

# Necesidades de Innovación y Tecnología para la industria de petróleo y gas en Colombia

## The need in Innovation and Technology in the Colombian Oil and Gas Industry

Néstor Fernando Saavedra Trujillo<sup>(1)</sup>, Favio Yovany Jiménez Inocencio<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> M.Sc., Ingeniero de Petróleos, Vicepresidencia de Innovación y Tecnología de Ecopetrol, Bogotá, Colombia. Nestor.Saavedra@ecopetrol.com.co

<sup>(2)</sup> Doctor en Ingeniería Química, Planeación y Gestión, Vicepresidencia de Innovación y Tecnología de Ecopetrol, Bogotá, Colombia. Favio.Jimenez@ecopetrol.com.co

Recibido 13 de mayo de 2014. Modificado 16 de mayo. Aprobado 21 de mayo de 2014.

### Palabras clave

Innovación, tecnología, petróleo-gas, Colombia.

### Resumen

La industria de petróleo y gas está experimentando un cambio hacia nuevas formas de exploración y producción de hidrocarburos en ambientes geológicos complejos y zonas socio-ambientalmente sensibles. Por su parte, el mundo exige cada vez más energía para sostener su crecimiento, por lo que la industria enfrenta el doble reto de reinventarse para cumplir con la demanda y hacerlo responsablemente en las dimensiones económica, social y ambiental. Este artículo presenta una visión del contexto mundial y nacional del sector de petróleo y gas, así como de las principales necesidades y desafíos donde la innovación y la tecnología, en un ambiente colaborativo entre academia e industria nacional, pueden aportar.

### Key words

Innovation, technology, oil&gas, Colombia.

### Abstract

The oil and gas industry is experiencing an evolution, motivated by new challenges related to the exploration and production of hydrocarbons in complex geological environments as well as in areas which are highly sensitive both socially and environmentally. Every day the world demands more energy to sustain its growth. This poses a double challenge for the oil and gas industry, which must reinvent itself to fulfill the world demand for energy in a way that is economically, socially and environmentally responsible. This article presents a perspective of the oil and gas industry in the world and local contexts, as well as a perspective of its main requirements and challenges. These could be met with innovation and technology in a positive environment of collaboration between our academic and industrial sectors.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la industria de petróleo y gas viene experimentando cambios significativos hacia nuevas formas de exploración y producción de hidrocarburos en ambientes complejos como aguas profundas y ultraprofundas, gas y petróleo asociado a esquistos, zonas ambientalmente sensibles y áreas socialmente complejas. Adicionalmente, el mundo exige cada vez más energía. Las proyecciones de los próximos 30 años estiman un incremento del 50%, siendo las fuentes fósiles como el

carbón, petróleo y gas las de mayor demanda, por lo que la industria enfrenta un doble reto: el suministro de energía y cómo lograrlo responsablemente en las tres dimensiones: económica, social y ambiental.

En Colombia, los principales retos están asociados al incremento de reservas, con una relación reservas/producción (R/P) de alrededor de siete años; al incremento del Factor de Recobro, con un valor promedio cercano al 18% pero que a nivel mundial está sobre el 35%; a la evacuación de los crudos que

cada vez son más pesados, así como a la conversión profunda y mejora de la calidad de combustibles producidos en las refinerías. De otro lado, se tiene acceso a dos mares que se encuentran prácticamente inexplorados y con limitaciones serias en la información geológica. Esta situación también se presenta en algunas cuencas sedimentarias del *onshore* colombiano.

Adicionalmente, las operaciones tienen cada vez un mayor impacto social y se desarrollan en un límite muy fino entre la generación de riqueza y los

efectos colaterales de migración hacia zonas anteriormente despobladas y con economías locales que se ven afectadas con las actividades petroleras.

Lo anterior representa un desafío al sector académico colombiano para incluir actividades de formación que preparen profesionales no solamente con excelencia técnica sino con mejores capacidades de relacionamiento, conciencia ambiental y comportamiento ético, con conocimiento de las oportunidades locales y con mayor capacidad de emprendimiento, que permitan llenar el vacío de empresas pequeñas de base tecnológica que en otros países contribuyen significativamente a la creación de nuevos productos y tecnologías que soportan al sector.

## CONTEXTO MUNDIAL

La innovación y la tecnología tienen un gran impacto sobre la industria y la sociedad, haciendo que, en muchos casos, grandes empresas puedan ser creadas o desaparecer rápidamente por sus efectos. Cada desarrollo tecnológico logrado, así como los que se prevén para los próximos años (Manylka, Chui, Bughin, Dobbs, Bisson & Marrs, 2013), tienen un común denominador, la necesidad de energía, y por ahora es claro que los hidrocarburos fósiles como el carbón, petróleo y gas, seguirán siendo, al menos durante los próximos 30 años, la fuente principal para satisfacer la demanda de energía y movilidad del planeta.

De acuerdo con la agencia U.S Energy Information Administration (EIA), el consumo energético mundial aumentará un 56% entre el 2010 y el 2040, siendo los hidrocarburos fósiles la principal fuente con una participación cercana del 80% (International Energy Outlook – IEO, 2013). El mayor incremento en el consumo energético ocurrirá en los países en vías de desarrollo, en los que se prevé mantener el crecimiento económico fuerte y de largo plazo. En general, el crecimiento en la demanda de electricidad en los países desarrollados, donde los mercados están bien establecidos y los consumos

son maduros, es más bajo que en los países en vía de desarrollo donde actualmente mucha gente no tiene acceso a este servicio, y seguirán siendo los combustibles fósiles las fuentes principales para su generación, con una participación mayor al 60%. También se destaca la proyección del aumento en la producción de petróleo de 87 hasta 115 millones de barriles por día en el 2040, principalmente para uso en los sectores de transporte e industria, así como el crecimiento en el consumo de gas natural, cuya producción adicional provendría del desarrollo de yacimientos no convencionales (*tight gas*, *shale gas* y metano asociado a mantos de carbón). Todo indica que los hidrocarburos continuarán siendo la principal fuente de energía en nuestro planeta.

En términos de oferta de hidrocarburos, el fenómeno más notable sigue siendo la revolución del gas y petróleo de esquisto estadounidense. En 2012, los EE.UU. registraron el mayor aumento de producción de petróleo y gas natural en el mundo, la cifra más elevada en la producción de petróleo de su historia (British Petroleum – BP, 2013). Por su parte, dada su posición y las condiciones de deshielo que se registran como resultado del cambio climático, Rusia ha declarado su interés

en explorar hidrocarburos en el Ártico, que por su magnitud vienen cambiando el escenario geopolítico mundial y aumentando potenciales conflictos internacionales (Andres, 2010). De acuerdo con la Administración de Información de Energía de EE.UU (EIA, 2014), alrededor del 22% de las reservas mundiales de hidrocarburos están en el Ártico, unos 412.000 millones de barriles de petróleo equivalente, de los cuales el 78% serían de gas natural. Para el Servicio Geológico de EE.UU, la plataforma continental rusa del Ártico contiene más del 20% de los recursos mundiales no descubiertos de crudo y gas natural.

## GRANDES DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA DE PETRÓLEO Y GAS

Ante el agotamiento de los petróleos encontrados en yacimientos de fácil acceso, los recursos disponibles se concentran en hidrocarburos pesados, extrapesados y yacimientos no convencionales, donde se calculan grandes volúmenes pero con significativos desafíos tecnológicos y económicos para su producción (Labastie, After & Holditch, 2009). La industria se debe reinventar para poder cumplir con la demanda esperada.

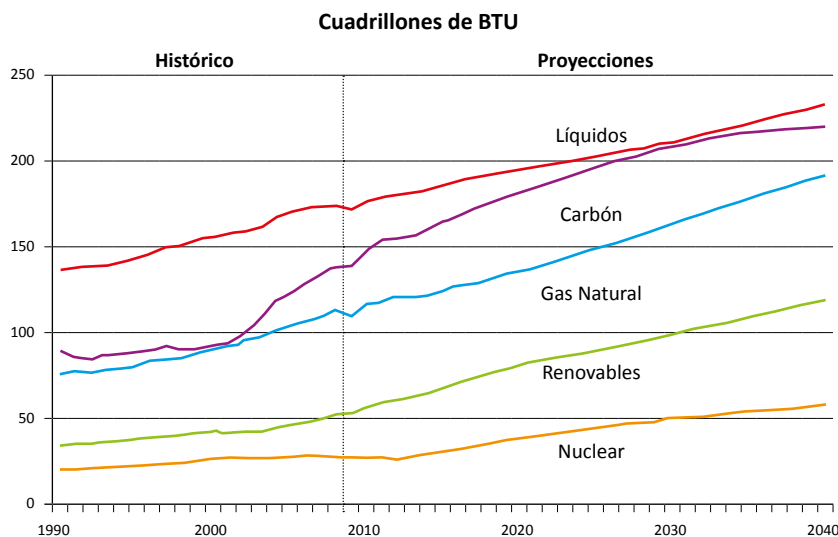


Figura 1. Consumo de energía mundial por tipo de combustible, 1990-2040  
Fuente. (International Energy Outlook, 2013)

La innovación tecnológica en la industria de petróleo y gas ha soportado al sector con los equipos y prácticas necesarias para incrementar continuamente la producción y proveer los combustibles y subproductos petroquímicos que la sociedad demanda. Estados Unidos se configura como líder mundial en innovación y tecnología para este sector, considerando que su ventaja es de más de 30 años de evolución con respecto a países como Colombia o aquellos considerados en vía de desarrollo (Dutta & Lanvin, 2013). También es importante tener en cuenta que el ciclo de la innovación para esta industria es mucho más lento comparado con otras industrias: mientras que para un producto de consumo masivo el paso de idea a prototipo, a prueba de campo, a prueba comercial y a un 50% de penetración del mercado está alrededor de 8 años, para el caso de productos farmacéuticos este ciclo aumenta a 12 años, para comunicaciones a 15 años y para la industria de petróleo y gas supera los 30 años (National Petroleum Council – NPC, 2007). La necesidad de capital intensivo, el elevado nivel de riesgo y la dificultad en la realización de pruebas de campo podrían explicar esta situación, por lo tanto, se requiere cerrar brechas y acortar los ciclos para que las soluciones tecnológicas lleguen de manera más oportuna y eficaz, especialmente, a los campos de producción.

La industria de petróleo y gas ha avanzado tecnológicamente para mejorar sus procesos. En los años de 1950 la industria se enfocaba en tecnologías para encontrar y producir petróleo en áreas con importantes manifestaciones de petróleo superficiales, procesando los crudos más livianos posibles en refinerías cuya operación era muy manual. En los años 1980 con el auge de la sísmica 3D, surgió la exploración en áreas de geología más compleja, el desarrollo de pozos horizontales y el apoyo de las tecnologías de la información; además, se diversificaron las dietas y productos de las refinerías, incluyendo el procesamiento de crudos medios, la mayor producción de diésel, y se reforzó el enfoque ambiental y de seguridad de procesos. Hoy, los retos tecnológicos se enfocan en aprovechar los recursos no convencionales, aumentar el recobro de los campos existentes, y en utilizar los recursos cada vez más potentes y portátiles de computación masiva y de tecnologías inalámbricas. Todos estos con un fuerte enfoque en seguridad de procesos, gestión ambiental y calidad de combustibles.

En el tema ambiental, hoy la humanidad utiliza el equivalente a 1,5 planetas para proporcionar los recursos que utiliza y absorber los desechos, eso significa que la Tierra tarda un año y seis meses para regenerar lo que se utiliza en un año. Escenarios moderados de la

ONU sugieren que si las tendencias demográficas y de consumo actuales continúan, para el 2030 necesitaremos el equivalente a dos planetas Tierra, y por supuesto, sólo hay uno (Global Footprint Network, 2014). Los desafíos ambientales permanecen como una gran fuente de investigación y desarrollo tecnológico si se desean hacer sostenibles todos los negocios y en particular el de petróleo y gas.

## CONTEXTO NACIONAL

Colombia es la economía número 28 en el mundo (International Monetary Fund, 2013), con una serie de importantes recursos: figura en la posición 19 en producción de petróleo con más de un millón de barriles diarios (EIA, 2014), en la posición número cuatro a nivel Latinoamérica después de México, Brasil y Venezuela, en la 42 en producción de gas natural y en la 11 en producción de carbón (British Petroleum, 2013). Durante los últimos siete años casi ha doblado la producción de crudo, pasando de 525 MBPD a 1.007 MBPD en el 2013, ha aumentado sus reservas equivalentes de 2.166 millones de barriles en el 2005 a 3.397 en el 2013 (2.377 de petróleo y 1.020 de gas) con una tasa de crecimiento anual compuesto del 7%, y pasado de 35 pozos perforados a alrededor de 120 durante los últimos tres años (Ecopetrol, 2014). La inversión extranjera directa en la industria de *Oil & Gas* ha mantenido un crecimiento constante pasando de 1.125 millones de dólares en el 2005 a 5.377 en el 2012, con una participación del 35% en la inversión extranjera total del país (Arce, 2013). Se tiene como meta aumentar la relación reservas/producción que hoy es de siete años y consecuentemente el primer desafío es aumentar el factor de recobro que actualmente es del 18-20%; así mismo incorporar más de 3.200 millones de barriles de reservas equivalentes a través de la implementación de nuevas tecnologías como recuperación secundaria y terciaria. Un siguiente desafío es reforzar el proceso exploratorio para incrementar las reservas y luego

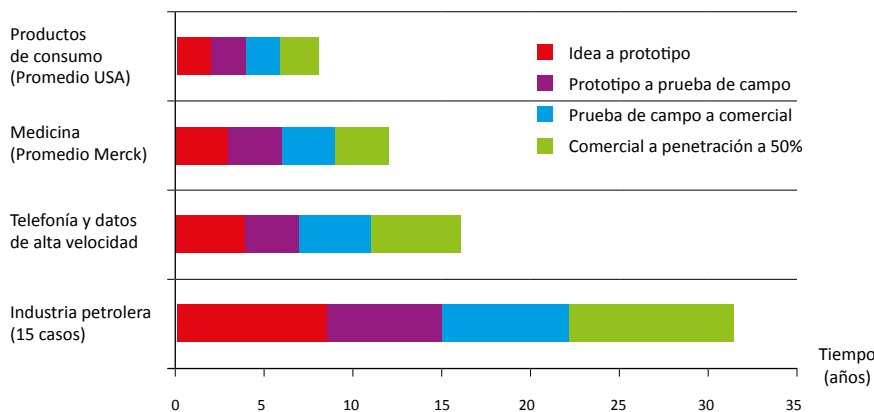


Figura 2. Duración promedio de las fases de innovación en diferentes industrias

Fuente. (NPC, 2007)

sí viabilizar la exploración y producción de gas y petróleo no convencional (*gas shale, tight gas*, metano asociado a mantos de carbón, hidratos de gas). Colombia tiene siete cuencas con estos recursos y es el tercer país en Suramérica, después de Argentina y Brasil, con el mayor potencial en yacimientos no convencionales, presumiendo un clima de inversión positivo (Instituto Colombiano del Petróleo –ICP, 2013).

## CONTEXTO TECNOLÓGICO NACIONAL

Colombia viene cerrando las brechas tecnológicas y alineándose con los desafíos mundiales actuales. En ese sentido, en Ecopetrol se han identificado los principales retos tecnológicos a través de toda la cadena de valor del negocio de *Oil & Gas*, en los que la academia e industria nacional pueden aportar:

En el *upstream* (exploración y producción): reducción del riesgo geológico y mejoramiento de la imagen del subsuelo, incremento del factor de recobro y optimización costos de producción, gerenciamiento eficiente de agua, y prueba del potencial de yacimientos no convencionales. En el *midstream* (transporte) evacuación de crudos pesados, aseguramiento de la confiabilidad e integridad de la infraestructura, y consolidación en el mercado de biocombustibles. En el *downstream* (refinación y comercialización): valorización de crudos pesados, mejoramiento de calidad de combustibles, incremento de la producción de diésel, y disminución del rendimiento de *Fuel Oil*. Para Tecnologías de la Información (TI) se busca información confiable y segura en tiempo real a través de datos disponibles diariamente y de forma automatizada.

Frente a estos desafíos se han identificado tecnologías claves que se deben fortalecer, incorporar y asegurar. En el caso de tecnologías para el *Upstream*, se han identificado las siguientes:

- *Sísmica 3D y modelado de cuencas*: permiten reducir la incertidumbre exploratoria, optimizar pozos de desarrollo y definir las áreas de

potencial producción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales-YN. En Colombia existen áreas complejas como el Piedemonte Llanero, el Valle Superior del Magdalena y el Catatumbo que requieren técnicas especiales para el mejoramiento de la imagen sísmica. Por su parte, el modelado de cuencas permite hacer una mejor predicción de las características de las rocas y del tipo de fluidos en el subsuelo para decidir en qué cuencas y *plays* invertir con menor riesgo.

- *Métodos de recobro mejorado y tecnologías para optimización de costos de desarrollo*: su impacto es el de viabilizar la producción de crudos pesados, aumentar el factor de recobro de 18% a más del 34%, y reducir los costos de perforación en al menos 30%.
- *Tecnologías para gerenciamiento de agua (control en fondo, superficial y ambiental)*: su impacto es reducir el agua en superficie entre 15% y 20% y viabilizar su valorización como recurso. Con su aplicación se disminuirían los vertimientos y se incrementaría la reinyección para recobro.
- *Tecnologías para maximización de contacto*: viabilizarían las reservas de yacimientos no convencionales. El potencial de recursos prospectivos en Colombia, especialmente de gas, es muy significativo lo que permitiría disponer de materias primas para proyectos petroquímicos.

Las tecnologías claves para *midstream* y transversales cierran brechas en evacuación de crudos pesados, confiabilidad e integridad de tuberías, eficiencia energética y producción de biocombustibles. Estas son:

- *Dilución*: Reductores de viscosidad y de fricción. El impacto viene dado por la reducción en el consumo de nafta con los respectivos ahorros en el transporte de diluyente por los ductos.
- *Tecnologías de gestión de riesgo en infraestructura*: tecnologías que

mitigan riesgos asociados a amenazas de fallas por movimientos de terreno y corrosión externa.

- *Cogeneración de energía y producción de biocombustibles*: estas tecnologías aseguran suministro y eficiencia energética y consolidarán a Ecopetrol en el mercado de biocombustibles de 1ª generación, manteniendo un portafolio de I+D en 2ª generación (biomasas nacionales).

Las tecnologías claves para del *downstream* se enfocan en valorizar crudos pesados, asegurar la calidad de los combustibles y mejorar los rendimientos de diésel. Se han identificado las siguientes:

- *Conversión profunda*: Aumentarán la capacidad de procesamiento de crudos pesados en 185 KBPD.
- *Mejoramiento de crudos*: Se tendría capacidad para aumentar la gravedad API de los crudos de 8 a 20 y disminuir importaciones de nafta en al menos 40 KBPD.
- *Disminución de azufre*: Se podrá contar con calidad de combustibles bajo Normas Euro 4 y Euro 5.
- *Hydrocraqueo y coquización*: Permitirán incrementar la producción de diésel en 25% para la Refinería de Cartagena y en 14% para la Refinería de Barrancabermeja.

La capacidad actual para estas tecnologías es media-baja con respecto a los referentes mundiales (alta-media) y su incorporación se debe dar mediante una combinación de diferentes mecanismos, que incluyen compra de servicios tecnológicos, adaptación, investigación y desarrollo.

## MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (INFORME DE ENTORNO TECNOLÓGICO - INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETRÓLEO, 2013)

La gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se ha convertido en un tema de gran interés en las últimas décadas, debido a las cargas

operacionales, económicas, ambientales y regulatorias que impactan y afectan la reputación y las relaciones con los grupos de interés de las empresas. Adicionalmente, existen políticas sectoriales, nacionales e internacionales en torno a la producción limpia, a la no carbonización de la economía e impuestos sobre las emisiones de carbono. Por esta razón, las compañías en todo el mundo han comenzado a invertir en acciones destinadas a monitorear, controlar y/o reducir las emisiones de GEI (directas e indirectas), buscando identificar oportunidades de mitigación en la cadena completa de valor de sus negocios, al igual que para aquellas asociadas al uso de sus productos. Durante el 2012, las plantas de generación de energía se ubicaron en el sector con las más altas emisiones GEI, seguidas de la industria de petróleo y gas.

Ecopetrol ha establecido dentro de los objetivos de la política empresarial reducir las emisiones de gases de efecto invernadero dentro de la cadena de valor del petróleo y gas estableciendo metas de reducción de emisiones por área operativa: producción, transporte y refinación. En el 2008 inició el proceso de estimación de emisiones a través de la construcción de un inventario y luego realizó la proyección de las emisiones para el periodo 2012-2020. De acuerdo con la información consolidada, la principal fuente de emisión es la combustión, seguida por las emisiones indirectas que corresponden a electricidad y vapor, seguida por la quema en teas y finalmente emisiones por venteos en procesos, que hacen referencia a la liberación controlada de gas en los pozos de producción para facilitar el proceso de extracción de crudo o liberación de presión de acuerdo con las condiciones de operación.

Entre las acciones estratégicas para la mitigación de emisiones GEI, en Ecopetrol se han identificado cuatro líneas de acción en el periodo 2012 – 2016:

- Optimización de procesos: involucra la reducción de venteos; fugas de metano, compuestos hidrofluorocarbonados y hexafluoruro de

azufre; reducción y optimización de quemas, denominadas *flaring*.

- Eficiencia energética: durante 2011 Ecopetrol logró la consolidación de los procesos de energía, la aprobación de la Guía Energética, la estructuración de los niveles de procesos en energía, el seguimiento a los indicadores energéticos y la inclusión de la ISO 50001 como orientador de la gestión energética de la compañía.
- Diversificación energética baja en carbono: la diversificación energética se entiende como la utilización de diferentes fuentes de energía (renovables y no renovables), para cubrir las necesidades. Al sustituir fuentes energéticas con alta huella de carbono como carbón, crudo y diésel por fuentes bajas en carbono tales como gas natural, biocombustibles o electricidad proveniente de la red eléctrica nacional e incrementar la participación de dichas fuentes, se reducen las emisiones específicas; además, se promueve la seguridad energética a través de la flexibilidad y se incrementa la eficiencia energética de los procesos. Por esta razón Ecopetrol ha incorporado a los biocombustibles dentro de su marco estratégico como uno de sus orientadores.
- Captura, utilización y almacenamiento de carbón: se ha propuesto como la alternativa de mitigación de grandes volúmenes de CO<sub>2</sub>. Al hacer uso del CO<sub>2</sub> capturado en procesos de inyección para recobro mejorado, el proceso de mitigación resulta costo efectivo, al obtener un beneficio económico por comercializar el CO<sub>2</sub>, y obtener mayor cantidad de barriles de crudo de pozos maduros que hayan decaído en su producción de petróleo.

### IMPACTOS SOCIALES Y DEL TALENTO HUMANO

Las actividades petroleras se deben desarrollar bajo un criterio de prevención y manejo responsable de todos los impactos ambientales y sociales que

genera. En primer lugar, se asegura el cumplimiento de las obligaciones legales sociales comprometidas con la autoridad ambiental, y en segundo lugar se gestionan otros impactos no previstos identificados en el desarrollo de las actividades, que le permitan a la comunidad sentirse más tranquila y segura. Se entiende por impacto todo aquello que genere cambios o alteraciones causadas directa o indirectamente en el medioambiente y en el contexto social y económico de un territorio determinado (Ecopetrol, 2014). Suelen darse fenómenos de deterioro de ecosistemas y del tejido social, por deforestación y contaminación, por desestímulo a la vocación productiva de la región y petrolización de la economía regional, por modificación de la dinámica de empleo, por aumento de la conflictividad y por alteración o extinción de culturas, entre otros. Además, en los últimos años, la percepción de muchos pobladores hacia la industria petrolera se ha tornado cada vez más negativa, impidiendo actividades de búsqueda, extracción y producción de petróleo y gas, en aras de mantener el equilibrio socio-ambiental existente y no asumir los riesgos que conllevan estas operaciones. En Casanare, los habitantes responsabilizan a las petroleras por la pérdida de agua y las tragedias ambientales (Semana, 2014, marzo 25). En Tauramena, mediante una consulta popular, se rechazó el proyecto Odisea 3D, que contemplaba exploración sísmica, perforación, producción y transporte de hidrocarburos en esta región (El Espectador, 2013, diciembre 15). En el mundo se vienen rechazando cada vez con más fuerza las operaciones de fracturamiento hidráulico (*fracking*) a las que se le atribuyen efectos nocivos en los acuíferos subterráneos, aumento de actividad sísmica, contaminación ambiental, entre otros, generando pasiones y debates ciudadanos a todos los niveles (Barrio & Pérez, 2009; Fractura no hidráulica, 2014). Por lo tanto, mitigar el impacto ambiental y social, con innovación y tecnología, generando programas eficientes y medibles para gestionar los impactos y lograr un nuevo equilibrio

en las comunidades, también hace parte de los desafíos para la industria de petróleo y gas en asocio con la academia.

En cuanto a talento humano, Colombia posee un gran potencial, pero requiere un gran esfuerzo para que se articule y responda a las necesidades de la industria y de las comunidades. En el sector de petróleo y gas a nivel mundial, y Colombia no es la excepción, se viene dando un fenómeno de cambio generacional – *Big Crew Change* (Loh, 2013), en el que un alto porcentaje de profesionales mayores a 50 años y con gran experiencia (34%) ha empezado a jubilarse, seguido por un porcentaje pequeño de talento humano entre 36 y 50 años (8%), que con menor experticia ha tenido que abordar proyectos altamente complejos, y que en muchos casos representan retrasos, aumento de riesgos, mayores costos de proyectos, entre otros (Schlumberger Business Consulting – SBC, 2012; Dupre, 2013). Esta situación se originó a mediados de la década de 1980, en la época de bajos precios de crudo en los que la industria de petróleo y gas no era competitiva laboralmente y como consecuencia disminuyeron los estudiantes de ingeniería de petróleos, geología y otras carreras afines. Por lo tanto, otro de los retos que tiene la academia es ofrecer una cantidad suficiente de graduados en geociencias e ingeniería de petróleos que a través de una acelerada curva de aprendizaje, logre las competencias técnicas y humanas requeridas por la industria y puedan ser incorporados eficientemente por el sector, que por su parte ha tenido que diseñar estrategias de retención y de reclutamiento no tradicionales para asegurar la contratación del escaso talento humano especializado, con el menor impacto posible en la gestión normal de sus operaciones (Barna, 2010).

En el mismo sentido, las empresas deben ser cada vez más exigentes en temas de ética y comportamientos aceptados, que también deben ser reforzados desde la academia. Si bien es cierto que se requiere incrementar reservas, aumentar el factor de recobro,

optimizar costos, evacuar crudos pesados, mejorar la calidad de los combustibles, gestionar eficientemente proyectos, incorporar y desarrollar tecnologías de punta, lograr seguridad en los procesos, cuidar el medio ambiente, renovar cuadros generacionales, entre otros, en un sector donde el objetivo es maximizar el valor económico, los retos relacionados con conducta, principios y valores, pueden volverse los más importantes. Se requieren técnicos y administradores que vivan y apliquen los valores y principios morales, respetuosos en sus relaciones personales y corporativas, responsables en su vida cotidiana y laboral, transparentes e íntegros en su pensar y actuar. El talento humano debe ser de clase mundial, entusiasta, con pensamiento innovador, que actúe de manera anticipada para proteger la propia integridad, la de otros y la del medio ambiente, con criterio propositivo, disciplina y la capacidad de compartir conocimientos e información para aprender y crecer profesional y personalmente. El éxito del sector petrolero en las dimensiones económica, social y ambiental, requiere un ambiente colaborativo, con líderes y técnicos competentes, éticos y emprendedores, que aseguren la creación de valor y la prosperidad individual y de todos los grupos de interés (Porter & Kramer, 2011).

## CONCLUSIONES

- El sector de petróleo y gas está en un proceso continuo de aprendizaje y se está moviendo aceleradamente hacia nuevas formas de exploración y producción en ambientes complejos y socio-ambientalmente sensibles donde los retos son significativos.
- El mundo requiere que se le suministre la energía que sostiene su crecimiento y el sector hidrocarburos seguirá siendo la fuente principal durante al menos los próximos 30 años.
- Los principales retos en Colombia se centran en incorporación de reservas, aumento del factor de

recobro, evacuación de crudos pesados, conversión profunda en refinerías y mejora de la calidad de los combustibles producidos.

- La industria de petróleo y gas atraviesa un cambio generacional por el cual jóvenes profesionales están abordando grandes responsabilidades, en algunos casos con limitada experiencia.
- Se requiere un ambiente colaborativo entre academia, estado e industria para responder a los retos tecnológicos, sociales y ambientales que tiene la industria en el país.
- Las grandes limitaciones no están en los recursos naturales sino en la disponibilidad de talento humano competente, ético y creativo que se articule y responda a las necesidades de la industria.

## REFERENCIAS

- Andres, A. (2010). Rusia y la geo-estrategia del Ártico. *Análisis del Real Instituto Elcano (ARI)*, (63), 1.
- Arce, G. (2013, Mayo). Crecimiento y sostenibilidad de la actividad hidrocarbúfera en Colombia en términos de producción, Inversión y reservas. Bogotá: Agencia Nacional de Hidrocarburos, ANH.
- Barna, W. (2010). Knowledge Management Strategies for Mitigating the Big Crew Change in E&P. Wipro Council for Industry Research. Recuperado de [http://www.wipro.com/documents/insights/whitepaper/km\\_strategies\\_for\\_ep.pdf](http://www.wipro.com/documents/insights/whitepaper/km_strategies_for_ep.pdf)
- Barrio, A. & Pérez, A. (2014) La negativa a la fracturación hidráulica crece en Europa. Recuperado de: <http://www.iularioja.org/fracking/>
- British Petroleum – BP. (2013). *BP Statistical Review of World Energy*. Recuperado de: [www.bp.com/statisticalreview](http://www.bp.com/statisticalreview)
- Dupre, R. (2013). Recruitment & Retention Horizon. *Careerguide*. Recuperado de [http://www.rigzone.com/otc2013/RZ\\_OTC2013\\_CareerGuide.pdf](http://www.rigzone.com/otc2013/RZ_OTC2013_CareerGuide.pdf)

- Dutta, S. & Lanvin, B. (Eds). (2013). *The global Innovation Index 2013: The Local Dynamics of Innovation*. Cornell University, INSEAD, and WIPO: Geneva, Ithaca.
- Ecopetrol. (2014). *Gestión de Riesgos e Impactos en Ecopetrol*. Recuperado de [www.ecopetrol.com.co](http://www.ecopetrol.com.co)
- Ecopetrol. (2014). *Investor Presentation*. Recuperado de: [www.ecopetrol.com.co](http://www.ecopetrol.com.co)
- Fractura No hidráulica. (2014, mayo 1). *El director de ExxonMobil interpone una demanda para impedir un proyecto de fracking cerca de su casa*. Recuperado de: <http://www.fracturahidraulicano.info/noticia>
- Global Footprint Network. (2014). *World Footprint, Do we fit on the planet?*. Recuperado de [http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/world\\_footprint/](http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/world_footprint/)
- Informe de Entorno Tecnológico. (2013). Instituto Colombiano del Petróleo – ICP.
- International Energy Outlook. (2013). Washington, DC: U.S Energy Information Administration.
- International Monetary Fund (2013). Recuperado de <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2014/01/weodata/index.aspx>
- Labastie, A. & After S. Holditch (2009). *The Oil & Gas Industry: What's next?*. Recuperado del sitio de internet: Society of Petroleum Engineers: [www.spe.org](http://www.spe.org)
- Loh, F. (Noviembre, 2013). *Beyond the Big Crew Change*. En *Innovation & Cooperation - The Way Forward*. Conferencia llevada a cabo en The 10th ASCOPE Conference & Exhibition, Ciudad Ho Chi Minh, Vietnam.
- Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P. & Marrs, A. (2013). *Disruptive Technologies: Advances that will transform life, business and the global economy*. McKinsey Global Institute.
- Molano Jimeno, A. (2013, diciembre 15). *Tauramena le dice no a la exploración petrolera*. *El Espectador*. Recuperado de: [www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/tauramena-le-dice-no-exploracion-petrolera-articulo-464323](http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/tauramena-le-dice-no-exploracion-petrolera-articulo-464323)
- National Petroleum Council. (2007). *Oil and Gas Technology Development*. McKinsey & Company. *Internal Report for Shell Oil Company*. Recuperado de: [http://www.npc.org/study\\_topic\\_papers/26-ttg-ogtech-development.pdf](http://www.npc.org/study_topic_papers/26-ttg-ogtech-development.pdf)
- Porter, M. & Kramer, M., (2011) *La creación de valor compartido*, *Harvard Business Review*, 89 (1), 32-49.
- ¿Qué tan responsables son las petroleras de la tragedia ambiental? (2014, marzo 25). *Semana*. Recuperado de: [www.semana.com/nacion/articulo/sequia-en-casanare-el-papel-de-las-petroleras](http://www.semana.com/nacion/articulo/sequia-en-casanare-el-papel-de-las-petroleras)
- Schlumberger Business Consulting – SBC (2012, diciembre 3). *O&G HR Benchmark*. Presentación en el: 2012 O&G HR Forum. Recuperado de [http://www.sbc.slb.com/Our\\_Work/Consulting\\_Expertise/Organization\\_Talent\\_Management/SBC\\_HR\\_Benchmark.aspx](http://www.sbc.slb.com/Our_Work/Consulting_Expertise/Organization_Talent_Management/SBC_HR_Benchmark.aspx)
- U.S. Energy Information Administration, EIA (2014). Recuperado de <http://www.eia.gov/countries/data.cfm>