

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO**



**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO**

**AUTORES:**

**ÁNGELA PAOLA PUERTO TÉLLEZ  
MARÍA DE LOS ÁNGELES LEÓN GÁMEZ**

**PERFIL LOGÍSTICO DE COLOMBIA  
Sector Hidrocarburos – Parte 2**

**TRABAJO DE GRADO**

**Bogotá D.C. 2014**

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO**



**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO**

**AUTORES:**

**ÁNGELA PAOLA PUERTO TÉLLEZ  
MARÍA DE LOS ÁNGELES LEÓN GÁMEZ**

**PERFIL LOGÍSTICO DE COLOMBIA  
Sector Hidrocarburos – Parte 2**

**TRABAJO DE GRADO**

**TUTOR:**

**ANDRÉS FELIPE SANTOS HERNÁNDEZ**

**Bogotá D.C. 2014**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Mis más sinceros agradecimientos a mi familia y amigos por impulsarme siempre a dar lo mejor de mi, a la Universidad y a nuestro tutor Andrés F. Santos por creer en nuestras habilidades y capacidades.*

*Ángela Paola Puerto Téllez*

*A mi familia y amigos por apoyarme durante estos cinco años, a nuestro tutor por guiarnos durante este proceso*

*María León Gámez*

## **DEDICATORIA**

*Para Ma y Pa, personas grandiosas que impulsan mi vida.*

*Ángela Paola Puerto Téllez*

*Este trabajo de grado lo dedico a Rosalba, por su alegría y constancia durante toda su vida*

*María León Gámez*

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	12
1. CARACTERIZACIÓN MUNDIAL .....	15
2. PANORAMA NACIONAL.....	17
3. PROBLEMÁTICA DEL SECTOR.....	22
4. CADENA DE SUMINISTRO .....	24
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO.....	24
4.2. PROVEEDORES .....	24
4.3. PRODUCTORES .....	25
4.4. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO.....	29
4.5. CLIENTE .....	31
4.6. LOGÍSTICA INVERSA .....	32
4.7. VSM (VALUE STREAM MAPPING).....	33
5. PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD.....	37
6. GREMIOS.....	38
7. TRANSPORTE .....	40
8. CASO DE ESTUDIO.....	43
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
10. BIBLIOGRAFÍA .....	45

## TABLA DE LISTAS ESPECIALES

Ilustración 1 Ficha Técnica Sector Hidrocarburos.....	14
Gráfico 1 Consumo Mundial de Petróleo vs. Producción Mundial de Petróleo (barriles/día) .....	16
Gráfico 2 PIB Petrolero e Inversión Extranjera Directa al Sector .....	18
Gráfico 3 Producción de Petróleo y Gas por Departamento 2012.....	20
Gráfico 4 Participación en la Producción de Petróleo 2011-I.....	29
Ilustración 2 VSM Sector Hidrocarburos .....	35
Tabla 1 Tiempos y Cantidades en la Cadena de Suministro Sector Hidrocarburos .....	36
Gráfico 5 Tarifas de Transporte Oleoductos en Colombia .....	41

## GLOSARIO

**Asfalto:** Hidrocarburo sólido o semisólido usado en pavimentación, recubrimiento protección o impermeabilización, provenientes de la destilación del petróleo u obtenidos directamente de yacimientos de hidrocarburos.

**Árbol De Navidad (Válvula):** conjunto de válvulas sobre la boca del pozo que sirve para controlar la extracción del petróleo.

**Balancín:** Equipo mecánico para succionar el petróleo del subsuelo, también denominado como ‘machín’.

**Barril (bl):** Es la unidad de medida del volumen de Hidrocarburos Líquidos que equivale a cuarenta y dos (42) galones de los Estados Unidos de América, corregidos a condiciones estándar (una temperatura de sesenta grados Fahrenheit (60° F) y a una (1) atmósfera de presión absoluta). Para calcular niveles de producción y consumo se utiliza la sigla bpd (barriles por día).

**Camión-Cisterna:** Convoy formado por un tractor y un tanque montado en el chasis de la plataforma acoplada (Semi-remolque).

**Camión-Tanque:** en el Transporte de Hidrocarburos, es el vehículo automotriz equipado con un tanque de Carga montado sobre su chasis, conformando una sola unidad.

**Consulta Previa:** es el derecho fundamental que tienen los pueblos indígenas y los demás grupos étnicos cuando se toman medidas (legislativas y administrativas) o cuando se vayan a realizar proyectos, obras o actividades dentro de sus territorios, buscando de esta manera proteger su integridad cultural, social y económica y garantizar el derecho a la participación.

**Cuello de Botella:** Problema u obstáculo que se presenta durante una actividad en cualquiera de sus áreas de proceso y que impide o dificulta su buen desarrollo.

**Exploración:** Son todos los trabajos y obras que el contratista ejecuta en el terreno del Área Contratada para determinar la existencia y ubicación de Hidrocarburos en el subsuelo, que

incluyen pero no están limitados a métodos geofísicos, geoquímicos, geológicos, cartográficos, y en general, las actividades de prospección superficial, la perforación de Pozos Exploratorios y otras operaciones directamente relacionadas con la búsqueda de Hidrocarburos en el subsuelo.

**Hidrocarburo:** Compuesto orgánico, gaseoso, líquido o sólido, que consiste principalmente de carbono e hidrógeno.

**Licencia Ambiental:** es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje; la cual sujeta al beneficiario de ésta, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada.

**Oleoducto:** tubería provista de bombas y otros aparatos para conducir el petróleo a larga distancia.

**Perforación exploratoria:** consiste en la perforación de pozos, cuya finalidad es llegar hasta la capa de roca donde posiblemente se pudieron acumular los hidrocarburos, en esta etapa se hace una adecuación del terreno y el levantamiento de campamentos (para el personal), con un taladro se perforan las capas de roca que están debajo de la tierra y posteriormente estas son tratadas con grandes cantidades de agua para un tratamiento de limpieza.

**Petróleo:** Aceite de roca. Mezcla de Hidrocarburos que se encuentran en estado líquido a las condiciones iniciales de presión y temperatura del Reservorio y que mayormente se mantiene en estado líquido a condiciones atmosféricas.

**Pozo Exploratorio:** es un pozo a ser perforado por el contratista en busca de yacimientos de Hidrocarburos, en un área no probada como productora de Hidrocarburos.

**Producción:** Son todas las operaciones y actividades realizadas por EL CONTRATISTA en un Área de Producción en relación con los procesos de extracción, recolección, tratamiento, almacenamiento y trasiego de los Hidrocarburos hasta el Punto de Entrega, el Abandono y las demás operaciones relativas a la obtención de Hidrocarburos.

**Refinería:** es un enorme complejo donde el petróleo crudo se somete en primer lugar a un proceso de destilación o separación física y luego a procesos químicos que permiten extraerle buena parte de la gran variedad de compuestos, se pueden obtener por encima de los 2000 productos, estos productos que se sacan del proceso de refinación se llaman derivados y los hay de dos tipos: los combustibles, como la gasolina, A.C.P.M., etc., y los petroquímicos, tales como polietileno, benceno, etc.

**Reservas petroleras:** cantidades de petróleo que se considera pueden ser recuperados comercialmente a partir de acumulaciones conocidas a una fecha futura. Todos los estimados de reservas involucran algún grado de incertidumbre. La incertidumbre depende principalmente de la cantidad de datos de ingeniería y geología, confiables y disponibles a la fecha del estimado y de la interpretación de estos datos. El grado relativo de incertidumbre aplicado por colocar las reservas en una de las dos clasificaciones principales, ya sea probadas o no-probadas. Las reservas no-probadas son menos ciertas a ser recuperadas que las probadas y pueden ser sub-clasificadas como reservas probables y posibles para denotar progresivamente el incremento de la incertidumbre en su recuperación.

**Stakeholders:** Son todos los interesados en el desarrollo del sector: inversionistas independientes, empresas E&P, empresas de servicios petroleros, banca de inversión, proveedores de maquinaria y equipo y la agencia reguladora del estado.

**Value Stream Mapping (VSM):** mapeo de la cadena de valor, es una herramienta visual de Lean Manufacturing que permite identificar todas las actividades en la planeación y la fabricación de un producto, con el fin de encontrar oportunidades de mejoramiento que tengan un impacto sobre toda la cadena y no en procesos aislados.

## **RESUMEN**

El perfil logístico del sector hidrocarburos parte de una caracterización mundial y nacional del mismo en el que se resalta la posición del país respecto a la región en cuanto a la participación en consumo y producción de petróleo, además de contar con un análisis del comportamiento de los principales indicadores como lo son los históricos del precio del barril de petróleo, producción diaria, participación en el PIB, Inversión Extranjera Directa o IED y Balanza Comercial. Luego se presentan las principales problemáticas del sector en cuanto a medio ambiente, infraestructura, conflicto armado, disminución de reservas, alternativas energéticas, etc., que presentan un obstáculo para el desarrollo y competitividad del sector.

A continuación se encuentra la información asociada con la cadena de suministro de los hidrocarburos, se caracteriza el producto y se trata eslabón por eslabón comenzando por los proveedores, pasando por producción, almacenamiento, distribución, transporte clientes, logística inversa y finalizando con un mapa de agregación de valor o VSM por sus siglas en inglés.

A partir de esto se analiza el estado de productividad y competitividad del sector; se dan a conocer las principales asociaciones y agremiaciones del mismo, se realiza un análisis especial a la situación de fletes y transporte. Todo con el fin de dar a conocer una fotografía del estado actual de los hidrocarburos en Colombia.

## **PALABRAS CLAVE**

- Logística
- Hidrocarburos
- Productividad
- Competitividad
- Petróleo
- Infraestructura
- Transporte

## **ABSTRACT**

The logistic profile of the hydrocarbon sector starts from a global and national characterization, in which the country's position relative to the region for participation in oil consumption and production is highlighted, in addition there is an analysis of the behavior of key indicators such as historical price of a barrel of oil, daily production, GDP participation, FDI or Foreign Direct Investment and Trade Balance. The main problems of the sector are then presented in terms of environment, infrastructure, armed conflict, dwindling reserves, alternative energy, etc., which have become an obstacle to the development and competitiveness of the sector. Then the information associated with the supply chain hydrocarbons are found, the product features and a description link by link, starting with the suppliers, and going through production, storage, distribution, transport, customers, reverse logistics and ending with a value stream map (VSM).

Productivity, competitiveness, main associations and unions of the sector are also analyzed; with a special section on freight and transport. All in order to present a picture of the current state of hydrocarbons in Colombia.

## **KEYWORDS**

- Logistics
- Hydrocarbons
- Productivity
- Competitiveness
- Oil
- Infrastructure
- Transportation

## INTRODUCCIÓN

El petróleo ha sido a lo largo del último siglo el motor energético que ha impulsado la economía mundial, dado el creciente consumo energético a nivel mundial el petróleo se ha posicionado como un bien finito de alta dependencia con una fuerte demanda que es cada vez más difícil de encontrar. Debido a la alta demanda de petróleo y de sus derivados, los países productores han trabajado durante los últimos años en pro de incrementar su capacidad técnica y productiva, encontrar nuevas reservas que suplan la necesidad de combustibles fósiles y generar procesos productivos más eficientes y ecoamigables. La incidencia de los hidrocarburos se ve reflejada en la mayor parte de las actividades de la sociedad a nivel industrial, comercial y doméstico, lo cual hace que la sustitución de este sector en el corto y/o mediano plazo sea muy difícil, cualquier cambio en este insumo requeriría transformaciones en la red general de infraestructura que provee de este producto a nivel mundial, principalmente en el contexto de transporte dado el nivel representativo de los combustibles convencionales en este sector; aunque los combustibles alternativos están disponibles en el mercado, el petróleo sigue representando el 87% del combustible para el transporte. (WEF, 2013)

Desde el año 2000 el crecimiento de este sector se ha enfocado en los países emergentes por lo que

Colombia se ha comenzado a posicionar como un importante país productor en la región, con una alta dinámica de crecimiento y desarrollo que han incentivado la inversión y presencia de compañías extranjeras en el país. Los hidrocarburos y en específico el petróleo y el gas, son pilares de la economía colombiana pues garantizan el abastecimiento interno de energía de la nación y además generan un nivel considerable de ingresos para el Gobierno provenientes de inversión, regalías, impuestos y dividendos, aportes que representan alrededor del 14% de los ingresos corrientes del Gobierno Central. ((ACP), 2012) En este sentido, se aprecia la importancia del sector energético para el país con su introducción en los dos últimos Planes Nacionales de Desarrollo (2003–2006 y 2006–2010), los cuales catalogan la actividad minera y petrolera como estratégica y dirigida a la generación y promoción de la inversión extranjera directa en Colombia. (CAMPETROL, 2012)

Actualmente Colombia es el tercer productor de petróleo en Latinoamérica, su producción ha aumentado de un 69% pasando de 551 mil bpd (barriles por día) en 2004 a 929 mil bpd a Julio de 2011, muy cerca de lograr la meta de un millón de bpd propuesta por el gobierno nacional. Para el año 2003 solo el 4,8% de los pozos explorados eran exitosos, actualmente esta cifra supera el 30%; el precio del petróleo ha aportado un incentivo significativo para el desarrollo y crecimiento de esta industria a nivel mundial y en específicamente en Colombia. (PROEXPORT, 2011)

Con el objetivo de contextualizar la realidad del sector de hidrocarburos en el país, se presentará la caracterización mundial comparando el comportamiento de Colombia frente a los demás países; una caracterización a nivel nacional que describa la situación actual del país en materia petrolera incluyendo la problemática que afecta el sector; se desarrollará la cadena de suministro del sector explicando cada uno de los eslabones involucrados presentando las variables que inciden en cada uno, identificando las posibles oportunidades o fallas que tiene el sector de acuerdo a cada eslabón en particular y se esquematizarán los procesos generales a través del mapeo de la cadena de valor (VSM); se dedicará igualmente una sección al transporte de hidrocarburos, identificando los costos y fletes en los que incurre este sector diariamente; se buscará darle realidad al estudio a partir de encuestas y entrevistas dirigidos a los principales stakeholders del sector con los cuales se consolidará la percepción empresarial en materia de petróleo y gas en Colombia; adicionalmente se levantará un caso de estudio con cifras y costos actuales, que busca presentar la aplicación real del estudio en una empresa en particular; finalizando con las respectivas conclusiones y recomendaciones que se busca, sirvan de apoyo para los procesos de toma de decisión de los empresarios del sector hidrocarburos en el país.

## Ilustración 1 Ficha Técnica Sector Hidrocarburos

### Sector Hidrocarburos

#### Indicadores Clave:

Participación PIB Nacional ..... 8,1%\*

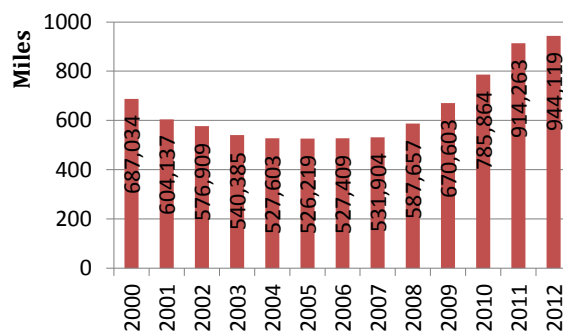
Exportaciones CIF..... USD 31.642\*\*

Importaciones FOB..... USD 5.626\*\*

Inversión Extranjera Directa ..... USD 4.356

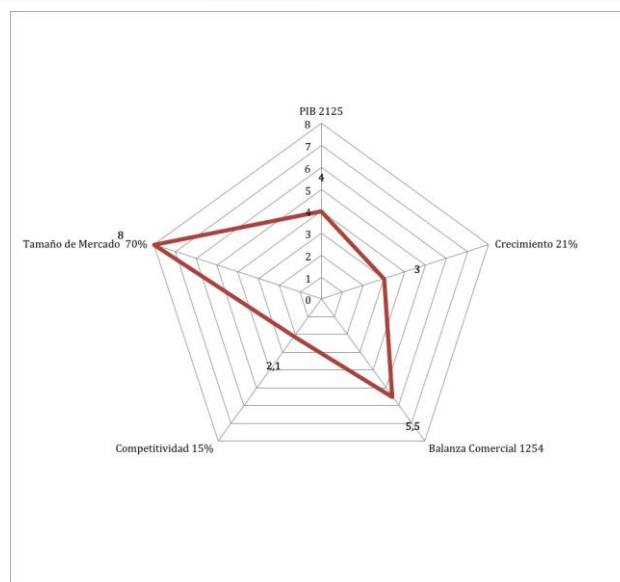
Fuente: Revista ACP 4ª Edición, Marzo- Mayo 2013

Producción Anual de Petróleo BPDC



#### Principales Variables del Sector

Variable	Valor	Puntuación
PIB	2125	4
Crecimiento	21%	3
Balanza Comercial	1254	5,5
Competitividad	15%	2,1
Tamaño de Mercado	70%	8



IED en Colombia Según Sectores, 2009-2010

Petróleo	Minas y Canteras	Financieros	Manufactureras	Comercio, Rest. Y Hoteles	Construcción
35,6%	34,4%	11,2%	7,9%	7,3%	3,5%

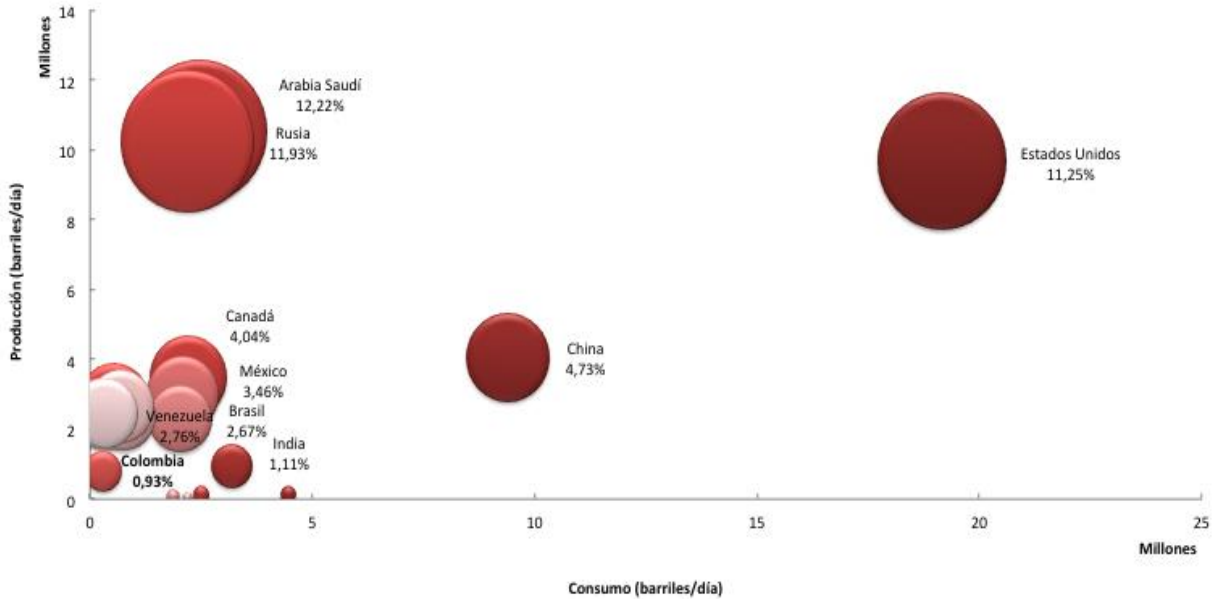
## 1. CARACTERIZACIÓN MUNDIAL

En 2011 las reservas probadas mundiales de petróleo crudo se ubicaron en 1,652.6 miles de millones de barriles (MMMb), 1.9% superior respecto a las registradas en 2010. La relación reserva-producción (R/P) se ubicó en 54.2 años a nivel mundial en el 2011. De dicho volumen, 72.4% correspondió a los países de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Por otro lado, la región de Medio Oriente concentró 48.1% de las reservas mundiales. La producción mundial de petróleo para el año 2011 fue de 83,575.7 miles de barriles diarios (Mbd), 1.3% mayor respecto a 2010, Medio Oriente produjo 33.1% de dicho total; en Arabia Saudita la producción correspondió a 13.4% del total mundial. La Federación Rusa, que forma parte de la región Europa y EuroAsia, aportó 12.3% de la producción mundial. Estados Unidos fue el tercer país productor del mundo, con 9.4%. (Secretaría de Energía, 2012). En 2011, la producción mundial de petróleo crudo fue de 83,575.7 miles de barriles diarios (Mbd), 1.3% mayor respecto a 2010, Medio Oriente produjo 33.1% de dicho total y Arabia Saudita produjo 13.4% del total mundial. La Federación Rusa, que forma parte de la región Europa y Euroasia, generó un 12.3% de la producción mundial y Estados Unidos fue el tercer país productor del mundo, con 9.4%. Por último respecto al comercio internacional de este recurso natural éste ascendió a 38,853.6 Mbd (Secretaría de Energía, 2012), los principales países exportadores de crudo fueron Arabia Saudita (7,218.1 Mbd), Rusia (5,786.3 Mbd) e Irán, otros países que lograron importantes incrementos de sus exportaciones fueron Emiratos Árabes Unidos, Iraq, Kuwait y Canadá. Los principales destinos de dichas exportaciones fueron Estados Unidos (8,914.4 Mbd), China (5,073.8 Mbd), Japón e India (Organization of the Petroleum Exporting Countries, 2012).

Se estima que la producción mundial de petróleo crudo a nivel mundial alcance 109.9 MMbd para el año 2035, lo que representará un incremento de 1.0% promedio anual durante el periodo 2010-2035, la producción de los países con economías emergentes de América Latina y la de fuentes no convencionales serán factores clave para este incremento (Secretaría de Energía, 2012).

Sin embargo en comparación con los principales países productores y consumidores de petróleo, la participación de Colombia en el mercado mundial de producción de crudo es del 0,93% para el periodo comprendido entre el 2010 y 2011, lo que corresponden a cerca de 900.000 barriles diarios, mientras que para Arabia Saudí, principal productor, las producción supera los veinte millones de barriles diarios.

**Gráfico 1 Consumo Mundial de Petróleo vs. Producción Mundial de Petróleo (barriles/día)**



Fuente: Index Mundi

Vale la pena destacar el papel de los Estados Unidos como productor y consumidor, especialmente en este último aspecto ya que es el país que más petróleo demanda (19 Millones de barriles al día), entre tanto Colombia solamente consume el 0,41% de la oferta mundial. Entre otros países consumidores se encuentran China, Japón e India.

## 2. PANORAMA NACIONAL

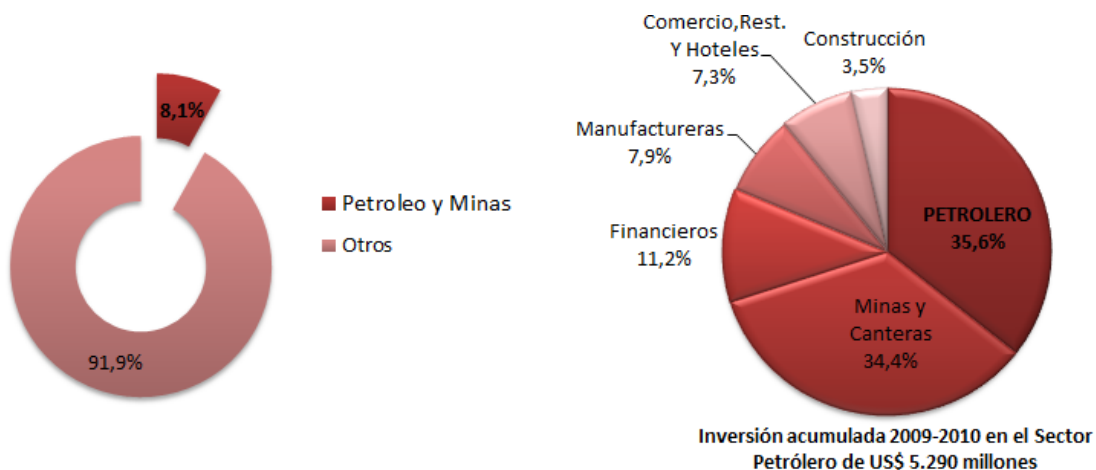
La evolución que ha presentado el sector petrolero colombiano en la última década es bastante alentador, la producción de crudo se ha duplicado, alcanzando casi el tan anhelado millón de barriles diarios, la actividad petrolera contractual ha cuadruplicado su número y la cantidad de pozos perforados se ha incrementado en casi un 700%. Para 2011 el gobierno se había propuesto superar la barrera histórica del millón de barriles diarios, sin embargo, una serie de hechos circunstanciales en el transporte de crudo que obedecen principalmente a problemas de orden público y capacidad de los oleoductos impidieron alcanzar la meta propuesta por el gobierno. La cantidad de reservas petroleras de Colombia ha presentado una variación positiva en los últimos 3 años, alcanzando en 2010 más de 2000 millones de barriles, esta cantidad es suficiente para autoabastecerse durante 8 años más en el caso hipotético de que Colombia detenga la exploración en su totalidad y deje de hacer descubrimientos petrolíferos, a este indicador de tiempo se le llama RP (reservas sobre petróleo). (Análisis Bancolombia, 2012)

Las entidades de regulación en el sector de Hidrocarburos en Colombia son dos: El Ministerio de Minas y Energía, que se encarga de coordinar, ejecutar y controlar las políticas públicas gubernamentales en materia de recursos Minero-Energéticos y, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), que se encarga de administrar las áreas hidrocarburíferas de la Nación y las asigna para su exploración y explotación y también evalúa el potencial hidrocarburífero del país. (PROEXPORT, 2011) A esta agencia se le debe parte del gran éxito petrolero del país en los últimos años, incentivada por la crítica situación que atravesaba el país a finales de la década de los noventa generó procesos de transformación en el sector, lo cual provocó que Colombia se convirtiese en uno de los países más atractivos para la inversión extranjera en Latinoamérica, considerando el sistema de regalías que tiene relación directa con la producción diaria, por lo que a menor producción el monto a pagar al Estado será menor; con esto a su vez el país pretende ser atractivo tanto para compañías grandes como para empresas pequeñas.

El precio del petróleo ha aportado el incentivo para el desarrollo y crecimiento de esta industria a nivel mundial y específicamente en Colombia. La producción de petróleo y gas en Colombia se incrementó 49% y 77%, respectivamente, en los últimos 6 años, en parte gracias a la buena

gestión de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), y el buen clima de negocios que ofrece Colombia para las empresas del sector. La producción de petróleo crudo en 2010 alcanzó los 785 KBPD; a septiembre de 2011 el promedio fue de 904 KBPD. ( CAMPETROL, 2012) Este sector aporta un 8,1% al PIB total del país, en cuanto a inversión extranjera directa el sector petrolero representa un 35,6%.

**Gráfico 2 PIB Petrolero e Inversión Extranjera Directa al Sector**



Fuente: DANE-Banrep

En Colombia y en el mundo, la producción y comercialización de hidrocarburos (principalmente de petróleo) requiere grandes despliegues logísticos que van desde la etapa de exploración hasta la exportación; cada una de ellas con necesidades y requerimientos complejos y particulares. Según Alejandro Martínez del Ministerio de Minas y Energía, “el tema de la logística en el sector de los hidrocarburos es bastante complejo; los encadenamientos que se deben hacer son muy grandes dado que se requieren inversiones importantes de capital, desde la exploración misma hasta la venta en el surtidor al consumidor final”.

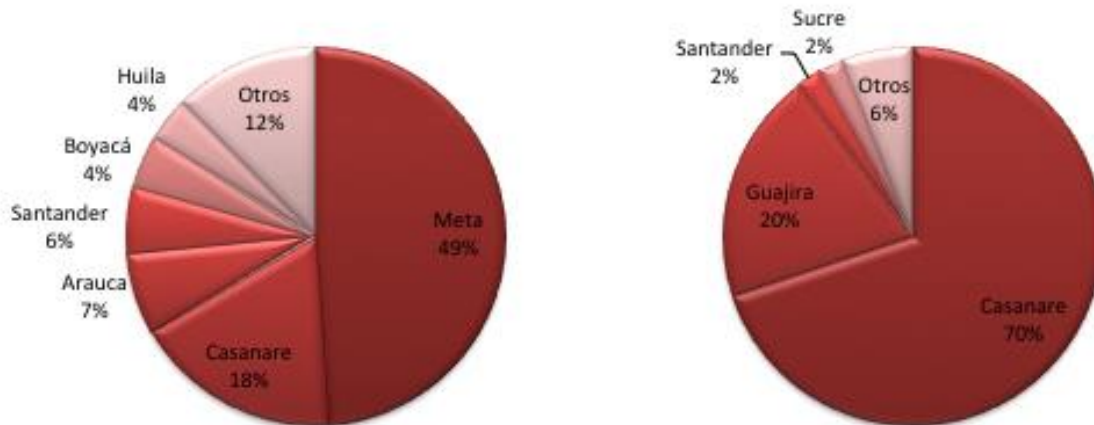
En Colombia, la complejidad logística es mayor debido a la infraestructura del país. De acuerdo con Antonio Pérez Guzmán, gerente corporativo de logística y materiales de Pacific Rubiales Energy, “las principales problemáticas en la logística de abastecimiento son dos: la disponibilidad de materiales localmente y la infraestructura”. La industria del petróleo y en general, de los hidrocarburos tiene una alta especialización en equipos y materiales. La innovación tecnológica es necesaria para los nuevos proyectos y en ese sentido, la industria

nacional carece de ciertos avances, lo cual hace necesario acudir a proveedores internacionales, que son quienes suministran la mayoría de los recursos físicos necesarios para las operaciones; esta realidad exige que la logística de importaciones sea lo suficientemente eficiente, sobre todo en temas de transporte de carga seca, para poder llegar con un costo eficiente a los campos petroleros con toda la maquinaria, repuestos, y equipos en general. (Vargas, 2013) En cuanto a infraestructura se refiere, la problemática es aún mayor. Según Pérez Guzmán, “la baja disposición, disponibilidad y calidad de carreteras y la imposibilidad de hacer transporte multimodal, por ejemplo fluvial o férreo, es típica de un país tercermundista. El transporte terrestre es altamente impactado en sus costos y sobre todo en sus tiempos, por la poca versatilidad de las vías”.

Todos estos factores hacen que el costo de producción y adquisición de materiales, equipos y nuevas tecnologías se eleve considerablemente, más aún cuando los campos de petróleo se encuentran lejos de las costas, principalmente en el interior del llano y en el suroccidente del país, lo que contribuye a hacer cada vez más compleja la cadena de abastecimiento, así como las operaciones logísticas necesarias para la producción. No obstante, según el Ministerio de Minas y Energía: “El segmento de transporte de hidrocarburos en Colombia continúa creciendo para responder al crecimiento de la producción de las compañías que operan en el país”. De acuerdo con Ecopetrol, en el 2011 este segmento registró un aumento del 13% en la capacidad total del transporte de crudo y un 27% en la capacidad total de transporte de productos, lo que se considera como una ventaja del país en aras de aumentar sus exportaciones y a fin de evitar que la infraestructura se convierta en un cuello de botella. (Análisis BanColombia, 2012)

A continuación se presenta una gráfica en la que se muestra la producción de petróleo en el año 2012 en Colombia, teniendo como principales variables la producción fiscalizada de petróleo por departamento (Barriles Por Día Calendario - BPDC) y el aporte de los departamentos en la producción Nacional, que está en porcentaje.

**Gráfico 3 Producción de Petróleo y Gas por Departamento 2012**



Fuente: (Ministerio de Minas y Energía, 2012)

La inversión en producción fue muy dinámica en el 2012, de acuerdo con información del Ministerio de Minas y Energía, Estadísticas de producción, se perforaron 1.100 pozos de desarrollo, lo cual representa un incremento del 50% frente a la actividad registrada en el 2011. Esta dinámica en perforación de pozos, y las demás inversiones en producción y transporte, hicieron posible que el país alcanzara el más alto volumen de producción de hidrocarburos en la historia del país, especialmente en petróleo.

En diciembre del 2012 se alcanzó una producción de crudo de 980.558 BPD, y el promedio del año fue de 944.121 bpd. Esto representó un incremento del 3% frente al volumen de producción registrado en el 2011 y un 17% superior a la producción del año 2010. La cuenca de mayor producción del año 2012 fue la de los Llanos Orientales, que aportó casi un 74% de la producción total, subiendo un punto porcentual frente al 2011 y cuatro frente al 2010. Dentro de esta cuenca, los departamentos con mayor producción de crudo fueron: Meta, con 461.816 barriles diarios; Casanare, con 166.847 y Arauca, con aproximadamente 65.002 barriles diarios. (Ministerio de Minas y Energía, 2012).

La producción de gas tuvo una disminución de -0,48 MPCPDC (millones de pies cúbicos por día calendario) de un año a otro, puesto que en diciembre del 2012 hubo una producción promedio

de 3.036,56 MPCPDC y en diciembre del 2011 fue de 3.037,04 MPCPDC, lo cual no fue muy favorable. Los departamentos que tuvieron en el año 2012 una mejor producción y participación fueron Casanare con un porcentaje del 69,9 y la Guajira con el 19,8 por ciento. Comparándolo con el año 2011 estos dos departamentos tuvieron un decrecimiento, el Casanare fue del -0,1 por ciento y la Guajira del -1,3 por ciento. (Ministerio de Minas y Energía, 2012)

### 3. PROBLEMÁTICA DEL SECTOR

Los últimos dos años han sido difíciles para el sector de hidrocarburos en Colombia, debido a problemas de ámbito circunstancial como demoras en licencias, atentados terroristas y falta de garantías a la explotación de nuevos yacimientos, que hace que las cosas no resulten como querían las petroleras que operan en el país.

Colombia está viviendo una declinación de reservas probadas, de 1,4 billones de barriles de petróleo y en descenso. No tiene nuevos, ni importantes descubrimientos en el País, por lo que el país está sólo agregando entre 20 y 40 millones de barriles de petróleo y gastando alrededor de 200 millones, por año. Los prospectos considerados grandes o de gran impacto son siete (Gibraltar, Tame (Pozo Capachos-1), Niscota, Río Horta, Dindal Profundo, Tierra Negra y San Gabriel), los cuales, a la fecha, no se han concretado y el nivel de importaciones de hidrocarburos aumenta cada año. La falta de inversión local en temas de exploración es otro inconveniente, ya que grandes multinacionales renunciaron a entrar a la oferta de nuevos bloques. Esto, dado que los actuales territorios no presentan la misma probabilidad de hallazgos como antes, provocando a su vez que las compañías locales desistan de realizar inversiones adicionales.

Las operaciones logísticas que se deben realizar en la mayoría de los casos dentro del sector de los hidrocarburos son bastante variables y dinámicas. Por una parte, a lo largo de la actividad de exploración, producción y exportación se debe mover mucha carga extra dimensionada y extra pesada, lo cual exige una estructura logística determinada, pero por otra, también se movilizan proyectos de carga a granel, lo cual requiere de otro tipo de planteamiento logístico. Cuando se inicia la actividad exploratoria, por ejemplo, se requiere ingresar a regiones muy apartadas, con grupos de entre 100 y 300 personas, a realizar la actividad de exploración sísmica. A estos colaboradores se les debe proveer alojamiento, alimentación, agua potable y atención médica, entre otros servicios, además de la maquinaria y equipos necesarios para desempeñar su labor, lo que implica un gran despliegue logístico para garantizar su correcta operación. Incluso, en ocasiones, se deben construir carreteras de acceso a la zona específica. Todos estos desafíos, logísticamente hablando, crecen exponencialmente al momento de hallarse algún

descubrimiento, dado que para empezar a producir hay que desplegar un gran número de personas y equipos, debido a los requerimientos de distintos procesos paralelos que se deben desarrollar conjuntamente: transporte e instalación de equipos, desarrollo de programas ambientales, interconexión de redes, tuberías, electricidad, agua, desechos, vías de acceso, almacenamiento de equipos y repuestos, inventarios, y un largo etc. Estos retos hacen parte de un campo petrolero y son los que la logística debe contemplar. (Vargas M)

En el mundo, el consumo mundial de petróleo está alrededor de 29.000 millones de barriles anuales y en ascenso. Los descubrimientos de nuevos yacimientos en el mundo, solo agregan entre 10.000 y 11.000 millones de barriles por año que es alrededor del 30% a 33% del consumo mundial actual, pocas opciones de yacimientos grandes en zonas exploradas hasta el momento, sólo queda explorar en zonas inaccesibles hasta ahora como: mares profundos, estepas, selvas, polos, etc., lo cual implica la utilización de tecnologías muy costosas y de una logística complicada que requiere altos niveles de precios de venta. Aún no hay opciones energéticas nuevas para enfrentar este problema, que según los expertos, será muy grave en el año 2016. Actualmente se reevalúan los factores de recobro en todos los yacimientos en explotación. Ya sea en el ámbito nacional o internacional los impactos que esta situación genera son muy grandes.

Desde el punto de vista ambiental, el sector Hidrocarburos tiene un amplio número de retos presentes en cada una de las etapas de este esquema productivo, dado el fuerte impacto ambiental que tiene en el ecosistema en general, que se basan principalmente en modelos de evaluación, racionalización, prevención, comunicación, mitigación, seguimiento y control durante el proceso que involucren de manera activa tanto a las comunidades involucradas como al Estado, para lo cual se deben desarrollar planes de manejo ambiental para cada impacto identificado como mínimo, que este en concordancia con las leyes ambientales pertinentes. Además cabe resaltar la influencia negativa que los combustibles fósiles tienen en el ecosistema, siendo responsables de un importante porcentaje de la contaminación atmosférica, de generar y potenciar el efecto invernadero, la lluvia ácida y la alteración de algunos ecosistemas alrededor del mundo.

## **4. CADENA DE SUMINISTRO**

La gestión de la cadena de suministro se ha convertido en una de las herramientas más importantes para el éxito no solo a nivel empresarial sino industrial de un país; su correcto manejo permite lograr ventajas frente a los competidores ya que permite un flujo ágil de productos, dinero e información de forma recíproca. Para el sector de los hidrocarburos, tal y como sucede para cualquiera, corresponde a la unión de los eslabones que parten desde la obtención y abastecimiento del crudo a la transformación del mismo en la inmensa cantidad de derivados, como los petroquímicos, los combustibles, plásticos, entre otros; incluyendo a proveedores, distribuidores, actividades de transporte primario de los productos, su almacenamiento, refinación y transporte final a los clientes nacionales e internacionales.

### **4.1. CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO**

Los hidrocarburos son recursos naturales que se encuentran en forma líquida o gaseosa debajo de la tierra; cuando se presentan en estado líquido se llaman PETRÓLEO y en estado gaseoso se llaman GAS. Hace muchos años grandes cantidades de animales y plantas murieron, quedando depositados al interior de la tierra. Su descomposición, por efecto de altas temperaturas y presiones, dio origen a los hidrocarburos. Se encuentran atrapados en el interior de la tierra, entre capas de materiales que no permiten que los hidrocarburos se desplacen a otro lugar. (Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), 2010)

El petróleo se puede igualmente clasificar en cuatro categorías: parafínico, naftenico, asfáltico o mixto y aromático. El crudo que fluye debe realizar viajes largos y antes de ser utilizado debe transportarse a la refinería para su transformación en productos de petróleo y estos productos deben distribuirse a los consumidores. En los primeros años, el crudo se empacaba en barriles, hoy en día se utilizan medios como los oleoductos para el transporte terrestre y los buques-tanques para el transporte marítimo.

### **4.2. PROVEEDORES**

Los proveedores de los hidrocarburos son los campos, ya que este recurso se encuentran atrapado al interior de la tierra. Para lograr extraerlo se necesitan maquinarias con tecnologías

especializadas que las promueven empresas prestadoras de Bienes y Servicios petroleros, en Colombia se encuentran las principales líderes del sector a nivel mundial, incluyendo a Schlumberger Limited que es la que más ingresos concentra en el país con un 19% en el 2010 (PROEXPORT, 2011), Halliburton Latin America, Baker Hughes, Weatherford y Smith International SA. Para la misma fecha y según el mismo reporte, se encontraban registradas un total de 180 empresas prestadoras de bienes y servicios petroleros, de las cuales 114 se encargaban de la prestación de servicios (84 nacionales, 30 extranjeras), las restantes 85 se dedicaban al suministro de bienes (62 nacionales y 23 extranjeras).

Las actividades de bienes y servicios ofrecidas por los proveedores son clasificadas en cuatro categorías, considerando el impacto, la oportunidad y el riesgo versus el presupuesto o gasto anual del comprador. Las categorías son las siguientes: rutinarios, relevantes, restrictivos y críticos.

### **4.3. PRODUCTORES**

En Colombia, el 30% de los pozos explorados son exitosos, más del 80% del territorio nacional no ha sido explorado y se goza de una excelente ubicación geográfica con costa en dos océanos (Pacífico y Atlántico) brindando así la oportunidad al inversionista de cubrir diferentes mercados a nivel mundial.

La producción es el proceso por el cual se extraen los hidrocarburos (petróleo y gas) desde la capa de roca hasta la superficie. En esta etapa se pueden perforar varios pozos de acuerdo al tamaño del yacimiento encontrado. Para extraer los Hidrocarburos se utilizan dos mecanismos: a través de válvulas llamadas Árbol de Navidad, cuando los hidrocarburos fluyen a la superficie por sí solos, y mediante una maquina llamada Balancín, cuando estos necesitan ayuda para subir a la superficie. Los siguientes son los requisitos para desarrollar el proceso de producción: (Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), 2010)

1. Cuando la actividad se va a desarrollar en territorio de grupos étnicos (indígenas o afrodescendientes) se debe surtir el proceso de consulta previa, como lo establece el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo -OIT-, ratificado por

Colombia mediante la Ley 21 de 1991. Este proceso es coordinado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).

2. Antes de iniciar las actividades se necesita obtener la licencia ambiental, otorgada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), según el Decreto 1220 de 2005.
3. Se deben obtener los permisos de aprovechamiento de los recursos naturales (forestal, agua y vertimientos, entre otros), ante la Corporación Autónoma Regional (CAR).
4. La compañía ejecutora del proyecto debe explicar a la comunidad, de manera clara y precisa, las actividades que quiere desarrollar.
5. Si el proyecto pasa por predios privados se deben obtener los permisos de servidumbre y realizar las compensaciones a las que haya lugar.

Antes de la producción, se deben realizar dos etapas que son esenciales en la cadena productiva de los hidrocarburos, las cuales son: la etapa de exploración sísmica, que consiste en un método que se utiliza para conocer las capas de rocas que se encuentran debajo de la tierra, se realiza para obtener una imagen del subsuelo, la cual puede mostrar donde se pudo haber acumulado un recurso natural. Es importante tener en cuenta que este estudio no determina la existencia de hidrocarburos (petróleo o gas) y que después de terminar el proceso la compañía que desarrolla el estudio tiene la obligación de abandonar el área en buenas condiciones técnicas, sociales y ambientales. La segunda etapa es la perforación exploratoria que consiste en la perforación de pozos, cuya finalidad es llegar hasta la capa de roca donde posiblemente se pudieron acumular los hidrocarburos. (Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), 2010)

La extracción, producción o explotación del petróleo se hace de acuerdo con las características propias de cada yacimiento. El petróleo extraído generalmente viene acompañado de sedimentos, agua y gas natural, por lo que deben construirse previamente las facilidades de producción, separación y almacenamiento.

Una vez separado de esos elementos, el petróleo se envía a los tanques de almacenamiento y a los oleoductos que lo transportarán hacia las refinerías o hacia los puertos de exportación. El gas natural asociado que acompaña al petróleo se envía a plantas de tratamiento para aprovecharlo en

el mismo campo y despacharlo como "gas seco" hacia los centros de consumo a través de gasoductos. En el caso de yacimientos que contienen únicamente gas natural, se instalan los equipos requeridos para tratarlo (proceso de secado, mantenimiento a una alta presión) y enviarlo a los centros de consumo a través de gasoductos.

A pesar de los avances alcanzados en las técnicas de producción, nunca se logra sacar todo el petróleo que se encuentra en un yacimiento. En el mejor de los casos se extrae el 50% ó 60%. (Facultad de Ingeniería -UBA, 2011)

A continuación se analiza el territorio colombiano por departamentos y su potencial de producción y exploración: (Universidad EAN, 2012)

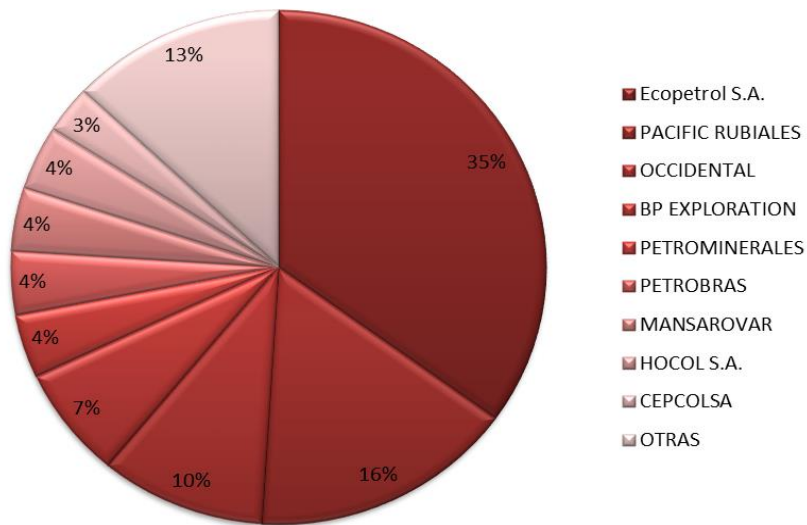
- Meta: se ha convertido en el mayor productor de crudo del país, sobresalen los campos Rubiales y Quifa. Por ser una tendencia relativamente nueva, la demanda de B&S para toda la cadena es alta. Sobresalen los servicios de exploración, mantenimiento y administración en la cadena, como los más potenciales de desarrollo.
- Casanare: cuenta con la mayor actividad petrolera por número de empresas ubicadas en el departamento. Es el segundo productor de petróleo del país. Su mayor pozo de producción es Cusiana-Cupiagua, demandado servicios (mantenimiento) en toda la cadena. Por su ubicación geográfica puede suplir los requerimientos en exploraciones aledañas como en el departamento de Vichada.
- Arauca: cuenta con uno de los pozos de producción de petróleo más antiguo del país Caño-Limón, el cual ha producido a lo largo de su historia más de 1.000 millones de barriles. Es el tercer productor del país, y por su tradición demanda servicios (mantenimiento) en la cadena. Por su ubicación geográfica puede suplir los requerimientos en Venezuela, específicamente en la región de la cuenca del Orinoco.
- Santander: gran demanda de B&S Petroleros al contar con la Refinería de Barrancabermeja, la más importante del país. Este departamento ocupa el cuarto puesto de producción petrolera en el país.

- Huila: cuenta con reservas ubicadas en el piedemonte de la cordillera central. Es el quinto productor del país. Estratégicamente posicionado como centro regional de operaciones de servicios para los departamentos aledaños como Caquetá y Valle.
- Putumayo: Es el séptimo productor del país. Cuenta con una alta actividad exploratoria, lo que demanda fuertemente la prestación de servicios petroleros. Estratégicamente posicionado como centro regional de operaciones de servicios para las operaciones en zonas de frontera con Ecuador y Perú.
- Cundinamarca: cuenta con un potencial de producción metalmecánico y de industria en general para ofrecer productos relacionados con la cadena de valor (empaques y accesorios para tubería). Su cercanía con la Capital lo hace propicio para convertirse en centro de operaciones de B&S.
- Bolívar: gran demanda de B&S Petroleros tras la dinámica que gira en torno de la refinería de Cartagena y en menor medida en la producción petrolera.
- Atlántico: fortaleza en la producción de bienes metal-mecánicos de gran dinámica para la industria petrolera (tubería y herramientas).

Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera en Colombia con un porcentaje de mercado cercano al 80%. Por su tamaño pertenece a las cinco principales petroleras de Latinoamérica. Cuentan con campos de extracción de hidrocarburos en el centro, sur, oriente y norte de Colombia, dos refinerías, puertos para exportación e importación de combustibles y crudos en ambas costas y una red de transporte de 8.500 kilómetros de oleoductos y poliductos a lo largo de toda la geografía nacional, que intercomunican los sistemas de producción con los grandes centros de consumo y los terminales marítimos. Ecopetrol S.A. es líder en Colombia y el socio primordial para explorar y producir hidrocarburos. (PROEXPORT, 2011)

Pacific Rubiales Energy es una compañía canadiense y la empresa independiente con mayor presencia en Colombia, viene siendo el segundo mayor productor.

**Gráfico 4 Participación en la Producción de Petróleo 2011-I**



Fuente: Campetrol con base en Ministerio de Minas y Energía

Ecopetrol S.A. lidera la producción total de petróleo en Colombia, con el 35%, según cifras publicadas en 2010. Otras empresas como Occidental de Colombia, BP Exploration Colombia y Pacific Rubiales Energy, poseen una participación importante dentro del sector de hidrocarburos en Colombia. Adicionalmente, la actividad de perforación de pozos se incrementó a una tasa promedio anual del 36%, alcanzando los 112 pozos exploratorios perforados en el 2011.

#### **4.4. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

El almacenamiento constituye un elemento de sumo valor en la explotación de los servicios de hidrocarburos ya que, actúa como un pulmón entre producción y transporte para absorber las variaciones de consumo, permite la sedimentación de agua y barros del crudo antes de despacharlo por oleoducto o a destilación, brindan flexibilidad operativa a las refinerías y actúan como punto de referencia en la medición de despachos de producto, y son los únicos aprobados. La vicepresidencia de transporte cuenta con una capacidad nominal de almacenamiento total de 19 millones de barriles para crudos y 6 millones de barriles para productos refinados. (Ministerio de Minas y Energía, 2009).

Este proceso de distribución usa instalaciones y vehículos para el transporte y almacenamiento de petróleo y gas a nivel nacional puede ser realizado por medio de oleoductos y gasoductos además de las modalidades corrientes como la terrestre mediante camiones cisterna, y marítima para el caso internacional a través de buques-tanques. En cuanto a infraestructura todo el sistema de transporte del petróleo tiene una extensión de 8.812 Km divididos entre oleoductos (5.325Km), poliductos(3.106Km) y propanoductos (381Km), su función consiste en el traslado desde los puntos de producción a los de refinación, almacenamiento o a los puertos para su exportación (Coveñas, Cartagena, Santa Marta, Buenaventura y Tumaco) (Semana, 2011). Los oleoductos suelen tener un diámetro desde 4 hasta 36 pulgadas de diámetro y pueden ser instalados en la superficie terrestre o subterránea y en puentes colgantes; para garantizar el flujo de producto se encuentran al inicio de cada oleoducto una estación de bombeo y almacenamiento, en ocasiones de acuerdo a la topografía existen puntos auxiliares para impulsarla. Hasta el día de hoy es el Oleoducto Central o más conocido como Ocesa el que cuenta con el mayor flujo de producto, contando con una capacidad de 560.000 barriles al día, seguido por el oleoducto de los llanos con 240.000 y el oleoducto Caño Limón-Coveñas con 220.000. Las tecnologías de estas instalaciones son diversas y permanentemente actualizadas procurando la llegada de los combustibles a sus usuarios en los lugares, momentos y cantidades requeridas, con el mínimo riesgo ambiental.

El transporte se realiza en baches sucesivos. Sucede normalmente que un poliducto de grandes dimensiones contenga cuatro o cinco productos diferentes en distintos puntos de su recorrido, que son entregados en la terminal de recepción o en estaciones intermedias ubicadas a lo largo de la ruta. Para esta operación se programan los envíos: las presiones y la velocidad de desplazamiento de cada producto son controladas por medio de centros de computación.

Las terminales de despacho son plantas de almacenamiento, donde se acopian los combustibles enviados desde las refinerías, a la espera de su carga en los camiones cisterna que abastecen a las estaciones de servicio. Además de los grandes tanques de almacenaje, un elemento central de estas terminales es el Laboratorio de Control de Calidad. Este permite asegurar que todas las partidas de combustible que se despachan en la planta estén dentro de las especificaciones requeridas. ( CAMPETROL, 2012)

La inversión en infraestructura de transporte en Colombia ha aumentado considerablemente en la última década, pasando de 44 a 1.842 millones de dólares desde el 2001 al 2011 (Marulanda, 2012) y se ha dado en gran medida al aumento en los hallazgos y la producción de crudo en el país.

Las refinerías también sirven como plantas de almacenamiento. Una refinaría es un enorme complejo donde el petróleo crudo se somete en primer lugar a un proceso de destilación o separación física y luego a procesos químicos que permiten extraerle buena parte de la gran variedad de compuestos, se pueden obtener por encima de los 2000 productos, estos productos que se sacan del proceso de refinación se llaman derivados y los hay de dos tipos: los combustibles, como la gasolina, A.C.P.M., etc., y los petroquímicos, tales como polietileno, benceno, etc. Las refinerías son muy distintas unas de otras, según las tecnologías y los esquemas de proceso que se utilicen, así como su capacidad.

En Colombia existen dos grandes refinerías que pertenecen a Ecopetrol: el Complejo Industrial de Barrancabermeja 240.000 barriles por día y la Refinería de Cartagena 78.000 barriles por día. A la primera se le llama complejo porque también posee procesos petroquímicos. El 71 % abastece mercado nacional y 29% exportaciones, Ecopetrol también tiene dos Minirefinerías: Apiay 2.500 barriles por día, destinada básicamente a producir Asfalto y Orito 2.000 barriles por día, a abastecer las necesidades internas. Adicionalmente el país cuenta con una refinería privada de 14.000 barriles por día en el Magdalena Medio. (Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), 2010)

#### **4.5. CLIENTE**

Los clientes principales de los Hidrocarburos son las gasolineras, si bien la gasolina es el derivado del petróleo más conocido por los colombianos, la verdad es que existen cientos de productos de la canasta familiar que provienen, directa o indirectamente, del crudo que se extrae de las profundidades del subsuelo colombiano.

En el último ranking realizado por el International Fuel Quality Center, IFQC, en el año 2009, sobre contenido de bencenos, Colombia se ubicó en el segundo lugar entre los 100 países con menor contenido de benceno en la gasolina, sólo superado por Corea del Sur. Lo anterior, es un esfuerzo de Ecopetrol que se traduce en un gran beneficio para la población colombiana. Respecto del contenido de azufre en las gasolinas, ECOPETROL entregó en promedio, durante el año 2009, 679 ppm de azufre en dicho combustible, y durante el primer trimestre de 2010 entregó 838 ppm de azufre, cumpliendo así con la Resolución 1180 de 2006, que establece el límite máximo permitido hasta el 30 de diciembre de 2010 que es de 1000 ppm de azufre en la gasolina. (Sector Hidrocarburos, 2011)

#### **4.6. LOGÍSTICA INVERSA**

En la cadena productiva de petróleo el impacto ambiental puede ser evaluado por medio de tres consideraciones: por la eliminación del material consumido, por las tecnologías que hacen el material nuevamente disponible o la combinación de ambas. Los derivados de petróleo son verdaderos enemigos del medio ambiente ya que se los encuentra en el suelo, en cuerpos hídricos y en el aire. (*Congreso Nacional de Investigación, 2011*)

En su empeño por respetar el entorno que lo rodea y ser ambientalmente responsable, Ecopetrol optimizó el proceso de disposición de residuos sólidos y comenzó a sacarle provecho comercial a sus desechos industriales a través del programa de logística inversa. Por su actividad en el área industrial, todos los días Ecopetrol maneja materias primas y productos que generan grandes cantidades de residuos sólidos, vertimientos y emisiones atmosféricas. Muchos de ellos pueden convertirse en elementos contaminantes y, por tanto, requieren una disposición adecuada para evitar que impacten negativamente el medio ambiente. Consciente de esta situación, la Dirección de Abastecimiento de Bienes y Servicios (DAB) puso en marcha en 2007 una estrategia para asegurar que la disposición y venta de excedentes y residuos producidos en todas las áreas operativas y administrativas de Ecopetrol se conviertan en un generador de valor para la sociedad.

Con esta estrategia, denominada Logística Inversa, se garantiza que Ecopetrol no tenga riesgos ambientales por una inadecuada finalización del ciclo de vida de los productos utilizados

principalmente en la operación o por una mala disposición de los residuos generados en los procesos. Por eso, las partes de computadores que ya no se usan, los aceites lubricantes usados, el papel de archivos antiguos o inactivos y los repuestos de máquinas que están inservibles o ya no se utilizan, se han convertido para Ecopetrol en artículos comerciales que generan beneficios económicos como ahorros o ingresos por ventas. Así, el foco de la estrategia se dirigió tanto a residuos de la operación tales como aceites lubricantes, residuos tipo asfalto, lodos y baterías, como a otros residuos generados en las labores administrativas como la chatarra electrónica, es decir, aparatos eléctricos y electrónicos que se desechan una vez cumplen su vida útil.

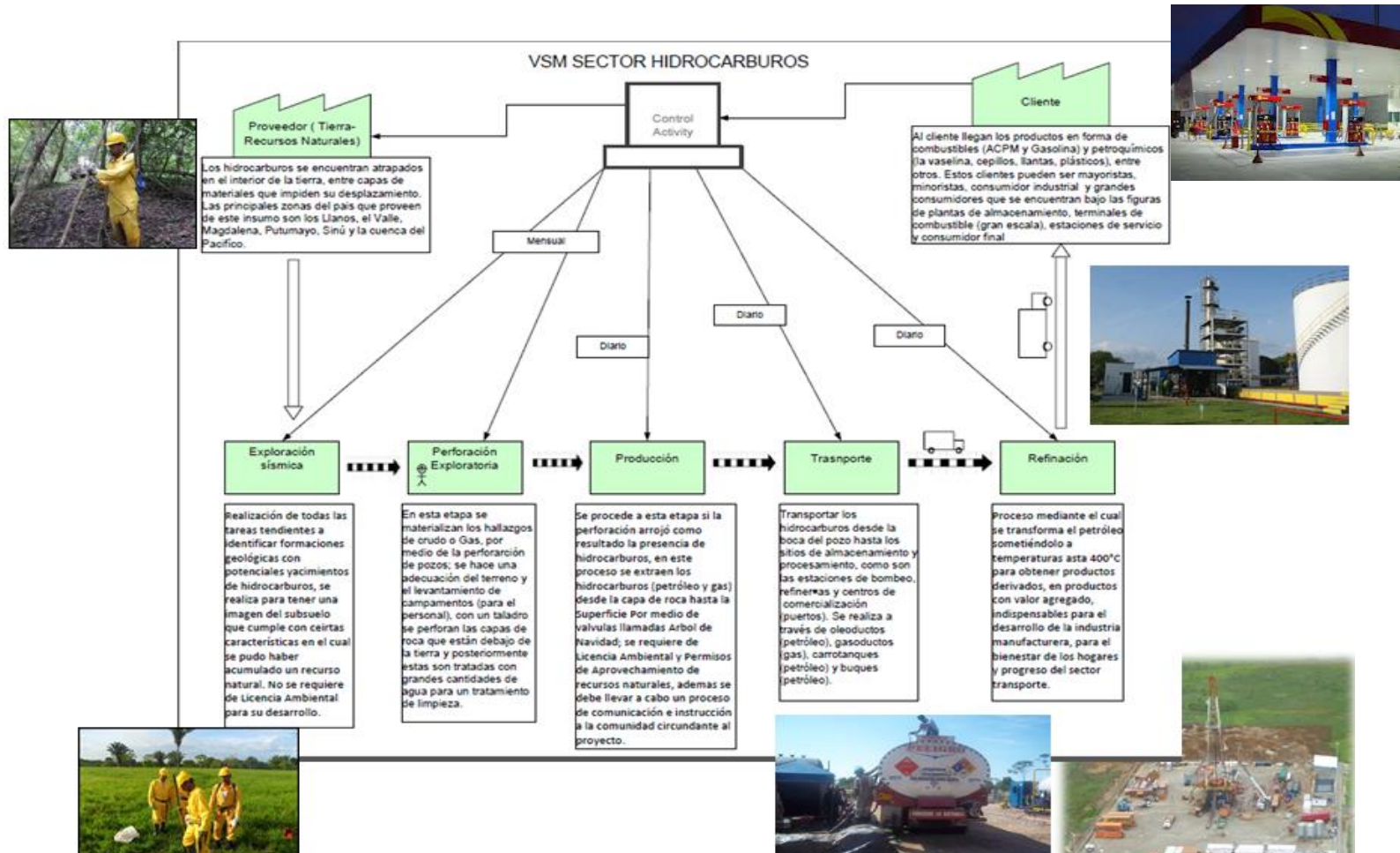
#### **4.7. VSM (VALUE STREAM MAPPING)**

Las materias primas de este sector provienen directamente de la tierra donde se ubican a través de capas de materiales en el subsuelo, las principales zonas del país que proveen de este insumo son los Llanos, el Valle, Magdalena, Putumayo, Sinú y la cuenca del Pacífico. Luego de ubicar un lugar con posibles yacimientos de hidrocarburos en la misma zona y de una fase de exploración sísmica, se procede a la perforación de pozos a través de los cuales se extraerá el hidrocarburo. Durante la perforación exploratoria se hace una adecuación del terreno y el levantamiento de campamentos (para el personal), con un taladro se perforan las capas de roca que están debajo de la tierra y posteriormente estas son tratadas con grandes cantidades de agua para un tratamiento de limpieza; la siguiente etapa es la producción en la cual se extraen los hidrocarburos (petróleo y gas) desde la capa de roca hasta la superficie por medio de válvulas llamadas Árbol de Navidad.

Los hidrocarburos obtenidos en esta etapa son transportados desde la boca del pozo hasta los sitios de almacenamiento y procesamiento, para ser transformados sometidos a temperaturas de hasta 400°C para obtener productos derivados, este transporte se realiza a través de oleoductos (petróleo), gasoductos (gas), carro tanques (petróleo) y buques (petróleo) y, los productos resultantes en forma de combustibles como el ACPM o la gasolina o los petroquímicos como cepillos, llantas y plásticos gasolina son distribuidos a los clientes que pueden ser mayoristas, minoristas, consumidores industriales y grandes consumidores que se encuentran bajo las figuras de plantas de almacenamiento, terminales de combustible (gran escala, ej.

puertos), estaciones de servicio y a través de estos directamente al consumidor final tanto en el territorio nacional como internacional.

## Ilustración 2 VSM Sector Hidrocarburos



Para cada una de las actividades descritas dentro del VSM del sector, se estimaron tiempos y cantidades a producir que permitan dimensionar un lead time cercano a la realidad respecto al proceso de los hidrocarburos, de la siguiente forma:

**Tabla 1 Tiempos y Cantidades en la Cadena de Suministro Sector Hidrocarburos**

No.	Actividad	Duración Estimada	Cantidad Promedio (barriles)
1	Exploración Sísmica	7 meses	N/A
2	Perforación exploratoria	10 meses	N/A
3	Producción	1 día	1.007.000
4	Transporte	1-5 días	400.000
5	Refinación	1 día	67.300

Fuente: Elaboración Propia

Las dos primeras fases son las de mayor duración dado que en estas se evalúan las posibles ubicaciones geográficas junto con sus condiciones para llevar a cabo procesos exitosos, las empresas cuentan con un lapso de 6 años para llevar a cabo los distintos programas exploratorios en las zonas acordadas con el gobierno. En el caso de la producción se maneja un tiempo de ciclo de un día en el cual se producen en promedio 1'007.000 barriles diarios de acuerdo con cifras a 2013 del Ministerio de Minas y Energía y para esta fase productiva se contara con un periodo de hasta veinticuatro (24) años para llevar a cabo las operaciones de desarrollo y producción en la zona. En el ámbito del transporte se manejan tiempos variables dependiendo de la distancia desde el pozo petróleo hasta el oleoducto, además de considerar los tiempos de cargue y descargue tanto de los camiones como de los buques, transportando una cantidad aproximada de 400.000 barriles ; por ultimo en la etapa de refinación se maneja un tiempo de ciclo igual que en la fase de producción, donde en promedio se manejan alrededor de 67.300 barriles al día teniendo en cuenta las cifras de las refinerías de Ecopetrol , la refinería privada del Magdalena Medio, entre otras.

## 5. PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD

En el caso de hidrocarburos, el petróleo ha mostrado a lo largo de la década un crecimiento promedio, en términos reales, de 3.9%. Este sector, ha avanzado de manera importante en los últimos años, al aumentar su participación dentro del PIB total de niveles del 4% en los años anteriores a 2008, a 9% en 2012 y su crecimiento ha alcanzado cifras de dos dígitos en los últimos cuatro años, con tasas cercanas al 15%. Este dinamismo ha sido posible debido a los importantes avances en la actividad exploratoria, así como el fortalecimiento institucional del sector, teniendo en cuenta el papel clave que juega la Agencia Nacional de Hidrocarburos. En el último año vale la pena comentar algunos hechos destacados: la Ronda Colombia 2012, que si bien sólo le llegó a poco menos del 50% de los bloques fue más exitosa que la del 2010; además retornaron los grandes jugadores al mercado y se licitó no convencionales y offshore; se creó Cenit, filial de ECOPETROL especializada en la operación de transporte (oleoductos), y, compañías como ECOPETROL y Pacific Rubiales están jugando en mercados externos. (ANDI, 2013, pág. 23).

Para el primer semestre de 2012, la inversión recibida en petróleo, hidrocarburos y minería asciende a US\$5.227 millones, con un crecimiento del 17% frente a igual período de 2011. Cabe resaltar que dentro de este crecimiento, electricidad, gas y agua fue el rubro que más aumentó en este primer semestre con respecto al mismo período del año anterior, al pasar de US\$245 millones a US\$452 millones, cifra que se traduce en un crecimiento de 84%, mientras que el petróleo y sus derivados aumentaron un 15% frente al mismo período del año anterior, y minas y canteras un 10%. (ANDI, 2013, pág. 26).

El sector petrolero actual está perdiendo competitividad, pero frente a lo que era hace algunos años. Los inversionistas tenían unas condiciones favorables, y si desmejoran un poco, ya no les interesa tanto el negocio. No se puede decir que el país sea menos competitivo que otros. Por ejemplo, en Perú se necesitan más de dos años para obtener una licencia ambiental, y aunque en Colombia han aumentado el tiempo para obtener los permisos, no es menos competitivo (Portafolio, 2013).

## 6. GREMIOS

Asociaciones y Agremiaciones relacionadas con el Sector:

- Fendipetróleo (Federación Nacional de Distribuidores de Derivados del Petróleo), es una corporación, entidad gremial de carácter permanente, de derecho privado, sin ánimo de lucro, creada en 1971 y establecida para ejercer sus actividades en todo el territorio nacional. Se encarga de fomentar el desarrollo de los distribuidores de combustible y gas natural vehicular, orientar, representar y proteger sus intereses dentro de un criterio de bienestar y progreso del país. (FENDIPETROLEO NACIONAL, 2011)
- CAMPETROL (Cámara Colombiana de Servicio Petroleros), trabaja con maquinaria especializada y con una plantilla de especialistas en el sector. Tiene dos gasolineras en Guadix y Salobreña no abanderadas, lo que les permite ofrecer precios fantásticos a todos los compradores. La calidad de los productos y la excelente atención personalizada ha permitido posicionarse como una de las mejores empresas del sector. (COMPETROL, 2013)
- ACP (Asociación Colombiana del Petróleo), es el gremio que agrupa a las compañías petroleras privadas en Colombia. Los miembros de la Asociación desarrollan actividades de exploración, explotación, transporte y distribución de petróleo, sus derivados y gas natural. Se encarga de Identificar, representar y promover los intereses comunes de la industria privada de hidrocarburos, en aquellas áreas donde actuar como gremio produce mayor valor, con el fin de propiciar un ambiente que viabilice y estimule la inversión y el crecimiento sostenible de la industria y del país. (ACP, 2009)
- ACIPET (Asociación Colombiana de Ingenieros de Petróleos), es una organización gremial de primer grado, creada en 1964, cuando varios ingenieros de Petróleos gestaron la idea de unir y fortalecer los vínculos profesionales de sus colegas y, además, adelantar acciones que conllevaran a un buen desarrollo de la industria de los hidrocarburos en Colombia. Desde sus inicios, ACIPET ha tenido como razón de ser, velar por el bienestar y los intereses del Ingeniero de Petróleos, mediante acciones y actividades que promuevan su integración y participación dentro de la industria. (ACIPET, 2009)

- CPIP (Consejo Profesional de Ingeniería de Petróleos), dentro de sus objetivos busca, promover el desarrollo integral y competitivo del profesional de la ingeniería de petróleo, para liderar el manejo y toma de decisiones del sector de hidrocarburos en un entorno global. (*CPIP, 2012*)

## 7. TRANSPORTE

El transporte es uno de los factores que más afecta la competitividad del petróleo colombiano, según la Asociación Colombiano de Ingenieros de Petróleos (Acipet) ya que sus altos costos, especialmente en el transporte por carretera, encarecen su precio; por otra parte teniendo en cuenta el crecimiento del sector la capacidad del transporte, la capacidad del mismo se está convirtiendo en un tema de preocupación para el sector ya que puede generar un cuello de botella importante.

Para las tres modalidades de transporte presentes en el sector de hidrocarburos se manejan tarifas independientes según cada sistema. En el gráfico 6 es posible apreciar las tarifas en dólares por barril de los principales oleoductos del país, de estos se destaca el alto costo de los tramos Toldado-Gualanday con USD 4,08; Rubiales – Cusiana con USD 3,72; El Porvenir – Vasconia USD 3, 27, OTA USD 3,23; y Vasconia – Coveñas con USD 2, 88.

El tramo de mayor costo, correspondiente a Toldado – Gualanday<sup>1</sup>, cuenta tan solo con una longitud de 61 Km y una capacidad diaria de 11, 4 Barriles (ECOPETROL); comparado con el Oleoducto de los Llanos Orientales (Rubiales – Cusiana), que cuenta con participación tanto de Ecopetrol como de Pacific Rubiales, cuya longitud es de 262 Km y capacidad es de 280 barriles de crudo diarios o con el oleoducto OCENSA, que transporta cerca del 57,5% del crudo del país y cuyo tramo más costoso se encuentra entre El Porvenir (Monterrey, Casanare) y Vasconia (Puerto Boyacá, Boyacá). Sin embargo el proceso de fijación de estas tarifas y óxcno es responsabilidad única de las petroleras, ya que se encuentra regulado por el Ministerio de Minas y Energía, mediante la expedición de Resoluciones con la aprobación de las mismas.<sup>2</sup>

La capacidad de transporte de hidrocarburos en el país para el 2011 fue de 1'109.500 barriles por día (Revista Logística, 2011) de los cuales 900.000 corresponden a la red de oleodúctos, sin embargo debido al crecimiento constante de la producción de petróleo se preveen proyectos de inversión en infraestructura, entre los más importantes se encuentra el Oleoducto Bicentenario, que pretende movilizar crudo desde los llanos orientales, conectando las estaciones de

---

<sup>1</sup> Tramo bajo la propiedad de ECOPETROL S.A., ubicado en el departamento del Tolima, cuya estación final permite la conexión con el Oleoducto del Alto Magdalena OAM.

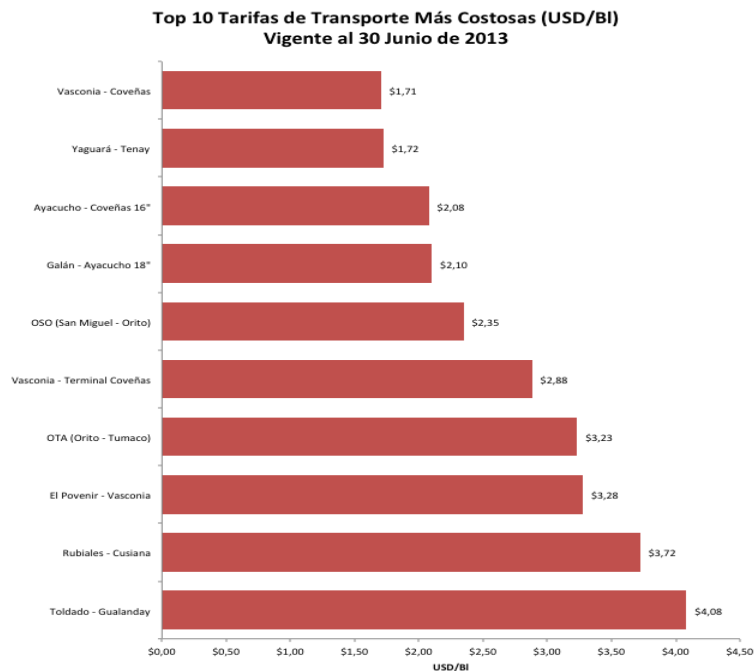
<sup>2</sup> Remitirse a: Artículo 56 del Código de Petróleos (Decreto 1056 de 1953), numeral 5 del Artículo 6 del Decreto 4415 del 2008 y Resolución 124 385 del 15 de Julio del 2010; para las regulaciones legales del establecimiento de tarifas, su entidad reguladora y metodología utilizada para su cálculo.

Araguaney, Banadía con una capacidad aproximada de 600 kbpd (miles de barriles por día) y Ayacucho con el Terminal Coveñas que transportará cerca de 450 kbpd; su longitud total superará los 970 Km. Actualmente el proyecto se encuentra en la finalización de la primera etapa de construcción (Araguaney-Banadía), que se espera comience a operar en Julio del 2013, mientras que el oleoducto totalmente finalizado tiene una fecha estimada de operación para el 2015.

La recientemente constituida CENIT, filial de Ecopetrol, será la encargada de manejar el transporte y la logística de los hidrocarburos a nivel nacional, permitiendo acceso a las redes de transporte a todos los actores del sector y mejorando las condiciones de todo el sistema.

Finalmente se hace la aclaración que para este análisis, solamente se tendrá en cuenta el sistema de oleoductos, omitiendo los poliductos y gasoductos que se encuentran en el país; esto debido a que el estudio se centra en el proceso del crudo desde las primeras etapas de exploración y explotación, hasta la refinación.

### Gráfico 5 Tarifas de Transporte Oleoductos en Colombia



Fuente: Elaboración Propia con base en datos suministrados por Ecopetrol, Hocol, ODL, Pacific Rubiales.

A pesar de la inversión y la capacidad de los oleoductos para transportar grandes cantidades de crudo alrededor del país, la infraestructura actual no cuenta con la capacidad de distribuir toda la producción, por lo que se dispone del transporte de carga por carretera y en algunos casos, aunque no de forma frecuente, el transporte fluvial.

El transporte por carretera se encuentra regulado por la resolución 4497 de octubre 26 del 2011 con el que se adopta el Sistema de Información para la Regulación del Transporte de Carga por Carretera SIRTCC, que sirve como herramienta para comparar y monitorear el valor a pagar reportado en el manifiesto electrónico de carga contra los costos eficientes de operación para cada ruta origen-destino.

## 8. CASO DE ESTUDIO

Dentro de los procesos que se llevan a cabo en las refinerías, los supervisores de producción tienen que programar dos procesos de mezclado. El primer proceso consume 100 barriles de petróleo nacional y 300 barriles de petróleo importado durante una hora, mientras que el segundo proceso lo hace consumiendo 100 barriles de petróleo nacional y 200 del importado, también durante una hora. El proceso 1 genera 4000 galones de gasolina y 1750 galones de petróleo para uso doméstico por hora de operación. El proceso 2 genera 3500 galones de gasolina y 2250 galones de petróleo para uso doméstico por hora de operación.

Para la siguiente corrida de producción existen disponibles 1200 barriles de petróleo nacional y 1800 de petróleo importado, los contratos establecidos indican la fabricación de 28000 galones de gasolina y 12000 galones de petróleo para consumo doméstico. Las contribuciones a las utilidades por hora de operación son de \$1000 y \$1100 para los procesos 1 y 2 respectivamente

Mezclado 1	Mezclado 2		
1000	1100	=	0
100	100	<=	1200 Barriles Nal.
300	200	<=	1800 Barrils Imp.
4000	3500	>=	28000 Gal Gas.
1750	2250	>=	12000 Gal Petr
		>=	0

1 bl = 42 gal

m1	m2		
\$ 1.000,00	\$ 1.100,00	9900,00	
0	9		
100	100	900 <=	1200
300	200	1800 <=	1800
4000	3500	31500 >=	28000
1750	2250	20250 >=	12000

Total Aporte a Utilidades	9900,00
M1	0
M2	9

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio realizado al sector sugiere que a pesar de ser el sector de mayor fortaleza y crecimiento en el país, se han identificado varios retos correspondientes a la infraestructura, especialmente en lo que corresponde al transporte en sus distintas modalidades. Las inversiones destinadas para la ampliación o construcción de nuevos ductos permitirán continuar con la expansión del sector sin embargo dadas las expectativas tanto del gobierno como de los empresarios, estos proyectos no serán suficientes para poder aumentar la competitividad del sector de hidrocarburos colombiano a nivel mundial.

Para ello se debe contar con un enfoque de transporte multimodal eficiente, procurando lograr disminuir los costos asociados a los fletes en el transporte terrestre, vinculando las modalidades fluviales y marítimas.

Ahora en cuanto a infraestructura portuaria, el sector de hidrocarburos cuenta hasta la fecha con tan solo un puerto de salida de producto para exportación, por lo que se debe dar prioridad al avance del proyecto de construcción de un segundo puerto en el pacífico colombiano que permita tanto el ingreso como la salida del crudo y demás productos refinados a un mayor número de mercados.

Pasando al ámbito social y gubernamental, el sector cuenta con gran apoyo por parte del gobierno, quien mediante políticas y disminución de barreras de entrada para la inversión extranjera directa, ha logrado que las empresas del sector crezcan; sin embargo existen varios puntos a tener en cuenta en lo que hace referencia a el establecimiento de precios de gasolina y la presión que existe para que cada vez estos precios sean menores, por otra parte está el impacto ambiental que las operaciones de exploración y explotación de los campos a adjudicar y el fortalecimiento de las normas de sostenibilidad y protección al ambiente, incluyendo la reparación y concertación con las comunidades afectadas. Por último no hay que dejar atrás el manejo del conflicto armado, puesto que es el principal enemigo del desarrollo de la infraestructura del sector.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- ACIPET. (2009). *Acipet Asociación Colombiana de Ingenieros de Petróleo*. Recuperado el 1 de Mayo de 2013, de <http://www.acipet.com/portal/index.php>
- ACP. (2009). *Asociación Colombiana del Petróleo*. Recuperado el 1 de Mayo de 2013, de [http://www.acp.com.co/index.php?option=com\\_k2&view=item&layout=item&id=118&Itemid=185](http://www.acp.com.co/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=118&Itemid=185)
- ACP, A. C. (2012). *Informe Estadístico Petrolero 2011*. Bogotá.
- Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). (2010). *Cadena Productiva de los Hidrocarburos*. Recuperado el 27 de Febrero de 2013, de [http://www.consultorescolombianos.com/yahoo\\_site\\_admin/assets/docs/cadenaProductivaHidrocarburos.4051125.pdf](http://www.consultorescolombianos.com/yahoo_site_admin/assets/docs/cadenaProductivaHidrocarburos.4051125.pdf)
- Análisis Bancolombia.(28 de Mayo de 2012). *Sectores - Hidrocarburos*. Recuperado el 26 de Marzo de 2013, de <http://www.dinero.com/edicion-impres/caratula/articulo/analisis-bancolombia-sectores-hidrocarburos/152105>
- ANDI. (2013). *Colombia: Balance 2012 y perspectivas 2013*. Bogota.
- British Petroleum. (2012). *BP Statistical Review of World Energy*.
- CAMPETROL. (2012). *Sector minero y petrolero en Colombia*. Recuperado el 25 de Marzo de 2013, de <http://www.acp.com.co/assets/documents/asuntos%20economicos/exploracion%20y%20produccion/2010/>
- COMPETROL. (2013). *COMPETROL Distribución Libre de Gasóleo*. Recuperado el 1 de Mayo de 2013, de <http://www.competrol.es/que-hacemos>
- CPIP. (2012). *CONSEJO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS - CPIP*. Recuperado el 1 de Mayo de 2013, de <http://www.cpip.org.co/>
- Fedesarrollo. (2012). *Política de proveedores del sector petrolero*. Bogotá.

FENDIPETROLEO NACIONAL. (2011). *fendipetroleo.com*. Recuperado el 1 de Mayo de 2013, de <http://www.fendipetroleo.com/newweb/index.php>

López, E., Montes, E., Garavito, A., & Collazos, M. M. (2012). *Borradores de Economía. En: La economía petrolera en Colombia*. Recuperado el 22 de Marzo de 2013, de <http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra692.pdf>

Memorias al Congreso de la República. (2009-2010). *Sector Hidrocarburos*. Recuperado el 25 de Marzo de 2013, de [http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Memorias/Memorias\\_2010/02-hidrocarburos%20\(2\).pdf](http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Memorias/Memorias_2010/02-hidrocarburos%20(2).pdf)

Ministerio de Minas y Energía. (Diciembre de 2012). *Dirección de Hidrocarburos, Sistema de Información Energética*. Recuperado el 10 de Abril de 2013, de <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/hidrocarburos/estadisticas/Produccion/a%20diciembre%202012/Produccion%20de%20Crudo%20por%20Departamento%20%40%202012.pdf>

Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC). (2012). *Work Oil Outlook*. Vienna.

Organization of the Petroleum Exporting Countries. (2012). *Annual Statistical Bulletin 2001/2012*. Vienna.

Portafolio. (21 de Febrero de 2013). '*Sector petrolero perdió atractivo entre inversionistas*'. Recuperado el 8 de Abril de 2013, de <http://www.portafolio.co/economia/%E2%80%98sector-petrolero-perdio-atractivo-inversionistas>

PROEXPORT. (Septiembre de 2011). *Colombia. Bienes y Servicios Petroleros, Vicepresidencia de Inversión Extranjera*. Recuperado el 27 de Marzo de 2013, de <http://www.inviertaencolombia.com.co/images/stories/Bienes%20y%20Servicios%20Petroleros%20->

Secretaría de Energía. (2012). *PROSPECTIVA DE PETRÓLEO CRUDO 2012-202*. México.

Vargas, L. D. (2013). *Revista de Logística, Hidrocarburos al alza*. Recuperado el 1 de Abril de 2013, de <http://www.revistadelogistica.com/Hidrocarburos-al-alza.asp>

WEF, W. E. (2013). *Energy Vision 2013 Energy transitions: Past and Future*.