



7th INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION Academic

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Mercado Petrolero Colombiano: Claves para el Desarrollo Sostenible

GRIMALDO-GUERRERO, J. W. ^{a*}, SILVA-ORTEGA, J. ^b, OSORIO-TOVAR, J. ^c

a. *Estudiante de Doctorado en Ingeniería Energética, Grupo de Investigación en Optimización Energética, Universidad de la Costa, Barranquilla*

b. *Universidad de la Costa, Grupo de Investigación en Optimización Energética, Estudiante de Doctorado en Ingeniería, Universidad Pontificia Bolivariana-Medellín.*

c. *Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, Facultad de Ingeniería, Maracaibo-Venezuela*

*Corresponding author, jwgrimal@gmail.com – jgrimald1@cuc.edu.co

Resumen

El presente trabajo analiza la pertinencia conceptual y metodológica de las diez características propuestas para el diseño de un mercado de energía exitoso, la cual fue usada para el reconocimiento de drivers, barreras y/o inhibidores en el mercado petrolero colombiano. El diseño implicó el análisis de los costos asociados a los proyectos, relación de las diez características que pueden apoyar al reconocimiento de ideas para el contexto colombiano y la proposición de recomendaciones que sean la base para la generación de políticas sostenibles. Estas recomendaciones están diseñadas con una mirada integral, que permita fortalecer la toma de decisiones desde las distintas ópticas bajo las cuales son puestas en juicio. Los resultados evidencian que la integración de políticas para el desarrollo sostenible debe considerar actores públicos y privados, para dar un mayor alcance, que pueda fortalecer, el mejoramiento en la toma de decisiones y la calidad de los procesos.

Palabras llave: mercado de energía; sostenibilidad; política energética; Oil&Gas; autosuficiencia

1. Introducción

Desde una perspectiva económica, el aprovechamiento de los energéticos ha permitido generar crecimiento y desarrollo a lo largo del tiempo. La utilización de ellos, las mejoras tecnológicas en la eficiencia y la diversificación para la producción de energía, han permitido dar una mejor explotación y uso de estos. En la actualidad los commodities energéticos juegan un papel estratégico (Henriques & Sadorsky, 2011) en el crecimiento de un país, tener los recursos a disposición resulta importante para no poner en riesgo la seguridad energética y de esta forma asegurar la demanda de energía para suplir las necesidades en los procesos productivos.

Los puntos importantes de toda agenda gubernamental se resumen en poseer y mantener una variada oferta en la canasta energética del país, lograr una prestación confiable del suministro, evitar racionamientos y tener planes futuros de abastecimiento. Debido a las fluctuaciones del precio de los hidrocarburos (Regnier, 2007) se han presentado inestabilidades económicas y se muestra a las energías renovables como opción de reemplazo. En la Fig. 1 se observa el consumo mundial de energía

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Barranquilla - Colombia - June 21st and 22nd - 2018

primaria desde 1965 hasta 2016 en Mtoe (Million Tonnes of Oil Equivalent), en la franja correspondiente a energía renovable se condensan las estadísticas referentes a la energía geotérmica, la energía solar, la energía eólica y la energía de la biomasa.

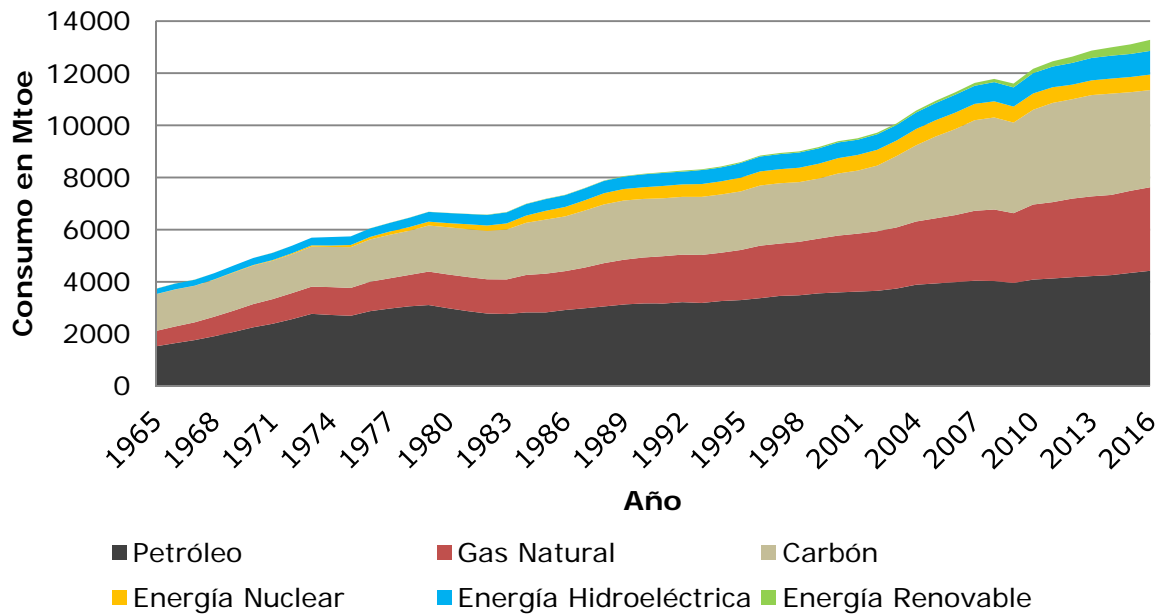


Fig. 1 Consumo mundial anual de energía primaria según su fuente en Mtoe desde el año 1965 hasta 2016. Datos obtenidos de (BP, 2018)

De acuerdo con los consumos mundiales presentados, se observa que los energéticos más usados son los combustibles fósiles, en los cuales se listan el petróleo, el gas natural y el carbón, debido a la simplicidad, la masificación y amplia gama de tecnologías para su uso y aprovechamiento. En específico, los combustibles fósiles como el petróleo y el gas tienen una posición dominante frente los demás energéticos, se infiere que es de vital importancia tener reservas de estos commodities a medida que se va realizando el cambio de paradigma tecnológico.

En el caso del Estado colombiano, se tiene designado al Ministerio de Minas y Energía -MME- como entidad responsable de administrar los recursos naturales no renovables y garantizar la seguridad energética, como también la de plantear las políticas para el aprovechamiento sostenible de los recursos mineros y energéticos para promover el desarrollo del país (MME, 2018). A su vez el MME ha designado a la Unidad de Planeación Minero Energética -UPME- para ser la encargada de planear, formular y coordinar el sector minero energético (UPME, 2018). En un marco general, los proyectos tienen estrecha relación con otros organismos como son el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS- encargado de la gestión y administración de los recursos naturales (MADS, 2018), el Ministerio del Interior -MI- encargado de asegurar la participación ciudadana (MI, 2018) (Art 105, 1991); con autoridades como la Agencia Nacional de Hidrocarburos -ANH- quien se encarga del aprovechamiento de los recursos hidrocarbúricos (ANH, 2018) y con la Autoridad Ambiental de Licencias Ambientales -ANLA- quien entrega el aval ambiental a los proyectos (ANLA, 2018).

En la Ley 1753 de 2015, se declara como objetivo del Plan de Desarrollo nacional 2014-2018 la necesidad del desarrollo minero-energético, y en el informe (UPME, 2015) en su objetivo 1, se expone la necesidad de mantener la autosuficiencia en los combustibles fósiles; para lograr el éxito, se requieren inversiones en operaciones de exploración y explotación, infraestructura de transporte y refinamiento, que permitan “la explotación de hidrocarburos no convencionales, la importación de gas, la instalación de plantas de generación con fuentes renovables, y la construcción de redes de transporte de energéticos”.

El desarrollo de proyectos, de cualquier índole, afronta como principal desafío los elevados costos y el tiempo necesario para conseguir el retorno sobre el capital invertido. Este primero se divide en dos

componentes llamados Capital Expenditure -CAPEX- y Operational Expenditure -OPEX-, para dar mayor claridad a estos dos componentes en la Fig. 2 se realizó un desglose de los diferentes elementos que componen cada uno de ellos, y los costos en los que puede incurrir cualquier proyecto.

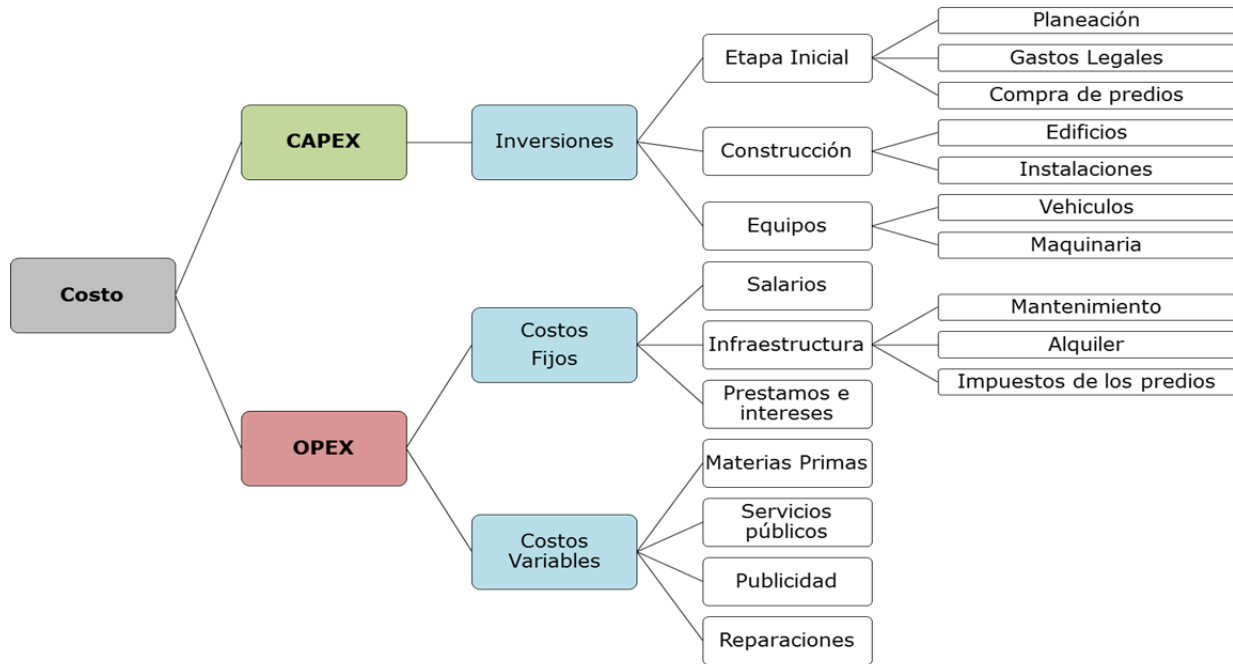


Fig. 2. Desglose de los diferentes elementos que componen un costo.

Para el caso específico de las industrias extractivas como es la petrolera y la minera, los valores de inversión, ejecución, administración, operación, mantenimiento y otros gastos asociados son elevados; y es en los cambios regulatorios debido a los diferentes factores, sin importar que sean sociales, ambientales y/o económicos, que estas industrias puedan lograr éxitos o fracasos (Al-Saadoon & Nsa, 2009).

Según las Naciones Unidas (UN, 2018), el desarrollo sostenible se define como el proceso que satisface las necesidades actuales, sin comprometer el bienestar de futuras generaciones; para lograrlo se debe mantener el equilibrio entre el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente. En concordancia se propone en la Fig. 3, los elementos que deben integrarse para dar una convergencia a un mercado exitoso, el cual permitirá la comprensión ampliada de los escenarios. En primera instancia no debe concebirse de forma aislada o fragmentada; se demandan instrumentos que consoliden una visión integradora y articulada, que permita la generación de espacios de interacción mediante los flujos de información.

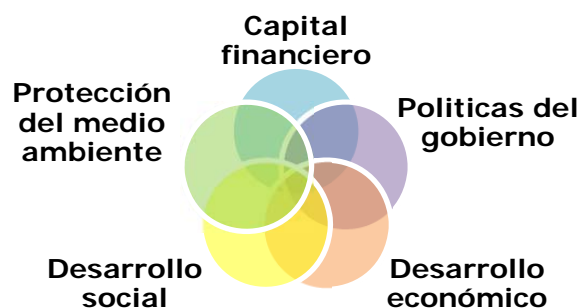


Fig. 3. Conceptos para consolidar una visión integradora y articulada.

El desarrollo de investigaciones que permitan generar líneas para impulsar la sostenibilidad en

Colombia y sus implicaciones futuras, son de gran interés debido a los retos de las agendas gubernamentales. El boletín (Contraloría General, 2017) presenta diferentes escenarios de pérdida de la autosuficiencia, entre ellos se pronostica la pérdida de autosuficiencia de la nación para el 2020 y de los combustibles para el 2022. Organismos gubernamentales, como la ANH, han preparado y ejecutado planes como son el ofrecimiento de nuevos bloques de exploración y explotación, exploración de bloques costa fuera; pero como lo indica el boletín, esto no será suficiente para afrontar la futura crisis, si los precios de los hidrocarburos se mantienen en un precio de mercado bajo, no se dan formulación y adopción de políticas que permitan incentivar las actividades. Lo anterior coloca en riesgo la autosuficiencia energética y las finanzas públicas del Estado colombiano.

2. Metodología

La investigación se ha ubicado en lo descriptivo pasando a lo propositivo, iniciando con una revisión bibliográfica y documental considerando informes nacionales en el contexto energético, se toma como referente el trabajo realizado por (Mallon, 2006), donde se plantean diez condiciones que apoyan el éxito del mercado de energías renovables, el cual se aplicó al mercado del sector petrolero colombiano considerando sus condiciones actuales.

Las condiciones planteadas por Mallon son consideradas como motores que impulsan a una sociedad u organización, dado que permiten identificar drivers, inhibidores y barreras. El reconocimiento de políticas energéticas no corresponde identificar únicamente al driver, sino también comprender el marco bajo el cual esta interactuando. Las experiencias internacionales de un país a otro demuestran que ignorar aspectos de este marco provocaran una cadena de dudas respecto a la visión que se debería tener (Estrada Gasca, 2013). Identificar la fortaleza y debilidades del sector petrolero de Colombia con respecto a la planificación, los esfuerzos de formulación de políticas y los enfoques metodológicos adoptados en el mismo como insumo para los planes a largo, mediano y corto plazo.

Finalmente, el análisis de esta metodología ayudará a identificar y proponer objetivos para el contexto colombiano, que permitan gestionar y realizar una planificación sostenible a largo plazo; los resultados obtenidos son recomendaciones, estas se plantean para posterior análisis y ser sugeridas como políticas energéticas para su adopción en Colombia.

3. Resultados

Dar cumplimiento al objetivo 1 de la UPME, dependerá de la aprobación de los diferentes proyectos, y este a su vez de contar con punto de equilibrio óptimo, con el fin de lograr tiempos de retorno de la inversión cortos; De esta forma se tendrá mayor tasa de éxito cuando el precio de los hidrocarburos sea elevado, dado a la alta utilidad (Castillo & Dorao, 2012). Por tanto, se reconoce que el precio de los hidrocarburos tiene una relación fuerte y directa con la utilidad. De lo anterior, se puede formular lo siguiente:

$$UT = IT - CT \quad (1)$$

$$IT = P * Q \quad (2)$$

$$CT = CAPEX + OPEX \quad (3)$$

$$UT = P * Q - (CAPEX + OPEX) \quad (4)$$

Dónde: UT=Utilidad Total

IT=Ingresos Totales

CT=Costos Totales

P=Precio del barril de hidrocarburo

Q=Cantidad de barriles de hidrocarburo

En este sentido, se infiere de (4) que para obtener una alta utilidad se pueden tener las siguientes condiciones: 1) Un alto precio de los hidrocarburos, 2) Una alta producción y/o 3) Bajos costos de producción. Se debe destacar que el precio de los hidrocarburos es un precio igual para todos los mercados (Lanteri, 2014), de esta manera llega a ser una variable dependiente de la economía mundial y difícilmente se podrá controlar; por lo contrario, la producción puede acondicionarse para tener menores o mayores caudales de producción según las decisiones administrativas y operativas del campo, y los costos pueden reducirse con una excelente administración; estas dos últimas variables se pueden gestionar, principalmente la última.

En Colombia, dependiendo de la región varían los costos asociados a la producción, en el trabajo realizado por (Malagón, 2016), el costo de extracción (colocar un barril de crudo desde yacimiento hasta superficie) promedio en el país es de USD 19.4; y según el autor para condiciones donde “precios del petróleo sean inferiores a los 40 dólares no es rentable producir, pues en la sola extracción destinan cerca de 25 dólares (sin contar el transporte ni el resto de costos asociados al proceso de producción)”. Estas variaciones en los costos están en función del tipo de yacimiento y la calidad del crudo que produce. En la Fig. 4 se presentan los valores de CAPEX y OPEX de producción de un barril de petróleo para países con producción petrolera, los cuales se listan en orden descendente respecto a su costo total.

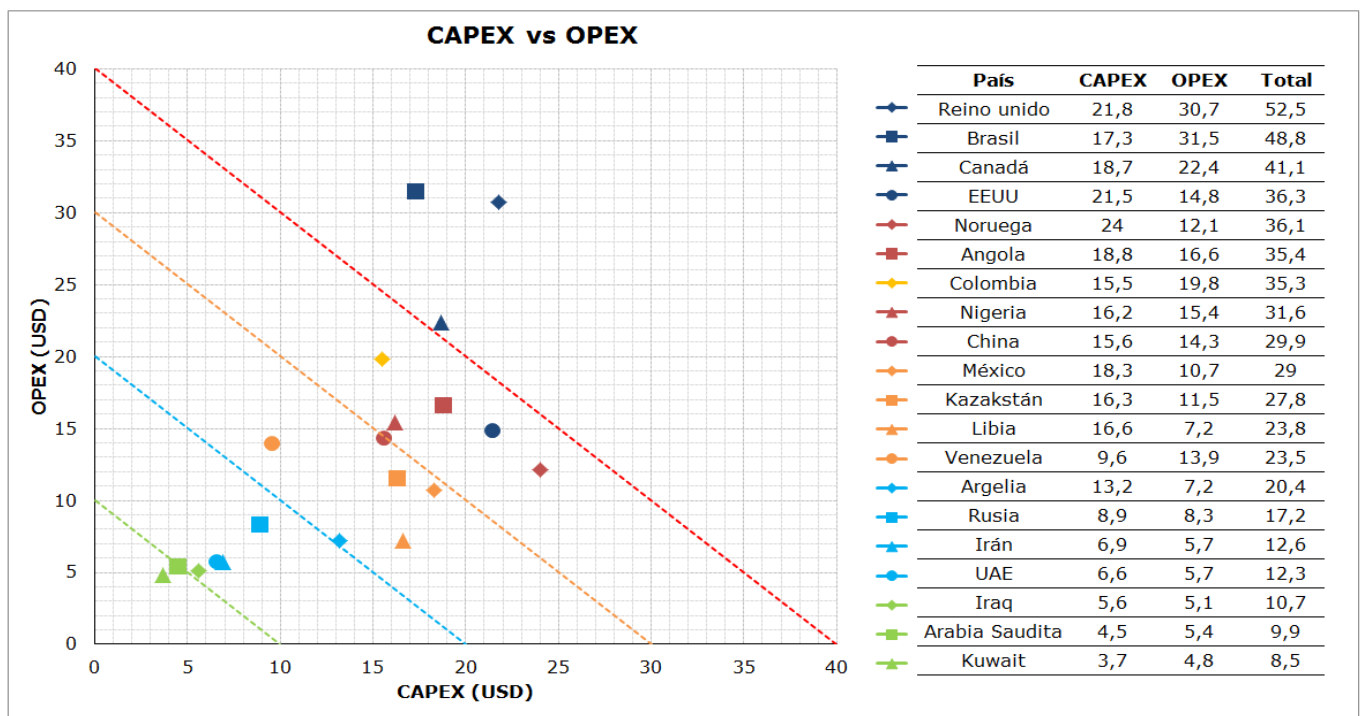


Fig. 4. Costos CAPEX, OPEX y Total en dólares para producir un barril de petróleo en diferentes países. Datos obtenidos de: (Statista - The Statistics Portal, 2015)

Colombia respecto a los demás países se encuentra en el séptimo (7°) puesto con un costo total de 35.3 USD, ocupando un lugar entre países como Noruega, Angola y Nigeria, cuya fuente de producción radica en la explotación costa afuera. En relación al costo CAPEX, posee un valor promedio de 15.5 USD lo que le permite ubicarse en el doceavo (12°) puesto; mientras que el costo OPEX tiene un valor promedio de 19.8 USD, ocupando el cuarto (4°) puesto. En la Fig. 2 se presentaron los componentes que suman a un CAPEX y un OPEX, de lo cual se puede concluir parcialmente que los costos estarán radicados en los siguientes tres componentes: valores de los equipos, la administración y operación del campo, y los pagos de impuestos y regalías pactadas por el contrato E&P de la ANH (ANH, 2018), en trabajos como (Fernández-Villaverde et al, 2015) y (Bernanke, 2012) presentan la necesidad de tener claridad y estabilidad en la política fiscal con el fin de mantener una baja volatilidad y ayudar en la recuperación de la economía.

De la metodología propuesta en (Mallon, 2006), se puede definir que las políticas deben ser claras y sencillas, sin ser sujeto a interpretación, permitiendo que cubran todas las bases necesarias. Dar *transparencia* permitirá una libertad al mercado y generará mayor participación de los agentes, se debe ofrecer *objetivos definidos* y tener claridad en los resultados esperados, para focalizar metas y relacionar los que posean fines comunes para asegurar mejores impactos y resultados. Para la proposición de políticas energéticas deben estar en *marcos contextuales* guiados por acuerdos internacionales, debido a que ofrecerán claridad y se pueden obtener cooperaciones internacionales (Toro et al, 2016).

La entrada de *nuevos recursos y tecnologías* supondrá mejoras en los procesos y a su vez un mayor CAPEX y OPEX respecto a valores anteriores, lo cual genera la necesidad de introducir políticas para incentivar la migración tecnológica en el mercado. Con los *incentivos apropiadamente aplicados*, la inversión tendrá una hoja de ruta en la elección de tecnologías bajo una estrategia CAPEX y OPEX rentable; la cual debe ser ajustada para maximizar el aprovechamiento a largo plazo y permitir una migración secuencial.

La falta de claridad en los límites de protección ambiental (T-445/16, 2016), zonas de comunidades étnicas (ICESCR, 1966) (T-129/11, 2011) y caracterización para su uso (SU217/17, 2017), evidencia una necesidad de la *planificación del uso de la tierra* que permitirá eliminar obstáculos y retrasos; dar garantías a los inversionistas. Los impactos ambientales en los proyectos petroleros son latentes y no dan aviso; la integración de nuevas tecnologías y la planificación en el uso de las tierras permitirán realizar una *distribución del riesgo mejorando el costo-beneficio*.

La *reforma del mercado energético* debe buscar la liberación del mercado, permitir que entren nuevos participantes que generen cambios en el mercado. La *idoneidad* de la política a implementar debe estar ligada a su eficiencia y deficiencia, la cual debe ser probada ante la autosuficiencia y rentabilidad. El éxito de un proyecto está ligado a su CAPEX y OPEX, ellos definirán la rentabilidad, por lo que se requiere que la política posea *estabilidad* y genere seguridad al mercado y los interesados. En lo planteado anteriormente, se propone la Fig. 5 donde condensan las siguientes recomendaciones.

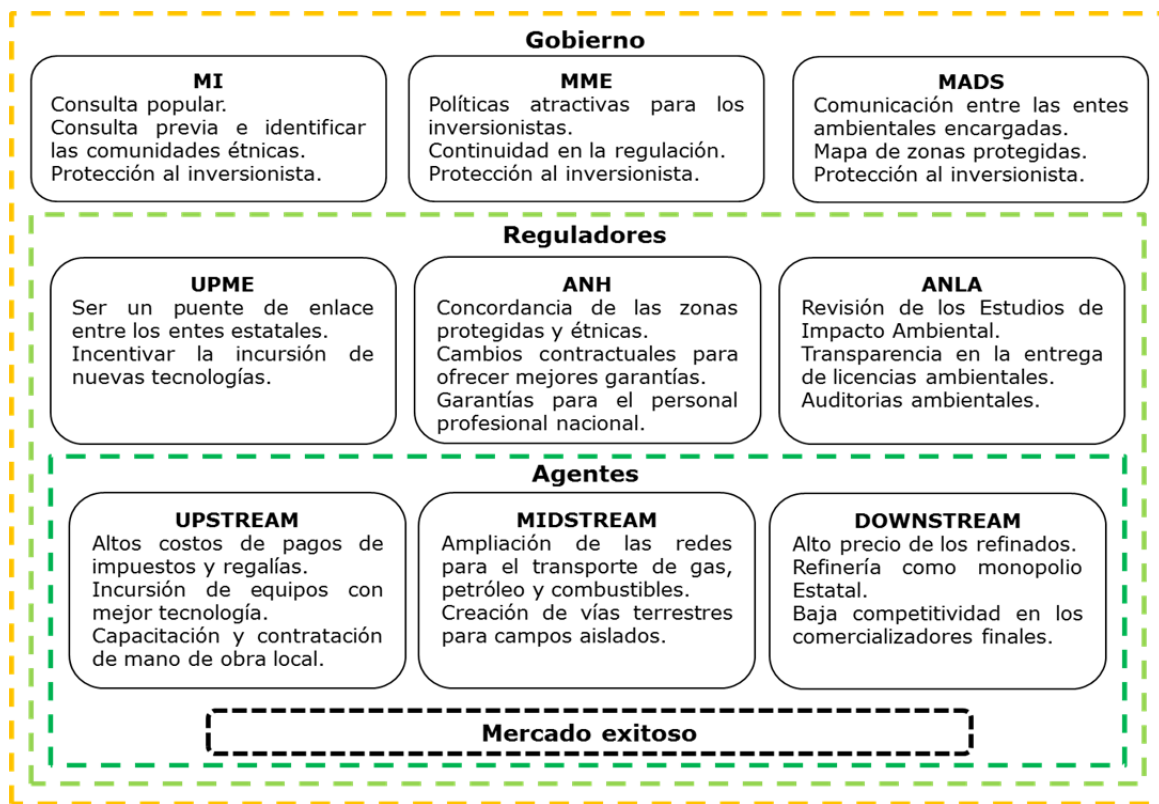


Fig. 5. Propuestas para el desarrollo sostenible y competitivo desde el marco institucional del mercado petrolero colombiano.

Para lograr viabilidad en el cumplimiento del objetivo propuesto por la UPME, Colombia debe lograr generar condiciones que sean atractivas para las compañías, que puedan invertir y lograr tener retornos de inversión en lapsos de tiempos cortos. De las recomendaciones presentadas en la Fig. 5 se deben plantear cambios a partir de políticas sectoriales, para cumplir con los pilares mencionados en la Fig. 3, se debe generar flujos de información que permita realizar una retroalimentación continua y realizar modificaciones según las necesidades del mercado, en la Fig. 6 se presenta un flujograma que permite entender cómo se debe evaluar y tomar las decisiones.

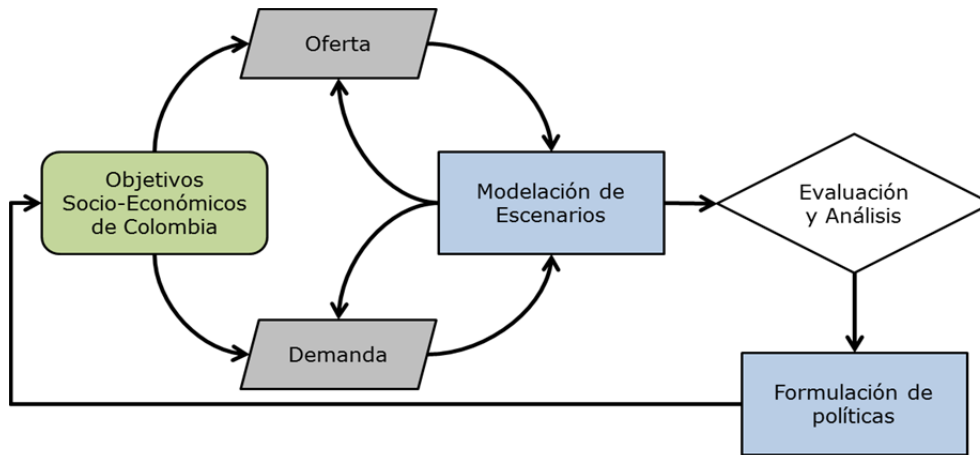


Fig. 6. Flujograma para la generación de políticas integrales.

Los objetivos deben tener un marco contextual y ser claros, con una meta clara y precisa, ellos entregan los primeros datos de oferta y demanda los cuales deben ser modelados y en un proceso de retroalimentación darán como resultado un escenario el cual debe evaluarse. En dependencia de las condiciones del Estado se deben tomar decisiones sobre las necesidades, debilidades y fortalezas que conllevan ese escenario; para luego generar una política energética integral, que nuevamente ayudará a fortalecer y generar nuevos objetivos para entrar a la mejora continua del mercado.

4. Conclusiones

El cumplimiento al Plan de Desarrollo, propuesto en la Ley 1753 por el gobierno colombiano, debe contener condiciones de mercado que incentiven la inversión de las compañías; los incentivos fiscales y la estabilidad política y económica son claves para dar luces de un mercado estable y confiable. En la actualidad, Colombia se encuentra en un momento muy importante a nivel económico y financiero; sin embargo la inversión petrolera, la pública y la privada han sufrido una disminución sustancial. La disminución del precio del hidrocarburo ha generado recortes en los presupuestos de las compañías, afectando con ello la demanda de bienes y servicios, así como de mano de obra local.

La incertidumbre en los precios debe conllevar a una modificación en la gestión del mercado, permitiendo darle estabilidad y confiabilidad al inversionista; si bien el actuar de los operadores puede gestionar para obtener resultados positivo, el apoyo del gobierno es clave para permitir una firmeza en los resultados y la rentabilidad en la cadena productiva del sector. Los impactos en Colombia se verán con la pérdida de autosuficiencia paulatinamente, y para ello es crear estudios de fondo que permitan dar bases sólidas para la modificación del sector petrolero.

Este trabajo forma parte de una investigación de doctorado en curso. Se están realizando investigaciones y análisis pragmáticos relacionados con el desarrollo sostenible del mercado petrolero mediante el uso de modelos internacionales, formando marcos de apoyo para las decisiones en el sector petrolero colombiano. Se prevé que el desarrollo la investigación proporcione una planificación energética estratégica y una hoja de ruta de políticas para gestionar el crecimiento del sector de hidrocarburos.

5. Referencias

(1991). Art 105. En Constitución Política de Colombia.

T-129/11, Sentencia T-129/11 - LICENCIA AMBIENTAL Y DEL PLAN DE MANEJO ARQUEOLOGICO PARA LA PROTECCION DE BIENES DE INTERES CULTURAL (Corte Constitucional 03 de Marzo de 2011).

T-445/16, Sentencia T-445/16 - PRINCIPIO DE COORDINACION, CONCURRENCIA Y SUBSIDIARIEDAD EN EL REPARTO DE COMPETENCIAS ENTRE LA NACION Y LAS ENTIDADES TERRITORIALES (Corte Constitucional 19 de Agosto de 2016).

SU217/17, Sentencia SU217/17 - DERECHO A LA CONSULTA PREVIA DE COMUNIDAD INDIGENA (Corte Constitucional 18 de Abril de 2017).

Al-Saadoon, F. T., & Nsa, A. (2009). Economics of LNG Projects. (S. o. Engineers, Ed.) doi:<https://doi.org/10.2118/120745-MS>

ANH. (Marzo de 2018). Contrato E&P-TEA. Obtenido de <http://www.anh.gov.co/Asignacion-de-areas/Relacion-de-areas-asignadas/Paginas/Contrato-EandP-TEA.aspx>

ANH. (Marzo de 2018). Funciones. Obtenido de <http://www.anh.gov.co/la-anh/Paginas/Funciones.aspx>

ANLA. (Marzo de 2018). Funciones. Obtenido de <http://www.anla.gov.co/funciones-anla>

Bernanke, B. S. (20 de Noviembre de 2012). The economic recovery and economic policy. (T. a. Club, Ed.) Obtenido de <https://www.federalreserve.gov/newsevents/speech/bernanke20121120a.pdf>

BP. (Marzo de 2018). Statistical Review of World Energy. Obtenido de <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

Castillo, L., & Dorao, C. (2012). Consensual decision-making model based on game theory for LNG processes. *Energy conversion and management*, 64, 387-396.

Contraloría General. (26 de Mayo de 2017). Contraloría General de la República. Obtenido de Autosuficiencia petrolera en Colombia: <https://www.contraloria.gov.co/documents/463406/484739/Bolet%C3%ADn+Macrosectorial+No.+06+%28pdf%29/f01dfce0-493c-423a-9148-244fce46edc1?version=1.2>

Estrada Gasca, C. A. (Mayo de 2013). Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia. *Revista Mexicana de Física*, S 59 (2), 75–84.

Fernández-Villaverde, J., Guerrón-Quintana, P., Kuester, K., & Rubio-Ramírez, J. (2015). Fiscal volatility shocks and economic activity. *American Economic Review*, 105(11), 3352-3384.

Henriques, I., & Sadorsky, P. (2011). The effect of oil price volatility on strategic investment. *Energy Economics*, 33(1), 79-87. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.09.001>

ICESCR. (Diciembre de 1966). Art 01. Obtenido de ICESCR - International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights: <http://www.ohchr.org/EN/ProfessionalInterest/Pages/CESCR.aspx>

Lanteri, L. (Julio de 2014). Determinantes de los precios reales del petróleo y su impacto sobre las principales variables macroeconómicas: eu, España, Noruega y Argentina. *Scientific Electronic Library Online*(41). Obtenido de <http://scielo.unam.mx/pdf/etp/n41/n41a3.pdf>

MADS. (Marzo de 2018). Objetivos y funciones. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/ministerio/objetivos-y-funciones>

Malagón, J. (2016). La competitividad del sector de hidrocarburos en las diferentes regiones de

Colombia. Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD.

Mallon, K. (2006). Ten Features of Successful Renewable Markets. En K. Mallon, Renewable energy policy and politics: a handbook for decision-making (págs. 35-84). Londres: Earthscan.

MI. (Marzo de 2018). Funciones. Obtenido de <http://www.mininterior.gov.co/el-ministerio/funciones-y-deberes>

MME. (Marzo de 2018). Misión y Visión. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/mision-y-vision>

Regnier, E. (2007). Oil and energy price volatility. *Energy Economics*, 29(3), 405-427. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2005.11.003>

República, C. G. (26 de Mayo de 2017). Autosuficiencia petrolera en Colombia. Boletín Macro sectorial Banco de la republica (No. 6). Obtenido de <https://www.contraloria.gov.co/documents/463406/484739/Bolet%C3%ADn+Macrosectorial+No.+06+%28pdf%29/f01dfce0-493c-423a-9148-244fce46edc1?version=1.2>

Statista - The Statistics Portal. (2015). <https://www.statista.com>. Recuperado el Jan de 2018, de <https://www.statista.com/statistics/597669/cost-breakdown-of-producing-one-barrel-of-oil-in-the-worlds-leading-oil-producing-countries/>

Toro, J., Garavito, A., López, D. C., & Montes, E. (Enero de 2016). EL CHOQUE PETROLERO Y SUS IMPLICACIONES EN LA ECONOMÍA COLOMBIANA. (R. M. Giraldo, Ed.) Departamento de Comunicación y Educación Económica y Financiera del Banco(200).

UN. (Marzo de 2018). Desarrollo sostenible. Obtenido de <http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>

UPME. (Enero de 2015). Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. Obtenido de http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen_idearioenergetico2050.pdf

UPME. (Marzo de 2018). Quiénes Somos. Obtenido de <http://www1.upme.gov.co/Entornoinstitucional/NuestraEntidad/Paginas/Quienes-Somos.aspx>