y detallada de la situación.
4. Reunión de la mesa de contingencia, en la cual se establece la raíz problema de la situación, dependencias a las cuales involucra y su solución.

5. Establecer una mesa de concertación, donde hay representación o delegados de las dos partes involucradas.
6. Por todos los medios posibles de dialogo, se pretende llegar a un acuerdo. De no darse este punto de concertación, se notifica de manera escrita a las autoridades locales para que entre a mediar o para estar alerta ante cualquier acción de hecho que ponga en riesgo la integridad de las partes involucradas.
7. Revisión de compromisos adquiridos con la comunidad y/o personal contratado.

5.9. CONTROL DE REGISTROS

Se debe contar con formatos que permitan recopilar la información para la ejecución de cada una de las estrategias del plan de gestión social y así acceder a la información más relevante en cada una de las responsabilidades del departamento y como mecanismo de control y verificación de su gestión.

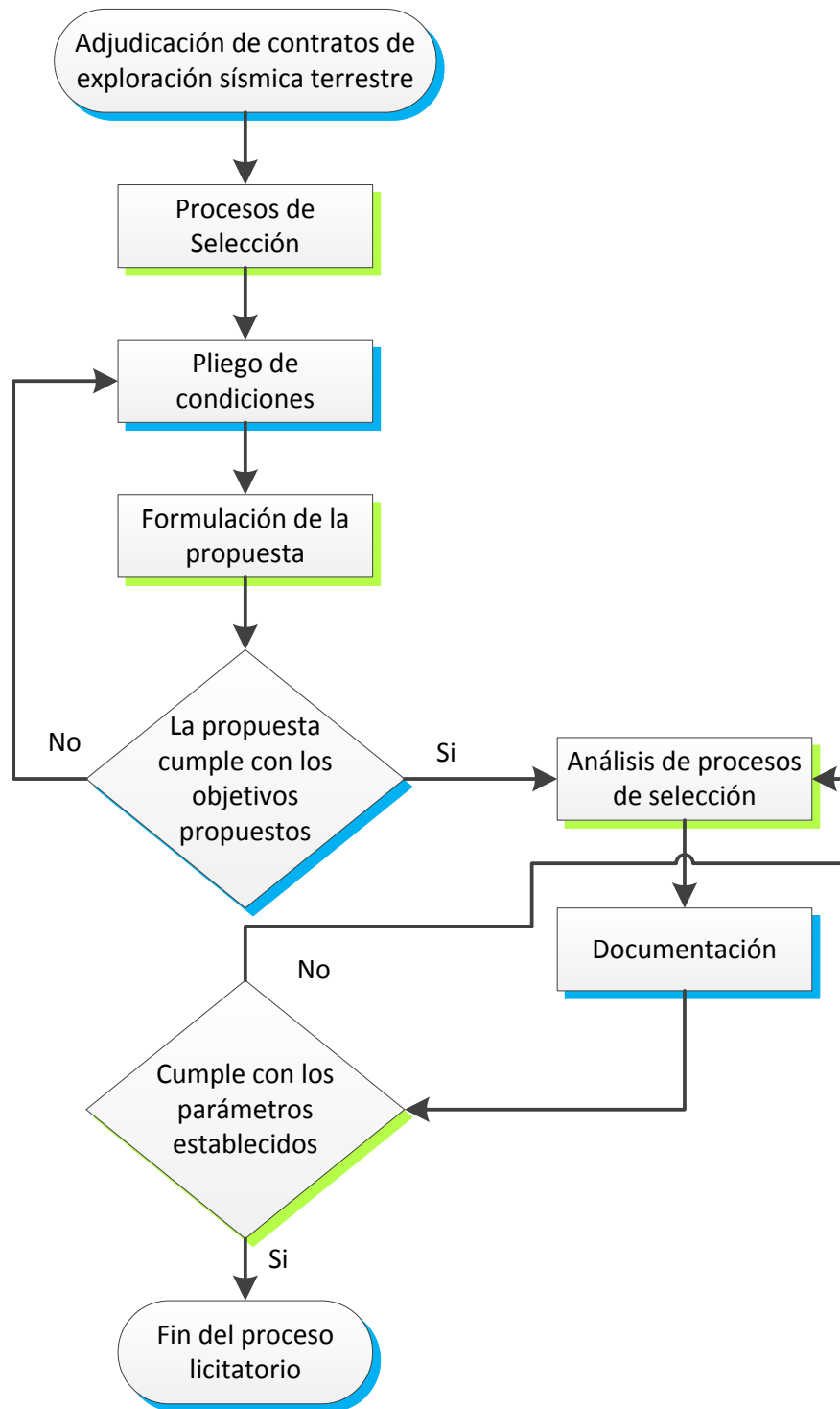
6. METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTAR UN PROYECTO DE EXPLORACIÓN SÍSMICA TERRESTRE EN COLOMBIA

Los proyectos de exploración sísmica terrestre en Colombia cumplen un papel muy importante en la industria de los hidrocarburos, ya que estos han sido pieza clave para el desarrollo del sector de los hidrocarburos en los últimos años. En esta materia, los avances han permitido identificar las oportunidades que se encuentran en el subsuelo y que acercan al país, cada vez más, a nuevos máximos en la producción de crudo.

El objetivo de este proyecto de grado consiste en desarrollar una metodología favorable, que incentive las buenas prácticas para el progreso de las actividades de exploración petrolera en el país, es por esto que los capítulos anteriores se concentraron en conocer y comprender los aspectos metodológicos que más influyen en las licitaciones para contratos de exploración sísmica terrestre, la planeación de actividades operativas y técnicas, así como de la influencia de los factores sociales y ambientales, donde además, se busca minimizar costos y tiempos operacionales.

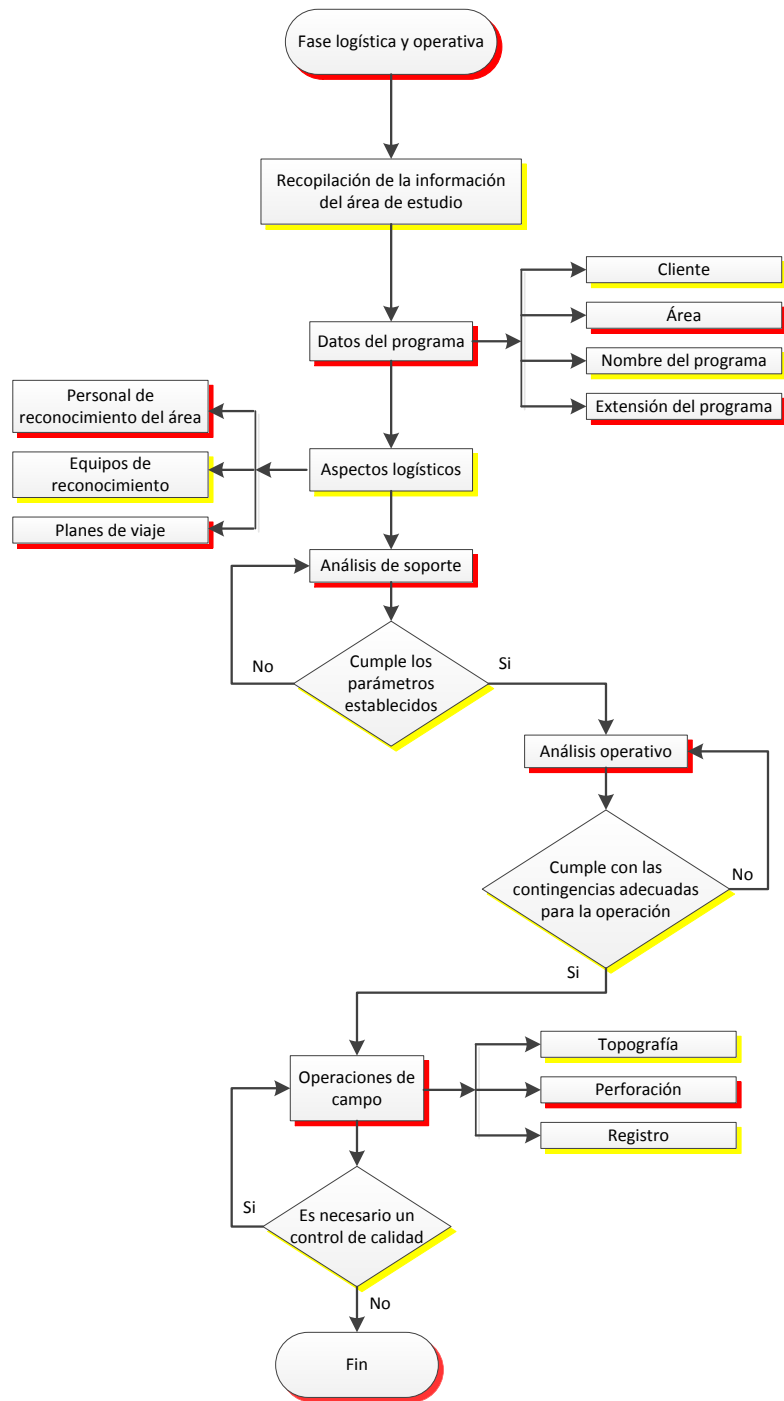
Las figuras 26, 27, 28 y 29 muestran el diagrama de flujo a seguir para la realización de un programa sísmico.

Figura 26. Diagrama de Flujo Adjudicación de Contratos de Exploración.



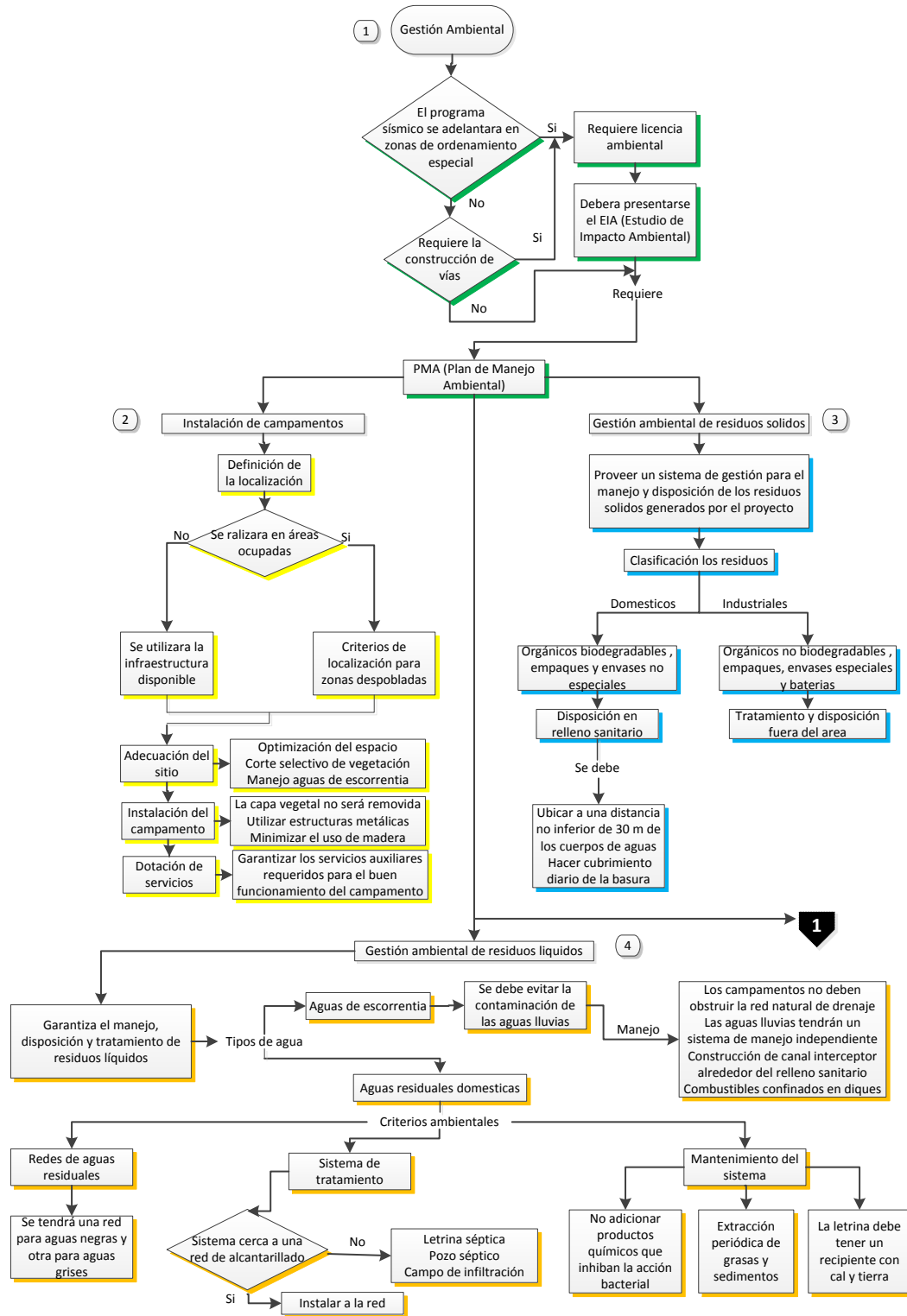
Fuente: Los Autores

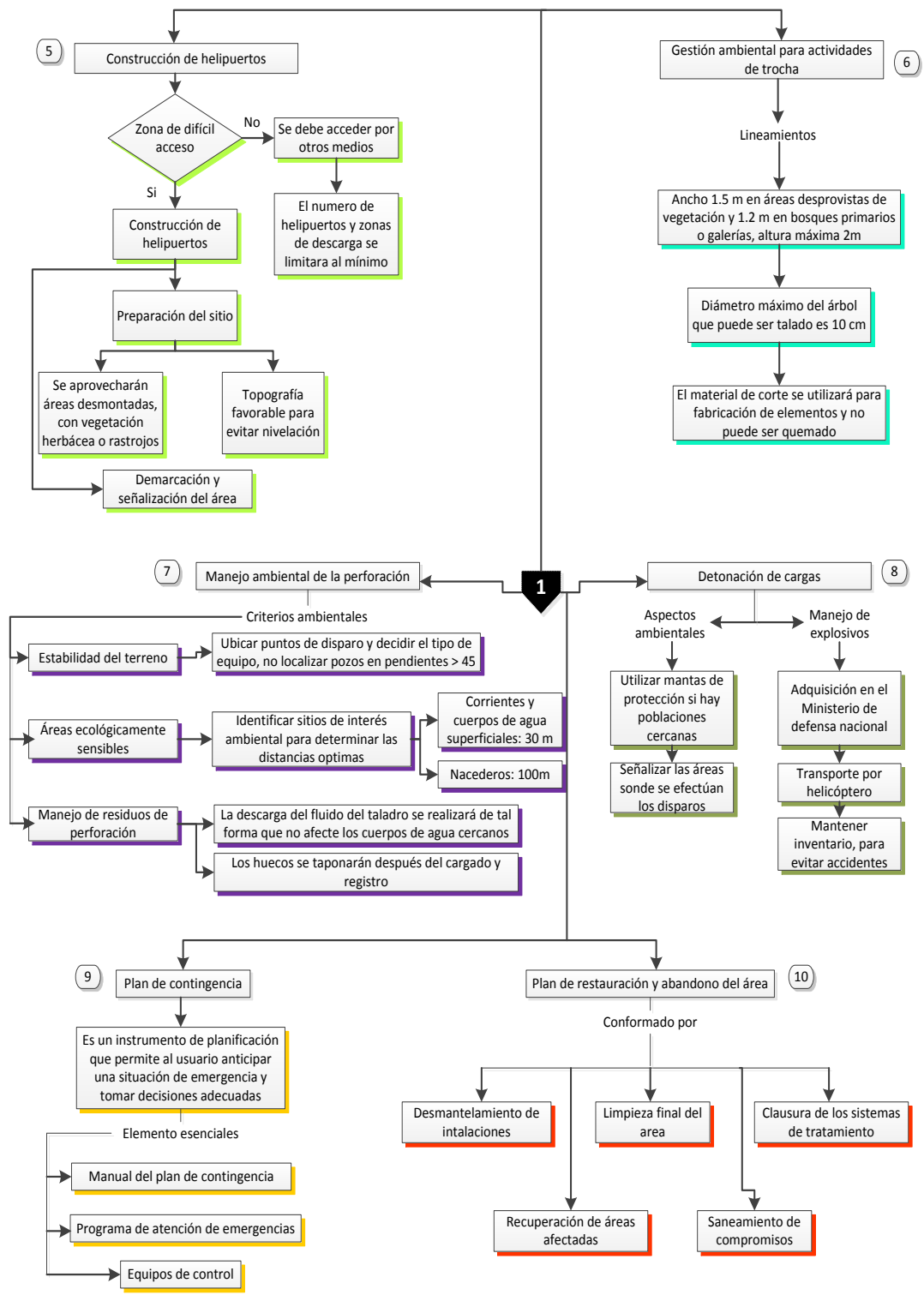
Figura 27. Diagrama de Flujo Fase Logística y Operativa.



Fuente: Los Autores

Figura 28. Diagrama de Flujo Gestión Ambiental.

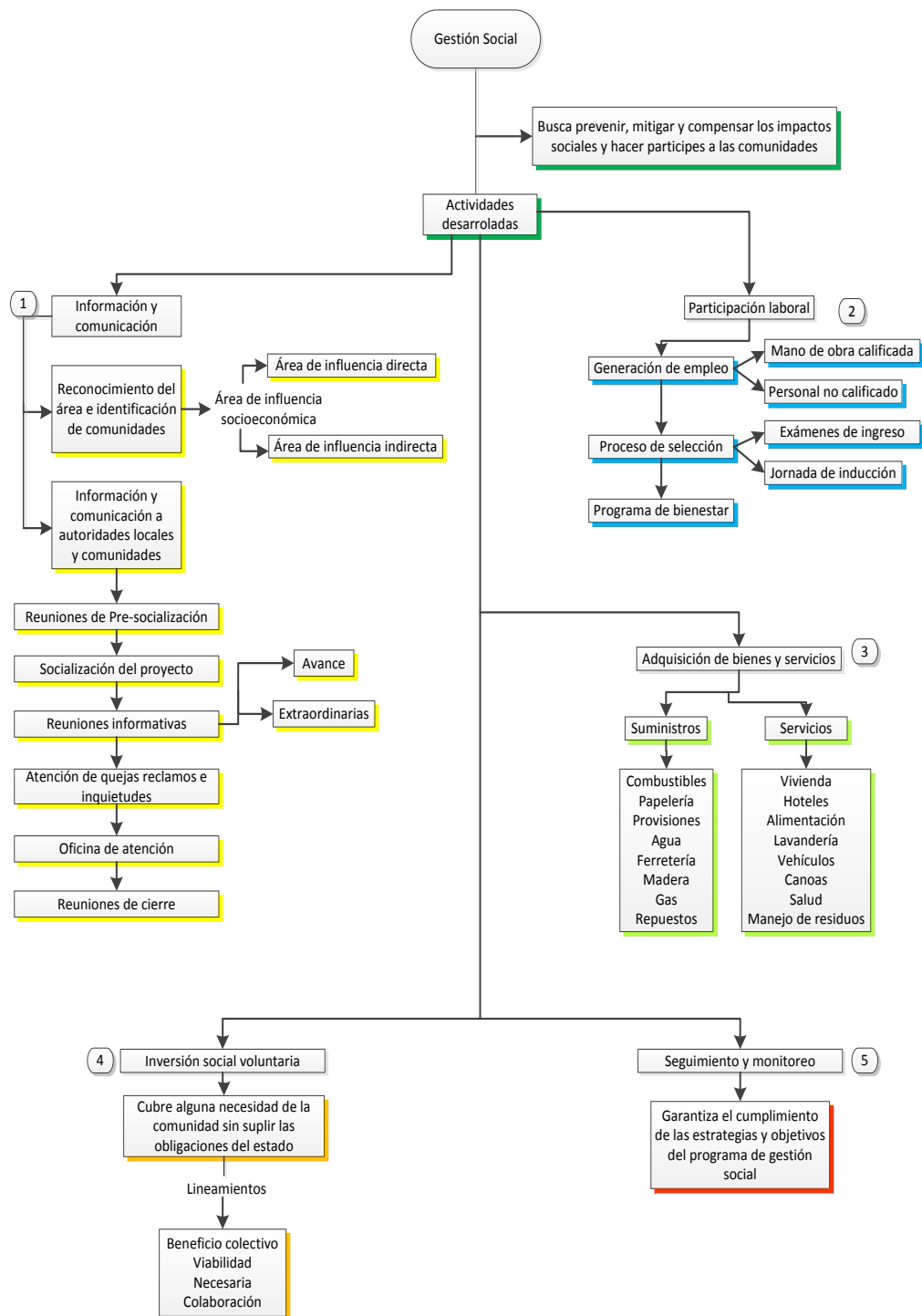




Nota: Tiene en cuenta factores ambientales y sociales

Fuente: Los Autores

Figura 29. Diagrama de Flujo Gestión Social.



Fuente: Los Autores

7. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DESARROLLADA PARA UN PROYECTO DE EXPLORACIÓN SÍSMICA TERRESTRE EN UNA CUENCA SEDIMENTARIA DE COLOMBIA

Colombia es un país que requiere avanzar en el conocimiento y evaluación de potencial hidrocarburífero, por lo que se hace necesario identificar, priorizar y explorar en zonas donde hay posibilidad de encontrar nuevas reservas de hidrocarburos. Únicamente si se invierte en estudios, trabajos regionales y nacionales para la exploración de hidrocarburos el país podrá continuar explorando y explotando las reservas de petróleo y gas en nuevas, y antiguas áreas prospectivas para propender por la autosuficiencia y las exportaciones de hidrocarburos ya que esta es una de las mayores divisas, regalías e ingresos fiscales que alimentan el presupuesto de la nación y las regiones.

Este capítulo pretende aplicar la metodología planteada a la cuenca Caguán–Putumayo, la cual es una de las cuencas con mayor información geológica del país, pero por razones de seguridad y estrategia de negocio, la exploración se ha concentrado en puntos específicos del piedemonte, dejando de lado la zona oriental de esta región.

Con este panorama, se estima que gran parte de las oportunidades de la región aún están ocultas. Se estima que la cuenca Caguán-Putumayo tiene recursos sin descubrirse de aproximadamente 557 MMbbl.⁶³

⁶³ VARGAS, Carlos. Evaluating total Yet-to-Find hydrocarbon volume in Colombia. Earth Sci. Res. J., Vol. 16, Special Issue (April, 2012): Pg. 58-59.

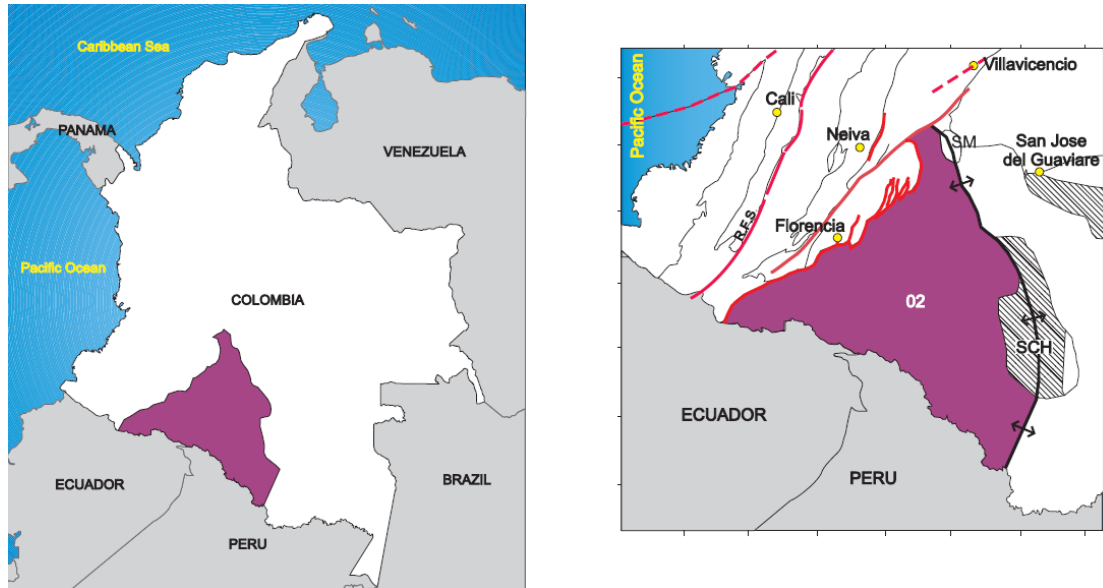
7.1. CUENCA SEDIMENTARIA CAGUÁN-PUTUMAYO⁶⁴

La cuenca Caguán-Putumayo está localizada en el suroccidente del territorio nacional, cuenta con una extensión de aproximadamente 104.000 Km², y está distribuida entre los departamentos de Meta, Caquetá y Putumayo. Limita al noreste con la Sierra de la Macarena, al sur con las fronteras de Ecuador y Perú, al este con la Serranía de Chiribiquete y al noroeste con el Sistema de Fallas del Pie de Monte de la Cordillera Oriental.

La cuenca comparte su historia geológica con la Cuenca de Oriente de Ecuador. La roca generadora de hidrocarburos de esta zona está comprendida por las formaciones Caballos y Villeta, en la cual se estiman reservas recuperables de petróleo entre 34 MMbbl y 419 MMbbl. Orito y Capella figuran como los principales descubrimientos de la zona. El primero descubierto por la compañía TEXACO, puesto en producción hace más de 20 años, y que al día de hoy está a cargo de Ecopetrol. Por su parte, Capella fue descubierto en 2008 y ofrece grandes oportunidades para la extracción de crudo de alta densidad.

⁶⁴ BARRERO, Darío. et al. COLOMBIAN SEDIMENTARY BASINS: Nomenclature, Boundaries and Petroleum Geology, a New Proposal. ANH, B & M Exploration Ltda, Bogotá.

Figura 30. Localización y límites de la cuenca Caguán-Putumayo.



Fuente: BARRERO, D., et al. "Colombian Sedimentary Basins". ANH

7.2. DATOS DEL PROGRAMA

- **Cliente:** Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH).
- **Área:** Cuenca sedimentaria Caguán-Putumayo.
- **Nombre del programa:** Caguán-Putumayo Basin Exploration 2D.
- **Extensión del programa:** 800 Km².
 - **Porción Intervenido:** 25% = 200 Km².
- **Tipo de estudio:** Adquisición de sísmica 2D.
- **Principal centro Poblado:** Cartagena del Chairá (Caquetá).

7.3. PARÁMETROS REQUERIDOS

- ***Distancia entre Receptores:*** 25 m
- ***Distancia entre Fuentes:*** 50 m
- ***Profundidad de Carga:*** 10 m
- ***Tamaño de Carga:*** 2.7 Kg
- ***Patrón de Fuente:*** Pozo único
- ***Canales Activos:*** 300
- ***Sistema de Registro:*** Sercel 428XL
- ***Geófonos/grupo:*** 1 de alta resolución (Geospace)
- ***Total Líneas Sísmicas:*** 6
- ***Receptores Totales:*** 32006
- ***Total Puntos de Tiro:*** 16006
- ***Fold Nominal:*** 150
- ***Longitud de Registro:*** 8 seg
- ***Rata de muestreo (sample rate):*** 2 ms

7.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Localizado entre los departamentos de Meta y Caquetá, el proyecto se extiende al sur de la Serranía de La Macarena, atravesando las Sabanas del Yari, hasta las estribaciones del Parque Natural “Chiribiquete”, por el occidente a lo largo de la margen oriental del río Chairá hasta la altura de Remolinos del Caguán y al oriente con el departamento de El Guaviare.

La zona intervenida del proyecto se ubica al norte, sobre las Sabanas del Yari, con pequeños núcleos urbanos como Ciudad Yari, Los Lobos y Santafé del Caguán.

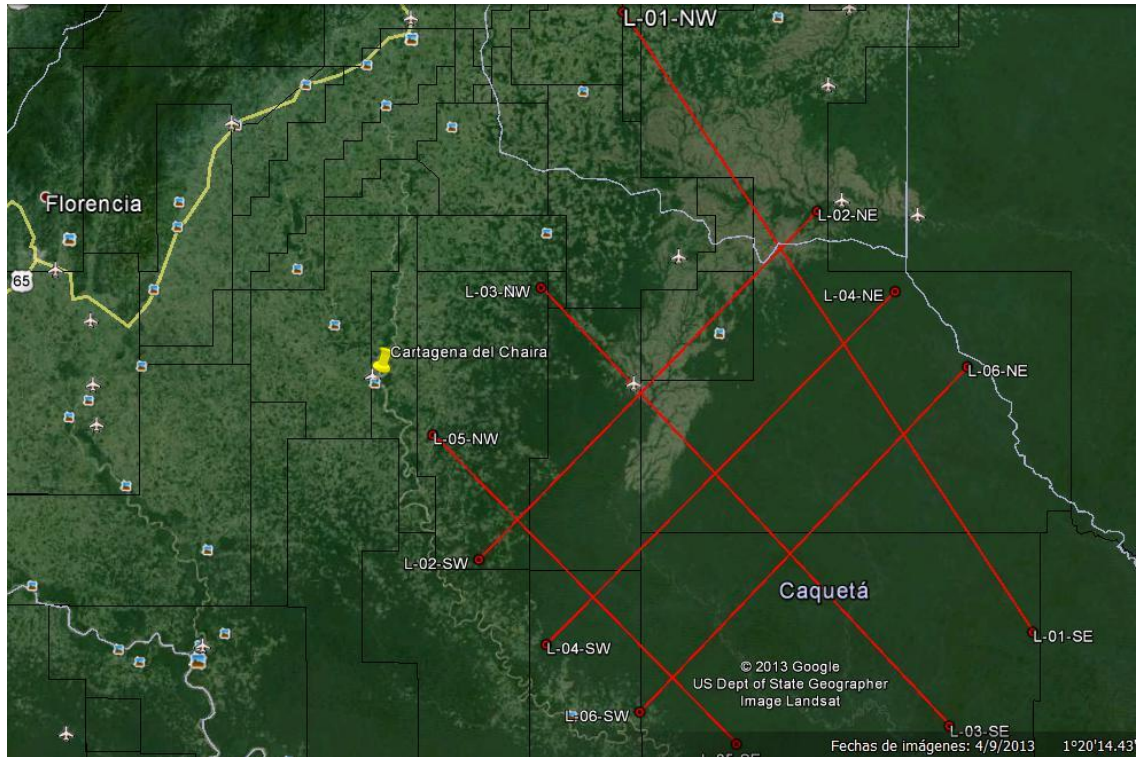
El área del proyecto es relativamente plana, con algunas posibilidades históricas de inundación, sobre todo a lo largo del río Yari y una elevación promedio de 400 metros sobre el nivel del mar.

Por la predominancia de selva tropical (75%) las operaciones se planean en un alto porcentaje con el apoyo de helicópteros. Ver figura 31.

Es necesaria la construcción de helipuertos y campamentos volantes a lo largo de las líneas con intervalos máximos de 4-5 kilómetros con el fin de evitar largos desplazamientos del personal, por lo tanto, es necesario tramitar los permisos de Aprovechamiento Forestal con la respectiva Corporación Autónoma, en este caso Corpoamazonia. En la zona intervenida, se debe buscar los lugares más descubiertos para evitar la tala innecesaria de árboles.

El campamento base debe ser instalado en Cartagena del Chairá, por ser el centro poblado más representativo del área y estar comunicado por tierra con Florencia, capital del Departamento, además se sitúa a orillas del río Chairá, que puede servir de soporte para apoyar la operación.

Figura 31. Mapa del proyecto.



Fuente: Google Earth

7.5. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LOS COSTOS

A continuación se presenta la tabla 21 con los costos globales del proyecto, sin factores AIU y antes de impuestos, Donde se puede apreciar que la mayor incidencia se presenta en los costos de personal, helicópteros y suministros.

Tabla 21. Costos por centro de costo.

RESUMEN DE COSTOS POR CENTRO DE COSTO (USD)					
10 m HOLE DEPTH, 25 x 50; 2700 g/1 cap CHARGE SIZE 800 Km					
Centro de Costo	Costo/día	Costo Mes	Costo Proyecto	Costo/km	Incidencia
Salarios Staff	13,623	408,690	2,207,164	2,759	7.87%
Salarios Labor	43,723	1311,690	6,605,497	8,257	23.55%
Costos Personal	29,59	887,700	4,627,720	5,785	16.50%
Vehículos	8,147	244,410	1,378,460	1,723	4.91%
Helicópteros	47,589	1427,670	6,909,616	8,637	24.63%
Comunicaciones	1,653	49,590	278,52	348	0.99%
Arrendamientos	9,949	298,470	1,462,498	1,828	5.21%
Suministros	25,785	773,550	4,583,881	5,73	16.34%
TOTAL	180,059	5,354,420	28,053,360	35,067	100%

Fuente. Los Autores

7.5.1. Definiciones

Salarios Staff: Salario del personal técnico y directivo involucrado en el proyecto, incluyendo prestaciones sociales, seguridad social y parafiscales.

Salarios Labor: Salario del personal obrero calificado y no calificado necesario, incluyendo prestaciones sociales, seguridad social y parafiscales.

Costo personal: Costos de alimentación, alojamiento, gastos médicos, dotaciones, gastos de viaje, etc., tanto para Staff como para personal Labor.

Vehículos: Transporte Terrestre y fluvial.

Helicópteros: Costos del transporte aéreo para soporte de la operación.

Comunicaciones: Costos de los sistemas de radio, telefonía fija y celular, internet, sistemas satelitales, TV, etc.

Arrendamientos: De equipos, campamentos, lotes, etc.

Suministros: Los necesarios para soportar todos los frentes de trabajo, incluyendo herramientas, víveres, dotación de campamentos, explosivos, combustibles, etc.

En la tabla 22 se puede apreciar que la mayor incidencia se da en los tres departamentos operativos y en el campamento base.

Tabla 22. Costos por departamento.

RESUMEN DE COSTOS POR FRENTE DE TRABAJO (USD)											
10 m HOLE DEPTH, 25 x 50; 2700 g/1 cap CHARGE SIZE 800 Km											
Frente de Trabajo	PRE-OPERAT	Campo Base	HSE	ADMON	Social	Permisos	QC	Topografía	Perforación	Registro	TOTAL
Costo día	4792	30416	11157	1973	7174	2216	5289	35234	50832	31546	180631
Costo Proyecto	287540	6032540	2212908	391372	1422941	439613	1049059	4794367	7027460	4395562	28053360
Costo Mes	142227	912468	334719	59198	215231	66495	158678	1057026	1524965	946387	5417392
Costo/ Km.	359	7541	2766	489	1779	550	1311	5993	8784	5494	35067
Costo Punto Tiro	18	377	138	24	89	27	66	300	439	275	1753
Incidencia	1.02%	21.50%	7.89%	1.40%	5.07%	1.57%	3.74%	17.09%	25.05%	15.67%	100.00%
Administración (5%)	14377	301627	110645	19569	71147	21981	52453	239718	351373	219778	1402668
Imprevistos (5%)	14377	301627	110645	19569	71147	21981	52453	239718	351373	219778	1402668
Utilidad (12%)	34505	723905	265549	46965	170753	52754	125887	575324	843295	527467	3366403
Costo Final Proyecto	350798	7359699	2699747	477474	1735988	536328	1279852	5849127	8573501	5362585	34225100

Fuente: Los Autores

7.6. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES QUE INCIDEN EN LA PRODUCCIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS DE TOPOGRAFÍA, PERFORACIÓN Y REGISTRO

En un proyecto sísmico, existen tres departamentos operativos, que determinan la duración del proyecto: topografía, perforación y registro; los demás departamentos son de soporte y su duración va íntimamente ligada a los departamentos operativos.

Se debe hacer un análisis muy concienzudo de las variables que pueden incidir en la producción de estos departamentos, tales como:

- Dificultad geomorfológica para las labores de topografía.
- Vegetación predominante.
- Dificultad geológica y geomorfológica para las labores de perforación.
- Incidencia climática.
- Problemática social.
- Orden público
- Comunidades.
- Problemática Predial.
- Presencia de grupos étnicos que requieren consulta previa.
- Asentamientos humanos.
- Mano de obra local.
- Infraestructura vial.
- Tiempos de recorridos terrestres.
- Recorridos aéreos
- Disponibilidad de bienes y servicios locales tales como vehículos, combustible, víveres, repuestos, herramientas, etc.
- Disponibilidad para almacenamiento y seguridad de explosivos.

7.6.1. Producciones estimadas

Teniendo en cuenta los anteriores factores, se debe hacer un estimado de producciones para cada departamento, bajo la premisa de que el avance de topografía habilita el ingreso de perforación y éste a la vez, le da vía libre a registro.

La tabla 23, determina la interacción de los diferentes departamentos y sus respectivos cronogramas, cantidad de personal Staff y obrero, necesidades de transporte, etc., puntos que inciden directamente sobre los costos del proyecto. Igualmente, se muestran las producciones proyectadas.

Tabla 23. Cronograma de actividades según la producción proyectada.

PROYECCIÓN DEL CONTRATO											
VARIABLES	ACTIV PREOP	CAMPO BASE	HSE	ADMON	SOCIAL	PERMISOS	QC	TOPOGRAFÍA	PERFORACIÓN	REGISTRO	TOTAL
Grupos	1	1	1	1	1	1	1	16	28	1	
Inicio	18-mar	02-abr	02-abr	02-abr	02-abr	02-abr	02-abr	14-abr	26-abr	14-may	
Moviliz/desmovilizac								2	2	2	
Finalización	17-may	17-oct	17-oct	17-oct	17-oct	17-oct	17-oct	30-ago	13-sep	02-oct	
Producción grupo/día (Km)								0.40	4.50	6.25	
Producción PTs/día									126	125	
Producción Kms/día								6.40	6.30	6.25	
Personal Staff	10	31	17	8	5	6	18	33	23	7	148
Personal Labor	16	117	54	1	0	4	4	177	260	120	737
Conductores	6	16	3	2	2	2	2	5	8	5	51
Días Efectivos de Trabajo/mes	30	30	30	30	30	30	30	28	28	28	
Días Proyectados	60	198	198	198	198	198	198	136	138	139	
Días-grupo	60	198	198	198	198	198	198	2179	3873	141	7383
Hombres-día Proyectados	960	23205	10710	198	0	793	793	24085	35898	16720	112404
Vehículos	6	11	3	2	2	2	2	5	8	5	40
Vehículos-día	360	2182	595	397	397	397	397	680	1106	697	
Horas/día Helicóptero B2		2.00	1.50					1.50	0.00	0.00	5
Horas/día Helicóptero B3		0.00	0.00					1.50	2.00	2.00	6
Horas/día Helicóptero Bi-turbina		0.00	0.00					0.00	2.00	2.00	4.0
Horas/proyecto Helicóptero B2		397	298					204	0.00	0.00	898
Horas/proyecto Helicóptero B3		0.00	0.00					204.11	276.50	278.67	759
Horas/proyecto Helicóptero Bi-turbina		0.00	0.00					0.00	276.50	278.67	555

Fuente: Los Autores

En la tabla 24 se presenta un ejemplo de una hoja típica de cálculo de costos por departamento, en este caso la operación de topografía:

Tabla 24. Hoja de cálculo de costos topografía

COSTOS DE TOPOGRAFÍA Y CORTE (USD)				
		Producción/gr/día	No se considera la utilización de sistemas RTK	
Topo-trochas Programadas (Convencional)	16	0.4		
Grupos RTK programados	0	0.00		
Topografías de Control	2	0		
Grupos de Avanzada	6			
Producción Estimada (Km/día/gr)	0.40			
Promedio Hombres/grupo	9			
Salarios Personal Staff	Cantidad	Costo/día	Costo/mes	Costo Proyecto
Jefe de Topografía	2	379	11,366	51,553
Calculista de Topografía	2	134	4,022	18,242
Dibujante	2	117	3,497	15,863
Topógrafos de Campo	27	2,085	62,557	283,742
TOTAL	33	2,715	81,442	369,400
Personal Labor Avanzada	Código	Cantidad	Categ/grupo	Salario Día
Capataz de Helipuerto/Campamento	019	6	1	61.66
Motosierrista	040	6	2	59.29
Campamenteros de Línea	030	6	2	59.29
Ayudante de Campamentero	046	30	3	57.01
Auxiliar Seguridad Industrial	028	6	2	59.29
Cocinero Labor	034	6	2	59.29
0		0	0	0.00
Personal Topo-trocha	Código	Cantidad	Categ/grupo	Salario Día
Digitalizador	008	1	1 ^a	64.13
Capataces	018	16	1	61.66
Dibujante	023	1	1	61.66
Porta Prismas	041	18	2	59.29
Obrero no Calificado	054	86	3	57.01
	Cantidad	Costo/día	Costo/mes	Costo Proyecto
Costos Salarios Labor	182	9,875	296,240	1,343,662
	Cantidad	Costo/día	Costo/mes	Costo Proyecto
Costos Personal				
Alojamiento y Comida Staff	22	464	13,933	63,198
Alojamiento y Comida Labor	182	1,820	54,600	247,650
Gastos Médicos Staff & Labor	204	306	9,180	41,638
Dotaciones Seguridad	204	450	13,493	61,200
Gastos de Viaje Staff	22	3,259	97,778	443,492
Gastos de Viaje Labor	182	546	16,380	74,295
TOTAL		6,845	205,364	931,473
Vehículos	Cantidad	Costo/día	Costo/mes	Costo Proyecto
Camperos	2	278	8,333	37,798
Ambulancia	0	0	0	0
Buses	0	0	0	0
Camionetas Doble Cabina	2	278	8,333	37,798
Carros-tanque	0	0	0	0
Tractores	0	0	0	0
Turbos	1	222	6,667	30,238
Botes	0	0	0	0
Bobcat	0	0	0	0

Fletes Mulares				
TOTAL	5	778	23,333	105,833
Helicópteros	Horas/día	Costo/día	Costo/mes	Costo Proyecto
Helicóptero Tipo Bell L-3/Hora	1.5	2,451	73,525	333,488
Helicóptero Tipo AS155/Hora	1.5	4,963	148,900	675,368
Helicóptero Tipo BK-117/Hora	1.5	5,788	173,625	787,513
TOTAL		13,202	396,050	1,796,370

Comunicaciones	Cantidad	Costo/día	Costo/mes	Costo Proyecto
Computadores	0	0	0	0
Internet Volantes	0	0	0	0
Repetidora con Ensamblaje	0	0	0	0
Telefonía Celular	0	0	0	0
Comunicación Satelital	0	0	0	0
TV Satelital	0	0	0	0
Alquiler Frecuencias	0	0	0	0
VHF Bases Fijas	0	0	0	0
VHF Bases Móviles	5	14	417	1,890
VHF Portátiles	0	0	0	0
Mantenimiento Comunicaciones	0	0	0	0
TOTAL	5	14	417	1,890
Arrendamientos	Cantidad	Costo/día	Costo/mes	Costo Proyecto
Equipos GPS	1	67	2,000	9,071
Coletores	0	0	0	0
Estaciones Totales	18	1,000	30,000	136,071
GPS Manual	0	0	0	0
Laser Range	0	0	0	0
Equipos VDO	5	25	750	3,402
Software	0	0	0	0
TOTAL		1,092	32,750	148,545
Suministros	Cantidad	Costo/día	Costo/mes	Costo Proyecto
Combustible/lubs Generadores (gls)	0	0	0	0
Combustible/lubs Vehículos (gls/día)	0	0	0	0
Mantenimiento y Reparación	1	111	3,333	15,119
Herramientas y Repuestos	0	0	0	0
Suministros de Oficina	0	0	0	0
Estacas	48,012	282	8,468	38,410
Transporte Interno	0	0	0	0
Mojones	320	196	5,879	26,667
Motosierras	12	88	2,646	12,000
Entrenamiento y Software	1	37	1,102	5,000
TOTAL		714	21,429	97,195
TOTAL COSTOS TOPOGRAFIA Y CORTE		35,234	1,057,026	4,794,367

Fuente: Los Autores

7.7. LOGÍSTICA

7.7.1. Fase pre-operativa

Inicialmente se entra en la fase pre-operativa que consiste en el acercamiento con las autoridades regionales y comunidades de influencia directa e indirecta a través de las Alcaldías, Juntas de Acción Comunal, Resguardos y Concejos Comunitarios en caso de los grupos étnicos.

Se da a conocer los lineamientos del Plan de Manejo Ambiental y se socializa el proyecto. Una vez surtidos estos protocolos, se inicia la tarea de recolección de información catastral de todos los predios involucrados.

Dada la extensión del programa, y las precarias vías de acceso, estas labores pueden tomar de 45 días a dos meses.

Para estas labores, hay que desplazar al personal de los departamentos Social y Permisos, Administración para el soporte logístico, HSE para ir avanzando en los planes de contingencia, matrices de riesgos, etc.

Simultáneamente, el Jefe de Grupo debe identificar y negociar los sitios para el campamento base, sub-bases y volantes.

La participación laboral del personal de la zona se hace por intermedio de las Juntas de Acción Comunal, resguardos o Concejos Comunitarios, tratando de dar una participación equilibrada, con base en el kilometraje de incidencia en la respectiva área comunitaria.

Todo el personal obrero calificado y no calificado debe pasar los respectivos exámenes médicos y de salud ocupacional, asistir a las inducciones programadas

obligatorias, acogerse a las políticas empresariales y recibir su respectiva dotación de seguridad industrial, antes de iniciar labores.

7.7.2. Fase operativa

Tan pronto estén dadas las condiciones, ingresan los grupos de topografía para iniciar la calibración de instrumentos y realización de las redes geodésicas primaria y secundaria, con base en la información geodésica certificada, disponible para el área.

Para el proyecto este proyecto sísmico, se pretende iniciar por la zona intervenida al noroeste del proyecto, con el fin de aprovechar la escasa infraestructura existente, por lo tanto las labores prediales deben iniciarse en esta zona.

Hay que programar seis grupos de avanzada para adelantar la construcción de volantes y helipuertos a lo largo de las líneas o fincas cercanas, dotados de GPS portátil, con el pre-ploteo del programa; radios portátiles y radios base y eventualmente teodolitos. Inicialmente se atacarían las líneas 01 y 03 simultáneamente, ubicando 3 grupos de avanzada en cada una.

Estos volantes tendrán capacidad para alojar máximo 20 personas, o sea dos grupos de topografía o perforación o 20 personas de registro, incluyendo un auxiliar HSE y un cocinero.

A medida que se van completando los campamentos, se desplazan las cuadrillas de topografía y trocha para iniciar sus labores, se debe recordar que se inicia por la zona intervenida, donde existen algunos carreteables, especialmente uno que comunica a Cartagena del Chairá con Ciudad Yari y el soporte a la operación sería motorizado, requiriendo de un helicóptero pequeño, tipo Bolcow 105, Ecoulieur B2, o Bell 206 LIII, con el fin de apoyar en casos de emergencias.

En cada volante se sitúa una topografía, que tendrá como programa nivelar entre dos volantes consecutivos, es decir, cuatro kilómetros, moviéndose al siguiente helipuerto cuando complete el 50% del trayecto, de tal manera que inicialmente en cada línea se ocupan seis volantes consecutivos, con seis topografías, que luego serán movidas a sus nuevas posiciones. Con la producción proyectada, estos grupos permanecerían máximo 5 días en cada volante, dato a tener en cuenta para el suministro de provisiones, combustible, etc.

Una vez liberados los volantes, ingresan los grupos de perforación, con una programación similar a la de topografía, es decir, una tarea de 80 puntos de tiro por grupo (4.0 Km), con una permanencia aproximada de 9 días en cada volante, suficiente tiempo de avanzada para el ingreso de registro.

A medida que los grupos de avanzada van ingresando a la zona selvática, se hace necesaria la utilización de helicópteros con mayor capacidad, como el Ecouliour B3 que puede movilizar hasta 800 Kg de carga externa y 5 pasajeros y el BK117 o el Bell 212 que pueden movilizar hasta 10 pasajeros.

Hay que tener en cuenta los ríos navegables y los carreteables, para evitar horas de vuelo, enviando por carretera al personal y carga, a sitios más cercanos, ya que la autonomía de vuelo de los helicópteros oscila entre 2 y 3 horas. Igualmente, es conveniente colocar zonas de aprovisionamiento de combustible cerca del área de trabajo, para evitar largos viajes para recarga.

En este proyecto, la distancia máxima se aproxima a los 200 Km, por lo que la eficiencia de los helicópteros se disminuye dramáticamente.

Como se muestra en la tabla 23, este programa requiere de 16 grupos de topografía durante 136 días, y 28 grupos de perforación durante 138 días, para

lograr una infraestructura ideal para satisfacer la producción de registro durante 139 días. El proyecto en su totalidad requiere de 198 días de operaciones.

Los datos sísmicos son preliminarmente procesados en campo, como un sistema de control de calidad, con el fin de verificar la grabación de los datos, errores de geometría, calidad de la información, etc. El procesamiento final se hace en un centro de procesamiento especializado, de acuerdo a las indicaciones del cliente.

7.7.3. Fase post-operativa

Comprende la desmovilización del grupo sísmico, restauración y reforestación, si la hubiere, de las líneas, campamentos y helipuertos, pagos por afectaciones a los predios, paz y salvos con los proveedores, reuniones de cierre con las comunidades y las autoridades, elaboración del reporte final de operaciones y firma del acta de finalización.

7.8. FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO

Tabla 25. Flujo de caja del proyecto.

FLUJO DE CAJA - PROYECTO		MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
1.	Detalle de Ingresos					
1.1	SALDO INICIAL	0	691.784	372.179	1.446.359	51.333
1.2	Capital de Trabajo	1.000.000		1.000.000	1.200.000	
1.3	Acumulado Capital de Trabajo	1.000.000	1.000.000	2.000.000	3.200.000	3.200.000
1.4	Ingresos Operativos			2.500.000	1.140.091	4.138.312
1.5	Total Ingresos	1.000.000	0	3.500.000	2.340.091	4.138.312
2.	Detalle de Egresos					
2.1	Arrendamiento Oficinas		3.333	3.333	3.333	3.333
2.2	Arrendamiento Bodega	3.889	3.889	3.889	3.889	3.889
2.3	Salarios Staff Bogotá	36.488	36.488	36.488	36.488	36.488
2.4	Servicios Públicos		1.389	1.667	2.222	2.778
2.5	Elementos de Oficina		6.667	2.778	2.778	2.778
2.6	Adecuación Oficinas y Bodega					
2.7	Gastos de Constitución					
2.8	Equipamento de Campamentos contado			125.000		
2.9	Equipamento de Oficinas y Bodega					
3.	Egresos de Consumo	40.376	51.765	173.154	48.710	49.265
3.1	Licencias de Software					
3.2	Salario Staff Operativo	20.435	20.435	183.911	183.911	183.911
3.3	Salarios Roll	65.585	65.585	721.436	721.436	721.436
3.4	Costos de personal (Alimentación, EPP, etc)	129.620	129.620	561.688	561.688	561.688
3.5	Vehículos	32.200	32.200	161.000	161.000	161.000
3.6	Helicopteros				1.070.756	1.070.756
3.7	Comunicaciones				37.182	37.182
3.8	Arrendamientos				223.852	223.852
3.9	Suministros Campo			584.632	662.583	662.583
3.10	Amortizaciones					
3.11	Gastos de Licitaciones					
3.12	Compra de Explosivos					
3.13	Actividades Geocientíficas - Otros costos					
3.14	Costos financieros	20.000	20.000	40.000	64.000	64.000
3.15	Impuestos					
4.0	Egresos Operativos	267.840	267.840	2.252.666	3.686.407	3.686.407
5.0	Total Egresos	308.216	319.605	2.425.820	3.735.116	3.735.672
6.0	SALDO ACUMULADO	691.784	372.179	1.446.359	51.333	453.973

Fuente: Los Autores

Continuación Tabla 25. Flujo de caja del proyecto.

FLUJO DE CAJA - PROYECTO		MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	TOTAL PROYECTO
1.	Detalle de Ingresos						
1.1	SALDO INICIAL	453.973	2.783.974	6.188.375	8.612.777	9.536.116	9.536.116
1.2	Capital de Trabajo						3.200.000
1.3	Acumulado Capital de Trabajo	2.200.000	2.200.000	1.200.000	1.200.000	0	0
1.4	Ingresos Operativos	7.072.097	7.068.547	7.068.547	4.489.534	850.680	34.327.807
1.5	Total Ingresos	7.072.097	7.068.547	7.068.547	4.489.534	850.680	37.527.807
2.	Detalle de Egresos						
2.1	Arrendamiento Oficinas	3.333	3.333	3.333	3.333	3.333	30.000
2.2	Arrendamiento Bodega	3.889	3.889	3.889	3.889	3.889	38.889
2.3	Salarios Staff Bogotá	36.488	36.488	36.488	36.488	36.488	364.875
2.4	Servicios Públicos	2.778	2.778	2.778	2.778	2.778	21.944
2.5	Elementos de Oficina	2.778	2.778	2.778	2.778	2.778	48.333
2.6	Adecuación Oficinas y Bodega						0
2.7	Gastos de Constitución						0
2.8	Equipamento de Campamentos contado						125.000
2.9	Equipamento de Oficinas y Bodega						0
3.	Egresos de Consumo	49.265	49.265	49.265	49.265	49.265	609.597
3.1	Licencias de Software						0
3.2	Salario Staff Operativo	183.911	183.911	183.911	183.911	163.714	2.207.164
3.3	Salarios Roll	721.436	721.436	721.436	721.436	709.071	6.605.497
3.4	Costos de personal (Alimentación, EPP, etc)	561.688	561.688	561.688	561.688	436.665	4.627.720
3.5	Vehículos	182.467	182.467	182.467	182.467	101.191	1.378.460
3.6	Helicopteros	1.070.756	1.070.756	1.070.756	1.070.756	485.078	6.909.616
3.7	Comunicaciones	42.140	42.140	42.140	42.140	35.602	278.524
3.8	Arrendamientos	223.852	223.852	223.852	223.852	119.388	1.462.499
3.9	Suministros Campo	662.583	584.632	584.632	506.681	335.557	4.583.881
3.10	Amortizaciones	1.000.000		1.000.000		1.200.000	3.200.000
3.11	Gastos de Licitaciones						0
3.12	Compra de Explosivos						0
3.13	Actividades Geocientíficas - Otros costos						0
3.14	Costos financieros	44.000	44.000	24.000	24.000	0	512.000
3.15	Impuestos						0
4.0	Egresos Operativos	4.692.831	3.614.880	4.594.880	3.516.929	3.586.266	31.765.360
5.0	Total Egresos	4.742.096	3.664.145	4.644.145	3.566.194	3.635.531	32.374.958
6.0	SALDO ACUMULADO	2.783.974	6.188.375	8.612.777	9.536.116	6.751.264	14.688.965
						Margen Bruto	5.152.849
						%	15,01%

Fuente: Los Autores

7.9. ANÁLISIS DE COSTOS

En un proyecto sísmico la clave del éxito está dada por el cumplimiento del Cronograma de Trabajo, puesto que la proyección depende exclusivamente de la producción alcanzada. Es lo que se conoce como un contrato “turnkey” o llave en mano.

El Flujo de Caja refleja todas las etapas del proyecto, desde la pre-operativa hasta la desmovilización y entrega final de información.

Para este caso, los costos han sido distribuidos en los diferentes departamentos, correspondiendo a la etapa pre-operativa una inversión de USD 357.000 (1.02%), para llevar a cabo las actividades de socialización, presentación ante las autoridades civiles y comunitarias, documentación predial, consecución y adecuación inicial de la base de operaciones, panorama de riesgos, movilización de personal, equipos y suministros; contratación de personal inicial, alimentación, alojamiento, etc.

El Campo Base o base de operaciones, abarca todas las etapas del proyecto y ahí se cargan todos los costos administrativos, tanto de personal como de adecuación del campamento, casino, bodegas de víveres y suministros, transporte de suministros, alojamiento general, oficinas, etc. Es uno de los rubros más relevantes de una operación sísmica, alcanzando un 21.5% de los costos totales, ya que incide durante la operación total.

Los grupos de soporte a las operaciones comprenden los siguientes departamentos, con su respectivo peso porcentual en los costos:

- HSE (7.89%), agrupa las actividades de Salud, Seguridad Industrial y Medio Ambiente tanto para la parte administrativa como para la operativa, incluyendo equipos especializados, la aplicación del Plan de Manejo Ambiental (PMA) y la restauración al final de las operaciones.

- Administración (1.4%)
- Departamento Social (5.07%), donde se incluyen las reuniones comunitarias, desplazamiento de personal a contratar, logística de contratación de personal y algún presupuesto para ayuda social y humanitaria.
- Permisos (1.57%) personal y vehículos para las labores prediales, visitas a propietarios, delimitación y avalúo de afectaciones (las afectaciones son pagadas por la Contratista, previa autorización de la Operadora y sus costos reembolsados)
- Control de Calidad (3.74%) es el soporte técnico a la operación, incluye personal de supervisión de campo, procesamiento en campo, insumos, etc.
- Topografía (17.1%), es la punta de lanza operativa, encargada de posicionar los puntos de receptoras y de disparo, utilizando las coordenadas previamente aprobadas por la Operadora, para esta operación se requiere la utilización de 177 obreros.
- Perforación (25.05%), es la más costosa de las actividades, ya que normalmente necesita 20 o más frentes operativos con sus respectivos equipos, carros-tanque, compresores, manguera de alta presión y toda la logística de suministro y distribución de explosivos, con una ocupación de 260 obreros. Su misión es perforar los pozos a 10 metros de profundidad y cargarlos con 2700 gramos de explosivo.
- Registro (15.67%). Su mayor costo lo representa el equipo especializado de registro y el personal necesario para su operación (en para este caso 120 obreros).

Analizando el Flujo de Caja, vemos que es necesaria una inyección gradual de capital operativo de USD 3.200.000, ya que normalmente, la facturación se hace con cortes mensuales de producción y las facturas son canceladas a 30 días.

Con la movilización, se pactó un anticipo de USD 2.500.000 equivalentes a un 7.3% del valor del contrato, que se refleja en el ingreso operativo del tercer mes y son amortizados a partir del mes 5 a razón de 20% por factura.

Como ejemplo, en el flujo de caja para el mes 5 se estará recibiendo la facturación correspondiente al mes 4 de:

179.2 Km de Topografía (28 días) a	USD 13.703.02/Km	USD 2.455.591
2142 Puntos perforados (17 días) a	USD 886.63/PT	USD 1.899.161
25 Km registrados (4 días) a	USD 11.342.40/Km	USD 283.560
Para un total facturado de.....		USD 4.638.312
Menos amortización del 20% de USD 2.500.000		USD 500.000
Recibido.....		USD 4.138.312

8. CONCLUSIONES

- Se desarrolló una metodología que permitió realizar la implementación de un proyecto de exploración sísmica terrestre en la cuenca sedimentaria Caguán-Putumayo.
- El área de las licitaciones públicas y los procesos de selección en general es en realidad muy complejo debido a la gran cantidad de temas que abarca. Se requiere adquirir mucha experiencia para que las propuestas a presentar estén bien elaboradas y al mismo tiempo sean competitivas con las de los otros proponentes. Sin embargo, una formación básica en este campo puede facilitar este proceso de aprendizaje y minimizar los posibles errores que se puedan presentar.
- En todo proceso de licitación, es importante identificar los diferentes requisitos jurídicos, técnicos y financieros para así poder evaluar la viabilidad de la presentación de la oferta, y facilitar su proceso de preparación. De la misma forma, se debe conocer la metodología del proceso para así lograr la elaboración de la propuesta de una forma rápida y organizada.
- Los programas de exploración sísmica que demanden la construcción de vías o que afecten zonas de ordenamiento jurídico especial (Sistema de parques nacionales, zonas de reserva forestal, paramos, manglares, entre otros) requieren una licencia ambiental.
- El aprovechamiento, uso y/o afectación de los recursos naturales renovables, requieren el trámite de permisos correspondientes ante la corporación autónoma regional del área.

- El estudio de impacto ambiental (EIA) es el instrumento principal para la toma de decisiones y planificación ambiental del proyecto.
- La gestión ambiental realizada en proyectos de exploración sísmica terrestre es un proceso de verificación, ajuste y mejoramiento a lo largo de todo el proyecto.
- La localización de los campamentos debe hacerse preferiblemente en centros poblados o áreas ocupadas, utilizando la infraestructura disponible y ajustándola según las necesidades requeridas, minimizando así el impacto ambiental (remoción de la cobertura vegetal y estabilidad del terreno), debido a la instalación del campamento.
- Siempre que sea posible se procede al amarre de ramas antes que a la remoción vegetal, si es el caso esta debe limitarse al ancho especificado y altura establecida para la realización de la trocha.
- Se deben respetar las distancias mínimas recomendadas y las cargas máximas para la detonación de explosivos y registros, según los criterios establecidos y el sitio intervenido.
- La información, comunicación, coordinación y monitoreo por parte de los involucrados son los pilares básicos para el buen desarrollo de la gestión social.
- Este tipo de proyectos genera un impacto positivo en la economía local y regional, debido a la adquisición de bienes y servicios requeridos para la operación del proyecto.

- Las comunidades consideradas como áreas de influencia directa por el proyecto, adquieren un presupuesto destinado a inversión social, el cual será invertido en las necesidades de mayor prioridad de la comunidad.
- La facturación total para un proyecto de 800 Km de sísmica 2D es de USD 34.327.807, equivalentes a USD 42.909,76 por kilómetro medido, perforado, cargado y registrado.
- Al final de la operación, se puede concluir que se obtendrían ingresos netos aproximados de USD 37.527.807 y egresos netos por USD 32.374.958, para un margen bruto de USD 5.152.849 equivalentes al 15.1%, quedando totalmente amortizados tanto el capital inyectado como el anticipo al valor del contrato.

9. RECOMENDACIONES

- La exploración sísmica de yacimientos de hidrocarburos debe ser estimulada en el país porque es un potencial generador de riqueza que da empleo a las personas de la región donde se ejecuta.
- La escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander debe implementar de forma más profunda la instrucción en temas concernientes a contratación y procesos de selección en su programa académico.
- Las compañías exploradoras deben cumplir lo establecido en un Plan de Manejo Ambiental bien redactado en el cual la lógica se imponga.
- Colombia no es un país petrolero, los yacimientos que existen son de buena calidad pero relativamente pequeños en cuanto a lo conocido, es por esto que se debe fomentar la exploración de hidrocarburos, porque si por agotamiento de los yacimientos actuales el país se ve obligado a importar combustible, esto provocará un demoledor efecto sobre su débil economía.

BIBLIOGRAFÍA

ACUÑA, Alberto. (2008). Estudio comparativo de fuentes de energía sísmica sobre la faja petrolífera del Orinoco. Universidad Simón Bolívar.

Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). (2008). Ministerio de Minas y Energía. “Cartilla Productiva de los Hidrocarburos Costa Afuera”.

BARRERO, D., et al. (2007). Colombian Sedimentary Basins. ANH.

CALAO, Jorge. (2007). Caracterización Ambiental de la Industria Petrolera: Tecnologías Disponibles para la Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales. Universidad Nacional de Medellín.

Departamento Nacional de Planeación. (2004). Manual de buenas prácticas para la gestión contractual pública.

ESCALANTE, Fernando. (2008). Métodos de Exploración Geoquímica. Ministerio de Educación Superior. Instituto Universitario de Nuevas Profesiones.

GAMEZ, Javier. (1999) Práctica Contractual Administrativa: Minutas Y Modelos Para Contratación Directa, Licitaciones Y Concursos Públicos De Méritos. Bogotá: Legis.

Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre. (1997). Ministerio del Medio Ambiente.

HERNANDEZ, Jesús. (2011). Tipos de Configuraciones Marinas.

HERRERA, Y., et al. (2010) “Manual para la Adquisición y Procesamiento de Sísmica Terrestre y su Aplicación en Colombia.” Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias.

KRAIL, Paul. (2010). Theory and operation of the marine seismic source. University of Texas at Austin.

LÓPEZ, Lilia. VÁSQUEZ, Cesar. (2008). Diseño de un Sistema de Seguimiento a la Gestión Ambiental de los Proyectos de Exploración de Exploración Sísmica Terrestre Basado en las Guías Ambientales del Ministerio de Ambiente. Universidad industrial de Santander.

OSINERGMIN (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería) “Exploración y Explotación, Información General de la Actividad, Etapas de Exploración: Estudio del Área: Geología de Superficie”. Disponible en <<http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/Publico/1.htm>> [Consulta: 24 de Mayo de 2013].

Presidencia de la República. Ley 80 de 1993. Bogotá: Congreso de la República. 1993.

Presidencia de la República. Ley 1150 de 2007. Bogotá: Congreso de la República. 2007.

Presidencia de la República. Decreto 2474 de 2008. Bogotá: Congreso de la República. 2008.

Rodríguez, R. Magnético [en línea]. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en <<http://www.unalmed.edu.co/rrodriguez/geologia/gravimetria.htm>> [Consulta: 20 de Mayo de 2013]

Rodríguez, R. Gravimetría [en línea]. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en <<http://www.unalmed.edu.co/rrodriguez/geologia/gravimetria.htm>> [Consulta: 20 de Mayo de 2013].

SANZ, Jorge. (2011). Metodología para la Construcción de un Telurómetro de Frecuencia Variable.

TRX + Consulting, Engineering & Earth Sciences, Next Exploration Technology “Método Magnetismo”. 2012.

VARGAS, Carlos. (2012). Evaluating total Yet-to-Find hydrocarbon volume in Colombia. Earth Sci. Res. J., Vol. 16, Special Issue.