

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE IMPACTOS SOCIOAMBIENTALES EN  
MÉTODOS PARA LA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS, MEDIANTE LA  
PROSPECCIÓN SÍSMICA TERRESTRE 2D Y LOS POZOS ESTRATIGRÁFICOS**

**Juan Pablo Alfaro Bejarano**

**Jorge Botia Becerra**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2014**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE IMPACTOS SOCIOAMBIENTALES EN  
MÉTODOS PARA LA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS, MEDIANTE LA  
PROSPECCIÓN SÍSMICA TERRESTRE 2D Y LOS POZOS ESTRATIGRÁFICOS**

**Juan Pablo Alfaro Bejarano  
Jorge Botia Becerra**

**Monografía para optar al título de  
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**Director  
MARTHA CRISTINA FORERO UZAHETA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2014**

Ni la Universidad Industrial de Santander,  
ni los jurados se hacen responsables  
de los conceptos expuestos  
en el presente documento.

**A todas y cada una de las personas  
que hicieron parte de este nuevo logro.**

**Los autores**

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	17
1 GENERALIDADES .....	19
1.1 EXPLORACIÓN PETROLERA.....	19
1.2 HISTORIA PETROLERA EN COLOMBIA (Herrera y Cooper, 2010) .....	19
1.3 EXPLORACIÓN SÍSMICA.....	21
1.3.1 Flujograma y cronograma de actividades de un programa sísmico. ....	28
1.3.2 Uso y aprovechamiento de recursos naturales.....	31
1.4 PERFORACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS.....	36
1.4.1 Flujograma y cronograma de actividades .....	41
1.4.2 Uso y aprovechamiento de recursos naturales.....	42
2 MARCO GEOGRAFICO .....	46
2.1 PUERTO CARREÑO .....	48
2.1.1 Descripción general.....	49
2.1.2 Descripción Física: .....	49
2.1.3 Ecología: .....	50
2.1.4 Economía:.....	51
2.1.5 Vías de comunicación: .....	51
2.2 LA PRIMAVERA.....	52
2.2.1 Descripción general.....	52
2.2.2 Fisiografía .....	53
2.2.3 Hidrografía .....	54
2.2.4 Clima.....	55
2.2.5 Límites del municipio.....	55
2.2.6 Economía.....	56
2.2.7 Vías de comunicación: .....	57
3 MARCO LEGAL.....	58
3.1 LEGISLACIÓN INTERNACIONAL ADOPTADA POR COLOMBIA .....	60

3.1.1	Convenio relativo a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas – RAMSAR (acogido por Colombia en 1997).	60
4	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	63
4.1	PROBLEMÁTICA GENERADA POR LA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS.	63
4.2	METODOLOGÍA DE EMPLEADA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	67
4.2.1	Importancia del Impacto	68
4.3	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	70
4.3.1	Identificación de Impactos Programa Sísmico SIRUNI 2D.	70
4.3.2	Identificación de Impactos Perforación de Pozos Estratigráficos SIRUNI	74
4.4	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS	78
4.4.1	Evaluación post-operación del programa sísmico SIRUNI 2D.	78
4.4.2	Evaluación post-operación de la perforación de pozos estratigráficos proyecto SIRUNI.	83
4.5	CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS	89
4.5.1	Conclusiones evaluación post-operación programa sísmico SIRUNI 2D	89
4.5.2	Conclusiones evaluación post-operación de la perforación de pozos estratigráficos proyecto SIRUNI.	95
4.6	COMPARACIÓN ENTRE EL PROYECTO SÍSMICO SIRUNI 2D Y PERFORACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS SIRUNI.	102
4.7	NIVEL DE INTERVENCIÓN GLOBAL (NIG) NEGATIVO DE LOS PROYECTOS A ANALIZAR.	105
5	CONCLUSIONES	108
6	RECOMENDACIONES	115
	BIBLIOGRAFÍA	118
	ANEXOS	122

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Cronograma tipo de un proyecto sísmico. ....	30
Tabla 2 Personal requerido en un proyecto sísmico. ....	31
Tabla 3 Caracterización típica de las aguas residuales domésticas.....	34
Tabla 4 Cronograma tipo de proyecto de perforación de pozos estratigráficos. ....	41
Tabla 5 Normas Ambientales que Reglamentan o Establecen Áreas con Restricciones .....	58
Tabla 6 Normas Ambientales para el Uso y Aprovechamiento de Recursos Naturales .....	58
Tabla 7 Normatividad Ambiental de Diferente Índole .....	59
Tabla 8 Características del impacto ambiental.....	68
Tabla 9 Criterios utilizados para la evaluación de impactos .....	68
Tabla 10 Valoración y clasificación de impactos .....	69
Tabla 11 Identificación impactos de las Actividades del Programa Sísmico SIRUNI 2D – 2012 – 2013.....	70
Tabla 12 Inventario de Residuos Generados - Programa Sísmico SIRUNI 2D ....	74
Tabla 13 Identificación impactos de las Actividades del Perforación de Pozos Estratigráficos proyecto SIRUNI.....	75
Tabla 14 Residuos sólidos generados en este tipo de proyectos. ....	77
Tabla 15 Valoración y clasificación de impactos .....	105

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Esquema de Adquisición sísmica. ....	23
Figura 2 Geófono o Sensor Receptor de Señal .....	24
Figura 3 Diseño sísmico de un proyecto 2D.....	25
Figura 4 Diseño sísmico de un proyecto 3D.....	26
Figura 5 Perfil Sísmico en un proyecto 2D .....	27
Figura 6 Perfil Sísmico en un proyecto 3D .....	28
Figura 7 Flujograma de un programa sísmico.....	29
Figura 8 Origen de las aguas residuales generadas durante el proyecto.....	34
Figura 9 Perforación de pozos estratigráficos. ....	38
Figura 10 Levantamiento del perfil del pozo .....	40
Figura 11 Diagrama del perfil del pozo .....	40
Figura 12 Flujograma de actividades .....	42
Figura 13 Ubicación del Bloque CPE-3.....	46
Figura 14 Ubicación del proyecto “Programa Adquisición sísmica SIRUNI 2D” ...	47
Figura 15 Ubicación del PROYECTO DE PERFORACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS SIRUNI (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N Y O).....	48
Figura 16 Mapa del Municipio de Puerto Carreño, Vichada (Colombia).....	50
Figura 17 Mapa del Municipio de Puerto Carreño, Vichada (Colombia).....	54
Figura 18 Índice importancia ambiental .....	68
Figura 19 Actividades del Programa de Exploración Sísmica Terrestre generadoras de impactos.....	79
Figura 20 Porcentaje de Impactos por Componentes .....	80
Figura 21 Porcentaje de generación impactos según su importancia ambiental ..	81
Figura 22 Clasificación de los impactos generados por el programa sísmico SIRUNI 2D .....	81

Figura 23 Actividades del proyecto que generaron de impactos en la perforación de Pozos Estratigráficos SIRUNI.....	84
Figura 24 Porcentaje de impactos por componente ambiental (proyecto ejecutado en 100%) .....	85
Figura 25 Porcentaje de generación de impactos según importancia ambiental ..	85
Figura 26 Clasificación de los impactos generados por las actividades del proyecto .....	86
Figura 27 Comparación por etapas entre la perforación de pozos estratigráficos proyecto SIRUNI y el programa sísmico SIRUNI 2D .....	102
Figura 28 Comparación por componente entre la perforación de pozos estratigráficos proyecto SIRUNI y exploración sísmica terrestre proyecto SIRUNI 2D .....	103

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	<b>Pág.</b>
Fotografía 1 Núcleos Estratigráficos .....	38
Fotografía 2 Unidad de DEWATERING .....	44

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A Resolución 500 41 12 1673 del 13 de Diciembre de 2012 .....	122
Anexo B Evaluación Post - proyecto sísmico .....	122
Anexo C Resolución 2031 de 19 de Diciembre de 2011 .....	122
Anexo D Resolución 0012 de 3 Enero de 2014 .....	122
Anexo E Evaluación Post - proyecto pozos estratigráficos.....	122

## RESUMEN

**TITULO:** ANÁLISIS COMPARATIVO DE IMPACTOS SOCIOAMBIENTALES EN MÉTODOS PARA LA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS, MEDIANTE LA PROSPECCIÓN SÍSMICA TERRESTRE 2D Y LOS POZOS ESTRATIGRÁFICOS\*

**AUTORES:** Juan Pablo Alfaro Bejarano & Jorge Botia Becerra \*\*.

**PALABRAS CLAVES:** Análisis comparativo, exploración de hidrocarburos, impactos socioambientales, exploración sísmica, pozos estratigráficos.

El objetivo del presente estudio, consistió en determinar cuál método de exploración de hidrocarburos (sísmica 2D o pozos estratigráficos) puede ser más impactante, en términos de cantidad y severidad de impactos socio-ambientales, con el propósito de generar estrategias para tratar las problemáticas asociadas a dichos proyectos. La metodología aplicada en el presente estudio fue del tipo investigativa principalmente documental o teórica, la unidad de estudio estuvo compuesta por los proyectos “Programa de adquisición sísmica SIRUNI 2D” y “Perforación de pozos estratigráficos SIRUNI”, desarrollados al interior del Boque CPE-3 en el departamento del Vichada, sobre los municipios de Puerto Carreño y La Primavera. El procesamiento de la información consistió en la aplicación de La metodología para la evaluación de impactos ambientales diseñada por Vicente Conesa Fernandez-Vitora, la cual se basa en la calificación numérica por medio de expertos de una serie de atributos para obtener significancias ambientales, las cuales pueden ser positivas o negativas y van desde irrelevantes hasta críticas. El análisis de impactos socio-ambientales para los dos proyectos mostró que el programa sísmico genera un mayor número de impactos negativos con significancias ambientales desde moderadas a críticas; esto se da debido a que la duración de los proyectos sísmicos es mayor con respecto a la perforación de pozos estratigráficos y además el área de influencia para el primero es mucho más amplia con respecto a la puntualidad de los segundos. Por otra parte, se destaca que por medio de la metodología ya mencionada fue posible identificar que la mayor cantidad de impactos se dieron en el ámbito social, corroborando la idoneidad y pertinencia de la utilización de este método para la identificación y comparación de impactos en programas de exploración de hidrocarburos.

---

\* Monografía de grado.

\*\* Facultad de Ingeniería Físicoquímica. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director: Martha Cristina Forero Uzaheta.

## ABSTRACT

**TITLE: COMPARATIVE ANALYSIS METHODS FOR SOCIAL AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF OIL EXPLORATION THROUGH THE SEISMIC EXPLORATION LAND 2D AND WELL STRATIGRAPHIC\***

**AUTHORS:** Juan Pablo Alfaro Bejarano & Jorge Botia Becerra \*\*.

**KEYWORDS:** Comparative analysis, hydrocarbon exploration, social and environmental impacts, seismic exploration, stratigraphic wells.

The aim of this study was to determine which method of hydrocarbon exploration (2D seismic or stratigraphic wells) may be more powerful in terms of number and severity of social- environmental impacts, in order to develop strategies to address the problems associated to such projects. The methodology used in this study was mainly documentary or theoretical research type, the unit of study consisted of projects " Program seismic acquisition SIRUNI 2D" and " Drilling Stratigraphic SIRUNI " developed into the Boque CPE-3 in the department of Vichada, the municipalities of Puerto Carreño and Spring. The information processing consisted of the application of the methodology for environmental impact assessment designed by Vicente Conesa Fernandez-Vitora, which is based on the numerical rating by experts from a number of attributes for environmental significances, which can be positive or negative and range from irrelevant to reviews. The analysis of socio- environmental impacts for the two projects showed that the seismic program generates a greater number of negative environmental impacts from moderate to critical significances; this occurs because the duration of the seismic projects is greater with respect to the drilling of stratigraphic wells and also the area of influence for the former is much larger with respect to the accuracy of the latter. On the other hand, emphasizes that through the aforementioned methodology was possible to identify that the largest number of impacts occurred in the social field, confirming the adequacy and appropriateness of using this method for the identification and comparison of impacts on programs hydrocarbon exploration.

---

\* Essay grade.

\*\* Faculty of Engineering Physicochemical. School of Chemical Engineering \*\*. Specialization in Environmental Engineering. Directed by Martha Cristina Forero Uzaheta.

## INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que la mayoría del subsuelo colombiano se encuentra inexplorado y por tanto no existe la información geológica suficiente para atraer inversión privada, la Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH en cumplimiento al plan estratégico 2020 ha iniciado actividades para adquirir información suficiente de las cuencas y así promover la inversión privada en nuevos territorios.

La exploración sísmica y la perforación de pozos estratigráficos son en el país los métodos más utilizados para el análisis de la geología regional y local, con la finalidad hallar nuevas formaciones geológicas o rocas con potencial de reservas de petróleo.

Este tipo de proyectos generan impactos socio-ambientales debido a la intervención realizada en los sitios de interés, las expectativas sociales y los conflictos derivados por las discrepancias entre las empresas y las comunidades de las áreas de influencia. Debido a esto surge la pregunta: ¿Cuál de los métodos de exploración de hidrocarburos es más impactante para el entorno socio-ambiental?, especialmente cuando se conoce que uno de los principales objetivos del gobierno nacional es incrementar y en lo posible acelerar la ejecución de proyectos asociados al desarrollo del sector de los hidrocarburos.

Por lo anterior, en el territorio nacional se continuará incrementando en corto y mediano plazo el número de proyectos de esta naturaleza, además, la problemática se desarrollará de manera inversamente proporcional a medida que las reservas existentes en el territorio nacional disminuyan, obligando a que estos proyectos se lleven a cabo con mayor frecuencia y en sitios donde en la actualidad no se ha realizado aun actividades exploratorias, afectando comunidades y ecosistemas que en este momento no presentan alteración alguna por programas

sísmicos o perforación de pozos estratigráficos.

El presente estudio pretende realizar un análisis comparativo de los impactos socio-ambientales de 15 POZOS ESTRATIGRÁFICOS y 495 Km de PROSPECCIÓN SÍSMICA TERRESTRE 2D denominados SIRUNI y operados por CEPCOLSA que se encuentran inmersos en el Bloque CPE 3 de los municipios de Puerto Carreño y La Primavera en el Departamento del Vichada, Colombia, con el fin de determinar cuál método de exploración de hidrocarburos puede ser más impactante, en términos de cantidad de impactos y severidad de los mismos. Además, se busca analizar los contextos legales, territoriales, ambientales y sociales de los proyectos evaluados, así como realizar una comparación de las experiencias obtenidas en proyectos de perforación de pozos estratigráficos y prospección sísmica terrestre y finalmente, establecer las causas que producen los impactos ambientales en ambos métodos.

# 1 GENERALIDADES

## 1.1 EXPLORACIÓN PETROLERA.

El uso del petróleo no es un descubrimiento reciente. Hace más de 4.000 años se utilizó en la construcción de paredes y torres en Babilonia y tenía usos medicinales y de combustible. El primer pozo petrolero se le asigna a los chinos quienes en 347 de la era actual, perforaban hasta profundidades de 240 m. En el siglo IX las calles de Bagdad las hacían de brea y existen registros de campos petroleros en esa época. A lo largo de la historia hubo descubrimientos en muchos países como Italia, Suiza, Estados Unidos, Francia, Rusia, etc. (Herrera y Cooper, 2010).

La historia moderna del petróleo comienza en 1846, con el descubrimiento de procesos para la obtención de kerosén a partir de carbón, inventados por el canadiense Abraham Pineo Gesner. El primer pozo petrolero en América fue perforado en la ciudad de Oil Springs, en la provincia de Ontario en Canadá en 1858 (Herrera y Cooper, 2010).

## 1.2 HISTORIA PETROLERA EN COLOMBIA (Herrera y Cooper, 2010)

Las primeras evidencias de hidrocarburos en Colombia se remonta a la época de la conquista, hacia el año 1537, cuando las tropas de Gonzalo Jiménez de Quezada descubrieron petróleo en la Tora, un caserío indígena del Valle del Magdalena, hoy en día conocida como la ciudad de Barrancabermeja.

La producción comercial de hidrocarburos en Colombia comienza a principios del siglo XX, en el año 1905, mediante el sistema de Contratos de Concesión (Villegas, 1971), cuando el gobierno otorgó a Roberto de Mares la Concesión de Mares y en 1921 la Concesión de Barco, que incluyeron las regiones selváticas de

Catatumbo en la frontera venezolana y las de Opón - Carare, en el Valle Medio del Magdalena. En este año se puso en producción los Campo La Cira e Infantas, lo que le permitió al país ser autosuficiente y exportador hasta 1974.

En el año de 1948 se creó la Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL), como entidad rectora del manejo de los hidrocarburos en el país. En 1983 se descubrió otro campo importante para el país, Caño Limón. Este descubrimiento le permitió a Colombia en 1985 volver a ser un exportador de petróleo.

Durante los años 70's, en 1974, el gobierno abolió el sistema de Contrato de Concesión para recuperar el derecho de controlar los recursos del subsuelo, surgiendo el Contrato de Asociación, que se convirtió en una herramienta importante para la exploración de hidrocarburos en Colombia, a través de la adición de capital privado (nacional y extranjero), en asociación con ECOPETROL. Este último participa junto con el socio, en la explotación de los recursos en un 50%, sin embargo los riesgos y costos de la exploración corrían sólo por cuenta del socio.

Govea y Aguilera (1986) describen 13 cuencas sedimentarias en Colombia. ECOPETROL-GEOTEC y ROBERTSON (1998) publican el Atlas Sísmico de Colombia "Seismic Atlas of Colombia". En 1999 se adoptó el Sistema de Regalías, donde ECOPETROL participa con un 30% de la inversión exploratoria (si se declara el descubrimiento económico) y explotación. A finales del siglo XX e inicios del siglo XXI, se descubren los Campos: Cusiana-Cupiagua (1991), Guando (2001), Gibraltar y Niscota (2002).

ECOPETROL (2000) presentó un mapa con una subdivisión de 18 cuencas sedimentarias, que fue adoptada por la ANH. En el 2003, se creó la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), se cambia el esquema de contratos, los cuales se asignan públicamente, y ahora la compañía interesada corre con todo el riesgo y los costos de exploración.

En el año 2009, mediante el convenio ANH-UNAL se desarrollaron los proyectos: “Organic Geochemistry Atlas of Colombia” y los de “Interpretación Sismoestratigráfica y Estructural Los Cayos y Urabá”. A finales del año 2009 y 2010 se han estado desarrollado dentro del Convenio PIISCO XXI: Andén Pacífico, firmado por las entidades ANH-UNAL, los Proyectos: “Capacitación Gerencia de Proyectos Sísmicos FF. MM de Colombia” y “Plan de Cubrimiento Sísmico Nacional y Diseño de Programas de Adquisición Sísmica 2D Regional y Sub-Regional de la ANH 2009-2025”.

En la actualidad, se considera a los hidrocarburos como el energético más importante de la humanidad, un recurso natural no renovable que aporta el mayor porcentaje del total de la energía que se consume en el mundo (Ecopetrol, 2014).

Aunque se conoce de su existencia y utilización desde épocas milenarias, la historia del petróleo como elemento vital y factor energético es relativamente reciente, de menos de 200 años (Giusti, 1998).

Desde los comienzos de la explotación del petróleo (1859) como negocio internacional integrado, los geólogos, químicos e ingenieros han dedicado tiempo a estudiar e investigar los elementos y procesos responsables del origen, constitución, características, peculiaridades de desplazamiento, acumulación y entrapamiento de los hidrocarburos en las cuencas sedimentarias. Durante casi catorce décadas de estudios científicos, técnicos y de campo se ha acumulado una valiosa y extensa información sobre las teorías y diferentes aspectos del origen del petróleo.

### **1.3 EXPLORACIÓN SÍSMICA**

A Aristóteles (383 – 322 BC) se le asigna el crédito de haber realizado la primera

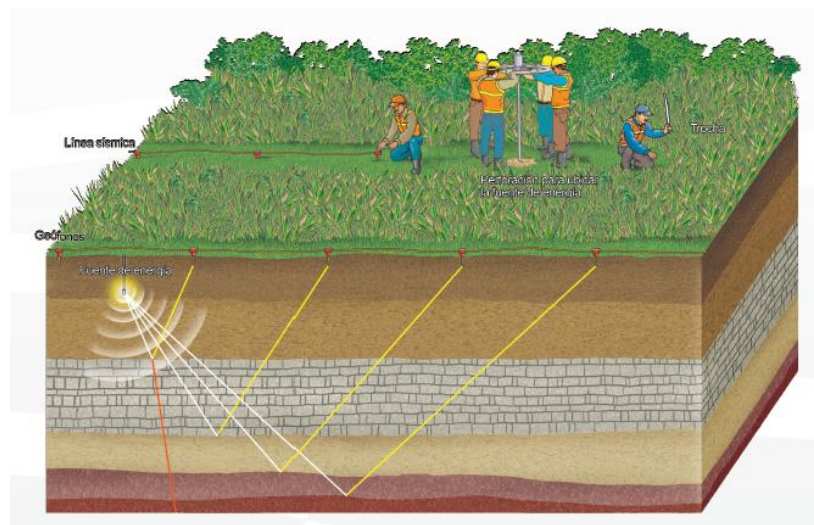
publicación geofísica. En 132 AD, Chang Heng utilizó su seismoscopio para indicar actividad sísmica y determinar la dirección y magnitud del temblor. Leonardo Da Vinci (1452 – 1519) identificó que las rocas de los Alpes estuvieron sumergidas alguna vez en el fondo marino, al conseguir fósiles de conchas 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 (Wren, 2005).

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 (Herrera y Cooper, 2010).

En 1920 se utilizó por primera vez un terremoto artificial para retratar la geología del subsuelo. Durante la Primera Guerra Mundial, se utilizó la sísmica para avisar a los pobladores de París que pronto estarían bajo ataque. Los alemanes tenían un cañón muy grande de largo alcance llamado “Big Bertha”, el cual generaba una fuente de energía fuerte cada vez que disparaba su artillería. Dado que el sonido se propaga más rápido a través del subsuelo que a través del aire, la población de París contaba con cierto tiempo para protegerse (Gadallah & Fisher, 2005).

Mintrop desarrolló más la técnica sísmica después de la guerra, y en 1923 fue invitado por la compañía Gulf Oil a ir a Estados Unidos a realizar sus experimentos, los cuales produjeron la identificación del domo de sal “Orchard” en Texas y su subsecuente producción. Esta técnica tuvo mucha acogida y rápidamente se esparció por Estados Unidos y Canadá. La primera brigada sísmica llegó a Lethbridge, Canadá en el verano de 1926 (Herrera y Cooper, 2010).

La exploración sísmica permite establecer la ubicación de trampas de hidrocarburos en el subsuelo, mediante la producción de ondas elásticas en el subsuelo a partir de la activación de cargas explosivas, dispositivos golpeadores y/o vibradores. Dichas ondas una vez se generan en superficie viajan a través del subsuelo reflejándose según las características del medio físico en el cual se propagan (Ver **Figura 1**).



**Figura 1 Esquema de Adquisición sísmica.**

**Fuente:**[http://www.cepsa.com/cepsa/Quienes\\_somos/Centro\\_de\\_Prensa\\_/Te\\_interesa/La\\_sismica\\_en\\_la\\_exploracion\\_de\\_hidrocarburos](http://www.cepsa.com/cepsa/Quienes_somos/Centro_de_Prensa_/Te_interesa/La_sismica_en_la_exploracion_de_hidrocarburos)

La señal producida mediante la utilización de cualquiera de los mecanismos citados anteriormente es reflejada y recibida por geófonos colocados simétricamente a lo largo de la misma línea sísmica (para el caso de la adquisición 2D), o por medio de la líneas paralelas llamadas receptoras (para el caso de los proyectos 3D). (Ver

**Figura 2).**

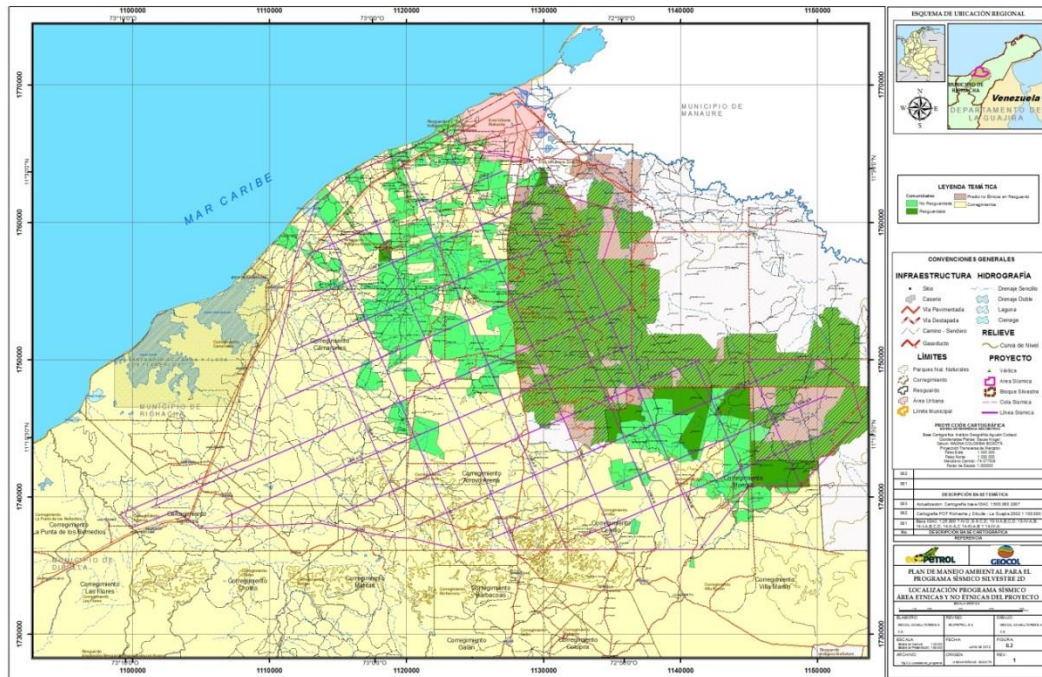


**Figura 2 Geófono o Sensor Receptor de Señal**

**Fuente:** [http://es.made-in-china.com/co\\_ivyzhang918/product\\_Seismic-Geophone-CDJ-Geological-Geophone\\_esoueneyg.html](http://es.made-in-china.com/co_ivyzhang918/product_Seismic-Geophone-CDJ-Geological-Geophone_esoueneyg.html).

En sismica bidimensional o 2D la ubicación de la fuente de energía se determinan a lo largo de las líneas predefinidas de varios kilómetros de longitud (entre 5 a más de 100 kms), usualmente en un mallado ortogonal donde los dos juegos de líneas son aproximadamente uno perpendicular y el otro paralelo al rumbo dominante de las estructuras geológicas del área prospectada. (Ver

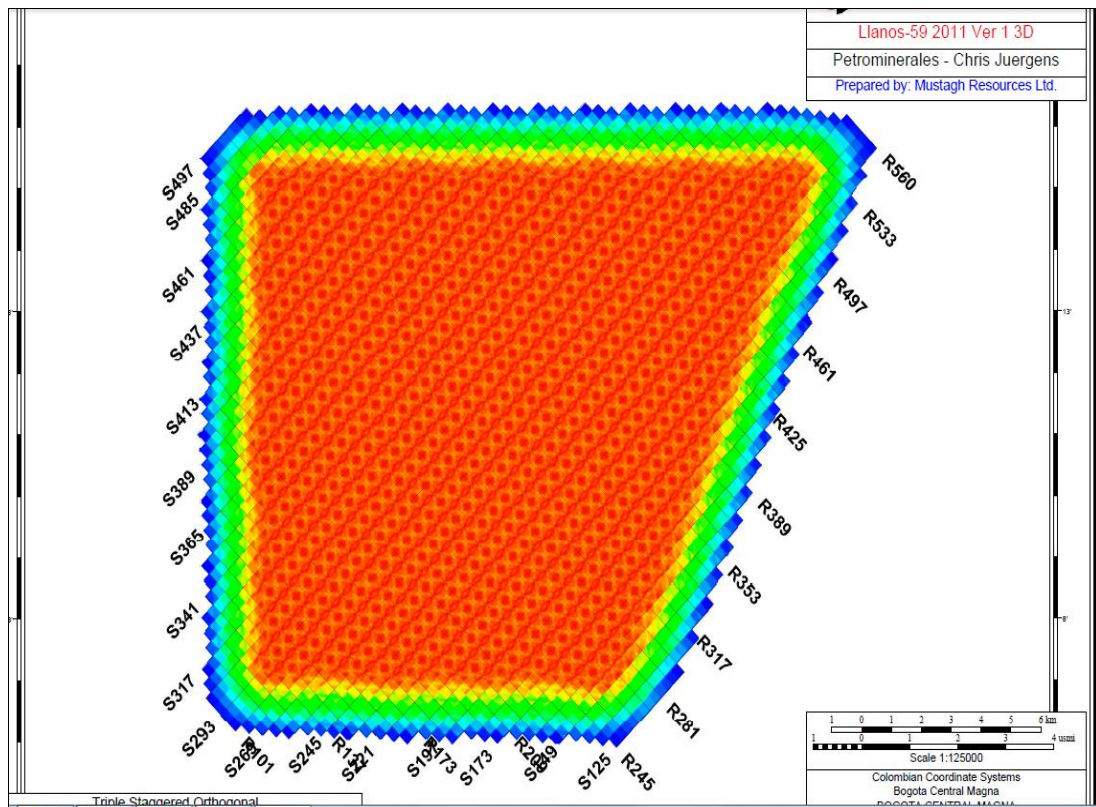
**Figura 3)**



**Figura 3** Diseño sísmico de un proyecto 2D

**Fuente:** PMA para el proyecto sísmico Silvestre 2D. ECOPEPETROL S.A. [Consultado 8 de marzo de 2014].

En la 3D se registra un volumen de información, muestreada en un fino mallado (de pocos kilómetros de longitud) rectangular en subsuelo de pocos metros de lado. En sísmica 3D terrestre las líneas receptoras (de geófonos) suelen ser perpendiculares a las líneas de fuente, aunque existen otras variantes. Las líneas receptoras (en el ejemplo N-S) son casi siempre perfectamente rectas y se diagraman ortogonalmente a la estructuración geológica principal del área. Las líneas fuente (aquí E-O) suelen ser sinuosas, ya que seguir esas rectas permitirá al final un más homogéneo recubrimiento de datos reflejados en las sucesivas interfaces del subsuelo. La sucesión de varios disparos o emisiones entre líneas receptoras consecutivas se denomina Salvo. (Ver **Figura 4**).



**Figura 4 Diseño sísmico de un proyecto 3D**

**Fuente:** PMA para el proyecto sísmico Llanos 59 – 3D. Petrominerales Colombia LTD.  
 [Consultado 8 de marzo de 2014].

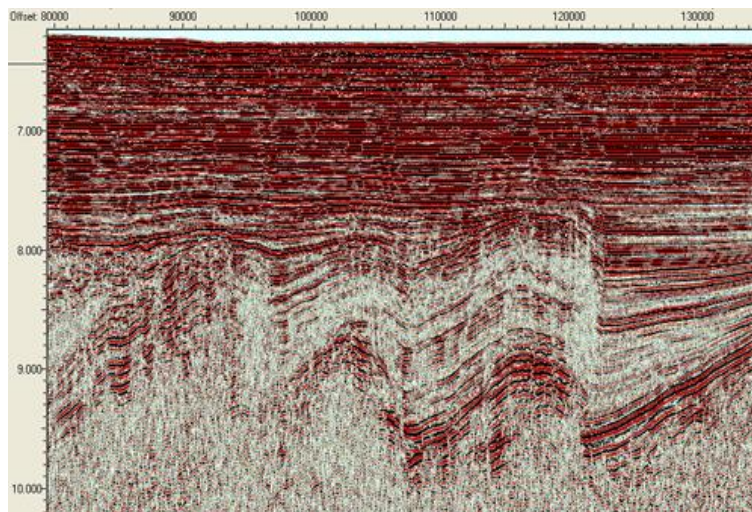
El conjunto de salvos sucesivos entre dichas líneas receptoras constituye un Swath (Arada o franja de registros). El sector del proyecto de líneas receptoras habilitadas para la escucha de cada disparo (registro) se denomina Plantilla o Template y en el proceso de los datos deben computarse numerosas trayectorias de rayos con sus trayectorias azimutales.

Cada geófono o grupo de estos recoge la información que se crea en el momento del registrar y convierte la onda en un impulso eléctrico proporcional a su magnitud, enviado por una línea conectada al equipo de recepción del registro, comúnmente llamado instrumentos o Casablanca, el cual cuenta con un determinado número de canales que dibuja y graba un gráfico para cada uno de

ellos con lo que se establece una sección de registro. Al final, los registros de una línea con ayuda de software especializado son agrupados para crear un apilado, que conlleva aun perfil sísmico, toda esta información es entregada a la Empresa Operadora para el posterior proceso e interpretación.

A partir de esta información es posible localizar los lugares más promisorios con características geológicas y estratigráficas del subsuelo donde es posible tener volúmenes significativos de hidrocarburos (trampas estructurales), con el objetivo de establecer los sitios para realizar perforaciones exploratorias que luego nos lleven a los pozos de producción. (Ver

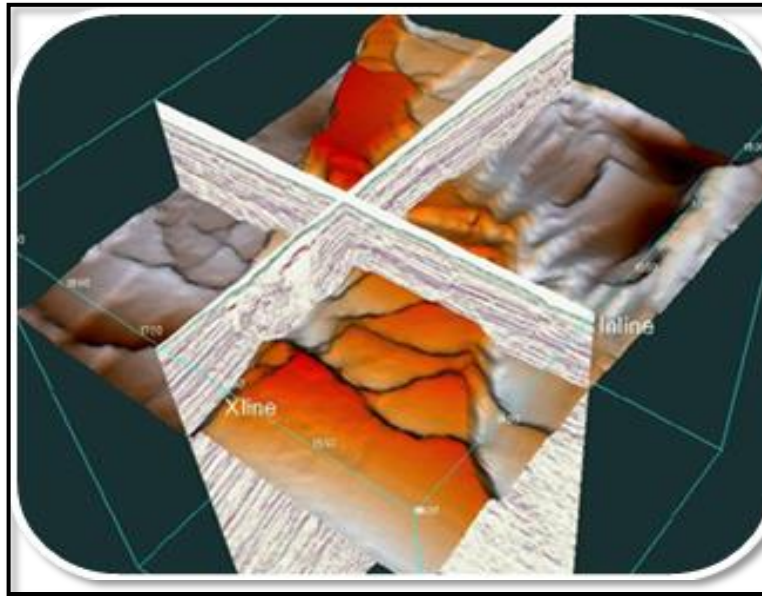
**Figura 5 y Figura 6).**



**Figura 5 Perfil Sísmico en un proyecto 2D**

Fuente: Data seismic. Procesamiento sísmico.

[http://dataseismic.com/index.php?ru=servicios\\_ps&lg=esp](http://dataseismic.com/index.php?ru=servicios_ps&lg=esp). [Consultado 8 de marzo de 2014].



**Figura 6 Perfil Sísmico en un proyecto 3D**

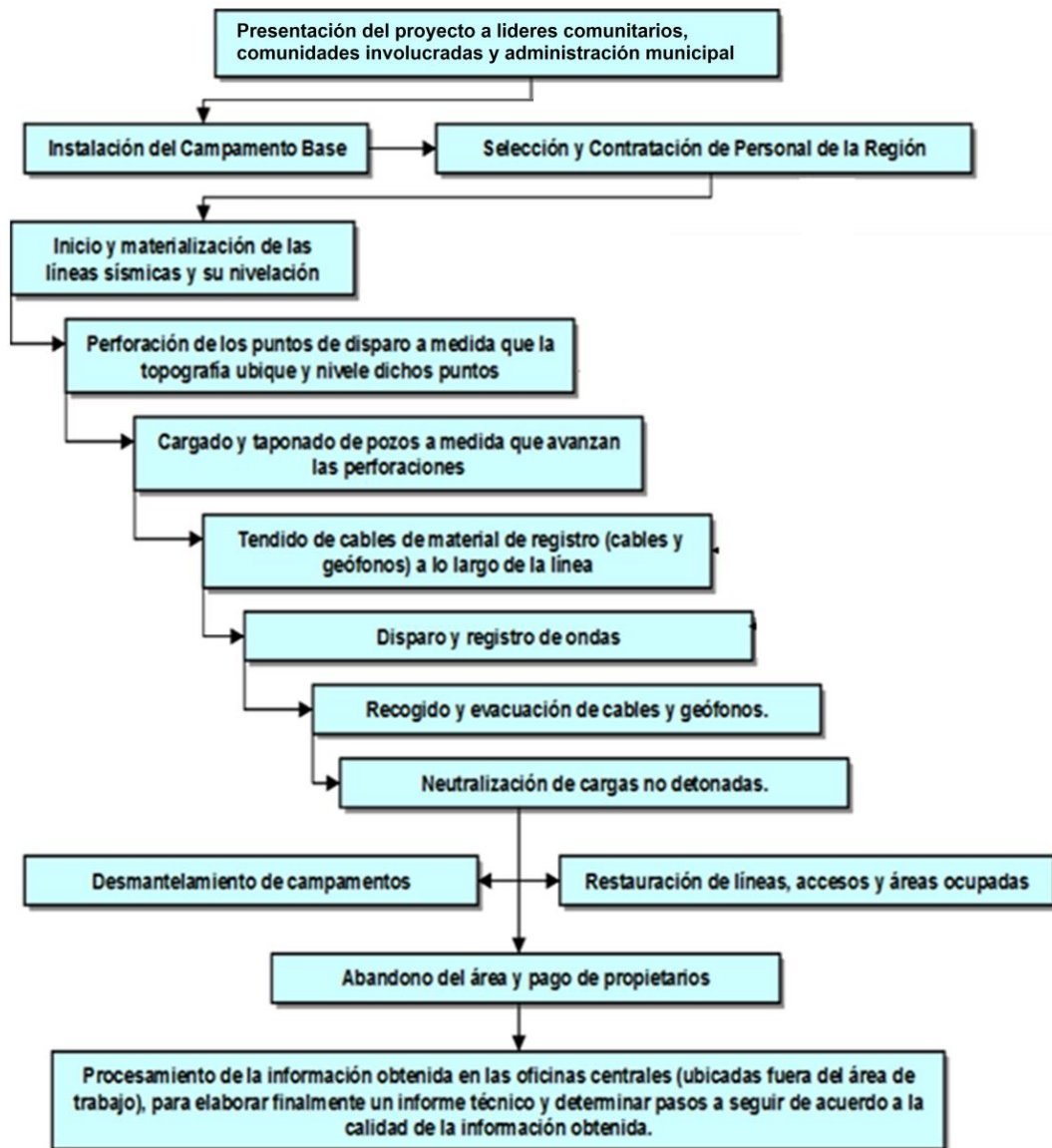
**Fuente:** Data Seismic. Procesamiento sísmico.

[http://dataseismic.com/index.php?ru=servicios\\_ps&lg=esp](http://dataseismic.com/index.php?ru=servicios_ps&lg=esp) [Consultado 8 de marzo de 2014].

La prospección sísmica se encuentra apoyada por un grupo de profesionales encargados de realizar labores específicas en las diferentes etapas del programa, tanto en el área técnica como en cada una de las actividades, se desarrollan rangos y flujos de comunicación en el grupo para controlar las actividades y facilitar la solución de los problemas que puedan surgir durante la ejecución del programa sísmico (MMA, 1997).

### **1.3.1 Flujograma y cronograma de actividades de un programa sísmico.**

El siguiente flujograma expone la secuencia de cómo se desarrollan las actividades al interior de un programa sísmico. (Ver **Figura 7**).



**Figura 7 Flujograma de un programa sísmico**

Fuente: Guía básica ambiental para programas de exploración sísmica terrestre. Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá 1997. [Consultado 10 de marzo de 2013].

A continuación se presenta un cronograma tipo de proyecto sísmico. Dicho cronograma puede variar dependiendo del relieve, las condiciones climáticas del Área de Influencia del Proyecto, entre otros. (Ver **Tabla 1**).

**Tabla 1 Cronograma tipo de un proyecto sísmico.**

ACTIVIDADES	TIEMPO EN MESES / SEMANAS																			
	1				2				3				4				5			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>ETAPA PREOPERATIVA:</b>																				
Información y Presentación del Programa Sísmico a las comunidades y autoridades	■	■	■																	
Solicitud y obtención de permisos con los propietarios de predios		■	■	■	■															
Relacionamiento con la Comunidad y Contratación de Personal		■	■	■																
Implementación Programa de Educación y Capacitación		■	■	■																
<b>ETAPA OPERATIVA*:</b>																				
Desplazamiento a la zona y frentes de obra		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ubicación, Instalación y Operación campamento base y volantes		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pica Ecológica y topografía		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Perforación					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Detonación y registro									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>ETAPA POST OPERATIVA*:</b>																				
Restauración de líneas y limpieza áreas ocupadas (Líneas sísmicas, vías de acceso, campamentos)																	■	■	■	■
Restauración Ambiental																	■	■	■	■
Liquidación de personal																	■	■	■	■
Pago de daños e indemnizaciones																	■	■	■	■
Obtención de Paz y Salvos																	■	■	■	■
*La movilización de equipos y personal es una actividad que se realiza durante todo el tiempo de ejecución de las etapas operativa y post operativa.																				

**Fuente:** Proyecto sísmico Niscota 07-2D. HOCOL S.A

➤ Personal requerido

A continuación se presenta la demanda tipo de personal para la ejecución del proyecto.

- Personal Especializado. Compuesto por profesionales encargados del manejo técnico y administrativo.
- Personal Calificado (Mano de obra calificada). Es el personal con experiencia en las labores de los proyectos sísmicos.
- Personal no calificado (Mano de obra no calificada). Definido como el personal roll que se encarga de las labores de campo. Generalmente, el 100 % de esta categoría pertenece al área de influencia del proyecto.

El número aproximado de personas requeridas para la ejecución del proyecto y su cargo se especifica en la **Tabla 2**.

**Tabla 2 Personal requerido en un proyecto sísmico.**

ACTIVIDAD	CARGO	NUMERO	CARGO	NUMERO
ADMINISTRACIÓN	Jefes de Grupo	2	Empleados de oficios varios (Campamentos)	9
ADMINISTRACIÓN	Asistentes Operacionales	2	Médico	3
	Coordinador Transporte	2	Radio Operador	3
	Protección industrial	2	Electricista	3
	Administrador	2	Jefe de Cocina	3
	Auxiliar Administrador	6	Auxiliares de cocina	20
	Sismólogos	4	Bodeguero	3
	Coordinador de tierras	12	Celadores (Campamentos)	5
	Coordinadores sociales	4	Conductores	6
	Coordinador HS	3		
Coordinador Ambiental	5			
PICA ECOLÓGICA Y TOPOGRAFÍA	Coordinador de Topografía	1	Capataces	8
	Topógrafos	15	Cadeneros	16
	Porta prismas	15	Paramédicos	8
	Porta instrumentos	15	Auxiliares ambientales	8
	Trocheros (obreros)	45		
PERFORACIÓN	Perforadores, Obreros	136	Capataces de perforación	18
	Paramédicos	4	Mecánicos	5
	Supervisor de Taladros	6		
DETONACIÓN Y REGISTRO	Observadores	3	Personal Casablanca (cables)	16
	Observador Junior	2	Disparador (Shooter)	1
	Chequeadores de línea	20	Ayudante disparador	1
	Coordinador de calidad	1	Capataz	2
	Piqueros	21	Obreros	80
	Paramédicos	2		
<b>TOTAL PERSONAL</b>				<b>548</b>

Fuente: Proyecto sísmico Niscota 07-2D. HOCOL S.A

### 1.3.2 Uso y aprovechamiento de recursos naturales.

El uso y aprovechamiento de recursos naturales se encuentra directamente relacionado con el número de personas involucradas en un proyecto sísmico, pues incrementa la demanda de agua para fines domésticos, la generación de residuos líquidos y sólidos, así mismo, con los requerimientos y parámetros técnicos del proyecto.

Para el desarrollo de un proyecto tipo de exploración sísmica se requiere el uso y aprovechamiento de los siguientes recursos naturales:

➤ Captación de aguas

A continuación se presentan los valores requeridos para la captación de aguas para uso doméstico e industrial.

- Requerimiento de recurso hídrico para actividades industriales

Se estima que la cantidad de agua necesaria para la perforación de un pozo es de 55 galones (208 L), y que el valor máximo de pozos diarios a perforar en el proyecto es de 200. Por consiguiente, se requiere un caudal máximo diario de 0.48 l/s.

Usualmente en este tipo de proyectos se solicitan ante la respectiva CAR más de 5 puntos de captación. La toma de agua en cada uno de estos sitios depende de la logística del proyecto y al avance de los frentes de obra en la etapa de perforación en cercanías a los lugares aprobados donde se captan.

- Requerimiento de recurso hídrico para actividades domésticas

Cuando los sitios donde se construyeron los campamentos cuentan con pozos de agua, se solicita el permiso de captación para fines domésticos de estos sitios, sin embargo, puede alternarse su consumo de fuentes superficiales aprobadas por la respectiva CAR.

El caudal de captación se encuentra directamente relacionado con el número de personas que habitarán los campamentos y volantes (150 personas aproximadamente). La Resolución 2320 del 27 de Noviembre de 2009 del MAVDT (que modifica parcialmente el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS), establece como valor de dotación 100 l/día

trabajador, En este orden de ideas generalmente se solicita un valor promedio de caudal de captación para uso doméstico de 0,21 l/s para el campamento base y volantes. Para el cálculo se utilizó un factor de seguridad equivalente al 20% adicional.

Sumando el caudal para uso industrial y doméstico se tiene un valor aproximado de 0.69 L/s para satisfacer la demanda del proyecto.

➤ Vertimientos

Durante la ejecución de un proyecto sísmico, las aguas residuales generadas son principalmente de tipo doméstico producidas por la operación de los campamentos base y volantes, donde se alojará el personal. Estos residuos líquidos son dispuestos mediante el uso de campos de infiltración y/o aspersion aledaños a cada campamento base -volante.

Sin embargo, si al interior del área de influencia del proyecto se encuentran centros poblados, se aprovecha el sistema de alcantarillado.

- Caracterización y Descripción del Vertimiento

Los residuos líquidos domésticos se dividen en aguas negras y grises; las aguas grises provienen de la cocina, ducha, lavandería y son afluentes contaminados con tenso activos, grasas, alta alcalinidad, por ende conductividad y DQO. Las aguas negras provienen de los servicios sanitarios, son efluentes caracterizados por tener alta carga de materia orgánica, coliformes fecales y totales. (Ver **Figura 8**).



**Figura 8** Origen de las aguas residuales generadas durante el proyecto

Los servicios sanitarios usualmente se conectan de forma directa a tanques sépticos, tanques imhoff o filtros anaerobios, los cuales están conectados a sistemas de disposición como campos de infiltración y aspersión.

Las aguas grises se manejan mediante trampas de grasa, filtros y llevadas posteriormente a campos de infiltración y/o aspersión.

A continuación, en la **Tabla 3** se muestra la caracterización típica de las aguas residuales domésticas.

**Tabla 3** Caracterización típica de las aguas residuales domésticas.

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN			
	UNIDADES	FUERTE	MEDIA	DÉBIL
Sólidos Totales	mg/l	1200	720	350
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	850	500	250
Fijos	mg/l	525	300	145
Volátiles	mg/l	325	200	105
Sólidos Suspendidos	mg/l	350	220	105
Fijos	mg/l	75	55	20
Volátiles	mg/l	275	165	80
Sólidos Sedimentables	mg/l	20	10	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	400	220	110
Carbono Orgánico Total	mg/l	290	160	80

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN			
	UNIDADES	FUERTE	MEDIA	DÉBIL
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno (total en la forma N)	mg/l	85	40	20
Orgánico	mg/l	35	15	8
Amoniaco libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	15	8	4
Orgánico	mg/l	5	3	1
Inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	200	100	50
Grasa	mg/l	150	100	50
Sulfato	mg/l	34	22	12
Coliformes totales	Nº/100 ml	10 <sup>7</sup> - 10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup> - 10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>
Compuestos orgánicos volátiles	µg/l	>400	100 - 400	<100

(1) Estos valores dependen de la cantidad presente de agua en el suministro

Fuente: Metcalf & Eddy (1995)

- Caudal de Descarga

En los proyectos de exploración sísmica, el caudal de descarga se encuentra directamente ligado, el número de personas vinculadas al proyecto, las cuales se distribuyen en los diferentes campamentos (Base y Volantes). La mayoría de las ocasiones en los campamentos y volantes se tendrá un máximo de 150 habitantes.

**Qd = Aportes de aguas residuales domésticas**

$$\mathbf{Qd = (Qs \times R) + Fs}$$

Dónde:

**Qd** = Aportes de aguas residuales domésticas (L/s)

**Qs** = Caudal dotado (L/s)

**R** = Coeficiente de Retorno de aguas servidas domésticas (0.7 - 0.8)

**Fs** = Factor de seguridad (Se tomará un valor del 20%)

$$\mathbf{Qd = (0,21 \text{ L/s} \times 0.8) + 20\% = 0,20 \text{ L/s}}$$

➤ Aprovechamiento forestal

Generalmente para este tipo de proyectos no se requiere realizar aprovechamiento forestal, el corte de vegetación se restringe a individuos con DAP inferior a 10 cm en la fase de topografía. La construcción de campamentos en la mayoría de los casos se realiza utilizando fincas o áreas con uso ganadero, restringiendo el corte de vegetación.

Si alguna actividad del proyecto requiere el uso de madera, esta se compra a proveedores que cuenten con el permiso de la corporación autónoma de la jurisdicción para la comercialización y transporte de este elemento.

➤ Material de Arrastre

Se requerirán materiales para construcción de estructuras en los campamentos y el tapado de los pozos como arena, gravilla. Estos materiales son adquiridos a terceros que cuenten con los permisos correspondientes.

➤ Emisiones atmosféricas y ruido generado.

Las emisiones atmosféricas corresponden a las producidas por los motores de los taladros, compresores de aire, motobombas, generadores de energía eléctrica y vehículos contratados para el desarrollo del proyecto. Se consideran mínimos sus efectos al medio ambiente, ya que este tipo de proyectos se desarrollan en campos abiertos lo que reduce la concentración de gases por la dilución.

De igual forma estos equipos y vehículos son la fuente de generación de ruido, los cuales pueden llegar a ser 86 dBA aproximadamente, sin embargo, el ruido no es constante, es transitorio, intermitente y de baja duración, generando impactos bajos al medio ambiente.

#### **1.4 PERFORACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS.**

Los pozos estratigráficos, son pozos que se elaboran únicamente con el objetivo

de obtener información geológica de las formaciones que son atravesadas durante la perforación de un lugar determinado (Comunidad petrolera, 2010).

Generalmente estos pozos son de poca profundidad, los cuales pueden tener profundidades entre los 100 a 1000 metros. Aunque en ocasiones se requieren hacer perforaciones a mayores profundidades, lo que obliga el uso de equipos de mayor tamaño.

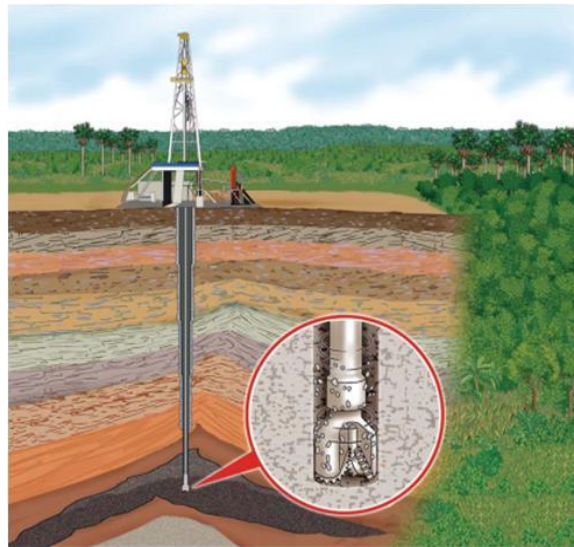
No obstante, la finalidad de los pozos estratigráficos no es la exploración de hidrocarburos, los resultados que estas perforaciones arrojan son utilizados e interpretados por expertos en el área de la geología e ingeniería de petróleos (geofísica), para establecer si las unidades litológicas atravesadas se asocian con formaciones geológicas que tienen la capacidad de almacenar hidrocarburos. De esta forma también se pueden descartar lugares, adquirir o confirmar los indicios sobre la existencia de petróleo o gas en el subsuelo en el sitio seleccionado (Comunidad petrolera, 2010).

La perforación de pozos estratigráficos consiste en la obtención de muestras inalteradas del subsuelo llamadas núcleos o corazones, con fin de obtener información de la formación geológica perforada. Una vez obtenidos los núcleos se almacenan en recipientes de tal manera que se conserven las propiedades físicas de la muestra, peso específico, humedad, entre otras., para poder ser enviadas y analizadas en laboratorios que cuenten con la tecnología e instrumentos para definir las características técnicas de la unidad geológica. (Ver **Figura 9 y Fotografía 1**).



**Fotografía 1 Núcleos Estratigráficos**

Fuente: ANH [Consultado 8 Marzo de 2014].



**Figura 9 Perforación de pozos estratigráficos.**

Fuente: ANH [Consultado 8 Marzo de 2014].

Adicional a las muestras obtenidas, se aprovecha el hueco de la perforación para realizar registros eléctricos, también conocido como perfilaje del pozo.

El perfilaje de un pozo es una actividad muy importante dentro de la exploración de hidrocarburos, la cual consiste en la toma y monitoreo de los perfiles o registros

del pozo, es decir, grabar las características de las formaciones atravesadas contra la profundidad al interior del pozo.

A través de los perfiles de pozos se puede medir un número de parámetros físicos relacionados a las propiedades geológicas y petrofísicas de los estratos que han penetrado. Además, los registros nos dan información acerca de los fluidos presentes en los poros de las rocas (agua, petróleo o gas). Por lo tanto, los datos de los perfiles constituyen una descripción de la roca (<http://es.scribd.com/doc/26228291/Registro-o-Perfilaje-de-Pozos>).

La interpretación de los perfiles puede ser dirigida a los mismos objetivos que llevan los análisis de núcleos convencionales. Obviamente, esto solo es posible si existe una relación definida entre lo que se mide en los registros y los parámetros de roca de interés para el Ingeniero Geólogo, el Petrofísico o el Ingeniero de Yacimientos.

La principal función del perfilaje de pozos es la localización y evaluación de los yacimientos de hidrocarburos.

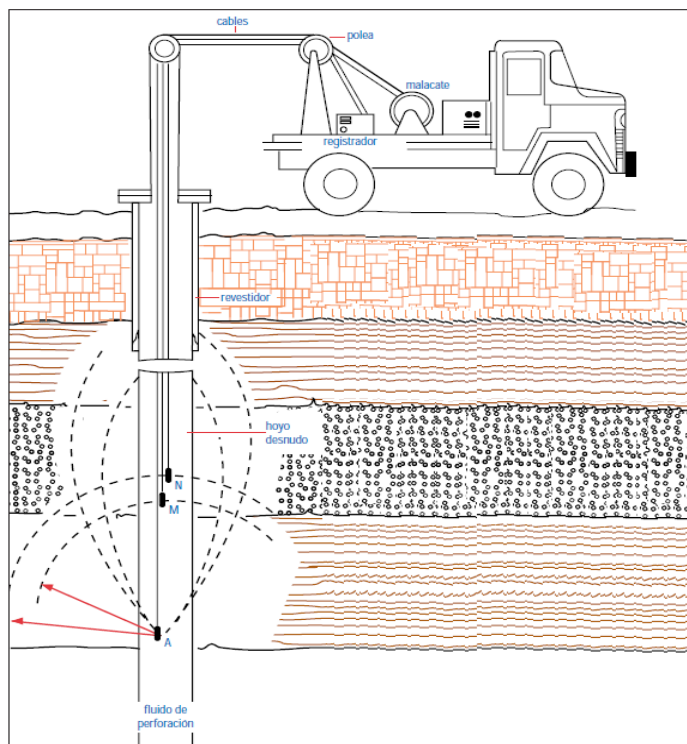
➤ Validación de los Perfiles

Se realiza para verificar la calidad de los datos y la velocidad de perfilaje. Cada herramienta posee una velocidad de perfilaje óptima, a la cual la calidad de los datos obtenidos es la mejor.

➤ Normalización de las Curvas

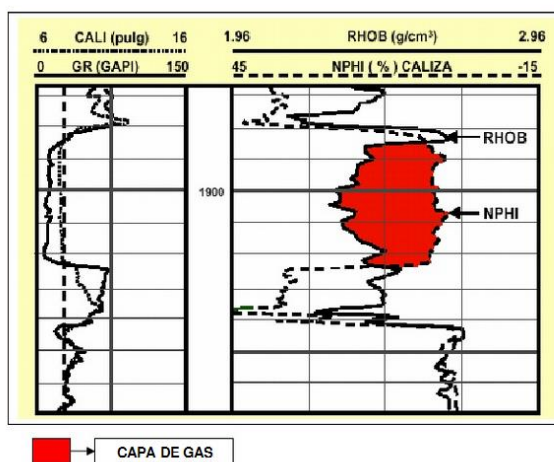
La normalización de los perfiles es realizada por un petrofísico. El perfil que necesita ser normalizado con mayor frecuencia es la curva SP. (Ver

**Figura 10 y Figura 11).**



**Figura 10 Levantamiento del perfil del pozo**

Fuente: Giusti, Luis. Lo que necesito saber del Petróleo. 1998 [Consultado Marzo 8 de 2014].



**Figura 11 Diagrama del perfil del pozo**

Fuente: Giusti, Luis. Lo que necesito saber del Petróleo. 1998 [Consultado Marzo 8 de 2014].

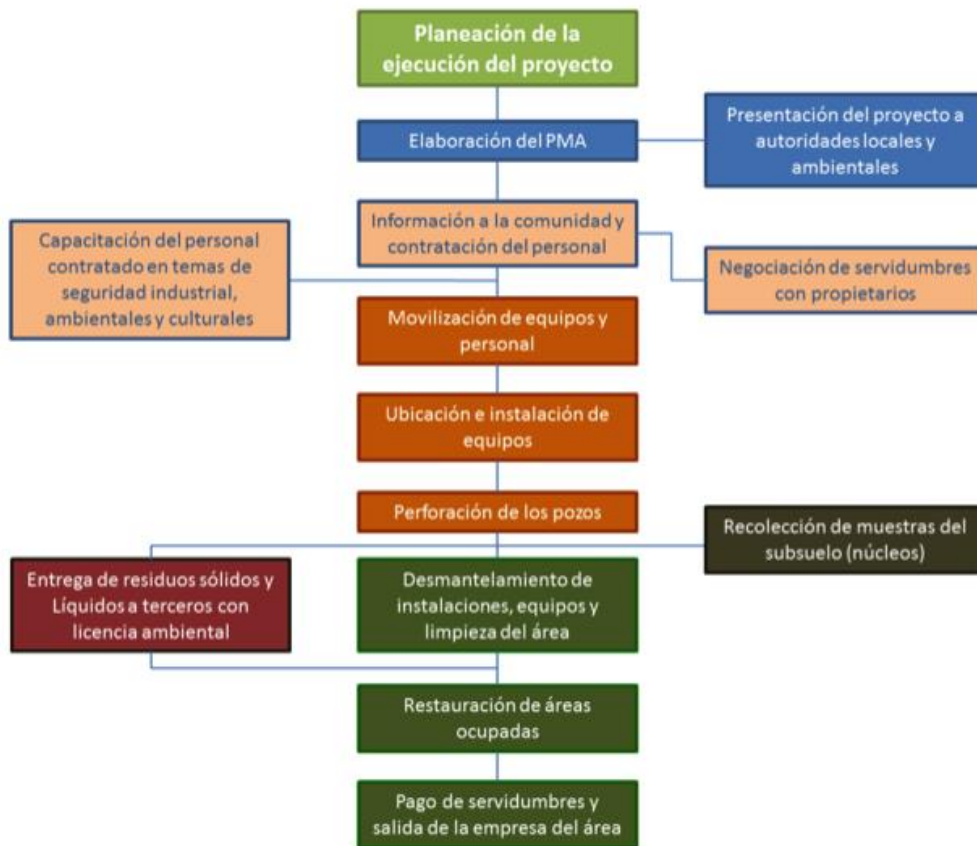
### 1.4.1 Flujograma y cronograma de actividades

La **Tabla 4** y la **Figura 12** muestran respectivamente el flujograma y cronograma tipo de un proyecto de perforación de pozos estratigráficos.

**Tabla 4** Cronograma tipo de un proyecto de perforación de pozos estratigráficos.

ACTIVIDADES LOGISTICAS	Semanas						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Etapa Pre-operativa</b>							
Información y Presentación del Proyecto de perforación estratigráfica a las comunidades y autoridades locales.							
Solicitud de permisos y negociación de servidumbres							
Contratación Personal de la Región. Organización Administrativa							
<b>Etapa Operativa</b>							
Desplazamiento a la zona y frentes de obra							
Adecuación del sitio de perforación							
Entrega de dotaciones a todo el personal del proyecto							
Capacitación Seguridad Industrial y Medio Ambiente y Operaciones							
Consecución de vehículos y equipo de apoyo							
Movilización de equipos							
Instalación del equipo de perforación							
Perforación del pozo							
Toma de registros eléctricos del pozo							
Recuperación ambiental del pozo							
Entrega de núcleos							
Logística (alojamientos, alimentación, transporte personal, insumos)							
<b>Etapa Post-operativa</b>							
Entrega de informes generales del pozo							
Liquidación personal							
Cierre de cuentas							

Fuente: Plan de Manejo Ambiental para el muestreo del subsuelo mediante la perforación de pozos estratigráficos poco profundos, con recuperación de núcleos de roca y registros eléctricos. Proyecto Cordillera Oriental Sur. U.T Tecnostratus.



**Figura 12** Flujograma de actividades

Fuente: U.T TECNOSTRATUS, 2012. [Consultado 22 abril de 2013].

### 1.4.2 Uso y aprovechamiento de recursos naturales

A continuación se presentan los requerimientos de uso y aprovechamiento de recursos naturales en este tipo de proyectos.

➤ Captación de aguas

La captación de aguas para uso industrial, fluctúa dependiendo de los diferentes estratos del subsuelo, pues en muchas ocasiones hace aumentar la preparación de lodos.

En este orden de ideas, los usualmente al momento de solicitar permisos de captación, se establecen valores de caudales por encima de los requerimientos reales, y así sortear las situaciones donde la demanda de agua se incremente.

Por lo regular, los valores máximos de captación de aguas son del orden de 0.2 a 0.5 L/s para el proyecto, teniendo como requerimiento un valor aproximado 463.2 litros por cada metro perforado.

➤ Vertimientos

Las aguas residuales en este tipo de proyectos se asocian principalmente a la actividad de perforación, especialmente en la producción de lodos, recuperación de los mismos cuando son recirculados.

Estas aguas son almacenadas temporalmente en las piscinas construidas en la locación (Ver **Fotografía 2**), de allí se transporta a un sistema de tratamiento de aguas residuales, donde son tratados por medio de una centrifuga llamado DEWATERING que separa la fase solida de la fase liquida.

Los ripios con tamizado de mayor y los lodos inservibles son deshidratados, estabilizados con cal y mezclados con tierra de la zona para ser utilizados como rellenos de los lugares donde se construyeron las piscinas y contrapozo. Es de recordar que los lodos a base agua son elaborados a base de arcilla, por lo que son considerados inertes y no generan efectos sobre el medio ambiente.

La fase liquida, es tratada con sustancias floculantes y coagulantes en tanques pre-fabricados. Una vez las condiciones físico-químicas se encuentren en óptimas condiciones, cumpliendo con lo establecido por la normatividad colombiana, son vertidas por riego en vías sin pavimentar aledañas al proyecto, o en el área intervenida para la perforación. Para proyectos de perforación estratigráfica, nunca se realizan vertimientos a cuerpos de agua.

Sin embargo, con el ánimo de evitar evaluaciones por parte de las CAR para el permiso de vertimiento, también se maneja la opción de entregar los lodos, ripios, fase líquida de aguas residuales industriales a terceros, siempre y cuando estas empresas tengan permisos emitidos por las autoridades ambientales para el manejo, tratamiento y disposición de estos elementos.

Los valores de caudales de vertimiento de aguas tratadas tipo en proyectos de perforación, son del orden de 0.08 a 0.2 L/s.

Por otra parte, las aguas lluvias no contaminadas son recogidas en canales de tierra construidos alrededor del área a perforar, zona de almacenamiento de combustibles, bodega y piscinas de lodos, para evitar que estas se contaminen con otros elementos. Posteriormente son conducidas a áreas aledañas a la locación.



**Fotografía 2 Unidad de DEWATERING**

Fuente: Campo Ombu. Emerald Energy.

➤ Aprovechamiento forestal

Los sitios seleccionados para llevar a cabo la perforación tienen principalmente un uso agropecuario, predominando pastos o cultivos transitorios, para minimizar la

intervención a la zona y evitar la solicitud de permisos de aprovechamiento forestal. Por lo tanto, no se requiere el uso y aprovechamiento forestal, ya que el área generalmente no existen árboles que puedan verse afectados por la actividad de perforación.

En caso de presentarse la necesidad del uso de madera, esta debe ser comprada a distribuidores con los permisos emitidos por la autoridad ambiental competente.

➤ Material de arrastre

Cuando se requiere materiales para construcción, como arena, gravilla y madera son adquiridos a terceros que cuenten con los permisos correspondientes.

Los demás materiales de construcción se compraran en las ferreterías de los municipios involucrados en el proyecto, con cual se impulsara la dinamización de la económica local.

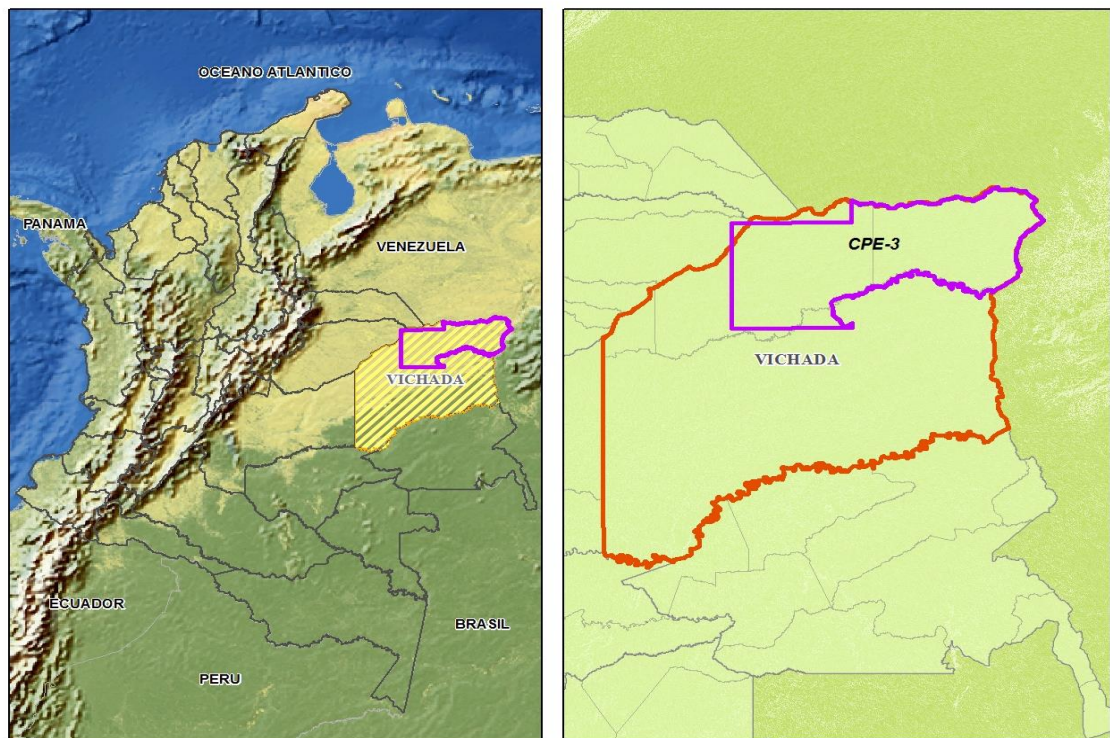
➤ Emisiones atmosféricas y ruido.

Las emisiones atmosféricas corresponden a las producidas por los motores de los taladros, motobombas de los, generadores de energía eléctrica y vehículos contratados para el desarrollo del proyecto. Se consideran mínimos sus efectos al medio ambiente, ya que este tipo de proyectos se desarrollan en campos abiertos lo que reduce la concentración de gases por la dilución.

De igual forma estos equipos y vehículos son la fuente de generación de ruido, los cuales pueden llegar a ser entre 90 y 100 dB aproximadamente, lo cual en ocasiones generan molestias a la comunidad, especialmente cuando cerca al punto de perforación existen viviendas, teniendo en cuenta que los turnos de perforación son de 24 horas continuas, ya que no se pueden parar el taladro pues puede quedarse atascada la broca y la tubería de perforación.

## 2 MARCO GEOGRAFICO

La comparación con fines académicos de estos dos métodos de búsqueda de hidrocarburos se realizó en la misma zona (Bloque CPE-3) donde los medios bióticos, abióticos y sociales no se han visto ni se encuentran familiarizados con la actividad petrolera ((Ver **Figura 13**).



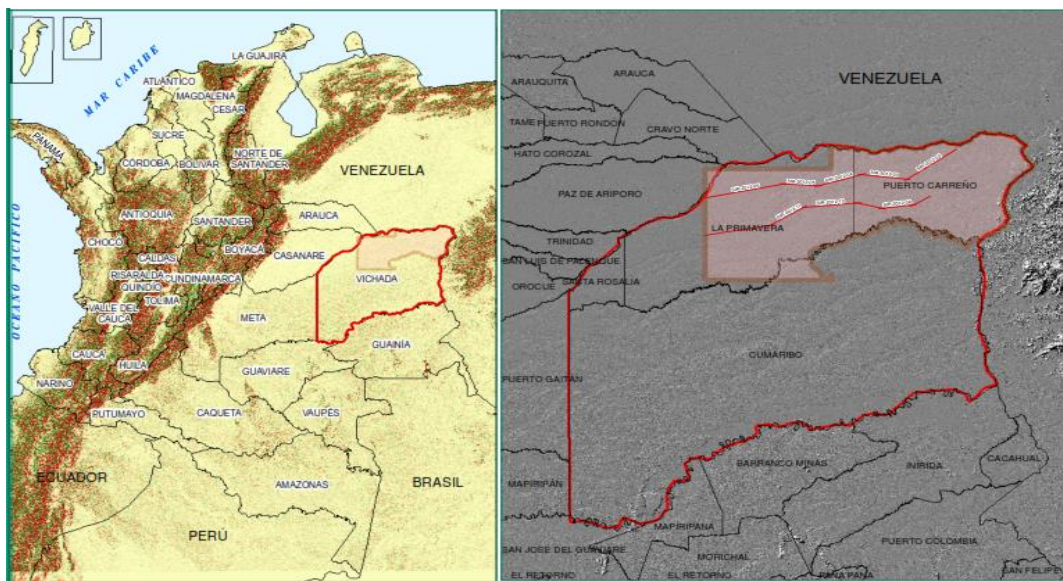
**Figura 13** Ubicación del Bloque CPE-3

Los proyectos a analizar fueron desarrollados en el departamento del Vichada, en los municipios de Puerto Carreño y La Primavera, y aunque no se localizan en la misma área física, sus pobladores comparten características similares en su cotidianidad, ya que las principales actividades económicas son las agropecuarias, principalmente forestales y ganaderas de muy baja escala productiva, así como la ganadería extensiva y las actividades extractivas. Por otra parte, a pesar que el

departamento de Vichada hoy no es un jugador importante en el sector en términos de producción, con un promedio diario de tan solo 172 barriles de petróleo, en este departamento se han otorgado unos de los bloques bajo el contrato de evaluación técnica (TEA por sus siglas en inglés) de mayor extensión. Con esta iniciativa se pretende obtener más información geológica que permita determinar el potencial real del subsuelo.

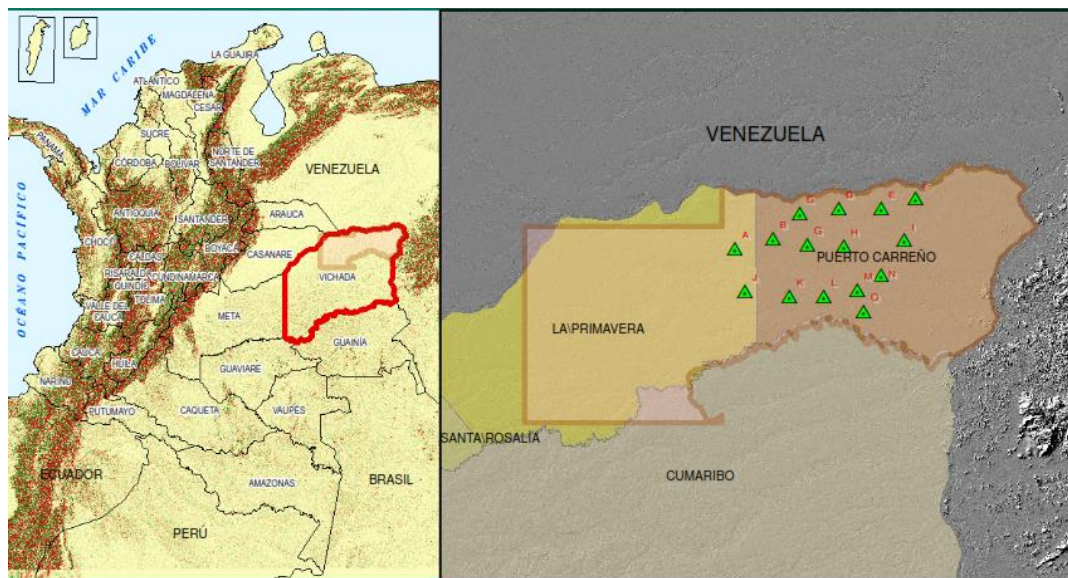
Para el caso de la exploración sísmica, se tomará como ejemplo con fines académicos el proyecto “Programa de Adquisición sísmica SIRUNI 2D”, el cual se desarrolló el Bloque CPE-3, haciendo parte de la cuenca de los llanos orientales.

El área de influencia del proyecto abarca la jurisdicción de las inspecciones de Aceitico, La Venturosa, Puerto Murillo y la vereda La Esmeralda del municipio del Puerto Carreño y las inspecciones de Nueva Antioquia, Matiyure, Santa Bárbara y Santa Cecilia del municipio de La Primavera en el Departamento del Vichada. La empresa operadora encargada de ejecutar estos proyectos es CEPCOLSA. (Ver **Figura 14**).



**Figura 14** Ubicación del proyecto “Programa de Adquisición sísmica SIRUNI 2D”

En lo que respecta a la perforación de pozos estratigráficos, el proyecto a analizar fue “PROYECTO DE PERFORACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS SIRUNI (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N Y O)”, que contó con la elaboración de 15 pozos estratigráficos en los municipios de La Primavera y Puerto Carreño en el departamento del Vichada. La empresa operadora encargada de ejecutar estos proyectos es CEPCOLSA. (Ver **Figura 15**).



**Figura 15** Ubicación del PROYECTO DE PERFORACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS SIRUNI (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N Y O)

A continuación se hace una breve descripción de los municipios del área de influencia directa, destacando las actividades productivas llevadas a cabo en ellos, con el fin de mencionar de forma somera la alteración ambiental realizada en dichos territorios por sus pobladores.

## 2.1 PUERTO CARREÑO

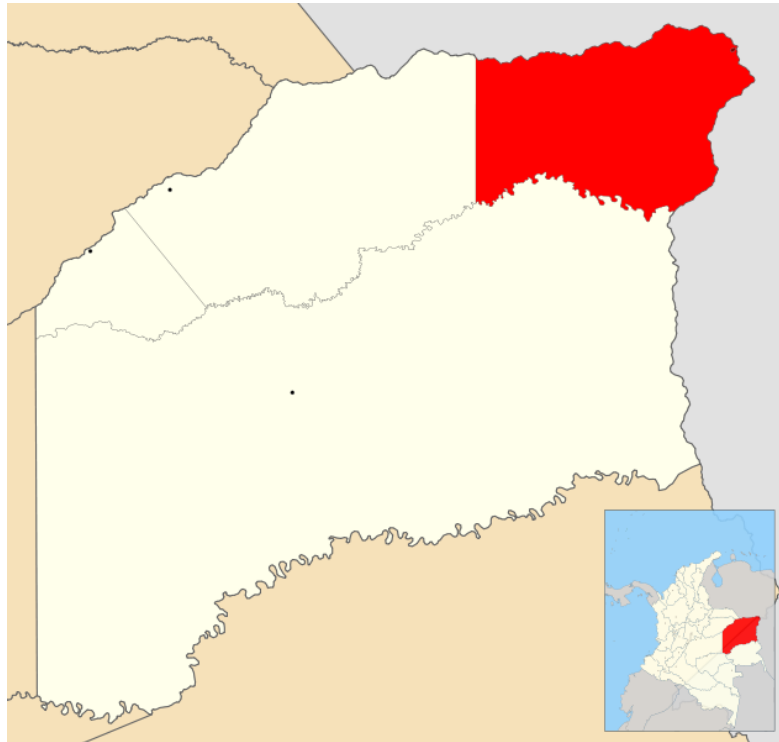
A continuación se hace una breve reseña del municipio con la información tomada de [http://www.puertocarreno-vichada.gov.co/mapas\\_municipio.shtml](http://www.puertocarreno-vichada.gov.co/mapas_municipio.shtml).

### 2.1.1 Descripción general

- **Nombre del municipio:** Puerto Carreño
- **NIT:** 892099305-3
- **Código Dane:** 99001
- **Gentilicio:** Carreñense.
- **Otros nombres que ha recibido el municipio:** En un inicio se llamó Picacho y luego San Rafael.
- **Fecha de fundación:** 05 de agosto de 1974
- **Nombre del/los fundador (es):** En 1922 el General Buenaventura Bustos, primer comisario del Vichada, en el lugar hasta entonces conocido como “El Picacho, funda a Puerto Carreño en honor a su amigo Pedro María Carreño, quien por ese entonces era ministro de Gobierno.

### 2.1.2 Descripción Física:

- La ciudad de Puerto Carreño se encuentra ubicada en el Departamento de Vichada. Con una Altitud de 51 msnm, en la confluencia de los ríos Meta y Orinoco, convirtiéndose en franja fronteriza con la República de Venezuela y a su vez paso del tráfico de gente y mercancía. Geográficamente la ciudad se sitúa a los 6° 11' 16" de latitud norte y 62° 28' 23" de longitud oeste. Dista de la capital de la República 860 km, limita por el Norte y Este con la República de Venezuela, por el sur con el corregimiento departamental de Santa Rita, y por el Oeste con la Primavera. Hace parte del municipio el corregimiento de Casuarito y las inspecciones de policía Garcitas, La Venturosa y Puerto Murillo (Ver **Figura 16**).



**Figura 16 Mapa del Municipio de Puerto Carreño, Vichada (Colombia).**

**Fuente:** [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia\\_-\\_Vichada\\_-\\_Puerto\\_Carreno.svg#file](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia_-_Vichada_-_Puerto_Carreno.svg#file)

- **Extensión total:** 12409 Km<sup>2</sup>
- **Extensión área urbana:** 7.5 Km<sup>2</sup>
- **Extensión área rural:** 12401.5 Km<sup>2</sup>
- **Temperatura media:** 36° C

### **2.1.3 Ecología:**

- ***PARQUE NACIONAL NATURAL "EL TUPARRO"***

Fue creado en el año de 1970 y declarado Monumento Nacional y además reserva de la Biosfera por la UNESCO en el año de 1982.

Esta reserva Natural está localizada en los Llanos Orientales, en el departamento del Vichada, en la jurisdicción del municipio de Puerto Carreño. Tiene una extensión de 548.000 hectáreas, el Parque está delimitado por el río Orinoco que le sirve de límite al oriente, en la frontera con Venezuela, y al occidente lo rodea la confluencia del Caño Hormiga. Al norte, el límite sigue la dirección del río Tomo. Está a una altura de 100 a 330 metros sobre el nivel del mar, tiene un clima bastante cálido de aproximadamente 27 grados centígrados que llama la atención de todos sus visitantes

#### **2.1.4 Economía:**

Las actividades económicas de mayor importancia en la región son la ganadería, la pesca, la agricultura y la minería. Los principales productos agrícolas son: arroz de sabana, algodón, yuca y plátano. Se destaca la pesca ornamental y la ganadería vacuna. Se explotan minas de oro y plata en forma rudimentaria.

La población ofrece sitios de interés turísticos como son la población ribereña de Casuarito, donde se elaboran artículos y manufacturas en cuero y confecciones, textiles y comidas típicas, teniendo registrados dos establecimientos comerciales. El municipio se abastece de enseres y artículos de primera necesidad, del interior del país, y en ocasiones de Puerto Páez, ciudad del estado Venezolano en la frontera con Colombia.

#### **2.1.5 Vías de comunicación:**

Aéreas: Contamos con Aeropuerto propio, con vuelos regulares los días Lunes Miércoles Viernes y Domingos prestados por Satena, los Jueves y Domingos Selva (empresa de carga), los viernes Aerocarga (empresa decarga).

Terrestres: De Bogotá a Villavicencio son aproximadamente tres horas. Otras de las rutas son por Villavicencio, Gaviotas, Tapon al centro Administrativo son veinticinco horas Por El Burro.

Fluviales: Todos los días existe la ruta Primavera (Segundo municipio del Vichada), Puerto Gaitán (Segundo municipio del Departamento del Meta).

## **2.2 LA PRIMAVERA**

A continuación se hace una breve reseña del municipio con la información tomada de <http://laprimavera-vichada.gov.co/index.shtml>.

### **2.2.1 Descripción general**

El Municipio de La Primavera debe su existencia a la expansión llanera del departamento del Casanare al departamento del Vichada, generada al finalizar el levantamiento popular de los años cincuenta con el consecuente reacomodamiento de los actores en conflicto. Los cambios de propietarios de las sabanas y la renuencia a introducir nuevas tecnologías de explotación en el departamento del Casanare y por otra parte, la abundancia de agua, pastos y los ínfimos costos de la tierra en el Vichada, fueron las causas y motivaciones que llevaron a medianos y pequeños criadores a establecerse en la margen derecha del río Meta

**Fecha de fundación:** 09 de abril de 1959

**Nombre del/los fundador (es):** Colonos

El municipio hace parte de un conglomerado urbano que puede ser el comienzo de importantes centros en la región. Actualmente cuenta con una población aproximada de 14.344 habitantes, de los cuales 3626 viven en el casco urbano.

Está dividido en 5 inspecciones, 1 corregimiento y veredas. El río Meta es su principal vía de comunicación en el invierno, y en el verano el acceso municipal es por vía terrestre principalmente. Las calles de los centros poblados del municipio son totalmente destapadas a excepción de la calle 5 entre carreras 6 y 11 de la cabecera municipal que está recubierta en crudo de castilla. La región se caracteriza por una variedad paisajística lo cual permite realizar turismo dadas las condiciones ecológicas, la cercanía del río Meta, lagunas, reservas forestales e indígenas.

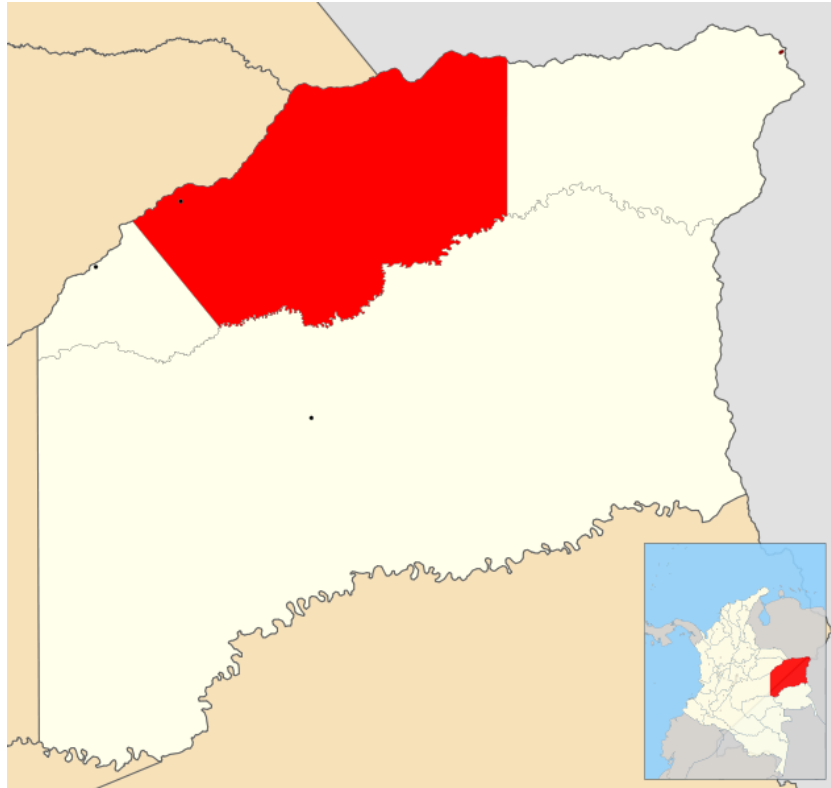
### **2.2.2 Fisiografía**

El territorio del departamento de Vichada corresponde a la región de los Llanos Orientales, en ella se distingue cuatro conjuntos fisiográficos denominados la llanura aluvial de desborde de la Orinoquia, mal drenada, la altillanura de la Orinoquia, bien drenada, la franja de aluviones de los grandes ríos y el escudo Guayanés. El primero está formado por bajos, playones ubicados al norte en los municipios de Puerto Carreño y La Primavera, cubiertos por vegetación de sabana y temporalmente inundables.

La altillanura, con diferentes grados de disección, ocupa la mayor extensión del departamento entre los ríos Meta y Vichada; está cubierta por vegetación de sabana alternada con bosques de galería, y en su interior, por bosque de selva tropical entre los ríos Tuparro y Vichada. La franja de aluviones se extiende paralela a los ríos Meta, Tomo, Bitá, Tuparro y Orinoco, cubiertas por bosques de galería intervenidos.

El escudo Guayanés se ubica en sectores aislados del oriente del departamento y se caracteriza por la presencia de afloramientos rocosos y altillanuras disectadas en sedimentos blancos; la cobertura principal se compone de mosaicos de vegetación boscosa, arbustiva y de sabana; allí se presentan algunos accidentes

orográficos como son los cerros del Mono y Mateavení y las lomas de Casuarito (Ver **Figura 17**).



**Figura 17** Mapa del Municipio de Puerto Carreño, Vichada (Colombia).

Fuente: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia - Vichada - La Primavera.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia_-_Vichada_-_La_Primavera.svg)

### 2.2.3 Hidrografía

La red hidrográfica del departamento de Vichada está conformada por los grandes ríos, quebradas, caños y algunas lagunas, desagua en el Orinoco por intermedio de los ríos Meta, Vichada, Guaviare y Tomo; además de las corrientes mencionadas, se destacan los ríos Bitá, Tuparro, Uvá, Elbita, Muco, Iteviare y Siare, y los caños Tuparrito, Bravo y Mono. Las lagunas de mayor importancia son las de Sesama y Caimán.

## 2.2.4 Clima

Debido a la situación ecuatorial de la Orinoquia, el territorio departamental está bajo la influencia de los vientos alisios del noreste y sureste y por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Se distingue tres áreas pluviométricas; la más seca, al norte del departamento en límites con los departamentos de Arauca y Casanare, se caracteriza por precipitación promedio anual menor de 1.500 mm; una franja intermedia, al centro y norte del territorio, presenta lluvias anuales entre 1.500 y 2.000 mm; la más lluviosa, al sur, registra promedios anuales superiores a 2.000 mm. El régimen de lluvias es básicamente monomodal, con una temporada húmeda que comprende los meses de abril a octubre. Sus tierras están comprendidas en el piso térmico cálido, donde la temperatura media anual sobrepasa los 25°C.

## 2.2.5 Límites del municipio

El Municipio de La Primavera está situado en el extremo oriental del país y de la región de la Orinoquía colombiana, localizado entre los 06°19'34" y 02°53'58" de latitud norte y 67°25'1" y 71°7'10" de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 98.970 km<sup>2</sup> lo que representa el 8.6 % del territorio nacional. Limita por el Norte con el río Meta que lo separa de los departamentos de Casanare, Arauca y la República de Venezuela; por el Este con el río Orinoco que lo separa de la República de Venezuela, por el Sur con el río Guaviare que lo separa de los departamentos de Guainía y Guaviare y por el Oeste con los departamentos de Meta y Casanare.

- **Extensión total:** 21420 Km<sup>2</sup>
- **Extensión área urbana:** 4.22 Km<sup>2</sup>
- **Extensión área rural:** 21415.78 Km<sup>2</sup>
- **Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar):** 140

- **Temperatura media:** 28° C
- **Distancia de referencia:** 370 a Puerto Carreño

### **2.2.6 Economía**

La economía del departamento de Vichada tiene como principales actividades la ganadería, el comercio y la agricultura. En la ganadería se destaca la vacuna, la cual se desarrolla en toda la superficie cubierta por sabanas naturales, principalmente en el municipio de La Primavera. La agricultura, incipiente, tiene como destino sólo el autoconsumo a causa de las condiciones de aptitud del suelo, limitación de la mano de obra y altos costos de producción y transporte.

Se destacan en orden de extensión el algodón, maíz, y plátano, cuyas producciones se logran con sistemas tradicionales y una mínima técnica en las vegas de los ríos Meta, Orinoco y Guaviare. La fibra de algodón, a pesar de su baja producción, recibe las mejores calificaciones por madurez, resistencia y tamaño. La pesca constituye un importante renglón económico; se comercializan aproximadamente 30 variedades de peces ornamentales con destino a Bogotá y el exterior. El mimbre y el chiqui - chiqui son dos variedades forestales que se explotan por la población indígena.

En la explotación minera se tienen perspectivas para la extracción de titanio y la exploración petrolera. El comercio se dirige a abastecer el mercado interno con una pequeña porción que se realiza en corregimiento de Casuarito y en Puerto Carreño destinada a la República de Venezuela. Los principales productos artesanales son las manufacturas en cuero, las confecciones textiles y las escobas de palma de chiqui - chiqui.

### 2.2.7 Vías de comunicación:

- **Aéreas:** Desde el Aeropuerto Vanguardia en la Ciudad de Villavicencio (Meta)
- **Terrestres:** Con relación a pasajeros, Desde la Ciudad de V/cio por medio de la empresa Flota La Macarena.
- **Fluviales:** Desde la Ciudad de Puerto Gaitán (Meta), por la empresa LINEAS FLUVIALES DEL VICHADA, todos los días.

### 3 MARCO LEGAL

A continuación, se presenta el marco legal aplicable a los proyectos de exploración sísmica terrestre y perforación de pozos estratigráficos.

**Tabla 5** Normas Ambientales que Reglamentan o Establecen Áreas con Restricciones

NORMA	DESCRIPCIÓN
Decreto 622 de 1977 Artículo 30	Especifica las actividades restrictivas en Áreas del Sistema de Parques Nacionales.
Artículo 63 de la Constitución de 1991	Especifica las características de las áreas que son inalienables, imprescriptibles e inembargables.
Decreto 2857 de 1981 Artículos 5 y 6	Establece las prioridades de ordenación de las cuencas hidrográficas según su situación ambiental y las limitaciones de desarrollo de actividades en ellas.
Ley 99 de 1993 Artículo 1	Establece la protección especial a zonas de páramos, subpáramos, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos
Decreto 1996 de 1999 Artículos 3 y 13	Establece el uso y actividades en las Reservas Naturales de la Sociedad Civil y los requisitos para su intervención por proyectos de índole diferente a su objeto.
Decreto 2278 de 1953 Artículo 4	Establece las áreas que se consideran como "zonas forestales protectoras".
Decreto 2811 de 1974 Artículo 83	Establece la restricción de ejecución de actividades en una franja de 30 m de ancho paralela a las líneas de máximas mareas o a la del cauce permanente de los ríos y lagos.
Decreto 1449 de 1977 Artículo 3	Establece obligaciones respecto a la protección y conservación de bosques y especifica las áreas consideradas como forestales protectoras.
Ley 21 de 1991 Artículo 15	Establece la consulta a comunidades indígenas y negras para ejecución de actividades en sus territorios.
Decreto 1397 de 1996 Artículos 7 y 12	Establece la participación de las comunidades indígenas en la elaboración de los estudios ambientales para la ejecución de actividades en sus territorios.

**Tabla 6** Normas Ambientales para el Uso y Aprovechamiento de Recursos Naturales

ÍTEM	CUANDO SE DEBE CONSIDERAR
Concesión de Aguas	Decreto 1541 de 1978 Artículo 36. "Toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere concesión para obtener el derecho al aprovechamiento de las aguas para los siguientes fines": Los que aplican para el proyecto son: A) Abastecimiento doméstico en los casos que requiera derivación D) Uso industrial
Vertimientos	Decreto 1541 de 1978 Artículo 208. Si como consecuencia del aprovechamiento de aguas en cualquiera de los usos previstos por el artículo 36 de este decreto se han de incorporar a las aguas sustancias o desechos, se requerirá permiso de vertimiento, el cual se tramitará junto con la solicitud de concesión o permiso para el uso del agua, o posteriormente si tales actividades sobrevienen al otorgamiento del permiso o concesión. Decreto 3930 de 2010. Modifica parcialmente el Decreto 1541 de 1978
Aprovechamiento Forestal	Toda persona natural o jurídica, privada o pública, que pretenda usar, aprovechar o afectar un recurso forestal debe tramitar y obtener de las autoridades competentes un permiso donde se establecen las condiciones para aprovechar el recurso. Sin embargo, para aprovechamientos menores de 20 m <sup>3</sup> no es necesario solicitar el permiso. Artículo 60 Decreto 1791 del 4 de Octubre de 1996.
Manejo de Residuos Sólidos	De acuerdo con la Ley 430 de 1998 las Corporaciones Autónomas Regionales pueden realizar un seguimiento al manejo dado por una empresa, en este caso el Contratista del operador, a sus residuos, pero NO puede solicitarle ningún tipo de permiso. Sin embargo, y en caso de ser necesario, el Contratista debe: Tramitar licencia de transporte de los residuos o verificar que el transportador, si es un tercero, posea

ÍTEM	CUANDO SE DEBE CONSIDERAR
	<p>licencia ambiental para el desarrollo de su labor.  Tramitar licencia para la construcción y operación de un relleno sanitario.  Tramitar los permisos de emisión y/o licencia de incineradores, en caso de emplearlos para la destrucción o disposición definitiva de los residuos producidos. De acuerdo con la Resolución 619 de 1997, Artículo 1 la incineración de residuos requiere permiso en los siguientes casos:  Incineración de residuos industriales no peligrosos: Para más de 100 kg./día.  Incineración de residuos domésticos: para más de 100 kg./h.  Incineración de residuos peligrosos o incineradores de uso múltiple: Todos los casos.</p>
Material de Cantera	<p>Decreto 2655 de 1988. CÓDIGO MINERO.  Decreto 501 de 1994.  De acuerdo con la Legislación Nacional las canteras deben contar con un permiso de explotación de Minercol y licencia ambiental expedida por la autoridad competente.</p>
Ocupación de Cauces	<p>Decretos 1541, 1449 y 1594, relacionados con el uso del agua y residuos.</p>
Recurso Aire	<p>El permiso es concedido a una persona natural o jurídica, pública o privada para que pueda realizar una actividad, proceso u operación determinada, como garantía que al realizarla, la descarga de sustancias o elementos al aire estará dentro de los valores que no han de afectar el medio ambiente, los recursos naturales y la salud humana.  Decreto 948 de 1995  ARTICULO 73. Requerirá permiso de emisiones atmosféricas la realización de algunas de las siguientes actividades: g) Quema de combustibles, en operación ordinaria, de campos de explotación de petróleo y gas.  Sin embargo, el Parágrafo 3 señala que no requerirán permiso de emisión atmosférica las quemas incidentales en campos de explotación de gas o hidrocarburos; efectuados para la atención de eventos o emergencias.</p>

**Tabla 7 Normatividad Ambiental de Diferente Índole**

NORMA	ENTIDAD QUE LA EXPIDE	TEMA
Constitución Política de 1991	Pueblo de Colombia	Considerada como la constitución de verde por incluir temas y obligaciones ambientales
Ley 09 de 1979	Congreso de Colombia	Código Sanitario Nacional
Ley 46 de 1988	Congreso de Colombia	Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Emergencias
Ley 99 de 1993	Congreso de Colombia	Diferentes aspectos ambientales
Ley 430 de 1998	Congreso de Colombia	Desechos peligrosos
Ley 491 de 1999	Congreso de Colombia	Seguro ecológico y Código Penal
Ley 599 de 2000 Artículos 328 a 339	Congreso de Colombia	Delitos contra el medio ambiente
Ley 685 de 2001	Congreso de Colombia	Nuevo Código de Minas
Decreto 2811 de 1974	Presidencia de la República	Código de Recursos Naturales Renovables
Decreto 614 de 1984	Ministerios de Trabajo, Seguridad Social y Salud Pública	Salud ocupacional y seguridad industrial
Decreto 1594 de 1984	Ministerio de Salud Pública	Usos del agua y residuos líquidos
Decreto 3930 de 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
Decreto 4728 de 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010.
Decreto 919 de 1989	Presidencia de la República	Reglamenta la Ley 46 de 1988
Decreto 1180 de 1999	Ministerio del Medio Ambiente	Licencias ambientales
Decreto 2190 de 1995	Presidencia de la República	Plan Nacional de Contingencias
Decreto 901 de	Presidencia de la	Tasas retributivas por la utilización del agua

NORMA	ENTIDAD QUE LA EXPIDE	TEMA
1997	República	
Decreto 321 de 1999	Ministerio del Interior	Adopción del Plan Nacional de Contingencias
Resolución de 1986 2013	Ministerios de Trabajo, Seguridad Social y Salud Pública	Comités de medicina, higiene y seguridad industrial
Resolución de 1986 2309	Ministerio de salud	Manejo de residuos especiales
Resolución de 1989 1016	Ministerios de Trabajo, Seguridad Social y Salud Pública	Programas de salud ocupacional en las empresas
Resolución de 1996 1083	Ministerio del Medio Ambiente	Uso de fibras naturales
Resolución 273 de 1997	Ministerio del Medio Ambiente	Tarifas de tasas retributivas
Decreto 2820 de 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Se reglamenta el título VIII de la Ley 99 sobre licencias Ambientales
Resolución 601 de 2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Norma de calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia
Resolución 627 de 2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental
Decreto 979 de 2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Modifica los artículos 7, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995
Decreto 1506 2008	Ministerio de Minas y Energía Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Delimitación de campos de producción de hidrocarburos existentes
Ley 09 de 1979	Congreso de la republica	Código sanitario nacional
Resolución de 1979 2400	Ministerio de Trabajo.	Por el cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, Higiene y seguridad en el trabajo.
Ley 115 de 1994	Congreso de la republica	Ley general de educación, adquisición de conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente y prevención de desastres.

### 3.1 LEGISLACIÓN INTERNACIONAL ADOPTADA POR COLOMBIA

#### 3.1.1 Convenio relativo a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas – RAMSAR (acogido por Colombia en 1997).

En cuento a la ubicación de los proyectos, en el AID no se encuentran zonas protegidas, Parques Nacionales Naturales, humedales cobijados por el convenio RAMSAR.

Por otra parte, en estas áreas no se hay presencia de comunidades étnicas, por lo tanto no se llevó a cabo un proceso de consulta previa.

La Ley 99 de 1993 determinó que la ejecución de obras y actividades de la industria del petróleo debía contar con una planificación ambiental adecuada, y para aquellas susceptibles de causar deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente, o modificaciones notorias al paisaje, estableció como requisito la Licencia Ambiental previa otorgada por el Ministerio del Medio Ambiente. Para estos casos definió el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) como el instrumento básico para la planificación ambiental y la toma de decisiones. Esta Ley fue reglamentada mediante el Decreto 1753/94, el cual desarrolló el proceso de licenciamiento y de elaboración de los estudios ambientales.

Posteriormente el Decreto 883 de marzo de 1997 estableció los proyectos que por no causar un deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente, ni modificaciones notorias al paisaje, no necesitan de pronunciamiento previo de la autoridad ambiental y bastará con la presentación de un Documento de Evaluación y Manejo Ambiental – DEMA - (en la actualidad los DEMA han sido derogados y solo se hace uso de los Planes de Manejo Ambiental – PMA-) ante la autoridad ambiental competente, para iniciar actividades.

Con base en este decreto los proyectos de exploración sísmica terrestre y la perforación de pozos stratigráficos (denominada en el decreto como actividades de exploración geológico mineras por método de subsuelo), que no impliquen la construcción de nuevos accesos, podrán acogerse a los procedimientos establecidos en dicho decreto. Por esta razón, estos proyectos no son objeto de licenciamiento ambiental y no están incluidos en el decreto 2820 de 2010 emitido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el cual reglamenta el título VIII de la Ley 99 sobre licencias Ambientales. Para este caso, fueron únicamente radicados ante la Corporación autónoma de la Jurisdicción las

respectivas Medidas de Manejo Ambiental, como estrategia para la identificación de zonas sensibles y el cumplimiento de medidas que propendieran a la prevención, mitigación, compensación y corrección de los posibles impactos ambientales.

Sin embargo, en los proyectos de este tipo que se requieran hacer uso y aprovechamiento de los recursos naturales, se debe solicitar los respectivos permisos ambientales ante las respectivas Corporaciones Autónomas Regionales, mediante el uso de los Formatos Únicos Nacionales, establecidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

## **4 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS**

### **4.1 PROBLEMÁTICA GENERADA POR LA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS.**

Pese a que Colombia cuenta con una muy amplia normatividad aplicable al sector hidrocarburos (lo cual en ocasiones hace que sea ambigua su interpretación), dentro de los proyectos exploratorios desarrollados en diferentes zonas del país por medio de ambos métodos, se producen diversos impactos socio-ambientales, los cuales varían su valoración de importancia ambiental dependiendo la ubicación geográfica, la experiencia de las comunidades sobre la exploración de petróleo, su nivel de desarrollo cultural, económico, e infraestructura y conservación del entorno natural.

Con base en lo anterior, generalmente tanto la exploración sísmica terrestre como la perforación de pozos estratigráficos provocan efectos adversos al medio ambiente, los cuales se relacionan principalmente al uso y aprovechamiento de los recursos naturales, específicamente durante el proceso de captación de agua para fines domésticos e industriales a causa de la presión sobre el recurso hídrico debido a la competencia generada entre actividad petrolera, el uso dado por la comunidad y las funciones ecosistémicas del agua en la zona.

También se presenta la modificación fisicoquímica de fuentes tanto superficiales como subterráneas a causa de vertimientos de aguas residuales industriales y domésticas, pues sus contaminantes se transportan de forma difusa hacia los niveles freáticos o llegan hasta su cota máxima de inundación, y en muy pocos casos (para estos tipos de proyectos) por disposición directa en corrientes de agua.

En lo que respecta al componente biótico, las afectaciones son de carácter temporal, pues se relacionan con el ahuyentamiento de individuos faunísticos de áreas cercanas a las intervenidas, aún más cuando su desarrollo se localiza próximo a áreas sensibles como lagunas, bosques primarios, áreas importantes para la conservación de aves (AICAS), ciénagas, esteros y madres viejas. (Los 2 últimos cuando son llevados a cabo en los llanos orientales).

En muchas ocasiones, tanto la exploración sísmica como la perforación de los pozos estratigráficos, son catalogados como responsables de la migración o desecación de nacederos de agua o manantiales, que usualmente son utilizados por la comunidad para sus actividades cotidianas, aunque también se tiene evidencia que en ciertos casos, posterior a su desarrollo algunos pozos y aljibes quedan inoperativos por modificaciones en las corrientes subterráneas a causa de cambios de ubicación, profundidad o presión en el acuífero afectado.

Muchas personas hablan que a causa de la exploración sísmica, las vibraciones hacen que los pequeños granos de tierra se reacomoden, colmatando de esta forma los poros del suelo, y evitando el libre paso del agua del acuífero hasta el punto de afloramiento.

En el país se han adelantado varios estudios sobre los efectos de la exploración sísmica a cuerpos de agua, estableciendo que no se posible que la detonación de las fuentes de energía ocasionen efectos sobre cuerpos de agua, lo máximo que puede llegar a ocurrir es un leve cambio en los niveles de turbidez, asociado a la resuspensión de los sedimentos presentes la fuente hídrica.

Dichos estudios fueron la base de para la elaboración de la Guía Básica Ambiental para Programas de Exploración Sísmica Terrestre, emitida por el Ministerio de Medio Ambiente ahora ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible.

Para los pozos estratigráficos, en Colombia no se han adelantado estudios sobre los efectos generados en las aguas subterráneas. Sin embargo, se tiene conocimiento que en algunas ocasiones se crean interconexiones entre los acuíferos perforados, produciendo temporalmente migraciones del agua hacia estratos permeables. En consecuencia, puede ocurrir que si existen pozos profundos que realizan aprovechamiento de estos acuíferos, variaciones de los caudales en la salida del pozo por un periodo de tiempo corto, los cuales pueden ser de incremento (cuando las aguas migran hacia el acuífero aprovechado) o disminución (migración del agua subterránea a otro acuífero).

Estos cambios son de carácter temporal, debido a que las presiones en el subsuelo se estabilizan y adicionalmente, como los pozos estratigráficos no van revestidos en su totalidad, el orificio en la parte inferior se encuela (se cierra por erosión interna), confinando nuevamente los acuíferos que se conectaron, teniendo en cuenta que el diámetro del hueco del pozo no supera las 8 pulgadas.

En lo que respecta al medio Socio-económico, se puede establecer que se evidencian mayor cantidad de impactos. El inadecuado desempeño ambiental de las empresas encargadas de ejecutar este tipo de proyectos genera molestias e inconformidades por el uso inapropiado de los recursos naturales.

Sumado a esto, cuando entre las partes interesadas (comunidad y empresas), llegan a acuerdos económicos, de inversión social, mano de obra y bienes y servicios a contratar, y son incumplidas por compañía, usualmente se producen conflictos con la comunidad, donde se involucran actores externos de vigilancia y control, como personerías municipales, defensoría del pueblo, corporaciones autónomas, lugares donde se tiene presencia de comunidades étnicas y el Ministerio de Interior.

Existe también la posibilidad de provocar impactos sociales como la generación de

falsas expectativas, debido a que este tipo de proyectos son relacionados con salarios y pagos de servidumbres altos por estar dentro de la cadena productiva del petróleo. Por lo tanto, muchas personas pretenden vincularse laboralmente a como dé lugar de forma directa o indirecta. Es de aclarar que esta situación puede incrementarse debido a que en la etapa pre-operativa, durante las reuniones de socialización del proyecto, no se brinda información clara y transparente a los habitantes de la zona, con el fin de contrarrestar las expectativas generadas por posibles vacíos de información.

Una de las principales quejas de las comunidades en las áreas de influencia del proyecto es el deterioro de la infraestructura de interés social, como vías, viviendas, escuelas y demás equipamientos colectivos, por el tránsito de vehículos pesados y las vibraciones producidas por las detonaciones del material fuente de energía utilizado la exploración sísmica.

Sin embargo, se debe mencionar que algunos miembros de la comunidad (o personal foráneo del Área de Influencia) se convierten en agentes negativos en los proyectos de exploración sísmica o perforación de pozos estratigráficos, pues manipulan a líderes comunitarios y la expectativa de las comunidades del área, con el fin de obtener beneficios o intereses particulares, siendo estos en la mayoría de los casos dadas como puestos laborales para personas cercanas, venta de bienes y servicios, o ingresos económicos informales a espaldas de la comunidad, creando de esta forma un ambiente social inestable y totalmente adverso para la ejecución del proyecto, el cual es aprovechado por estas personas ya que entra en juego la viabilidad social de los proyectos a ejecutarse.

Tanto la exploración sísmica como la perforación de pozos estratigráficos, son una primera aproximación de la capacidad de generación de hidrocarburos en un territorio y de la calidad de rocas almacenadoras que pueda haber en un lugar.

Estos métodos permiten descartar áreas donde se tenía contemplada la existencia de hidrocarburos. Sin embargo, una vez se analizan los resultados se pueden obtener más pistas sobre la presencia de petróleo, y solo con la perforación de pozos exploratorios se puede determinar si es posible la continuación con las etapas de la cadena del petróleo (Exploración, perforación, producción, transporte, refinación y comercialización de subproductos), ya que en esta fase se pueden encontrar con que el pozo se encuentra seco, únicamente productor de agua, o simplemente económicamente no es viable su aprovechamiento. Esta etapa es considerada como una apuesta de alto riesgo, pues los grandes inversionistas destinan grandes cantidades de dinero para la búsqueda de crudo, encontrando en muchas ocasiones resultados negativos, siendo esta una razón por la cual las empresas operadoras no se comprometen con las comunidades en cuanto a beneficios se refieren, buscando minimizar costos en los proyectos a ejecutar.

La etapa de exploración en la cadena de los hidrocarburos, es la puerta de entrada de este sector económico en algunas regiones del país, por lo que en algunas ocasiones es un tema llevado con mucho cuidado y respeto hacia el medio ambiente y las comunidades intervenidas., sin embargo, en ciertos casos se presentan afectaciones o alteraciones de carácter ambiental y social, por condiciones del área o discrepancias entre los actores del proyecto.

#### **4.2 METODOLOGÍA DE EMPLEADA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

La metodología para la evaluación de impactos ambientales corresponde a la diseñada por Vicente Conesa Fernandez-Vitora.

Los criterios utilizados para la evaluación están compuestos por 10 atributos contenidos de la siguiente manera: Intensidad, Extensión, Momento o Plazo de Manifestación, Persistencia, Reversibilidad, Sinergia, Acumulación, Efecto,

Periodicidad y Recuperabilidad los cuales se mencionan y describen detalladamente en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. y **Tabla 9**. Es así como lo anterior se manifiesta en el siguiente índice de importancia del Impacto (IMP):

$$\text{IMP} = +/- (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + RB)$$

**Figura 18 Índice importancia ambiental**

Fuente: Conesa, F. 2000 [Consultado 5 mayo de 2014].

**Tabla 8 Características del impacto ambiental**

<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>SIGNO</b>	Positivo + Negativo -		
	<b>VALOR</b> (Grado de manifestación)	<b>IMPORTANCIA</b> (Grado de manifestación cualitativa)	<b>Grado de incidencia</b>	-Intensidad -Extensión -Plazo de Manifestación -Persistencia -Reversibilidad -Sinergia -Acumulación -Efecto -Periodicidad -Recuperabilidad
			<b>Caracterización</b>	
		<b>MAGNITUD</b> (Grado de manifestación cuantitativa)	<b>Cantidad</b> "Índice de importancia del Impacto (IMP)", $\text{IMP} = +/- (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + RB)$	

Fuente: Conesa, F. 2000

#### 4.2.1 Importancia del Impacto

Es el valor de calificación que otorga el evaluador de manera objetiva a cada criterio y el cual se deduce mediante el modelo propuesto en la siguiente Tabla (Ver **Tabla 9**)

**Tabla 9 Criterios utilizados para la evaluación de impactos**

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESCALA	RANGO
<b>Naturaleza (±)</b>	Hace referencia al carácter benéfico o perjudicial de las diferentes acciones que van actuar sobre los distintos factores involucrados	Benéfico	(+)
		Perjudicial	(-)
<b>Intensidad (I)</b>	Es el grado de incidencia de la acción sobre el factor considerado	Baja	1
		Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
<b>Extensión (EX)</b>	Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación al entorno	Puntual	1

ATRIBUTO	DEFINICIÓN	ESCALA	RANGO
	del proyecto. (Se puede representar por el porcentaje (%) de área del ámbito considerado en la que se manifiesta el efecto).	Parcial	2
		Extenso	4
		Total	8
		Crítico	(+4)
<b>Momento (MO)</b>	Es el tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio ambiente considerado.	Largo plazo	1
		Medio plazo	2
		Inmediato	4
		Crítico	(+4)
<b>Persistencia (PE)</b>	Es el tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.	Fugaz	1
		Temporal	2
		Permanente	4
<b>Reversibilidad (RV)</b>	Es la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción perturbadora, representa la posibilidad de volver a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez la acción deja de actuar sobre el medio.	Corto plazo	1
		Medio plazo	2
		Irreversible	4
<b>Sinergia (SI)</b>	Es la interdependencia entre dos o más efectos simples, siendo el mecanismo total de la manifestación de los efectos simples, inducidos por acciones que actúan simultáneamente, superior a la esperada de la manifestación de efectos cuando las acciones que la producen son independientes	No sinérgico	1
		Sinergismo moderado	2
		Altamente sinérgico	4
<b>Acumulación (AC)</b>	Es el aumento gradual de la manifestación del efecto.	No acumulativo	1
		Acumulativo	4
<b>Efecto (EF)</b>	Es la relación causa efecto, es decir, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción	Indirecto (secundario)	1
		Directo (continuo)	4
<b>Periodicidad (PR)</b>	Es la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de forma cíclica o recurrente o continua	Impredecible	1
		Cíclico o recurrente	2
		Constante en el tiempo	4
<b>Recuperabilidad (RB)</b>	Es la posibilidad de recuperación, total o parcial, del factor afectado como resultado de la actividad desarrollada, es decir, la posibilidad de volver a las condiciones iniciales anteriores a la acción por medio de la intervención humana	Inmediata	1
		Mediano plazo	2
		Mitigable	4
		Irrecuperable	8

Fuente: Conesa, F. 2000

Después de realizar la valoración cuantitativa de los impactos según los rangos de calificación establecidos para cada uno de los diez atributos antes mencionados, se procederá a identificar los impactos más significativos, los cuales se encuentran en un rango  $\geq 50$  puntos teniendo en cuenta su magnitud e importancia (Ver **Tabla 10**).

**Tabla 10 Valoración y clasificación de impactos**

DESCRIPCION	NATURALEZA DEL IMPACTO	RANGO	CALIFICACION
IMP= +/- (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + RB) Es la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental	Negativo	Irrelevante	$0 \leq I < 25$
		Moderado	$26 \leq I < 50$
		Severo	$51 \leq I < 75$
		Crítico	$I \geq 76$
	Positivo	Sin considerar magnitud	

Fuente: Conesa, F. 2000

### 4.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

A continuación, se presentan las matrices de identificación de impactos para los proyectos a comparar dentro del análisis objeto del documento.

#### 4.3.1 Identificación de Impactos Programa Sísmico SIRUNI 2D.

Durante la identificación se obtuvo un total de 33 impactos socio-ambientales. En la **Tabla 11**, se relacionan las actividades para el desarrollo del Programa SIRUNI 2D y los impactos ambientales identificados en cada una de las etapas.

**Tabla 11** Identificación impactos de las Actividades del Programa Sísmico SIRUNI 2D – 2012 – 2013

MEDIO	COMPONENTE	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL	ETAPA PRE-OPERATIVA			ETAPA OPERATIVA					ETAPA POST-OPERATIVA				
				INFORMACIÓN A COMUNIDADES	SELECCIÓN, CONTRATACIÓN Y MANEJO DEL PERSONAL	NEGOCIACIONES DE PREDIOS Y SERVIDUMBRE	ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE CAMPAMENTOS	MOVILIZACIÓN DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y PERSONAL	ADECUACIÓN Y OPERACIÓN DE HELIPUERTOS Y ZONAS DE DESCARGA	APERTURA DE TROCHAS Y TOPOGRAFÍA	PERFORACIÓN, CARGA Y TACADO DE POZOS	DETONACIÓN Y REGISTRO	VIBRACIÓN Y REGISTRO	RESTAURACIÓN, DESMANTELAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE ÁREAS OCUPADAS	LIQUIDACIÓN DE PERSONAL	PAGO DE SERVIDUMBRE Y OBTENCIÓN DE PAZ Y SALVOS
FISICO	Geosférico	Suelos	Cambio en las Propiedades Físicas y Químicas				(+)		(+)		(-)	(-)	(-)	(+)		
			Compactación del suelo								(-)	(+)	(+)			
	Geomorfología	Disminución de erosión												(+)		
	Modificación en la forma del terreno					(+)		(-)						(+)		
			Variación de la susceptibilidad a la erosión				(-)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			

MEDIO		COMPONENTE		IMPACTO AMBIENTAL	ETAPA PRE-OPERATIVA			ETAPA OPERATIVA						ETAPA POST-OPERATIVA			
		ELEMENTO	Perceptual		INFORMACIÓN A COMUNIDADES	SELECCIÓN, CONTRATACIÓN Y MANEJO DEL PERSONAL	NEGOCIACIONES DE PREDIOS Y SERVIDUMBRE	ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE CAMPAMENTOS	MOVILIZACIÓN DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y PERSONAL	ADECUACIÓN Y OPERACIÓN DE HELIPUERTOS Y ZONAS DE DESCARGA	APERTURA DE TROCHAS Y TOPOGRAFÍA	PERFORACIÓN, CARGA Y TACADO DE POZOS	DETONACIÓN Y REGISTRO	VIBRACIÓN Y REGISTRO	RESTAURACIÓN, DESMANTELAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE ÁREAS OCUPADAS	LIQUIDACIÓN DE PERSONAL	PAGO DE SERVIDUMBRE Y OBTENCIÓN DE PAZ Y SALVOS
BIÓTICO	Fauna Terrestre	Vegetación	Perceptual Paisaje	Modificación del paisaje				(-)	(-)	(-)	(-)		(+)				
			Hídrico	Hidrología	Cambio en las características bacteriológicas y fisicoquímicas de las aguas superficiales				(-)	(-)	(+)	(+)	(+)				
	Hidrogeología	Cambio en la oferta del recurso hídrico					(+)			(+)	(+)	(+)					
		Cambio en las características bacteriológicas y fisicoquímicas de las aguas subterráneas					(+)				(+)	(+)	(+)				
	Atmosférico	Aire	Variación del Caudal (Cambio en la dinámica fluvial)				(+)			(+)	(+)	(+)					
			Cambio en los niveles de presión sonora (Cambio en los niveles sonoros)				(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
			Generación de material particulado					(+)	(+)				(+)				
	Flora	Vegetación	Cambio en la concentración de gases														
			Cambio en la estructura y composición de las unidades de cobertura vegetal				(+)	(+)	(+)					(-)			
	Flora Acuática	Vegetación	Fragmentación de zonas boscosas											(+)			
Afectación del Perifiton y Macrófitas								(-)									
Fauna Terrestre	Vegetación	Vegetación	Migración y/o Ahuyentamiento temporal de especies faunísticas				(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)				

MEDIO		COMPONENTE	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL	ETAPA PRE-OPERATIVA			ETAPA OPERATIVA						ETAPA POST-OPERATIVA		
					INFORMACIÓN A COMUNIDADES	SELECCIÓN, CONTRATACIÓN Y MANEJO DEL PERSONAL	NEGOCIACIONES DE PREDIOS Y SERVIDUMBRE	ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE CAMPAMENTOS	MOVILIZACIÓN DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y PERSONAL	ADECUACIÓN Y OPERACIÓN DE HELIPUERTOS Y ZONAS DE DESCARGA	APERTURA DE TROCHAS Y TOPOGRAFÍA	PERFORACIÓN, CARGA Y TACADO DE POZOS	DETONACIÓN Y REGISTRO	VIBRACIÓN Y REGISTRO	RESTAURACIÓN, DESMANTELAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE ÁREAS OCUPADAS	LIQUIDACIÓN DE PERSONAL
SOCIOECONÓMICO	Fauna Acuática		Afectación de los Hábitat de fauna silvestre				(+)			(+)	(+)	(+)				
			Alteración en la composición de las comunidades hidrobiológicas de los cuerpos de agua superficial					(-)								
	Población	Población asentada	Demografía	Migración y arribo de Población Flotante	(-)	(-)										
			Generación de expectativas de trabajo			(-)	(-)	(-)				(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
			Generación de conflictos			(-)	(-)	(-)			(-)			(-)	(-)	(-)
			Modificación al patrimonio Arqueológico					(-)			(-)	(-)				
			Cambio en la Calidad de Vida		(-)										(-)	
	Economía	Actividades y relaciones Económicas	Generación de empleo		(-)											
			Cambio en el valor del suelo	(-)		(-)		(-)	(-)							(-)
			Cambio en actividades económicas tradicionales		(+)										(+)	
			Cambio en precios de bienes y servicios locales		(-)				(-)							(-)
	Infraestructura			Cambio en la oferta/demanda de servicios públicos, sociales o ambientales		(-)		(-)			(-)		(+)	(-)		

MEDIO	COMPONENTE	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL	ETAPA PRE-OPERATIVA			ETAPA OPERATIVA						ETAPA POST-OPERATIVA				
				INFORMACIÓN A COMUNIDADES	SELECCIÓN, CONTRATACIÓN Y MANEJO DEL PERSONAL	NEGOCIACIONES DE PREDIOS Y SERVIDUMBRE	ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE CAMPAMENTOS	MOVILIZACIÓN DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y PERSONAL	ADECUACIÓN Y OPERACIÓN DE HELIPUERTOS Y ZONAS DE DESCARGA	APERTURA DE TROCHAS Y TOPOGRAFÍA	PERFORACIÓN, CARGA Y TACADO DE POZOS	DETONACIÓN Y REGISTRO	VIBRACIÓN Y REGISTRO	RESTAURACIÓN, DESMANTELAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE ÁREAS OCUPADAS	LIQUIDACIÓN DE PERSONAL	PAGO DE SERVIDUMBRE Y OBTENCIÓN DE PAZ Y SALVOS	
			Cambio en la calidad de la infraestructura vial y de las viviendas					(-)				(+)	(+)				
Cultural	Características Institucionales Comunitarias		Presencia de nuevos actores en el escenario local/regional		(+)											(-)	
			Cambio en la capacidad de gestión de las autoridades municipales		(+)					(+)							(-)
			Cambio en la capacidad de gestión de la comunidad		(+)										(+)		(+)

- Identificación de Recursos Naturales Requeridos.

En el programa sísmico SIRUNI 2D, se realizó uso de recursos naturales, captación de aguas superficiales para uso industrial y doméstico, así como vertimientos de agua residual domestica tratada por medio de campos de aspersión, estos fueron autorizados por CORPORINOQUIA por medio de la resolución 1673 del 13 de Diciembre del 2012 (ANEXO 1). Para la ejecución del proyecto no se requirió el aprovechamiento forestal.

- Identificación de Necesidades Energéticas.

El combustible a utilizar durante las actividades de perforación correspondió a Diesel o ACPM para generación de energía de los compresores y uso de los vehículos.

- Tipo de Residuos Generados por la Actividad.

En la **Tabla 12** se presenta el tipo de residuos sólidos que fueron generados por las actividades del Programa Sísmico SIRUNI 2D, y clasificándose de acuerdo a su origen y características:

**Tabla 12** Inventario de Residuos Generados por el Programa Sísmico SIRUNI 2D

FUENTE GENERADORA	TIPO DE RESIDUOS
Campamentos	Plástico, papel, cartón, residuos de comida, cables, baterías, luminarias, repuestos usado
Enfermería	Gasas, jeringas, curas, algodón, etc.
Apertura de Picas o Trochas y trazado Topográfico	Cinta plástica de señalización, cartón-plast, estacas metálicas, empaques de alimentos (papel aluminio, plástico, papel), desechos de comida y restos de cobertura vegetal cortada
Perforación	Guantes, recipientes plásticos, residuos de comida, empaques de alimentos (papel aluminio, plástico, papel), repuestos desgastados y tuberías
Cargado de Pozos	Desechos de comida, empaques de alimentos (papel aluminio, plástico, papel), algunos residuos de cinta, pedazos de cable
Registro	Cables de ignición, empaques de alimentos, desperdicios de comida
Restauración y Limpieza Final	Los materiales de residuo que se producirán en esta etapa básicamente corresponderán a desechos de comida.

**Fuente:** Compañía Geofísica Latinoamericana. 2012

A partir de la integración de los procesos anteriores, se identificaron los aspectos ambientales y los impactos derivados de las actividades del Programa Sísmico SIRUNI 2D, los cuales son presentados en el **Anexo B. Evaluación Post - proyecto sísmico.**

#### **4.3.2 Identificación de Impactos Perforación de Pozos Estratigráficos SIRUNI**

Durante la identificación se obtuvo un total de 24 impactos socio-ambientales. En la **Tabla 13**, se relacionan las actividades para el desarrollo del Proyecto de perforación de pozos stratigráficos SIRUNI y los impactos ambientales identificados para cada una de las etapas.

**Tabla 13** Identificación impactos de las Actividades del Perforación de Pozos  
Estratigráficos proyecto SIRUNI.

MEDIO	COMPONENTE	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL	A - FASE PREOPERATIVA		B - FASE OPERATIVA				C- FASE POST- OPERATIVA		
				A.1. INFORMACIÓN A LA COMUNIDAD Y SOLICITUD DE PERMISOS	A.2. SELECCIÓN, CONTRATACIÓN Y CAPACTACIÓN DEL PERSONAL	B.1. MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y PERSONAL	B.2 UBICACIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPOS	B.3. OPERACIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN	B.4. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS	C.1. DESMANTELAMIENTO DE INSTALACIONES, EQUIPOS Y LIMPIEZA DEL AREA	C.2. RESTAURACIÓN DE AREAS OCUPADAS Y ABANDONO DEL POZO	C.3. PAGO DE SERVIDUMBRES Y SALIDA DE LA EMPRESA DEL ÁREA
FISICO	Geosférico	Suelos	Cambio en las Propiedades Físicas y Químicas			(+)		(+)	(+)	(+)		
			Generación y/o aumento de Erosión			(+)			(+)		(+)	
			Compactación del suelo			(+)	(+)	(+)	(+)			
			Cambio en el uso del suelo			(+)	(+)	(+)				
		Geotecnia	Alteración en la Estabilidad						(-)			
		Hídrico	Aguas Superficiales	Cambio en las Características Físicoquímicas					(+)			
		Atmosférico	Aire	Cambio en la Calidad del Aire				(+)	(+)		(+)	
	Ruido		Cambio en los niveles sonoros			(+)	(+)	(+)		(+)		
		Perceptual	Paisaje	Modificación del paisaje			(+)		(-)	(+)	(+)	



- Identificación de Recursos Naturales Requeridos.

En el proyecto de pozos estratigráficos SIRUNI, se realizó uso de recursos naturales, captación de aguas superficiales para uso industrial y doméstico, así como vertimientos por riego en aspersión en vías de aguas residuales domesticas tratadas, estos fueron autorizados por CORPORINOQUIA por medio de las resoluciones 2031 del 19 de Diciembre del 2011 y 0012 del 3 de Enero de 2014 (ANEXO 3ª y 3b). Para la ejecución del proyecto no se requirió el aprovechamiento forestal.

- **Identificación de Necesidades Energéticas.**

Al igual que en los proyectos de exploración sísmica, el combustible a utilizar durante las actividades de perforación correspondió a Diesel o ACPM para el funcionamiento del taladro y fuente generadora de energía, además de los vehículos necesarios para la movilización de personal y equipos.

Los trabajadores de la zona vinculados al proyecto, pernoctaron en sus respectivas viviendas, mientras que los foráneos se ubicaron en contenedores en los mismos sitios de perforación.

- **Inventario de Residuos Generados por la Actividad.**

A continuación se presentan valores de generación de residuos sólidos en este tipo de proyectos, Las cantidades expuestas en la **Tabla 14**, corresponden al proyecto Pozos Estratigráficos SIRUNI, el cual tuvo dos campañas con una duración de 120 días aproximadamente cada una.

**Tabla 14 Residuos sólidos generados en este tipo de proyectos.**

Característica de los Residuos	Tipo	Programa (kg.)
Reciclables	Papel	59
	Cartón	563
	Plástico	632
	Vidrio	32
	Metales	160
	Cables	8

Residuos Orgánicos	Madera	243
	Orgánicos	331
Residuos Biosanitarios	Médicos	1
	P. Higiénico	200
Especiales	Baterías	64
No aprovechables	Inservibles	915
<b>TOTAL</b>		<b>3205</b>

**Fuente:** INDEPENDENCE S.A., 2014.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, en el **Anexo 4 Evaluación Post - proyecto pozos estratigráficos** se presenta la matriz de identificación de impactos.

#### **4.4 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS**

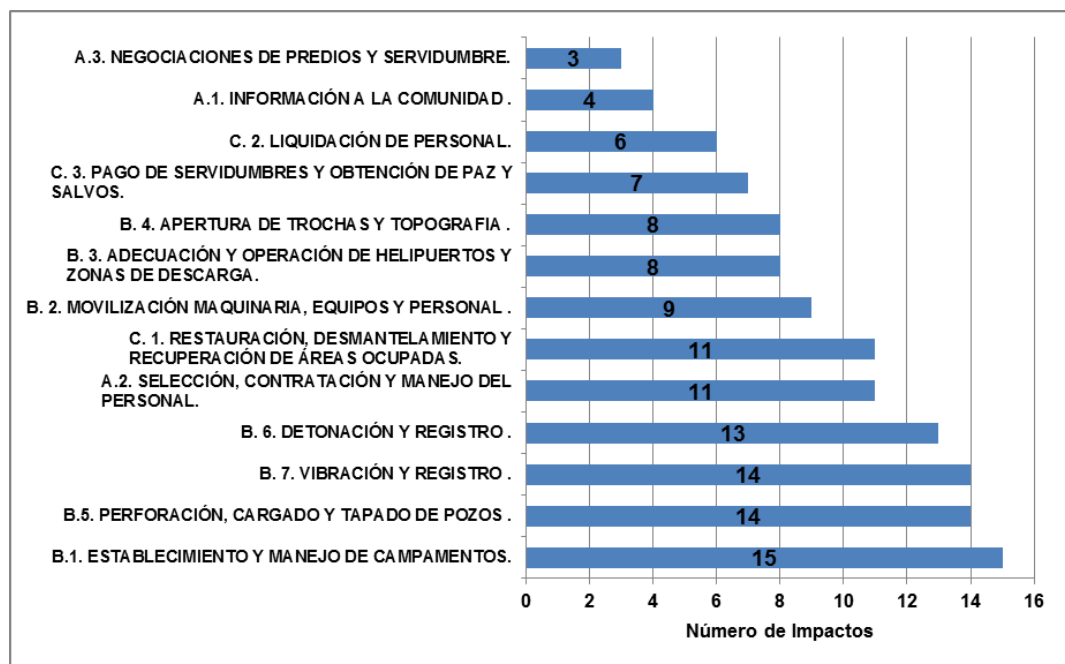
##### **4.4.1 Evaluación post-operación del programa sísmico SIRUNI 2D.**

Dentro de las diferentes actividades que comprenden el desarrollo del Programa de Exploración Sísmica SIRUNI 2D, la que se considera como la actividad que generó mayor número de impactos (sin hacer énfasis en la importancia del impacto ambiental), fue la B.1 Establecimiento y manejo de campamentos, seguida por B5 Perforación, Cargado y tapado de pozos y B7 Vibración y registro, ya que generaron la mayor cantidad impactos identificados durante la ejecución del proyecto (15, 14 y 14 impactos respectivamente) ver **Figura 19**.

Sin embargo, una vez ejecutado al 100% el programa sísmico, los impactos de mayor significancia se presentan en las actividades que involucran al componente social A.1. Información a la comunidad y obtención de permisos, A.2. Selección, contratación y manejo del personal, A.3. Negociaciones de predios y servidumbre, B.4. Apertura de trocha y topografía, B.5. Perforación, cargado y tapado de pozos, C.2. Liquidación de personal y C.3. Pago de servidumbres y obtención de paz y salvos, pues según información suministrada por miembros de la comunidad e

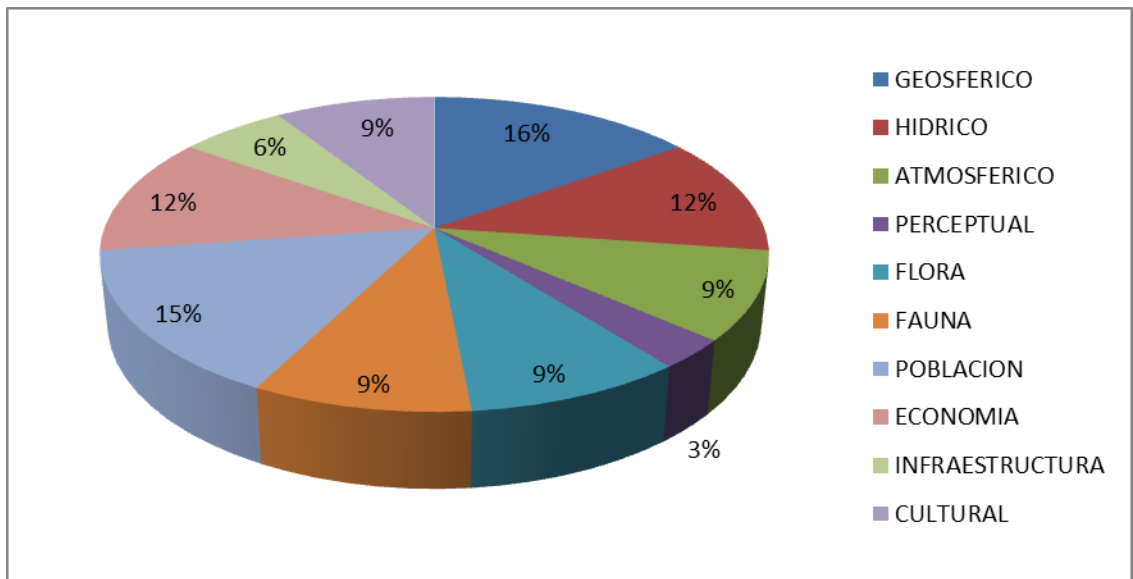
información disponible suministrada por las empresas, muchos propietarios no tenían claridad sobre las actividades a realizarse, y en algunas ocasiones ingresaron a sus predios sin permiso alguno, lo que generó molestias y conflictos con las comunidades donde se ejecutó el programa sísmico, además del inconformismo de las comunidades puesto que el pago por el paso de los predios no fue igual para todos, aunque eso es un tema de negociación directa con los propietarios de cada predio.

No obstante, muchos impactos ambientales fueron mitigados al realizar las acciones o medidas de manejo establecidas en el Plan de Manejo Ambiental definido para el proyecto, y como se mencionó anteriormente, la zona presenta un alto grado de intervención antrópica, que ha afectado de forma severa y (en ocasiones crítica) el entorno natural, debido al establecimiento de áreas de ganadería, cultivos agroforestales de manera extensiva y quemas provocadas por los habitantes en las sabanas naturales.



**Figura 19** Actividades del Programa de Exploración Sísmica Terrestre generadoras de impactos

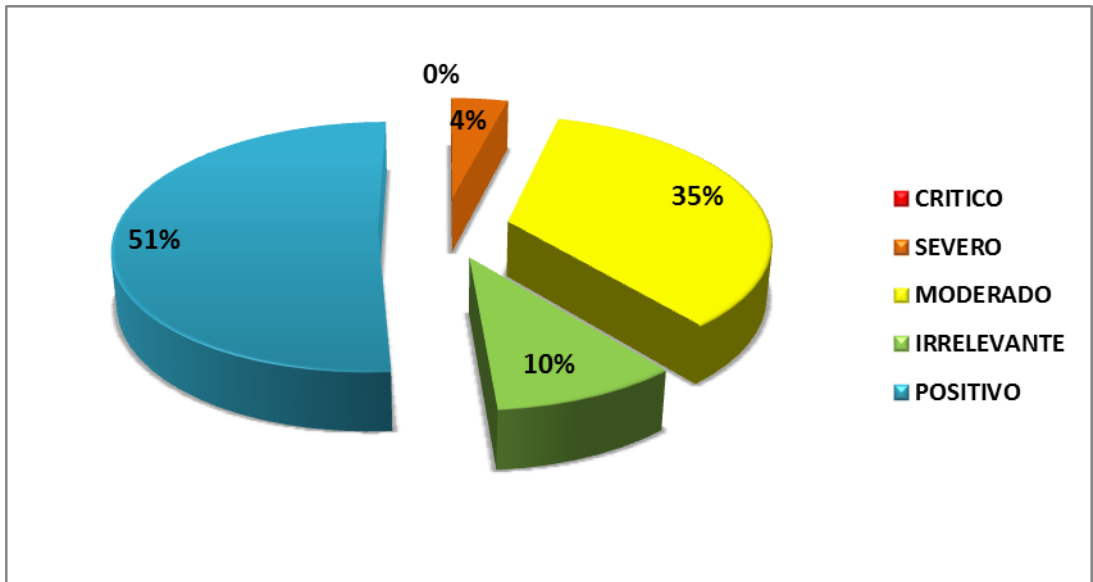
De otra parte, en el proyecto de adquisición sísmica SIRUNI 2D, se identificaron luego a su desarrollo 33 impactos hacia los diferentes componentes ambientales físicos, bióticos y socioeconómicos como lo muestra la **Figura 20**, donde el componente más afectado, dentro del medio socioeconómico, es el referente a Población con 25 impactos correspondientes al 16%, seguido por el Geosférico con 19 impactos correspondientes al 15%.



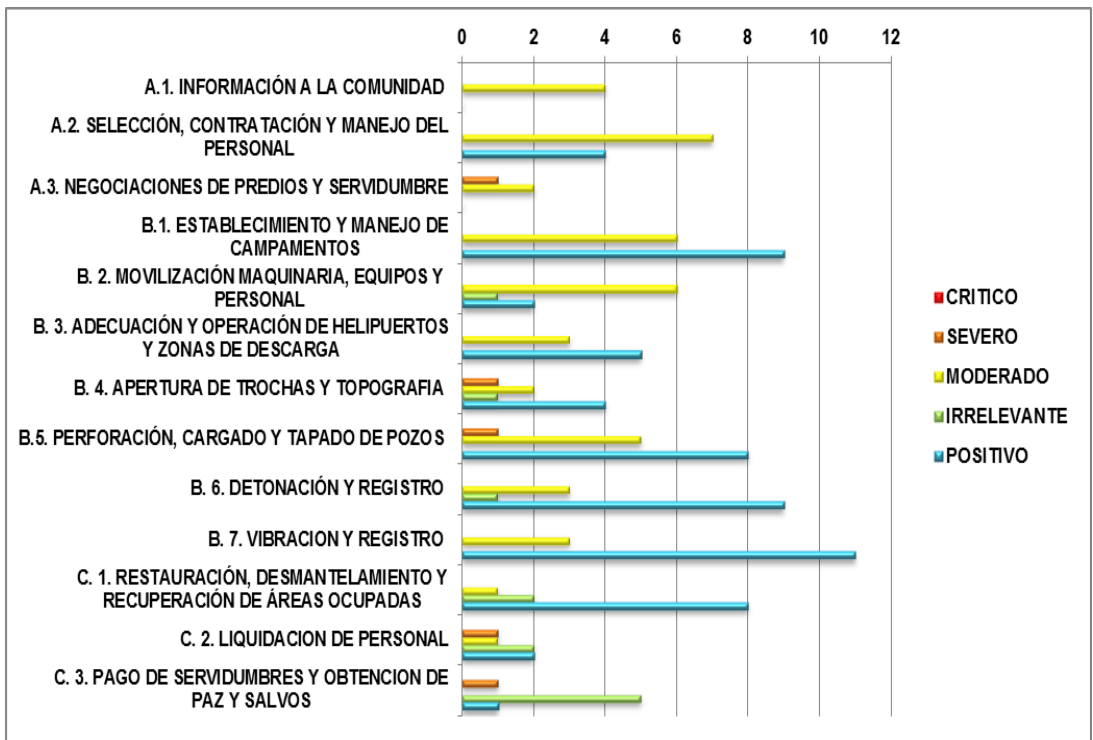
**Figura 20** Porcentaje de Impactos por Componentes

Del total de los impactos identificados en el escenario post-proyecto, se encontró que estos están distribuidos de la siguiente forma: 63 (51%) impactos positivos y 60 (49%) impactos negativos de los cuales están representados por 5 (4%) impactos severos, 43 (35%) impactos moderados y 12 (10%) impactos irrelevantes (Ver **Figura 21** y **Figura 22**).

Dentro de los impactos moderados, se consideraron impactos que tienen alto grado de reversibilidad, es decir que los efectos de estos son asimilados por el medio natural, para volver a las condiciones iniciales con gran facilidad.



**Figura 21** Porcentaje de generación de impactos según su importancia ambiental



**Figura 22** Clasificación de los impactos generados por el programa sísmico SIRUNI 2D

De acuerdo a los anteriores resultados (Ver Anexo A. Evaluación programa sísmico SIRUNI 2D.), se observa que debido a las medidas de manejo implementadas, algunos de los impactos considerados dentro del medio socioeconómico, como lo son la generación de expectativas (por empleo e inversión de los recursos económicos asignados a la inversión social voluntaria), el cambio en el valor del suelo, la modificación al patrimonio arqueológico y en un caso puntual la generación de conflictos (por mal uso de las servidumbres y daño a la infraestructura vial) en los municipios de Puerto Carreño y La Primavera, son impactos severos provocados por la ejecución de la adquisición sísmica, todo esto debido a que cualquier actividad relacionada con el sector petrolero genera grandes expectativas sociales por temas salariales e inversiones sociales, entre otras, por lo que gran parte de la población desea vincularse al proyecto a como dé lugar, sin prever que son empleos temporales los cuales no superan la duración de 2 meses.

Por otra parte, en las reuniones de socialización, se identificaron falencias por parte de la compañía contratista, ya que las comunidades no tenían claridad total de las actividades a desarrollar y no conocían los trazados de las líneas sísmicas; además, la poca información de los predios afectados y la existencia de un gran número de colonos en predios que no cuentan con documentos registrados de escrituras de propiedad, debido a que históricamente en el Vichada se han venido ocupando los terrenos baldíos sin tener documentos legales, complica aún más la identificación de predios y por consiguiente la solicitud de los permisos de servidumbre.

Si bien los impactos severos se originaron principalmente para el componente social, también se debe mencionar que los impactos positivos se originaron principalmente en la población, relacionándose con la demanda laboral del proyecto y el incremento de la calidad de vida del personal vinculado, los cuales son impactos de carácter temporal. En contraste, esta situación se convierte al

finalizar el proyecto como un impacto negativo moderado, pues las personas que se vincularon en el proyecto vuelven a estar sin empleo o retornan a labores con ingresos económicos inferiores.

Los demás impactos positivos se relacionan con el cese de actividades y se manifiestan principalmente en el componente atmosférico, pues las fuentes generadoras de ruido y emisiones atmosféricas (Taladros, motobombas y vehículos) abandonan el área de ejecución de la adquisición sísmica.

Este tipo de proyectos dejan un ambiente de incertidumbre, pues muchas personas esperan el regreso de proyectos del sector de hidrocarburos, ya sea en proyectos sísmicos o siguientes fases de la cadena del petróleo, lo que pueden aprovechar grupos de opositores y/o ambientalistas para alterar a las comunidades provocar un malestar general frente a este tipo de proyectos, con afirmaciones que en su totalidad no siempre son ciertas.

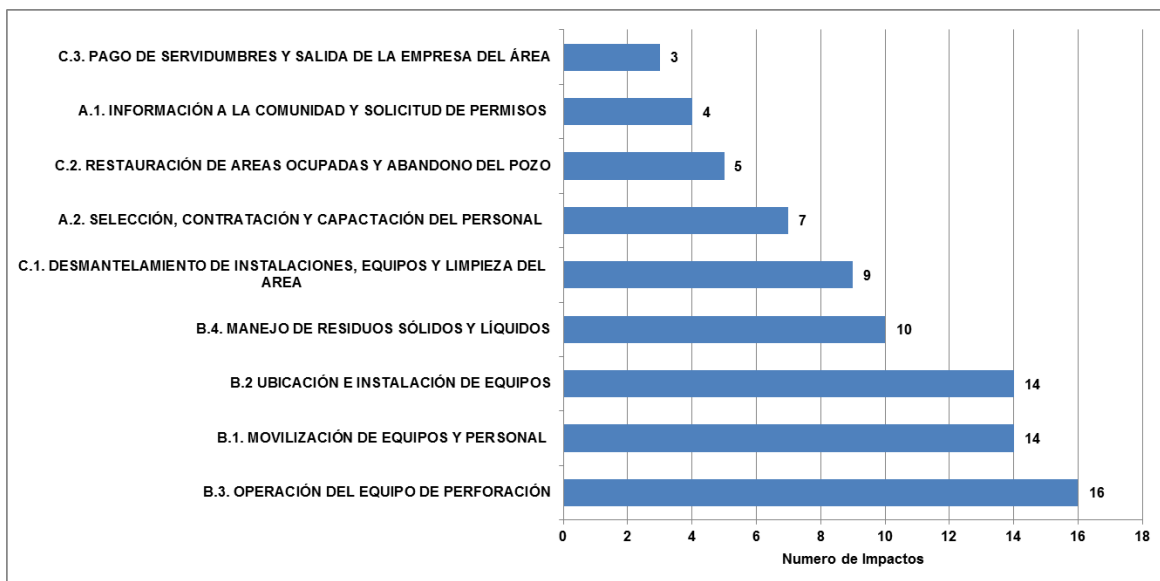
Otros pasivos sociales que pueden quedar dentro de las comunidades de las áreas de influencia donde se ejecutan los programas sísmicos, son las inconformidades de los pobladores que esperan que este tipo de proyectos soluciones algunas necesidades básicas de saneamiento público, ya que ellos esperan que las empresas privadas sean quienes solucionen estas carencias, alegando el abandono estatal, por quien en realidad deben ser suplidas, organismos del estado, además de los daños provocados a la infraestructura local y daños a las servidumbres.

#### **4.4.2 Evaluación post-operación de la perforación de pozos estratigráficos proyecto SIRUNI.**

Dentro de las diferentes actividades que comprenden el desarrollo del proyecto de perforación de pozos estratigráficos SIRUNI, la que se evaluó como la actividad

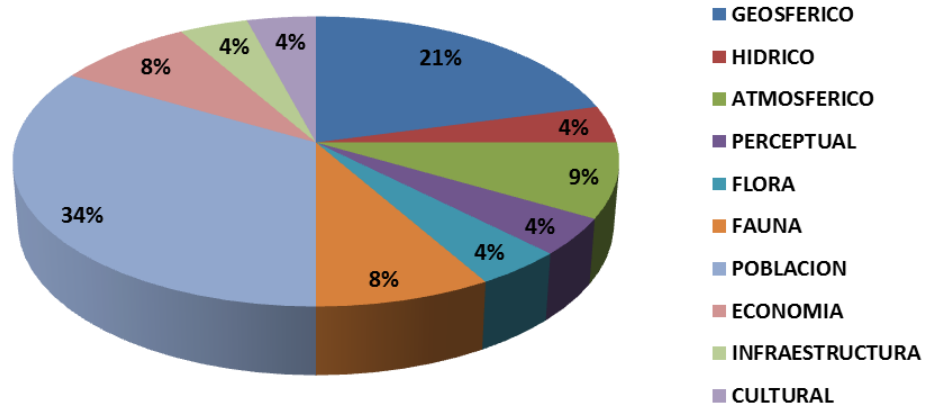
que genera mayor número de impactos es la B.3. Operación del equipo de perforación, seguido por la actividad B.1. Movilización de equipos y personal y B.2. Ubicación e instalación de equipos (Ver **Figura 23**).

Lo anterior se debe a que la afectación es puntual, y las áreas ya tenían un alto grado de intervención, por ganadería extensiva o quemas de pastos naturales, lo que permitió que se evaluara con la metodología descrita en el numeral 4.2 Metodología de empleada para la evaluación de impactos ambientales y obtuviera una calificación principalmente de Magnitud media y una Recuperabilidad Alta.



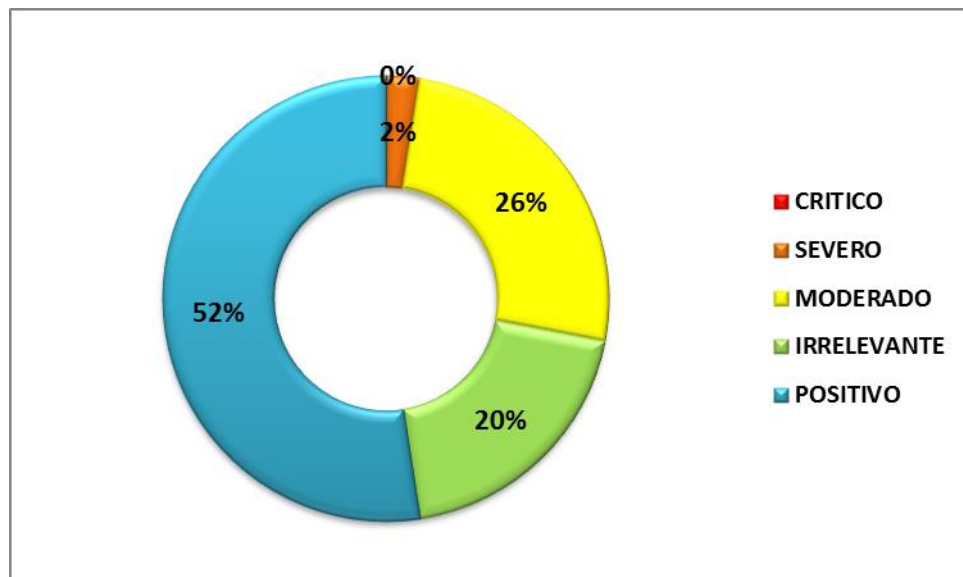
**Figura 23** Actividades del proyecto que generaron de impactos en la perforación de Pozos Estratigráficos SIRUNI.

Luego del desarrollo del proyecto se identificaron 24 impactos hacia los diferentes componentes ambientales físicos, bióticos y socioeconómicos como lo muestra la **Figura 24**, donde el componente más afectado dentro del medio socioeconómico es el referente a Población con ocho (8) impactos (34%), seguido por el Geosférico con cinco (5) impactos (21%).

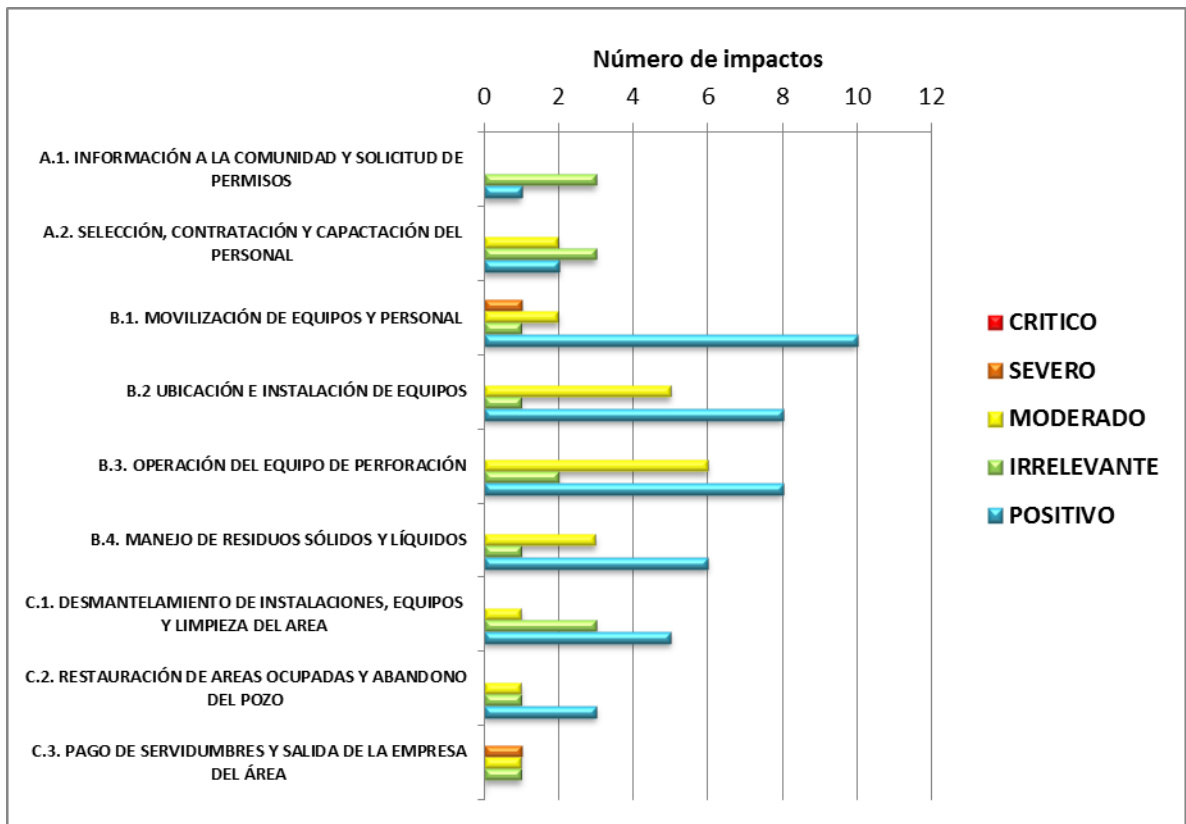


**Figura 24** Porcentaje de impactos por componente ambiental (proyecto ejecutado en 100%)

Del total de los impactos identificados posterior a su ejecución se presentaron 43 (52%) impactos positivos y 39 (48%) impactos negativos, de los cuales están representados por 16 impactos irrelevantes (20%), 21 impactos moderados (26%) y dos (2) impactos severos (2%). (Ver **Figura 25** y **Figura 26**).



**Figura 25** Porcentaje de generación de impactos según su importancia ambiental



**Figura 26** Clasificación de los impactos generados por las actividades del proyecto

Los impactos positivos se relacionan principalmente con la Generación de empleo (en la etapa de ejecución del proyecto), y al cese de actividades que afectan al recurso atmosférico asociado a ruido y emisiones del taladro, además de las labores de restauración del área intervenida, donde se realizó el arado del suelo y siembra de pastos mejorados, lo que beneficio a los propietarios de los predios para la manutención de la ganadería de bovinos para carne.

Para el caso de los impactos irrelevantes, favoreció que la intervención se realizó en un área puntual que no superó los 3500 m<sup>2</sup>, además, como este tipo de proyectos es de carácter temporal, usualmente se buscan sitios alterados antrópicamente y cercanos a vías existentes, puesto que no se contempla la realización de vías para el ingreso a las locaciones.

En comparación con los programas sísmicos, que tienen una extensión mucho mayor, la intervención del proyecto debe realizarse por donde definen los geólogos en el diseño las líneas atravesando diferentes coberturas vegetales, pasando por diversos usos del suelo y solo variando la ubicación de los puntos fuentes de energía cuando se encuentran un elemento de interés socio-ambiental. Es por esto que puede llegar a ser más impactantes las actividades sísmicas frente a la perforación de pozos estratigráficos.

Los impactos moderados se dieron por los conflictos generados durante la fase de información y solicitud de permisos, pues inicialmente las comunidades creían que el objetivo del proyecto era extraer crudo y que automáticamente se instalaría la infraestructura requerida para campos petroleros, obteniéndose una negativa para el desarrollo del proyecto en el municipio de La Primavera, además, como una fase de estas perforaciones se realizó posterior a la sísmica 2D, en el área se estableció una empresa que incito a las comunidades a oponerse al proyecto a menos que ellos fueran contratados, mencionándole a los líderes comunitarios una participación económica significativa sobre el negocio, sin embargo la empresa operadora ya tenía todos los contratos legalmente correctos con las terceras compañías y no se contrataron los servicios de esta empresa que intento ejercer presión por medio de los líderes comunitarios. Se calificó como moderado debido a que fue necesario realizar varias reuniones de socialización para aclarar concretamente el alcance del proyecto, y hacer uso de un mayor número de ayudas visuales para dar claridad y tranquilidad a la población, sin embargo, no toda la población involucrada obtuvo una satisfacción total sobre la explicación del proyecto, aunque se redujo las expectativas sobre las perforaciones.

También se evidencio una leve migración de población de otras veredas y municipios buscando oportunidades laborales, pero dado a la claridad brindada a las Juntas de Acción Comunal y Administraciones Municipales, el impacto fue mitigado.

Los demás impactos moderados se derivaron de las molestias ocasionadas por el funcionamiento de los equipos y la preocupación latente de la comunidad por el uso y estado de las vías. El ruido generado por el motor del taladro, no provocó inconformidades durante la perforación, puesto que la densidad poblacional en el Vichada es baja, sin embargo se verificó que el punto de perforación se encontrara a una distancia no menor de 100 m de viviendas habitadas. Por lo anterior no fue necesario instalar las pantallas disipadoras de ruido.

También se produjeron impactos moderados por discrepancias en el pago de servidumbres, pues en algunos casos se incumplieron las fechas pactadas para el pago, y en otros casos, los propietarios alegaron que durante el trabajo realizado, se utilizó un área mayor de la pactada, por lo que en ambos casos se efectuaron ajustes de los pagos por concepto de servidumbres en lugares donde se presentaron este tipo de inquietudes, y dado a que fue resuelto este inconveniente la valoración arrojó un valor moderado.

De acuerdo a los anteriores resultados es claro, que debido a la ejecución de las medidas de manejo ambiental y al haber realizado un proceso de desmantelamiento y recuperación efectivo, se logró que algunos de los impactos provocados por el desarrollo del proyecto, se conviertan en impactos positivos los causados en los componentes físico y biótico, esto es porque de alguna manera se logra una restauración a las condiciones que existían antes del proyecto.

Por otra parte como el área de influencia de la perforación de pozos estratigráficos, corresponde a un área con cierto grado de intervención antrópica, los impactos de significancia irrelevante y moderada, son altamente reversibles y en un corto plazo los efectos de estos serán asimilados naturalmente por el entorno, además para mitigar algunos de estos impactos tan solo fueron

necesarias tecnologías utilizadas en el sector agrícola para retornar las áreas a las condiciones que presentaban antes de la perforación de los pozos estratigráficos. Es notable que algunos de los impactos que permanecen estén relacionados al componente socioeconómico, debido a que estos se relacionan con inconformidades de las comunidades con los pagos de servicios atrasados.

Existen otros impactos en los componentes físicos y bióticos, que aunque se aprecia de forma inmediata un deterioro del entorno, son impactos que posee una reversibilidad acelerada y dependen de la acumulación para incrementar su efecto negativo, por esta razón el resultado de la evaluación para este tipo de impactos fue de significancia moderada e irrelevante, puesto que en un corto plazo, sus efectos desaparecerán de manera definitiva.

## **4.5 CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS**

### **4.5.1 Conclusiones evaluación post-operación del programa sísmico SIRUNI 2D**

#### **➤ Etapa Pre-operativa.**

En la evaluación de los componentes ambientales relacionados con la gestión social, se identificaron diferentes impactos, a continuación se analiza, con respecto a cada aspecto de los impactos más relevantes (Moderados, Severos y Positivos) que se presentaron:

- Información a la comunidad, Selección, contratación y manejo del personal y Negociaciones de predios y servidumbre.

Se presentaron expectativas de los dueños de los predios con respecto al manejo que se le dio dentro de sus tierras; generalmente, esto se produjo porque los

dueños de los predios por los cuales pasaron las líneas sísmicas, se encontraban a la expectativa del manejo de las fuentes de agua, el paso por sus tierras y el beneficio económico que recibieron a cambio, este impacto es característico del aspecto de identificación e inventario de predios y se presentaron inconformidades debido a los pagos atrasados.

- Generación de conflictos; Esto es bastante común ante la presencia de proyectos relacionados con hidrocarburos, aunque, dentro del trabajo social con la comunidad se explican los detalles del beneficio económico que reciben los propietarios de los predios para evitar inconformidades y/o falsas expectativas, estas inconformidades resultaron debido a que al parecer algunos no fueron informados oportunamente del cómo se realizaba la negociación con los contratistas, sin embargo fue bajo el número de propietarios inconformes con el valor pagado.

- Expectativas de la comunidad acerca de la afectación de sus predios (cultivos, cercas, etc.); En la socialización del proyecto se explicó a la comunidad acerca de las actividades que conlleva el proyecto y de la poca o nula posibilidad de afectar este tipo de infraestructuras encontradas en las fincas.

➤ **Etapas Operativa.**

En la evaluación de los componentes relacionados con la etapa de operación, se identificaron diferentes impactos, a continuación se analiza con respecto a cada aspecto, los impactos ms relevantes (Moderados, Severos y Positivos) que se presentaron:

○ **Movilización maquinaria, equipos y personal**

*Cambio en la calidad de la infraestructura vial y de las viviendas:* Los caminos rurales, por lo general son huellas carreteables sobre el suelo de la sabana donde son críticos los pasos por ciertas zonas bajas, que en época de lluvias son

intransitables. Por otra parte, muchas veces estos caminos son utilizados para el traslado maquinaria agrícola. El tránsito de vehículos de gran porte por vías de estas características, provocó molestias o interrupciones ocasionales en el tránsito habitual.

*Migración y ahuyentamiento de especies faunísticas:* el incremento en la densidad de tránsito a lo largo de dichos caminos, ocasiona que algunas de las especies propias de estos ecosistemas presentaran cambios en sus hábitos o los abandonarían temporalmente buscando refugio en sitios más tranquilos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las actividades de tala y adecuación para el desarrollo de la ganadería extensiva, ha provocado disminución en la diversidad faunística por la muerte y/o migración de animales silvestres y que las especies que aún permanecen en el lugar, están habituadas al tránsito vehicular.

- **Apertura de trochas y topografía**

*Cambio en el valor del suelo;* Aproximadamente el 70 % de la superficie que abarca el registro sísmico, está destinado a la cría de ganado para carne. Si bien, durante las actividades de topografía, es altamente probable que se atravesaran estas áreas, se tuvieron todas las precauciones para que los bienes no resultaran afectados, sin embargo, los precios de los predios se vieron afectados debido a que según los pobladores se “parten” los potreros y se dañan los pastos por pisoteo, por otra parte las expectativas generadas provocan que se incremente el valor real de la tierra, esperando la llegada de un próximo proyecto que afecte sus predios y esperando una remuneración más elevada.

*Migración y ahuyentamiento temporal de especies faunísticas:* Las actividades de topografía incluyeron todos los ambientes y ecosistemas del área que abarca la sísmica. La alteración de las actividades comportamentales habituales de la fauna silvestre por el tránsito de personas deriva en la modificación de los hábitos de comportamiento de la micro y mesofauna salvaje, provocando que algunas de las

especies abandonaron temporalmente sus hábitats buscando refugio en sitios más tranquilos.

Es importante decir que la capacitación ambiental de todo el personal involucrado en el proyecto, contribuyó en la disminución de este efecto; en adición, las tareas de acondicionamiento en la etapa de abandono favorecieron la restauración del hábitat y el retorno de los individuos a sus sitios de actividad habitual.

*Generación de conflictos:* Las inconformidades por parte de los dueños de los predios, con respecto a los lugares por los que pasó el personal con los equipos y materiales, generó algunos conflictos. Cabe señalar que existen instancias previas de concertación con los propietarios, por lo que se esperaba que no surgieran diferencias en esta etapa del proyecto, lamentablemente se dieron quejas y reclamos por el uso de servidumbres.

- **Perforación, cargado y tapado de pozos**

*Modificación al patrimonio Arqueológico:* Las inconformidades por parte de los dueños de los predios, con respecto a los lugares por los que paso el personal con los equipos y materiales, generaron diferentes conflictos.

*Cambio en la oferta/demanda de servicios públicos, sociales o ambientales:* Los caminos rurales, por lo general son estrechos y se encuentran en estado de mantenimiento regular. Por otra parte, muchas veces son utilizados para traslado maquinaria agrícola. El tránsito de vehículos de gran porte por vías de estas características, provoco molestias e interrupciones ocasionales en el tránsito habitual.

*-Generación de conflictos:* El impacto se produjo, cuando las operaciones o sus efectos alcanzaron algún tipo de instalación doméstica (cables, acueductos, etc.). Teniendo en cuenta que las perforaciones para detonación se realizaron siguiendo

las distancias mínimas de perforación propuestas por La Guía Ambiental para Proyectos de Exploración Sísmica Terrestre del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y en la Norma Técnica Colombiana NTC-5067 del ICONTEC, la probabilidad de daño era prácticamente nula, sin embargo los pobladores y dueños de los terrenos donde se llevó a cabo esta actividad, se quejaron continuamente debido al daño de las cercas y la ubicación de tarjetas que demarcaban los sitios de los geófonos y los puntos de disparo.

- **Detonación, vibración y registro**

*Generación de expectativas de trabajo:* Las inconformidades por parte de los dueños de los predios, con respecto a los lugares por los que paso el personal con los equipos y materiales, genero conflictos e inconformidades, puesto que los dueños de los predios no estuvieron de acuerdo con la ejecución de estas actividades en sus predios.

*-Cambio en las propiedades físico y químicas del suelo:* el impacto, básicamente es el mismo que se presenta en la utilización y manejo de compresores y equipos de perforación, aunque en este caso el cambio en las propiedades fisicoquímicas del suelo no se reduce solo al hueco, si no que se extiende en un radio mayor. La perturbación causada por una explosión de esta naturaleza conforma tres dominios, de los cuales solo el primero podría producir alteraciones severas en la estructura del suelo, este radio de afectación está calculado en 100 cm. aproximadamente.

Cabe señalar que cerca del 50% del campo, ya ha sido alterado por diversas actividades, principalmente ganaderas y de establecimiento de cultivos forestales, que con ello se ha alterado también la estructura original del suelo.

El impacto es negativo, reversible a largo plazo, por medios naturales y sinérgico con la aceleración de los procesos geomorfodinámicos.

*Cambio en los niveles de presión sonora (Cambio en los niveles sonoros).* El impacto en este caso se genera por la activación de las fuentes sísmicas, las cuales se detonaron a más de 10 m. La zona geológica que se ubica en la parte superior del perfil edáfico es de material no consolidado y se caracteriza porque en ella las velocidades de las ondas son menores que en los demás estratos. El ruido de las descargas sísmicas es un sonido sordo de bajos decibeles y se asemeja a un pisotón en el suelo.

Para que un ruido cause cierto tipo de stress o daño auditivo, este debe ser persistente en el tiempo, (en el día y/o en la noche por varias horas). Según la EPA, un sonido es peligroso para el ser humano a partir de los 60-70 dB; es fuerte a partir de los 85 – 90 dB y doloroso a partir de los 130 dB. Por otra parte, la OMS señala que las personas con mayor riesgo de sufrir deficiencia auditiva son las expuestas a niveles de ruido por arriba de 70-75 dB, en ambientes laborales y con periodos de exposición superiores a veinticuatro horas.

Con respecto al ruido generado por las explosiones de la prospección, estas son de carácter muy transitorio. Generalmente los disparos son simultáneos y de corta duración (algunos segundos), con lo cual ese impacto se verá disminuido en un corto plazo.

➤ **Etapas Post-Operativa.**

En la evaluación de los componentes relacionados con la Etapa, se identificaron diferentes impactos, a continuación se analiza con respecto a cada aspecto, los impactos significativos que se presentaron:

○ **Restauración, desmantelamiento y recuperación de áreas ocupadas**

*Cambio en la estructura y composición de las unidades de cobertura vegetal;* El impacto se generó básicamente en los sectores intervenidos por la pica ecológica.

Con la regeneración se favoreció el retorno de la fauna (que muchas veces transportan semillas en sus heces, patas, picos, etc.) y con la recuperación de la fauna edáfica. Por otra parte se debe tener en cuenta que al ser puntuales los sitios afectados, la vegetación circundante también facilitará el proceso. Debido a que las áreas a recuperar son de extensión de área reducida.

- **Pago de servidumbres y obtención de paz y salvos**

*Generación de conflictos;* La ocurrencia de este impacto, está asociada a la inconformidad de algunos miembros de la comunidad con el pago por el paso del corredor por sus predios. Sin embargo, al haberse realizado una concertación al respecto previamente al inicio de actividades, la probabilidad de ocurrencia de este impacto se estimaba como alta, y en conclusión fue una de las quejas permanentes tanto por las comunidades como por las autoridades locales.

Además, está asociada la inconformidad de algunos miembros de la comunidad con el pago por el paso del corredor por sus predios. Sin embargo, al haberse realizado una concertación al respecto previamente al inicio de actividades, la probabilidad de ocurrencia de este impacto se estimaba como alta, y en conclusión fue una de las quejas permanentes tanto por las comunidades como por las autoridades locales.

Por otra parte también se dio el descontento de la comunidad con respecto al manejo de los recursos naturales, Este impacto surgió al realizarse el diligenciamiento de pagos e indemnizaciones, ya que algunos miembros de la comunidad no estaban de acuerdo con el pago por el uso de servicios y bienes ambientales aprovechados en el desarrollo de la actividad.

#### **4.5.2 Conclusiones evaluación post-operación de la perforación de pozos estratigráficos proyecto SIRUNI.**

➤ Etapa Pre-operativa.

En la evaluación de los componentes ambientales relacionados con la gestión social, se identificaron diferentes impactos. A continuación se analiza, con respecto a cada aspecto, los impactos más relevantes (Moderados, Severos y Positivos) que se presentaron:

○ Generación de expectativas de trabajo:

La industria de los hidrocarburos resulta siempre bastante llamativa para las comunidades donde hace presencia, aunque en esta zona puntual aun no existen trabajos de exploración, la gente se ha formado un imaginario derivado del impacto positivo que han traído los trabajos de explotación petrolera en zonas aledañas como La Cristalina y Saltarín. Así mismo se observó que existe una oferta significativa de mano de obra no calificada en caso de ser necesaria. Por lo tanto puede existir una generación sobredimensionada de expectativas relacionadas con acceso a empleo o mejoramiento de condiciones de vida derivadas de la presencia del proyecto en la zona, sin embargo la gestión social del proyecto en la etapa de socialización del mismo, redujo las expectativas a proporciones reales, mencionando y reiterando que el empleo era por término de unos cuantos días.

○ Información a la comunidad y solicitud de permisos:

Dentro de la etapa pre operativa el impacto de significancia moderada se presenta en la Generación de expectativas de trabajo, esto es debido a que las comunidades esperan un gran número de cupos para mano de obra no calificada, pero dentro de la operación de los pozos estratigráficos es baja la contratación puesto que el staff de personal requerido es mínimo.

Se presentaron algunas quejas y reclamos, es decir se generaron conflictos con los propietarios de los predios y vecinos al área donde se ejecutó la perforación de los pozos estratigráficos, esto se dio en gran medida puesto que existe una

expectativa alta por el pago de uso de los predios, así como tensión por el uso de la servidumbre de las fincas donde tuvo paso la maquinaria pesada, sin embargo, este impacto fue mitigado y además no permanece durante el tiempo de ejecución del proyecto, tan solo se presenta en la etapa preoperativa.

➤ Etapa Operativa.

En la evaluación de los componentes relacionados con la etapa de operación, se identificaron diferentes impactos, a continuación se analiza con respecto a cada aspecto, los impactos ms relevantes (Moderados, Severos y Positivos) que se presentaron:

○ Movilización de equipos y personal

Durante las actividades de adecuación se inicia la movilización de equipos, maquinaria y personal, esto con el fin de adecuar la localización y acceso para la perforación de cada pozo estratigráfico, el aumento en el tránsito de vehículos de carga pesada en tramos de vías mantendrá la susceptibilidad a la erosión para estos puntos ya localizados. Las afectaciones de ruido y material particulado, así como las emisiones de gases contaminantes fueron bajas, esto se debe a que en el momento de terminar la actividad estos impactos desaparecerán rápidamente.

○ Migración y ahuyentamiento de especies faunísticas:

El incremento en la densidad de tránsito a lo largo de caminos rurales, puede ocasionar que algunas de las especies propias de estos ecosistemas presenten cambios en sus hábitos o abandonen temporalmente sus hábitats buscando refugio en sitios más tranquilos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las actividades de tala y adecuación para el desarrollo agrícola, ha provocado disminución en la diversidad faunística por la muerte y/o migración de animales silvestres y que las especies que aún permanecen en el lugar, están habituadas al tránsito vehicular.

La adecuación de la localización cambia en sitios puntuales el paisaje, el uso de suelo y la estabilidad geotectónica para algunos sectores.

Teniendo en cuenta que las áreas de mayor ocupación para la adecuación de la localización y la vía de acceso corresponden a pastos naturales y árboles aislados, los impactos que se generan son la alteración de la vegetación y alteración en la distribución de la fauna.

- Afectación a la infraestructura social causada por el tráfico vehicular (Deterioro de vías):

Los caminos rurales, son huellas carreteables desprovistas de cualquier capa de rodadura. Por otra parte, muchas veces estos caminos son utilizados para el traslado maquinaria agrícola. El tránsito de vehículos de gran porte por vías de estas características, provocó molestias o interrupciones ocasionales en el tránsito habitual, por lo cual se generaron algunos conflictos con algunos habitantes, sin embargo este impacto tiene poca permanencia en el tiempo, es un impacto que no tiene trascendencia.

Las actividades desarrolladas durante esta etapa generaron impactos sobre el medio socioeconómico, como generación de expectativas por participación laboral, y cambio en las actividades productivas usuales; cambio en la oferta y demanda de bienes y/o servicios locales, debido a que el desarrollo de esta etapa dinamizó las actividades económicas presentes en la región, lo cual fue positivo durante la ejecución de las perforaciones estratigráficas.

- Operación del equipo de perforación

La operación de maquinaria y equipos durante la perforación de los pozos generó emisiones atmosféricas principalmente de material particulado y gases producto de la combustión, este impacto se consideró de corta permanencia en función de la permanencia de los equipos en el área de estudio, además de esto que las

perforaciones no superaron los 5 días de uso de taladro. La actividad de funcionamiento del RIG o equipo de perforación genera alteración de los niveles de presión sonora causada por los motores y operación normal del taladro. Por lo anterior en una evaluación post proyecto este impacto se considera positivo, puesto que es mitigado por completo al realizar el desarme del equipo.

- Generación de conflictos con la comunidad:

El impacto se produjo, cuando las operaciones o sus efectos alcanzaron algún tipo de infraestructura (Vías, puentes, alcantarillas, broches, quiebrapatas, etc.). Teniendo en cuenta que las perforaciones se realizaran siguiendo las distancias mínimas de perforación propuestas en el presente documento, pero la gran parte de la ejecución del proyecto se toma en la movilización de equipos de un punto de perforación a otro.

- Cambio en las características fisicoquímicas del suelo:

El impacto se presentó por la utilización y manejo de compresores y equipos de perforación, aunque en este caso el cambio en las propiedades fisicoquímicas del suelo no se reduce solo al hueco, si no que se extendió en un área mayor, hasta donde se desarrollan actividades de los campamentos y donde se tuvo pisoteo por la maquinaria del equipo, sin embargo en una evaluación post proyecto este impacto se considera como positivo, porque la recuperabilidad de esta condición por efectos naturales es alta, tan solo con la llegada de las primeras lluvias el suelo regresa a sus condiciones naturales, incluso con el rebrote de pastos naturales.

- Cambio en los niveles sonoros.

El impacto en este caso se genera por la operación del taladro móvil (chivo) utilizado para los pozos estratigráficos. La zona geológica que se ubica en la parte superior del perfil edáfico es de material no consolidado y se caracteriza porque en ella las velocidades de las ondas son menores que en los demás estratos. El ruido

del taladro es un sonido de bajos decibeles (<80 decibeles) y se asemeja a un pisotón en el suelo.

Para que un ruido cause cierto tipo de stress o daño auditivo, este debe ser persistente en el tiempo, (en el día y/o en la noche por varias horas). Según la EPA, un sonido es peligroso para el ser humano a partir de los 60-70 dB; es fuerte a partir de los 85 – 90 dB y doloroso a partir de los 130 dB. Por otra parte, la OMS señala que las personas con mayor riesgo de sufrir deficiencia auditiva son las expuestas a niveles de ruido por arriba de 70-75 dB, en ambientes laborales y con periodos de exposición superiores a veinticuatro horas.

Con respecto al ruido generado por la perforación de los pozos estratigráficos, estas son de carácter muy transitorio. Generalmente se presenta por un lapso de días no mayor a una semana, tan solo 5 días de perforación, con lo cual ese impacto se verá disminuido en un corto plazo.

➤ Etapa Post-Operativa.

En la evaluación de los componentes relacionados con la Etapa, se identificaron diferentes impactos, a continuación se analiza con respecto a cada aspecto, los impactos significativos que se presentaron:

○ Desmantelamiento de instalaciones, equipos y limpieza del área

En esta etapa del proyecto se presenta un número de impactos positivos significativos, asociados principalmente a las actividades de revegetalización, las cuales restablecen en cierta medida las condiciones ambientales originales previas a la ejecución del proyecto, con lo cual se recupera y favorece la composición florística del área afectada y por ende la fauna terrestre asociada. Es importante aclarar que la recuperación de la composición y estructura de la fauna, así como el retorno de la fauna ahuyentada por el desarrollo del proyecto, es un proceso dependiente del nivel de avance de la revegetalización.

- Regeneración de la cobertura vegetal;

El impacto se genera básicamente en los sectores intervenidos por la instalación del taladro, campamentos, plantas de tratamiento y fosas de residuos, una vez realizada la restauración de estos sitios.

Con la regeneración se favorece el retorno de la fauna (que muchas veces transportan semillas en sus heces, patas, picos, etc.) y con la recuperación de la fauna edáfica. Por otra parte se debe tener en cuenta que al ser puntuales los sitios afectados, la vegetación circundante también facilitará el proceso. Debido a que las áreas a recuperar son de áreas reducidas y en su mayoría de pastos naturales o herbazales.

Durante la etapa de desmantelamiento los impactos sobre los elementos geomorfológicos, suelos y paisaje son de mucha importancia, por lo cual se realizó la recuperación de las condiciones normales del terreno con las actividades de revegetalización y empradización, que producen impactos reales y positivos al recuperar la vegetación herbácea y el hábitat de las especies vegetales.

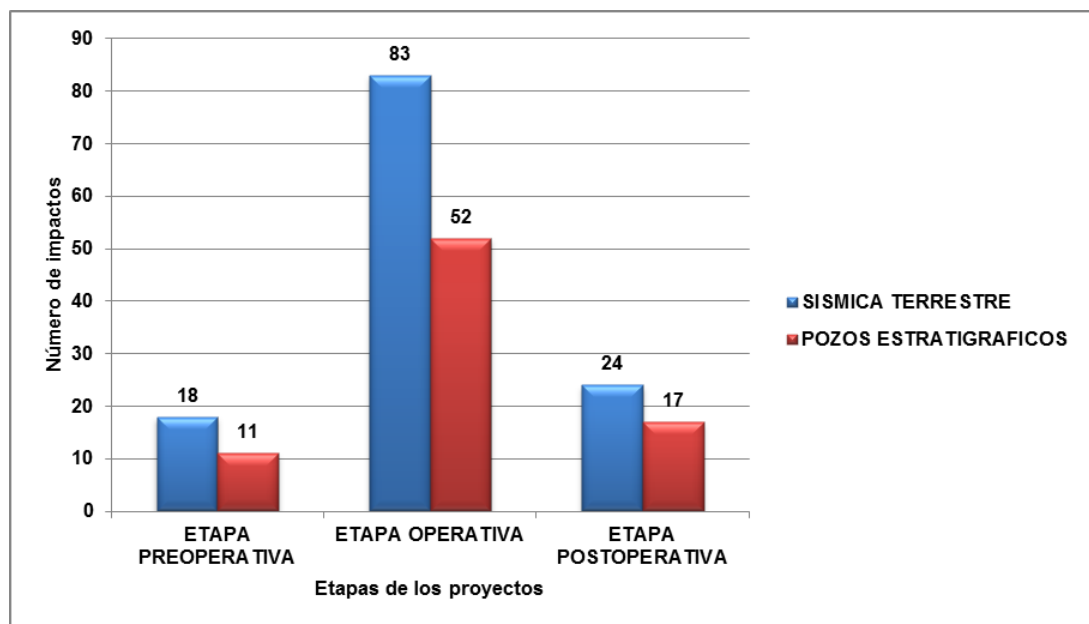
- Pago de servidumbres y salida de la empresa del área

Conflictos con dueños de predios por el mal uso de servidumbres, La ocurrencia de este impacto, estuvo asociada a la inconformidad de algunos miembros de las comunidades con el atraso de compromisos sociales como la inversión social voluntaria, además de algunos pagos, sobre todo por bienes y servicios adquiridos en el área cercana a la perforación de los pozos estratigráficos. Sin embargo, al realizarse una concertación al respecto y posterior a las actividades, se consiguió disminuir su magnitud.

#### 4.6 COMPARACIÓN ENTRE EL PROYECTO SÍSMICO SIRUNI 2D Y PERFORACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS SIRUNI.

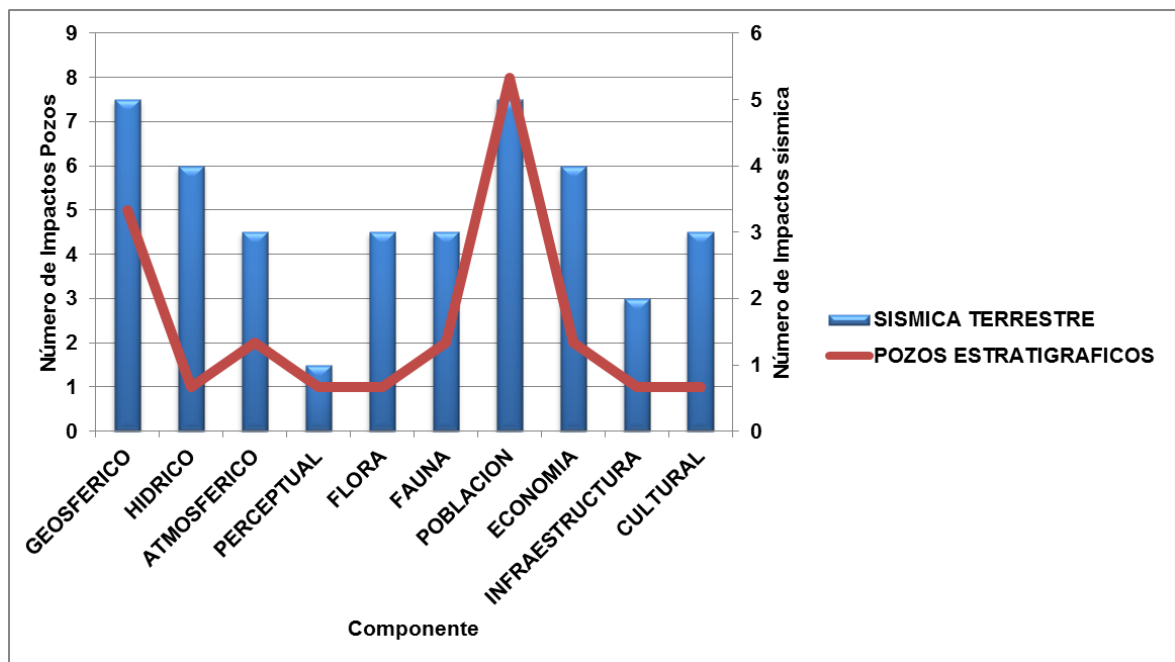
A continuación se realiza una comparación de los impactos provocados por el proyecto de adquisición sísmica terrestre SIRUNI 2D y perforación de pozos estratigráficos Proyecto SIRUNI, los cuales en términos generales poseen fines similares, siendo principalmente el conocimiento de la geología de una zona determinada.

Aunque en la operación o ejecución de estos dos tipos de proyectos se usan metodologías y equipos diferentes, los impactos ambientales y socioeconómicos presentan una similitud alta, la perforación de pozos estratigráficos es una actividad más localizada lo que genera un menor número de impactos, así como también, por la misma extensión la exploración sísmica terrestre cubre un territorio más amplio, por esta razón presenta un mayor número de impactos (Ver **Figura 27**).



**Figura 27** Comparación por etapas entre la perforación de pozos estratigráficos proyecto SIRUNI y el programa sísmico SIRUNI 2D

La anterior grafica permite demostrar comparando el número de impactos generados en la etapa inicial por ambos proyectos, el Proyecto Sísmico 2D generó mayor número de impactos, esto se debe a la extensión del proyecto, involucrando una cantidad más elevada de pobladores (dos municipios y numerosas veredas), haciendo más compleja las actividades de socialización del proyecto, y mitigación de los impactos sociales relacionados con expectativas y desinformación de la comunidad. (Ver **Figura 28**).



**Figura 28** Comparación por componente entre la perforación de pozos estratigráficos proyecto SIRUNI y exploración sísmica terrestre proyecto SIRUNI 2D

Por otra parte, la fase operativa del proyecto de exploración sísmica produjo un mayor número de impactos, dado que la actividad es más extensiva por el mayor número de sitios a intervenir, sin embargo, la mayoría de los impactos generados tienen una importancia ambiental irrelevante, en comparación con algunos de la perforación de pozos estratigráficos.

Para la etapa Post-operativa, se presentó un menor número impactos en el proyecto de perforación de pozos estratigráficos. No obstante, la mayoría de estos impactos son de carácter positivo y se asocian con las actividades de restauración de las áreas afectadas, pues se evidenció gran conformidad por parte de los propietarios por el estado en que se entregó el predio. En lo que corresponde al proyecto sísmico SIRUNI, se tiene un mayor número de impactos que presentan importancia ambiental entre moderado y severo, puesto que en esta fase durante el levantamiento de paz y salvos sociales, se representa gran cantidad de IPQR de todas la veredas de los municipios involucrados en el proyecto, las cuales fueron por pagos de servidumbre, inversión social y por incumplimiento de compromisos con las comunidades.

Las actividades realizadas durante la ejecución del proyecto sísmico como de perforación de pozos estratigráficos, poseen un número de impactos similares. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente los proyectos sísmicos afectan más a la población, mientras que la perforación de pozos estratigráficos, afectaron más al componente atmosférico y geosférico, a causa del ruido y emisiones del motor del taladro y cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo. Se debe tener en cuenta que estas afectaciones son de carácter puntual, además de fácil y rápida mitigación y recuperación.

Para culminar se citan como ejemplos, dos actos correspondientes a otro proyecto sísmico en una zona con presencia de áreas sensibles y la perforación de otros pozos estratigráficos (**Ver Anexo C. Solicitud de acompañamiento proceso de perforación en ciénagas programa sísmico Montes de María 2D – 2012, Anexo D. Acompañamiento verificación del estado de las ciénagas Machado y Rabón y Anexo E. Auto de Archivo de radicación del proyecto Cordillera Oriental Norte**). En las respectivas resoluciones, las autoridades ambientales establecen que no se evidenciaron impactos ambientales negativos posteriores al desarrollo de los proyectos, razón por la cual se reconocen como actividades de

bajo impacto ambiental, pero de alto impacto social, aunque esto depende principalmente del desempeño socio-ambiental de las empresas contratistas

#### 4.7 NIVEL DE INTERVENCIÓN GLOBAL (NIG) NEGATIVO DE LOS PROYECTOS A ANALIZAR.

El valor del nivel de intervención global de los proyectos debe ser comparado con los valores del siguiente la **Tabla 15**, para de esta manera determinar matemáticamente cual fue el proyecto más impactante socio-ambientalmente hablando.

**Tabla 15** Valoración y clasificación de impactos

Nivel de intervención Global negativa (NIGn)	Característica
0 – 25 %	Nivel de intervención Bajo
25.1 – 50 %	Nivel de intervención Medio
50.1 – 75 %	Nivel de intervención Alto
75.1 – 100 %	Nivel de intervención Muy Alto

En análisis se realiza con base en la siguiente formula:

$$NIG = 100\% - \frac{(Int.Max - Int) * 100\%}{Int.Max - Int.Min}$$

Dónde:

- **NIGn** es el nivel de intervención global del proyecto (para este caso en negativa)
- **Int** es la intervención total del proyecto, producto de la sumatoria de los impactos negativos de todas las acciones (datos en absoluto).
- **Int. Max** es la máxima valoración negativa que es posible tener por el proyecto (datos en absoluto).
- **Int. Min** es la mínima valoración negativa que se podría llegar a tener (datos en absoluto).

Los valores máximos y mínimos de intervención son iguales a 4500 y 1625 respectivamente para el proyecto de exploración sísmica SIRUNI 2D; mientras que los valores máximos y mínimos para el proyecto de perforación estratigráfica SIRUNI son 7040 y 1040 respectivamente.

Estos valores se determinaron sabiendo que la valoración máxima y mínima de cada factor ambiental por cada acción es de 88 y 13 correspondientemente, y que se realizaron 125 calificaciones de importancia en el caso del programa sísmico y 80 calificaciones para el proyecto de perforación estratigráfica.

De acuerdo a lo anterior se tiene:

a). Proyecto sísmico SIRUNI 2D

$$NIGn = 100 - \frac{(11000 - 7800) * 100}{(11000 - 1625)} = 34.13$$

b). Proyecto perforación de pozos estratigráficos SIRUNI.

$$NIGn = 100 - \frac{(7040 - 6125) * 100}{(7040 - 1040)} = 15.25$$

Con lo anterior se puede establecer que el Nivel de Intervención Global Negativo es mayor en el Proyecto sísmico SIRUNI 2D, siendo este más impactante negativamente que el Proyecto perforación de pozos estratigráficos SIRUNI.

De igual forma, el promedio de la importancia ambiental para los impactos evaluados, presenta una relación con el anterior índice porcentual, ya que el promedio para el proyecto SIRUNI 2D es de 34.13, el cual se encuentra en el nivel de importancia ambiental Medio, mientras que el promedio de importancia ambiental negativa para la perforación de pozos estratigráficos SIRUNI, es de 15.25 ubicándose en el rango de Irrelevante o intervención baja, demostrando que el primero es más impactante que el segundo.

Cabe notar que la valoración realizada a ambos proyectos puede variar, teniendo un valor de significancia Severa o inclusive Critica, lo cual depende de las condiciones de la zona, en términos de conservación natural del territorio, áreas sensibles, y condiciones sociales, dado a que este tipo de proyectos en lugares donde se tiene experiencia del sector hidrocarburos no suelen ser aceptados con facilidad por la población, y en muchas ocasiones la viabilidad social del proyecto depende de que tanto este dispuesto a brindar a la comunidad la compañía operadora del recurso hidrocarbúfero, representado en inversión social, cupos laborales y salarios del personal a vincular zona.

## 5 CONCLUSIONES

- Usualmente los proyectos sísmicos son más impactantes desde el punto de vista social en comparación con los proyectos de perforación de pozos estratigráficos, pues los primeros siempre abarcan diversas veredas, la mayoría de veces involucran varios municipios y en algunas ocasiones los proyectos sísmicos son llevados a cabo en varios departamentos. Esto hace que a medida que el tamaño del proyecto sísmico sea mayor, las expectativas socio-económicas de los pobladores frente al proyecto sean muchos mayores, haciendo más complejo un proceso de concertación entre los diferentes actores del proyecto.
- En cuanto a la perforación de pozos estratigráficos las pretensiones son tan solo de un grupo de personas, que generalmente son de carácter veredal y en ciertos casos municipal, pues el área de intervención específica para la perforación es de nivel predial en el caso de pagos de servidumbres y de Junta de Acción Comunal para efectos de cupos laborales u oferta de bienes y servicios.
- Para el caso de los proyectos evaluados fue más impactante el proyecto de Exploración Sísmica SIRUNI 2D que el Proyecto perforación de pozos estratigráficos SIRUNI, sin llegar a afectar de manera Severa o Critica el entorno natural, pues el área de interés de estos proyectos se encontraban con alto grado de intervención antrópica previo a su ejecución.
- El Medio social es el que en la actualidad se ve más impactado por el desarrollo de proyectos sísmicos, tanto positiva como negativamente, ya que se generan empleos directos e indirectos, aunque estos sean de corta duración (alrededor de 4 meses). No obstante, como es una actividad

asociada al sector petrolero, la expectativa económica de las comunidades es alta, en relación principalmente a inversiones sociales, salarios y pagos de servidumbre, haciendo que muchas personas deseen involucrarse en el proyecto a ejecutar, provocando molestias entre las comunidades.

- Antes de la década de los noventa y de la evolución del país en cuanto a normatividad ambiental, los proyectos de exploración sísmica eran desarrollados sin la menor precaución por el cuidado del medio ambiente, ya que las topotrochas eran elaboradas con herramientas mecánicas como bulldozer o motosierras, generando impactos negativos mayores a los ecosistemas y paisaje de la zona de interés. Lo anterior, hace que las personas vean con malos ojos la exploración sísmica, siendo esta una de las razones por la que no son bien recibidos los proyectos en algunas zonas del país.
- Los requerimientos de uso y aprovechamiento de recursos naturales son bajos en ambos tipos de proyectos, ya que se prefieren sitios previamente intervenidos para sus montajes (campamentos y plataformas de perforación), y las adecuaciones a realizar son generalmente transitorias, siendo de fácil desinstalación y reutilizadas en otros proyectos, por lo tanto se consideran proyectos poco invasivos frente a otras etapas de los hidrocarburos y otras cadenas productivas.
- En algunas ocasiones las empresas contratadas para el servicio de consultoría, no levantan la información completa sobre la situación social del área, lo cual genera muchos vacíos que se evidencian en el momento de ejecutar las medidas propuestas en el Plan de Manejo Socio-ambiental.
- Las áreas intervenidas son de fácil restauración, siempre y cuando se sigan los procedimientos establecidos en los respectivos Planes de Manejo

Ambiental, o procedimientos o consideraciones de las autoridades ambientales competentes.

- Teniendo la anterior conclusión y estudios realizados alrededor del mundo, tanto la exploración sísmica como la perforación de pozos stratigráficos no son objeto de licenciamiento ambiental, solo son proyectos de control y seguimiento. Sin embargo, para el aprovechamiento de recursos naturales se deben tramitar los permisos ante las Corporaciones Autónomas Regionales de la jurisdicción.
- Ninguno de los 2 (dos) proyectos fue llevado a cabo en lugares con presencia de exclusiones ambientales, en ambos casos se respetaron las respectivas distancias ambientales establecidas por la normatividad ambiental aplicable a estas actividades.
- Se identifica que una de las principales causas por las cuales se han presentado inconvenientes con las poblaciones del área de influencia de los proyectos, es la desinformación. En muchas ocasiones los proyectos sísmicos en su fase de socialización convocan a la comunidad en general, pero muchas personas no asisten ya que la actividad no resulta de su interés, o simplemente porque debe desempeñar otras actividades en sus predios, lo que generalmente provoca expectativas erróneas, en cuanto a ubicación del proyecto, delimitación de predios, cupos laborales, aclaraciones de montos económicos a recibir por concepto de pagos de servidumbres o salarios de los trabajadores en algunos habitantes de las comunidades del área de influencia.
- En lugares donde las comunidades no se encuentran familiarizadas con proyectos exploratorios, existen personas que aprovechan la desinformación y desconocimiento para sembrar inconformismo a las comunidades por su desarrollo, con el fin de boicotear el proceso de socialización y ofrecer a las

comunidades asesorías y así obtener beneficios particulares. En ciertas ocasiones se acercan a las compañías operadoras o contratistas para ofrecer sus bienes y servicios como vehículos, insumos, servicios de hospedaje, o hacer solicitudes como puestos laborales para personas cercanas, dinero, entre otras a cambio de retirarse y dejar en calma a las comunidades.

- Se requiere fortalecer los procesos de socialización, con el fin de desestimar cualquier idea errónea de este tipo de proyectos, y aclarar cualquier duda relacionada al mismo.
- No todo el personal de las empresas contratadas son completamente informados de los Planes de Manejo ambiental de los proyectos, por lo tanto algunos trabajadores incumplen con las acciones aprobadas por la autoridad ambiental competente, convirtiéndose esta situación en un escenario propicio para la generación de impactos ambientales.
- Las empresas sísmicas muchas veces llevan mano de obra calificada de confianza, por lo que la participación del personal la región se limita, lo cual genera conflictos con las comunidades. De igual forma, sucede con los bienes y servicios ofrecidos por la comunidad, los cuales no brindan la seguridad o calidad requerida para el proyecto y bienestar de los trabajadores, por lo que obtienen una respuesta negativa ante su ofrecimiento, produciendo malestares entre los lugareños y las empresas interesadas en el proyecto.
- Una de las principales situaciones que genera impactos sociales, al generar inconformismo de la comunidad frente al proyecto, tiene origen en el incumplimiento en el pago de servidumbres, salarios y bienes y servicios pactados por entre las comunidades, contratistas y operadoras, pues en algunos casos se presentan retrasos, y en ocasiones olvidos que dejan pasivos sociales en las zonas de los proyectos.

- Otro punto negativo que se debe destacar es el afán en la ejecución de los proyectos de exploración por parte de la empresa contratista, haciendo que los compromisos adquiridos con las comunidades no sean cumplidos en los tiempos establecidos, lo cual se convierte en un foco de inconformidades para las comunidades.
- Las empresas operadoras interesadas en el desarrollo estos proyectos, deben verificar que las compañías contratistas tengan el suficiente soporte económico que sirva como respaldo a la operación que se lleva a cabo, y de esta forma no generar inconvenientes por el incumplimiento en pagos de salarios, servidumbres, proveedores, servicios y entregas de inversión social.
- En proyectos sísmicos, la falta de planeación en el proceso de delimitación de predios hace que propietarios queden por fuera del proceso de negociación y generando errores por parte de la empresa contratista ya que realiza el ingreso a los predios sin la debida autorización. En ciertos casos, la responsabilidad es compartida con las comunidades, pues no tienen claridad de quien es el poseedor regular del predio y no se encuentran debidamente escriturados los territorios por la entidad competente, dificultando aún más la identificación del propietario o poseedor.
- Los daños a la propiedad privada o elementos de interés socio-ambiental como nacederos de cuerpos de agua, y el aumento en la posibilidad de generación de procesos erosivos en laderas durante la detonación y registro, se debe principalmente a detonaciones muy cercanas a los elementos socio-ambientales vulnerables, con distancias inferiores a las establecidas por las autoridades ambientales. Esto se origina, especialmente, cuando en la fase de topografía no se identifican los aspectos susceptibles a daños (por errores humanos, inexperiencia de los trabajadores), como viviendas, zonas

inestables, derrumbes, obras de arte, equipamientos colectivos, nacederos, entre otros.

- No se conoce a ciencia cierta que puede suceder en el acuífero durante la perforación de pozos estratigráficos, sin embargo, en algunos proyectos se han presentado situaciones donde se generan conexiones entre los acuíferos, ocasionando migraciones de aguas subterráneas entre estos, y por ende aumento localizado de presiones, lo que provoca que en los lugares donde la población hace aprovechamiento del recurso hídrico cercanos al punto de perforación se incrementen los caudales de agua, que pueden transformarse en averías de la infraestructura de captación de las viviendas.
- Se tiene el riesgo de contaminar las aguas subterráneas con los lodos empleados en la perforación, especialmente cuando no se tiene retorno de fluidos inyectados en superficie. Estos inconvenientes generalmente son locales, y son generalmente percibidos únicamente por los habitantes cercanos a los sitios de perforación. Además, cuando se emplean lodos a base de aceite, la probabilidad de contaminación de los acuíferos es mayor, por los químicos utilizados para su fabricación.
- Tanto en proyectos sísmicos como en exploración de pozos estratigráficos, el tránsito constante de vehículos contratados por las vías de acceso a los frentes muchas veces provocan daños en la misma, lo cual desencadena conflictos entre las empresas, comunidad y administración municipal, complicándose este escenario cuando se termina la operación y no realizan reparación alguna.
- La metodología para la evaluación de impactos ambientales de Vicente Conesa, permitió el ajuste y homologación de las variables analizadas (atributos y actividades), logrando hacer una comparación entre los diferentes

tipos de proyectos, en este caso la perforación de pozos estratigráficos y exploración sísmica terrestre. Asimismo, facilita la identificación y evaluación de los impactos ambientales y proporciona una buena interpretación de los resultados obtenidos

- Colombia no es considerado un país petrolero, debido a que no se tienen grandes reservas de petróleo en la actualidad, por lo que debe continuar explorando yacimientos de petróleo y gas. Cualquier situación que detenga la exploración tendrá repercusiones macro económicas que conducirán sin dudas a la reducción del producto per cápita del colombiano medio con similar impacto sobre el bienestar en términos de la reducción de inversiones del estado en educación, salud, vivienda y servicios.

## 6 RECOMENDACIONES

- Tanto en las reuniones de socialización de los respectivos Planes de manejo ambiental, como al inicio del proyecto se debe hacer énfasis en la duración del proyecto, salarios, tipo de vinculación, con el fin de evitar falsas expectativas laborales y que se produzca una deserción de las actividades tradicionales por parte de las comunidades. Se debe recalcar que los puestos de trabajo son solo de carácter temporal.
- Se requiere fortalecer los procesos de socialización, con el fin de desestimar cualquier idea errónea de este tipo de proyectos, y aclarar cualquier duda relacionada al mismo.
- Se deben proponer a las comunidades monitoreos de fauna y flora, así como de las fuentes hídricas más importantes para los habitantes, antes de iniciar la ejecución de los proyectos, al finalizar y un año después de ejecutado el proyecto, esto con el fin de garantizar el retorno de los ecosistemas a las condiciones en las cuales se encontraban antes de la ejecución de los proyectos, esto generara confianza entre las comunidades y las empresas, así como ayudar a la imagen corporativa de las mismas.
- Las empresas contratistas deben comprender que este tipo de proyectos culminan una vez todos los compromisos sociales se hayan cumplido, y no cuando se ha finalizado la operación. Usualmente, es en esta etapa de los proyectos es en donde se presenta gran parte de los impactos sociales a causa de la premura de salir del área intervenida.
- Dentro del cronograma del proyecto se debe dar una prioridad al tiempo en la identificación de los predios y sus respectivos propietarios con el fin evitar

ingresar a estos lugares sin las debidas autorizaciones, y en los casos donde no se den los respectivos permisos ejecutar con suficiente tiempo la Ley 1274 de 2009, y así tener la oportunidad de concertar adecuadamente los montos de servidumbre.

- Las empresas contratistas deben regirse única y exclusivamente a los Planes de Manejo Ambiental diseñados por las empresas consultoras, y aprobados por la Corporación Autónoma Regional, pues estos documentos plantean las directrices para la adecuada ejecución del proyecto. Adicionalmente dado a que son documentos públicos en muchas ocasiones son objeto de consulta por parte de pobladores. El cumplimiento de las medidas de manejo ambiental brindan tranquilidad a las comunidades intervenidas.
- Se debe esperar al pronunciamiento de las Corporaciones Autónomas Regionales mediante acto administrativo, para dar inicio al proyecto. En lo posible se recomienda tener este documento antes de las reuniones de socialización del proyecto, con el fin de demostrar a las comunidades que se está llevando un debido proceso con respecto a trámites ambientales, y de esta forma dar confianza a las comunidades.
- Se debe solicitar acompañamiento por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales durante el desarrollo del proyecto, especialmente en las comunidades con complejidad social, puesto que usualmente en estos lugares existe personas que indisponen a la comunidad, escudándose en temas de carácter ambiental y brindando en algunos casos información errónea. Es pertinente que sea la autoridad ambiental la encargada de asesorar a la población y no personas que tienen conocimiento nulo o somero de este tipo de proyectos.

- Es necesario que las comunidades durante las reuniones de socialización identifiquen los posibles impactos ambientales que se puedan generar por el desarrollo de este tipo de proyectos, y de esta forma también tengan la oportunidad de establecer medidas de manejo para la prevención, mitigación, corrección o compensación de los impactos socio-ambientales.

## BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS - ANH. Cadena productiva de los hidrocarburos. Bogotá 2008.

Alerta por posible freno a la exploración petrolera. Portafolio. [En línea] [Consultado Marzo 8 de 2014] Disponible en <<http://www.portafolio.co/economia/alerta-posible-freno-la-exploracion-petrolera>>

AVELLANEDA CUSARIA, ALFONSO. Petróleo, ambiente y conflicto en Colombia. Bogotá D.C. 2003

BILLINGHAN, MATTHEW, Transporte de herramientas en pozo abierto y entubado. Schlumberger. Houston 2011

BRITISH PETROLEUM – HIDROGEOCOL. Plan Piloto de Pozos de Monitoreo en Programas Sísmicos. BP, Santafé de Bogotá D.C. 1997

Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS. Guías para el ruido urbano. [En línea] [Consultado Agosto 8 de 2013]. Disponible en <<http://www.cepis.org.pe/bvsci/E/fulltext/ruido/ruido2.pdf>>

CONESA FERNANDEZ, VICENTE. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Ediciones Mundi-prensa. Madrid 2010

ECOPETROL El petróleo y su mundo. [En línea] [Consultado 8 de marzo de 2014]. Disponible en <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/elpetroleoysumundo/introduccion.htm>

EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS – ECOPETROL. El petróleo y su mundo. Bogotá 1997

EMPRESA COLOMBIANA DEL PETRÓLEO – ECOPETROL. Plan de Manejo Ambiental para el proyecto sísmico CPO 8 2D. Bogotá 2009.

EMPRESA COLOMBIANA DEL PETRÓLEO – ECOPETROL. Plan de Manejo Ambiental para el proyecto sísmico Caño Sur 09- 2D. Bogotá 2009.

GADALLAH M, FISHER R (2005): Applied Seismology. PennWell Books.

Giusti, Luis. Lo que necesito saber del Petróleo. PETROLEOS DE VENEZUELA S.A.- PDVSA. Caracas, Venezuela. 1998.

Herrera, Yajaira & Norman Cooper. Manual para la adquisición y procesamiento de sísmica terrestre y su aplicación en Colombia. Bogotá, 2010. 124 p.

MARTINEZ, CARLOS. Evaluación del Impacto Producido en Medios Porosos Por Efecto de los Métodos de Exploración Sísmica. Tesis de Magister MIC-2002-I-26. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes, Bogotá, D.C. 2002.

METCALF & EDDY. Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. Editorial McGRAW – HILL. Madrid. 1995

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE – MMA. Guía básica ambiental para programas de exploración sísmica terrestre. Bogotá 1997

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE – MMA. Guía de Manejo Ambiental para proyecto de perforación de pozos de petróleo y gas. Bogotá 1999

Pozo estratigráfico o geológico. La Comunidad Petrolera. [En línea] [Consultado marzo 8 de 2014] Disponible en <<http://ingenieria-de-petroleo.lacomunidadpetrolera.com/2010/04/pozo-estratigrafico-o-geologico.html>>

Pozo estratigráfico o geológico. La Comunidad Petrolera. [En línea] [Consultado marzo 8 de 2014] Disponible en < <http://yacimientos-de-gas-condensado.lacomunidadpetrolera.com/2009/05/clasificacion-de-los-pozos-de-acuerdo.html>>

Perfilaje de pozos. Scribd. [En línea] [Consultado Marzo 8 de 2014]. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/26228291/Registro-o-Perfilaje-de-Pozos>

PETROMINERALES COLOMBIA LTD. Plan de Manejo Ambiental para el proyecto sísmico Llanos 59 – 3D. Bogotá. 2012

SARRIA, ALBERTO. Bases de normas para evitar daños producidos por efectos de explosiones de Exploración geofísica en fuentes de agua y edificaciones cercanas. Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Los Andes. Santafé de Bogotá D.C. 1998.

SARRIA, ALBERTO. Estudio de Posibles Efectos de Cargas de Dinamita para Exploración Geofísica. Sobre Nacederos de Agua cercanos a las Explosiones en la Región de Palermo. Huila. HOCOL - Nimir Petroleum Company, Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes. Santafé de Bogotá D.C. 1996.

SARRIA, ALBERTO. Exploración Geofísica y Medio Ambiente Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Los Andes. Santafé de Bogotá D.C. 1998.

Sísmica de pozo - Exploración de petróleo. Petroblogger. [En línea] [Consultado marzo 9 de 2013] Disponible en <<http://www.ingenieriadepetroleo.com/2013/03/sismica-pozo-exploracion-petroleo.html>>

WREN E (2005): Simplifying seismic. Reservoir. Vol 32, No. 1: 34-36

## **ANEXOS**

Para ver los anexos dirigirse a la carpeta de anexos.

**Anexo A** Resolución 500 41 12 1673 del 13 de Diciembre de 2012

**Anexo B** Evaluación Post - proyecto sísmico

**Anexo C** Resolución 2031 de 19 de Diciembre de 2011

**Anexo D** Resolución 0012 de 3 Enero de 2014

**Anexo E** Evaluación Post - proyecto pozos estratigráficos.