

**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

## **EXPERIENCIA POSITIVA DE CODESARROLLO E INVESTIGACIÓN APLICADA BAJO EL MISMO TECHO (INDUSTRIA-ACADEMIA-ESTADO)**

**ANIBAL ORDOÑEZ RODRIGUEZ**

Centro de Innovación y Tecnología ICP,  
Santander, Colombia

[anibal.ordonez@ecopetrol.com.co](mailto:anibal.ordonez@ecopetrol.com.co)

**JAIME ENRIQUE MENESES FONSECA**

Universidad Industrial de Santander - UIS,  
Santander, Colombia

[jaimen@uis.edu.co](mailto:jaimen@uis.edu.co)

**ANDRES EDUARDO MANTILLA ZARATE**

Centro de Innovación y Tecnología ICP,  
Santander, Colombia

[andres.mantilla@ecopetrol.com.co](mailto:andres.mantilla@ecopetrol.com.co)

**NICOLAS SANTOS SANTOS**

Universidad Industrial de Santander - UIS,  
Santander,, Colombia

[nicolas@uis.edu.co](mailto:nicolas@uis.edu.co)

**LESLIE LORENA SILVA SIERRA**

Centro de Innovación y Tecnología ICP,  
Santander, Colombia

[leslie.silva@ecopetrol.com.co](mailto:leslie.silva@ecopetrol.com.co)

**PIEDAD ARENAS DIAZ**

Universidad Industrial de Santander - UIS,  
Santander,, Colombia

[parenasd@uis.edu.co](mailto:parenasd@uis.edu.co)

**LEONARDO MOGOLLON GALVIS**

Centro de Innovación y Tecnología ICP,  
Santander, Colombia

[Leonardo.Mogollon@ecopetrol.com.co](mailto:Leonardo.Mogollon@ecopetrol.com.co)

**MARIA OTILIA MORENO CAPACHO**

Universidad Industrial de Santander - UIS,  
Santander, Colombia

[coorpyp@uis.edu.co](mailto:coorpyp@uis.edu.co)

**ANGELA MARIA VARGAS FLORIAN**

Centro de Innovación y Tecnología ICP,  
Santander, Colombia

[Angela.Vargas@ecopetrol.com.co](mailto:Angela.Vargas@ecopetrol.com.co)

**LUIS EDUARDO BECERRA ARDILA**

Universidad Industrial de Santander - UIS,  
Santander, Colombia

[Lbecerra@uis.edu.co](mailto:Lbecerra@uis.edu.co)



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

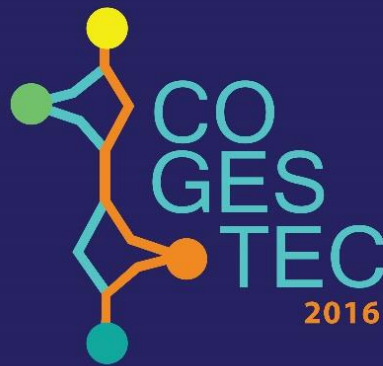
## **RESUMEN**

Con el propósito de fortalecer la relación Universidad-Empresa-Estado-Sociedad la Universidad Industrial de Santander y Ecopetrol formalizaron un convenio de cooperación científica y tecnológica basado en la ejecución conjunta de proyectos de investigación aplicada, en desarrollo de la Ley 29 de 1990 (Fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico), el Decreto 393 de 1991 y el Decreto 591 de 1991. Las instituciones consolidaron el convenio a mediados del 2015.

Como un ejemplo positivo de construcción conjunta en Colombia, la asociación entre Ecopetrol y la UIS ha logrado en el corto tiempo de ejecución la generación de nueve (9) prototipos de tecnología, 53 seminarios de transferencia de conocimiento con más de 155 presentaciones técnicas y 11 artículos documentados con el nivel de fuentes de información indexadas.

Así mismo, la cooperación UIS-ECOPETROL ha motivado y facilitado la participación activa de más de 130 semilleros, 18 grupos de investigación, 280 investigadores de la UIS con formación de tecnólogos, profesionales, master y doctores, de los cuales 139 corresponden a docentes, y 123 trabajadores de Ecopetrol, quienes participan en el desarrollo de los objetivos propuestos en los 8 acuerdos de cooperación firmados a la fecha, y para los cuales las Partes han invertido alrededor de 42 mil millones de pesos de recursos dispuestos en dinero y en especie.

Las actividades de investigación aplicada concertadas entre las Partes y que se detallan en cada acuerdo de cooperación se han adelantado en las instalaciones del campus de la UIS, en la sede Bucarica UIS, en el parque tecnológico Guatiguará - UIS y en el Centro de Innovación y Tecnología ICP de ECOPEPETROL S.A., y están enfocadas en el desarrollo cooperado de soluciones tecnológicas para el sector petrolero, en áreas como geofísica, petrofísica, incremento del factor de recobro, optimización de producción, analítica, mejoramiento de crudos pesados y tecnologías limpias.



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

## **INTRODUCCION**

La inversión en educación, ciencia, tecnología e innovación, y el fortalecimiento de la relación entre los diferentes entes que promueven estas temáticas, conforman la principal estrategia que un gran número de gobiernos han incluido dentro de sus planes de desarrollo local, regional y nacional. Según cifras de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), países como Israel, Corea del Sur y Japón lideran la cantidad de recursos invertidos en educación, ciencia y tecnología, con un 4.2, 4.1, y 3.4 % de su producto interno bruto - PIB respectivamente, mientras que en Colombia este sector representa el 0.2 % de su PIB<sup>1</sup>.

Bajo este contexto y aunque Colombia ha decidido pisar el acelerador y dar cada vez más importancia al campo investigativo y tecnológico; la inversión en proyectos sigue siendo baja. En el caso particular del departamento de Santander el panorama no es muy diferente al ámbito nacional. Tan solo el 1,78% de los fondos nacionales de investigación y desarrollo son invertidos en la región Santandereana, distribuidos en 207 grupos de investigación avalados por Colciencias y 397 investigadores reconocidos<sup>2</sup>.

Mientras que para algunos la baja competitividad e innovación está asociada a la falta de recursos, para otros la problemática va más allá. Como lo cita el filósofo, economista, sacerdote y teólogo español Xabier Gorostiaga en su publicación "EN BUSCA DEL ESLABON PERDIDO ENTRE EDUCACIÓN Y DESARROLLO - Desafíos y Retos para la Universidad en América Latina y el Caribe" el estancamiento es producto de la inestabilidad, la desconfianza, la debilidad y la falta de integración existente en la relación establecida por la industria, sociedad, gobierno y academia y aunque han existido asociaciones o trabajos conjuntos, estos cuatro actores sociales trabajan de manera individual en beneficio de su plan particular de desarrollo sin percatar que el verdadero progreso se logra mediante un trabajo sistematizado y cooperado. Las empresas e industrias elaboran planes de negocio sin preocuparse por la oferta que puedan tener para ejecutarlos, la academia forma profesionales adaptados a condiciones diferentes a las requeridas por la industria actual, y la sociedad y el estado entran en un círculo de continua insatisfacción.

---

<sup>1</sup> CONGOTE, N. En ciencia, Colombia debe pisar el acelerador. El Tiempo. 28 de mayo de 2015.

<sup>2</sup> Estado de la Ciencia en Colombia. Informe anual de Colciencias. 2015.



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

Buscando fomentar y orientar el desarrollo científico y tecnológico del territorio Colombiano, el estado ha establecido un marco legal compuesto principalmente por una ley y dos decretos. La Ley 29 de 1990 (modificada mediante Ley 1286 de 2009) conocida como la ley de ciencia y tecnología, se encarga de incentivar la generación de condiciones favorables para el conocimiento científico y tecnológico, y a su vez obligar al estado a incorporar la ciencia e innovación en los planes de desarrollo económico y social del país. De igual forma, sus decretos reglamentarios 393 de 1991 estipula las normas sobre asociación para actividades científicas y tecnológicas, proyectos de investigación y creación de tecnologías y el 591 del mismo año, presenta las modalidades específicas para contratos de fomento de actividades científicas y tecnológicas.

Los estatutos sociales de Ecopetrol refieren en el numeral 15 del artículo 5 que la Sociedad podrá participar en la realización de actividades científicas y tecnológicas relacionadas con su objeto social o con las actividades complementarias, conexas o útiles al mismo, así como realizar su aprovechamiento y aplicación técnica y económica. De manera similar, la Universidad Industrial de Santander incluyó dentro de su plan de desarrollo 2008-2018, la contribución al desarrollo regional mediante la formación de talento humano competitivo, investigación aplicada y extensión cooperativa.

Apostando estratégicamente al progreso y desarrollo regional, la UIS y Ecopetrol decidieron empezar a marcar la diferencia mediante la firma del convenio marco 5222395, el cual incluyó el estudio y establecimiento previo de las condiciones de cooperación, riesgos asociados y los beneficios esperados para las dos instituciones. Dicho relacionamiento se ha materializado con los seis (6) acuerdos de cooperación en ejecución y dos (2) acuerdos en proceso de liquidación, para los cuales, las Partes han invertido aproximadamente 11 mil millones como aportes en dinero, 31 mil millones como aportes en especie y facilitado la participación activa de más de 130 semilleros, 18 grupos de investigación, 280 investigadores de la UIS con formación de tecnólogos, profesionales, master y doctores, de los cuales 139 corresponden a docentes y 123 trabajadores de Ecopetrol, quienes participan en el desarrollo de los objetivos propuestos.

Los temas de investigación están dirigidos al mejoramiento y desarrollo de investigación aplicada en el sector de hidrocarburos, especialmente en áreas como el incremento de factor de recobro, petrofísica, geofísica, optimización de



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

producción, mejoramiento de crudos pesados, corrosión y tecnologías limpias. De acuerdo con los requerimientos, el personal de las Partes realiza sus actividades y proyectos en las instalaciones de campus principal UIS, en la sede Bucarica UIS, en el parque tecnológico Guatiguará y en el Centro de Innovación y Tecnología ICP de Ecopetrol S.A.

La construcción del trabajo cooperado ha estado enmarcada por un riguroso proceso de definición, organización y desarrollo, donde cada una de las Partes ha experimentado aprendizaje compartido de todo lo que conllevan estos trámites y decisiones. A continuación se describe en detalle los antecedentes, los objetivos del trabajo cooperado "bajo un mismo techo", la metodología desarrollada, las temáticas de estudio, cifras y resultados relevantes, y las conclusiones de ésta experiencia positiva de fortalecimiento.

## **ANTECEDENTES**

Desde finales de los 90 y principios del año 2000, Corea del sur arrancó un periodo de cambios estructurales en los procesos de exportación realizados. El desarrollo y uso de productos en diferentes niveles de tecnología permitió evidenciar que a medida que el nivel tecnológico aumentó, las exportaciones también se vieron beneficiadas. Los resultados más significativos o relevantes en este estudio se obtuvieron a través del desarrollo e implementación de productos de alta tecnología. Incorporando el desarrollo científico y tecnológico dentro de sus pilares de gobierno, Corea del Sur actualmente es líder en estas temáticas, tanto en el continente asiático como en el contexto mundial. Un gran número de ingenieros y científicos involucrados, y un aporte considerable de la ciencia en el producto interno bruto del país son algunos de los beneficios alcanzados a partir de estos cambios<sup>3</sup>. En cada región coreana se organizan actores del sistema de ciencia, tecnología, innovación y competitividad (gobiernos centrales, regionales y locales, instituciones de educación superior, centros de investigación, centros de desarrollo tecnológico, empresas, parques tecnológicos, zonas francas, incubadoras y aceleradoras de empresas, ángeles inversionistas, fondos de inversión, etc.) en Clusters de Innovación, que se dedican al desarrollo, fabricación eficiente y comercialización de productos de alto valor agregado para la cadena de valor de las

---

<sup>3</sup>CHUNG, S. Innovation, Competitiveness and Growth: Korean Experience. Research Fellow Emeritus Science and Technology Policy Institute (STEPI).2014.



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

IERs, que al tener alto contenido tecnológico, son más competitivos en el entorno global.

Para el caso particular de Alemania, en el 2009 la Comisión de Expertos para la Investigación y la Innovación (EFI) sugirió que las cooperaciones estratégicas entre la industria y la investigación deben ser alentadas y recibir "apoyo político activo". A medida que la necesidad de un nuevo tipo de "puente de transferencia" entre la investigación y la industria se hizo evidente, el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania ideó e implementó la iniciativa de financiación " Campus de Investigación " (Forschungscampus) con los objetivos principales de:

- Promover la colaboración entre los socios de las organizaciones industriales y de investigación mediante la combinación de recursos público – privados.
- Desarrollar nuevos campos de investigación juntos en un medio de perspectiva a largo plazo.
- Realizar investigación estratégica pre- competitiva " bajo un mismo techo ", ubicado en el campus de una universidad o instituto de investigación.<sup>4</sup>

Las condiciones de competitividad de Colombia, son similares a las de la antigua República Democrática Alemana (RDA), que al momento de la reunificación tenía un entorno competitivo dominado por las siguientes características:

- Empresas pequeñas y medianas poco eficientes y poco competitivas.
- Baja capacidad para innovar.
- Insuficientes demanda laboral y pocas posiciones para aprendices.
- Migración de talentos jóvenes hacia los estados occidentales de la Alemania reunificada, e.g., a los que pertenecían a la antigua República Federal Alemana.

Para elevar la competitividad de los estados de la antigua RDA después de la reunificación, el Ministerio Federal de Educación e Investigación de la Alemania reunificada diseñó una política de innovación a finales de los 90's, que denominó "InnoRegion", con los siguientes objetivos:

---

<sup>4</sup> DWERTMANN, A. Institut für Innovation und Technik, Berlin (2015)



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

- Acercar a personas de diferentes disciplinas, instituciones y sectores económicos para formar el mejor ambiente para generar ideas innovadoras.
- Fomentar el éxito de las regiones mediante el relacionamiento y acople de las mejores habilidades, experiencias y tecnologías clave.
- Crear redes de trabajo conjunto que, construyendo sobre la base de las tradiciones regionales, desarrollen una estrategia de innovación conjunta, basada en la proyección de la región.

La estrategia InnoRegion demostró que:

- Para conformar redes exitosas de colaboración no es indispensable contar con excelente infraestructura económica. En regiones débiles también se pueden desarrollar redes sobre la base de la experticia específica disponible en la región.
- Las actividades más atractivas e innovadoras están enfocadas a nuevos mercados o segmentos.

El Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania (BMBF, por su nombre en alemán) organizó convocatorias tendientes a la creación de redes de innovación autosuficientes, orientadas al establecimiento de regiones y localidades competitivas, recibiendo 444 propuestas entre 2001 y 2015, a partir de las cuáles se generaron 23 redes en temas diversos. Las redes generaron 1100 proyectos, con los siguientes resultados:

- Crecimiento sustancial en el número de compañías.
- 44% de las compañías aplicaron a patentes.
- 39% de las compañías desarrollaron productos completamente nuevos.
- 75% de las compañías exportaron sus productos.
- Las exportaciones se incrementaron en un 73%.

Por otro lado, Australia y Estados Unidos cuentan con programas de centros de investigación cooperativa, los cuales llevan operando entre 25 y 35 años respectivamente. En general, los programas no han conseguido ser auto-sostenibles debido a la desigualdad de competitividad y falta de compromiso por parte de algunas de las instituciones involucradas. Con base en esta revisión, su análisis y las debilidades identificadas, la UIS y Ecopetrol formalizaron el proceso de cooperación bajo un mismo techo de que trata este documento.



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

## **OBJETIVOS DEL TRABAJO COOPERADO "BAJO UN MISMO TECHO"**

El sistema de competitividad e innovación conformado por Colciencias, el ministerio de educación, las cámaras de comercios, empresarios, universidades etc., promueven la vinculación de todas instituciones que conforman el ecosistema tecnológico, con el propósito de generar eficiencia de desarrollo, innovación sostenible y soluciones de alto valor. Persiguiendo mejoras como posicionamiento internacional, aumento de la calidad académica y formación pertinente para el sector productivo actual, el lazo entre los socios regionales del sector productivo, los centros de investigación regional, las universidades con y sin capacidades de investigación consolidadas, e incluso socios internacionales, los integrantes se han concientizado de participar activamente para la realización de trabajos conjuntos con conocimientos, habilidades e ideas compartidas. Un sistema de competitividad eficiente debe abarcar la generación de conocimiento, la realización de investigación aplicada, el desarrollo de productos y procesos y la idea de mercado o comercialización de este.

De acuerdo con la filosofía y el espíritu de la asociación para el trabajo cooperado bajo el mismo techo y el indudable beneficio a los programas académicos existentes, creación de nuevos programas y el fortalecimiento de los grupos y semilleros de investigación el convenio marco No. 5222395 tiene como objetivos específicos:

- Establecer relaciones de largo plazo para que a través del esfuerzo conjunto en investigación, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología se genere competitividad empresarial y desarrollo regional.
- Fortalecer grupos y centros de investigación. Alcanzar una mayor alineación y exposición de la comunidad científica y universitaria a las oportunidades de la industria.
- Potenciar las capacidades de las Partes para hacer investigación aplicada, desarrollo tecnológico, aplicación y transferencia de conocimiento y tecnología.

La figura No.1 muestra de manera esquemática el fortalecimiento esperado en la academia y grupos de investigación a partir de la consolidación del convenio.





**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

Inicialmente se encuentran grupos de investigación pequeños con poca participación de estudiantes de pregrado, maestría y doctorado. A partir de la segunda representación, se observa como los estudiantes empiezan a involucrarse en los distintos grupos de investigación y como los programas de maestría y doctorado empiezan a tener más oferta estudiantil. Para la tercera y cuarta imagen este proceso continúa, tanto así que todos los estudiantes están involucrados en grupos de investigación, la cantidad de estudiantes vinculados a los postgrados es mayor, y la necesidad de conocimiento fortalecido para el desarrollo de investigación aplicada a dado paso a la creación de otros programas académicos. La formación de recursos humanos íntegros y pertinentes en materia de competitividad para las condiciones actuales del sector productivo e industrial, es otro de los pilares más fuertes de la cooperación UIS-ECOPETROL.

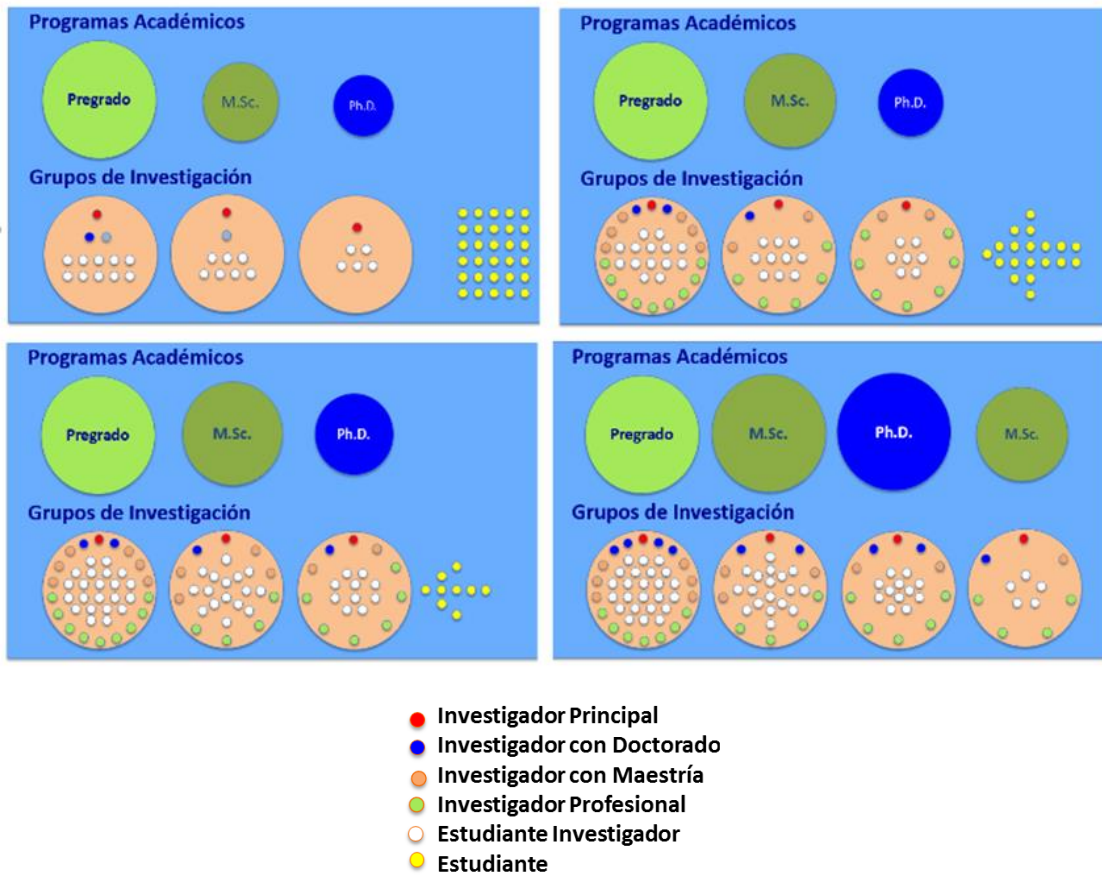
La figura No.2 muestra las fortalezas y capacidades esperadas en cada investigador, y la intensidad de cada una de ellas de acuerdo al rol que esté desempeñando. Dentro de las capacidades esperadas durante este proceso de formación se encuentran la interpretación y adquisición de datos, generación de soluciones, postulación de patentes, desarrollo de prototipos tecnológicos y labores en docencia.



**5° CONGRESO INTERNACIONAL DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y DE LA INNOVACIÓN**  
 BUCARAMANGA/ COL

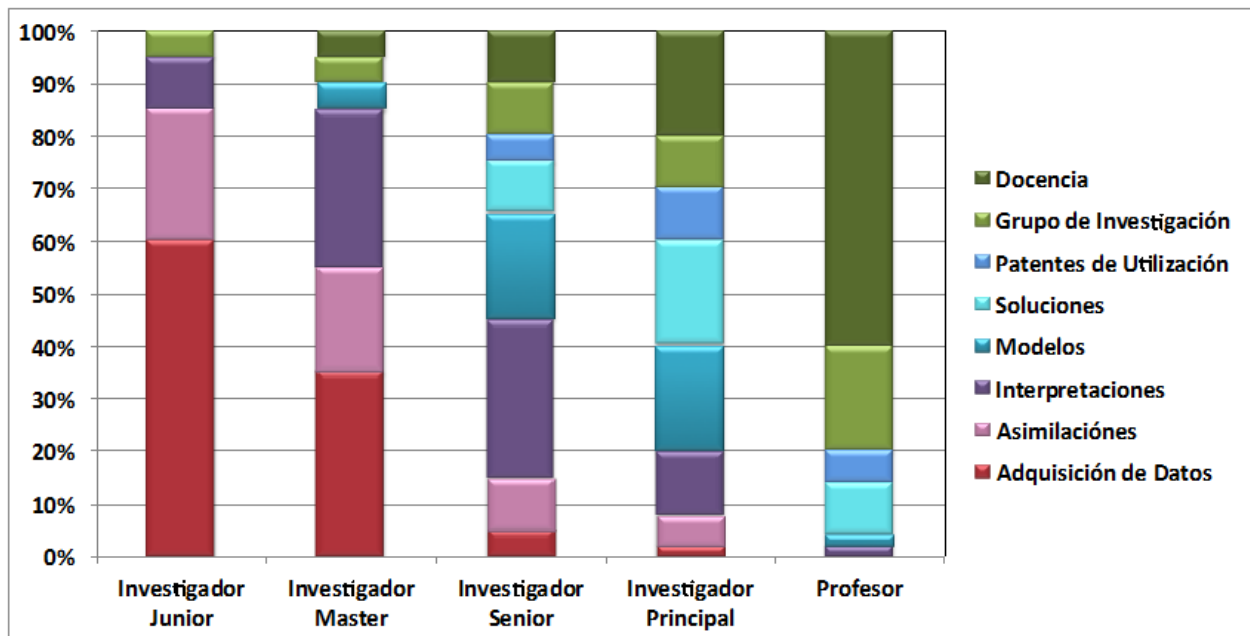
**OCTUBRE 25 - 26 - 27**  
**BUCARAMANGA// COL**

**Figura 1 Proceso de fortalecimiento de la academia y grupos de investigación a partir de la consolidación de la cooperación UIS-ECOPETROL**



Fuente: Tomado de la presentación "MANTILLA, A. Comunicación personal. Instituto Colombiano del Petróleo. 2016."

**Figura 2 Campos de énfasis de cada miembro de acuerdo al rol que desempeñen dentro de la cooperación UIS-ECOPETROL**



Fuente: Tomado de la presentación "MANTILLA, A. Comunicación personal. Instituto Colombiano del Petróleo. 2016."

## METODOLOGIA

La forma de desarrollo y consolidación del acuerdo cooperado entre la Universidad Industrial de Santander y Ecopetrol "Energía para todos" consta de dos etapas. La primera de ella comprende la organización establecida y la distribución de actividades durante el proceso de consolidación y firma del convenio. La segunda etapa involucra los comités establecidos para controlar y hacer seguimiento de los procesos en ejecución después de culminada la formalización del convenio.

Durante la fase de inicialización se definió una junta de planificación conformada por tres grupos de trabajo. El primero de ellos recibió el nombre de grupo administrativo, el cual tenía dentro de sus funciones tanto la identificación y análisis de proyectos similares culminados o en ejecución, como el reconocimiento de las áreas de interés



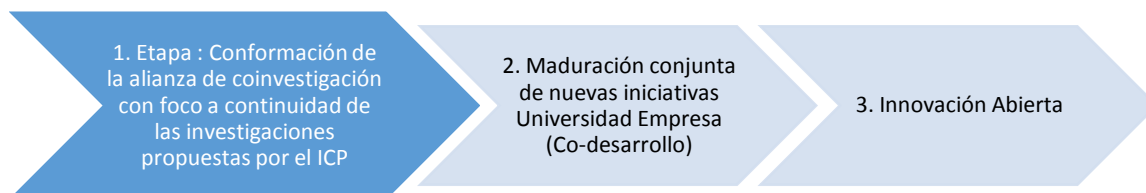
**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

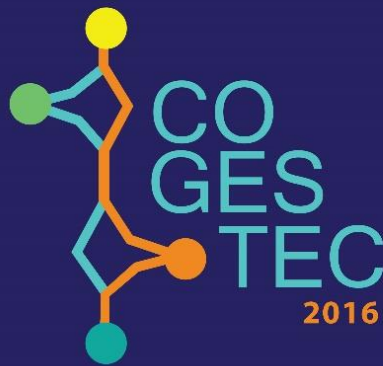
tecnológico entre la universidad y Ecopetrol. El segundo se denominó mesa técnica y estaba conformada por grupos técnicos de diferentes disciplinas, quienes estuvieron enfocados en establecer y compartir el énfasis de sus respectivos campos de investigación aplicada, definiendo los posibles métodos y proyectos de cooperación conjunta a realizar.

Finalmente, se conformó el grupo jurídico, quienes basados en la ley de ciencia y tecnología, sus modificaciones, definieron los términos y condiciones del convenio las diferentes modalidades legales de relacionamiento. En general, los esfuerzos de este grupo estuvieron dirigidos a evaluar la validez, certeza y confianza de los temas estipulados. Inicialmente se visualizó el proceso de cooperación con una línea de tiempo y con un enfoque de maduración del proceso así:

**Figura 3 Estados visualizados para la cooperación UIS-ECOPETROL durante la etapa inicial de estructuración.**



Al iniciar con la ejecución de los diferentes proyectos y actividades de investigación, las dos instituciones coincidieron en la necesidad de establecer un modelo de seguimiento, control y cumplimiento, que involucrara una revisión de actividades como entrega de informes y reportes en el tiempo acordado. Este modelo consta principalmente de dos comités, los cuales reciben el nombre de comité de control y coordinación, y comité de seguimiento, integrados por el administrador del convenio marco por parte de ECOPETROL y por el Vicerrector de Investigación y Extensión de la UIS o dependencia que haga sus veces o sus reemplazos debidamente designados. Tanto el comité de control y coordinación, como el comité de seguimiento programan reuniones semanales y quincenales respectivamente.



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

## TEMÁTICAS DE ESTUDIO

Al igual que cualquier otra industria, el sector petrolero es calificado competitivamente a través de su habilidad para desarrollar y usar tecnologías propias. Motivados en gran parte por esta iniciativa, el convenio de cooperación UIS-ECOPETROL, está enfocado en el fortalecimiento de capacidades investigativas y tecnológicas aplicadas y la generación de soluciones tecnológicas para el sector de hidrocarburos. La tabla 1 recopila la información concerniente a los ocho (8) acuerdos de cooperación ejecutados, incluyendo los grupos de investigación involucrados y las temáticas investigadas en cada uno de ellos. Cada acuerdo de cooperación conjunta cuenta con un grupo de recursos humanos distribuidos entre técnicos, profesionales, masters y doctores, a quienes se les han sido asignados entregables e hitos de presentación de las temáticas trabajadas. La distribución del personal para cada acuerdo y la cantidad de hitos son mostradas en la tabla 2.

**Tabla 1 Acuerdos de cooperación UIS-ECOPETROL**

<b>Convenio</b>	<b>Grupos de investigación involucrados</b>	<b>Temas trabajados</b>
<b>Incremento Factor de Recobro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recobro Mejorado</li> <li>✓ Grupo de investigación en minerales biohidrometalurgia y ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Formulaciones Surfactante-Polímero</li> <li>✓ Compatibilidad de aguas</li> <li>✓ Polímeros para alta temperatura</li> <li>✓ Emulsiones generadas por combustión in situ</li> <li>✓ Impacto de minerales y relación agua-aire en Recobro por combustión in situ</li> </ul>



**5° CONGRESO INTERNACIONAL DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y DE LA INNOVACIÓN BUCARAMANGA/ COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27 BUCARAMANGA// COL**

<b>Incremento de Productividad y estabilidad de pozos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grupo de investigación en estabilidad de pozo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Calculo de la presión de poro en rocas generadoras</li> <li>✓ Enmallado para estimulación de Pozos horizontales</li> </ul>
<b>Corrosividad e Integridad de Líneas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grupo de investigaciones en corrosión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evaluación propiedades mecánicas de tubería enrollable</li> <li>✓ Sulfidación de tuberías de acero al carbono en plantas de crudo</li> </ul>
<b>Sostenibilidad Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grupo de investigación en bioquímica y microbiología</li> <li>✓ Grupo de investigación en energía y medio ambiente</li> <li>✓ Grupo de investigación en microbiología y genética</li> <li>✓ Grupo de investigación en biohidrometalurgia y ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Biorecuperación de suelos contaminados</li> <li>✓ BIO – COMPETENCIA para la mitigación de Biocorrosión y taponamiento de Pozos</li> </ul>
<b>Desarrollo Metodologías Analíticas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grupo de investigación en espectroscopia Atómica y molecular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Espectroscopia Infrarroja (IR)</li> <li>✓ Cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC),</li> <li>✓ Fluorescencia de rayos X (FRX),</li> <li>✓ Petroleómica y Cromatografía bidimensional (GCxGC).</li> </ul>
<b>Mejoramiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Centro de investigaciones en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mejoramiento de</li> </ul>



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

<b>de Crudos Pesados</b>	catálisis	<p>crudos pesados mediante la adición de hidrogeno</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Análisis de las propiedades fisicoquímicas de cargas, catalizadores y productos a nivel de planta piloto</li> </ul>
<b>Geofísica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grupo de conectividad y procesamiento de señales</li> <li>✓ Grupo de investigación en diseño de algoritmos y procesamiento de datos multidimensionales</li> <li>✓ Grupo de investigación en relatividad y gravitación</li> <li>✓ Grupo supercomputación y calculo científico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Parámetros de anisotropía para modelamiento sísmico</li> <li>✓ Conversión tiempo-profundidad mediante metodología rayo - imagen.</li> </ul>
<b>Petrofísica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grupo de investigación en geología básica y aplicada</li> <li>✓ Grupo de investigación en geología de hidrocarburos y carbones</li> <li>✓ Modelamiento de procesos de hidrocarburos</li> <li>✓ Grupo de investigación en química estructural</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacidad de acumulación y flujo de fluidos en formaciones geológicas en cuencas valle superior y llanos</li> <li>✓ Desarrollo de modelos predictivos bioestratigráficos, petrológicos y geoquímicos de Norte de Colombia</li> </ul>



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

**Tabla 2 Distribución de los recursos humanos en los 8 acuerdos de cooperación ejecutados y cantidad de hitos asignados.**

<b>Acuerdos de cooperación</b>	<b>Recurso Humano de las Partes con niveles de formación de tecnólogos, profesionales, especialistas, masters y doctores en diferentes disciplinas</b>	<b>Cantidad hitos comprometidos</b>
<b>Incremento Factor de Recobro</b>	Ecopetrol: <b>34</b> UIS: <b>138</b>	156
<b>Incremento de Productividad y estabilidad de pozos.</b>	Ecopetrol: <b>30</b> UIS: <b>31</b>	43
<b>Corrosividad e Integridad de Líneas</b>	Ecopetrol: <b>5</b> UIS: <b>8</b>	7
<b>Sostenibilidad Ambiental</b>	Ecopetrol: <b>11</b> UIS: <b>19</b>	32
<b>Desarrollo Metodologías Analíticas</b>	Ecopetrol: <b>6</b> UIS: <b>2</b>	14
<b>Mejoramiento de Crudos Pesados</b>	Ecopetrol: <b>5</b> UIS: <b>17</b>	9
<b>Geofísica</b>	Ecopetrol: <b>9</b> UIS: <b>25</b>	38
<b>Petrofísica</b>	Ecopetrol: <b>23</b> UIS: <b>43</b>	11

Evidenciándose un total de 403 participantes entre Investigadores de Ecopetrol (123) y la Universidad Industrial de Santander (280), responsables del cumplimiento de los 310 hitos.

### **CIFRAS Y RESULTADOS RELEVANTES**

Aunque la consolidación de la cooperación UIS-ECOPETROL se dio hace un poco más de un año, los resultados y cambios son significativos.





**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

Como resultados intangibles a la fecha, durante el proceso de consolidación y estructuración de la cooperación, tanto la UIS como Ecopetrol adquirimos experiencia en cuanto a la planeación y documentación de un convenio y sus acuerdos de cooperación y de sus diferentes esquemas de implementación, control y seguimiento de las actividades de investigación aplicada concertada en cada uno de los acuerdos de cooperación.

La UIS afrontó un proceso de adaptación y aprendizaje sobre metodología de proyectos del sector industrial. Formas y herramientas más sistematizadas, organizadas y didácticas empezaron a ser usadas por la Universidad, representando una ventaja en proyectos y actividades similares a futuro. También representó la posibilidad de que los integrantes de grupos de investigación, docentes y semilleros interactuaran con expertos de alto nivel, confrontaran el concepto teórico y la realidad de la industria de petróleo y gas mediante el desarrollo de actividades científicas en las áreas de negocio de ECOPETROL, así como la realizaron de seminarios de actualización técnica a nivel interno y en eventos y pasantías internacionales.

Con la firma del convenio, la ejecución de los acuerdos de cooperación, y la divulgación de la experiencia exitosa, las Partes han promovido el fortalecimiento de programas como Colombia científica, al involucrar los términos y bases fundamentales de la cooperación en sus procesos.

Con la participación de los co-investigadores, trabajadores de ECOPETROL, estudiantes y docentes ha sido posible el desarrollo de 9 prototipos de tecnología, 52 seminarios técnicos dirigidos a los temas de los acuerdos de cooperación, la realización de cursos de formación para estudiantes y co-investigadores, la solicitud de patentes y la publicación de artículos y ponencias. La tabla No.3 presenta el título y descripción general de los productos de tecnología desarrollados hasta el momento por el trabajo conjunto bajo el mismo techo.



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

**Tabla 3 Prototipos de tecnología desarrollados hasta el momento bajo la cooperación UIS-ECOPETROL**

<b>Producto tecnológico</b>	<b>Aspectos relevantes</b>
<b>Desarrollo de Metodología para hacer simultáneamente petrología convencional y análisis elemental con sonda EDX</b>	Acuerdo de cooperación de Incremento de Productividad y estabilidad de pozos
<b>Desarrollo de un sistema de Información Geográfica en ARGIS que recopila Información laboratorio y pozo para pozos perforados por Ecopetrol en Yacimientos No Convencionales VMM</b>	Acuerdo de cooperación de Incremento de Productividad y estabilidad de pozos
<b>Desarrollo de Metodología para Evaluación mecánica de recortes de perforación para el diseño de etapas de fracturamiento en yacimientos no Convencionales</b>	Acuerdo de cooperación de Incremento de Productividad y estabilidad de pozos
<b>Desarrollo de Metodología para Evaluación de daño por contaminación microbiológica a través de pruebas de coreflooding</b>	Acuerdo de cooperación de Incremento de Productividad y estabilidad de pozos
<b>Metodología para la producción de emulsiones mediante la oxidación parcial del crudo en un proceso en continuo</b>	Acuerdo de cooperación de Incremento de Productividad y estabilidad de pozos
<b>Metodología Para La Selección De Rompedores Químicos De Emulsiones Provenientes Del Proceso De Inyección De Aire</b>	Acuerdo de cooperación de Incremento de Productividad y estabilidad de pozos
<b>Herramienta software creada para el análisis y diseño de procesos de recobro secundario y mejorado CEOR.</b>	Acuerdo de cooperación de incremento de factor de recobro Apoyo clave en la toma de decisiones
<b>Reacciones en batch para hacer screening de catalizadores</b>	Acuerdo de cooperación de incremento de mejoramiento de crudos pesados
<b>Prototipo de tecnología desarrollada: Primera versión del módulo de conversión tiempo-profundidad por rayo-imagen para la herramienta software Decisión Space</b>	Acuerdo de cooperación de Geofísica En proceso de validación

Los prototipos de tecnología desarrollados bajo la cooperación UIS-Ecopetrol fueron clasificados usando la escala TRL (Technology Readiness Level) establecida por



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

Colciencias. Hasta el momento los prototipos desarrollados se encuentran entre el nivel 1 y 5 de la escala, reflejando actividades como la revisión de principios básicos, la formulación de los conceptos tecnológicos y la validación de las tecnologías tanto en laboratorio como en el contexto pertinente. Dentro de las metas del acuerdo se encuentra alcanzar los niveles de competitividad más altos, asociados a desarrollo tecnológico e innovación.

Un ejemplo ha sido el fortalecimiento del grupo de investigación de recobro mejorado, vinculado al acuerdo de cooperación de incremento de factor de recobro. La regularización de reuniones ampliadas, visitas de estudiantes a los laboratorios e instalaciones del ICP, sesiones de entrenamiento y conferencias, el esfuerzo de postulación del grupo en la categoría A de Colciencias y la realización de tesis bajo la dirección o apadrinamiento de profesionales de Ecopetrol, son desafíos en gran parte alcanzados (ver Figura No.4). La figura No.5 muestra el robustecimiento en la cantidad de los miembros del grupo de recobro. Adicionalmente, el grupo de investigación ha generado veintiún (21) publicaciones, de las cuales cuatro (4) ya han sido aceptadas, y el restante se encuentra en proceso de revisión.

La identificación del modelamiento digital de medios porosos como un proyecto prospectivo del cual se podrían desarrollar una serie de prototipos de tecnología, es otro de los avances obtenidos durante este periodo de trabajo de la cooperación UIS-IECOPETROL. El desarrollo de algoritmos y softwares que permitan el modelamiento del medio poroso y el flujo de fluidos asociados a este, mediante una roca reconstruida directamente por micro-tomografía computarizada, son algunos de los temas que componen las propuestas de investigación.



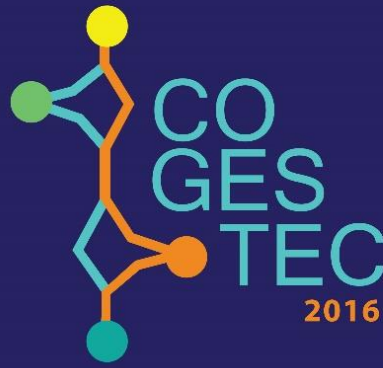
**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN**  
BUCARAMANGA/  
COL

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

**Figura 4 Evidencia fotografía del fortalecimiento del grupo de investigación de recobro mejorado mediante la cooperación UIS-ECOPETROL**



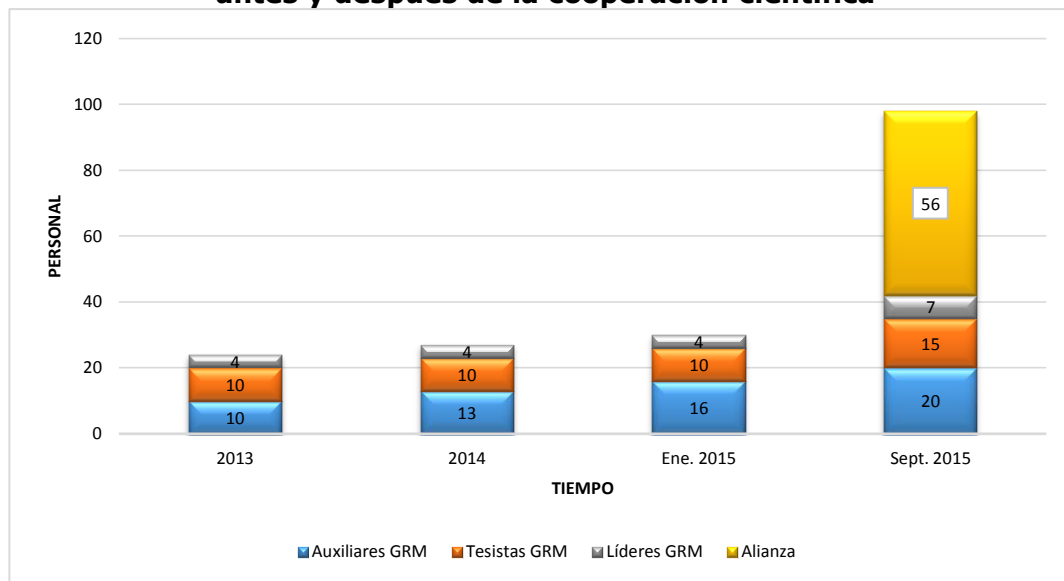
*Fuente: Tomado de la presentación "MANTILLA, A. Comunicación personal. Instituto Colombiano del Petróleo. 2016."*



**5° CONGRESO INTERNACIONAL DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y DE LA INNOVACIÓN BUCARAMANGA/ COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27 BUCARAMANGA// COL**

**Figura 5 Cantidad de miembros del grupo de investigación de recobro mejorado antes y después de la cooperación científica**



Fuente: Tomado de la presentación "MANTILLA, A. Comunicación personal. Instituto Colombiano del Petróleo. 2016."

## CONCLUSIONES

1. El trabajo cooperado "bajo un mismo techo" para el desarrollo de actividades de investigación aplicada fue evidenciado exitosamente mediante el convenio formalizado entre Ecopetrol y la Universidad Industrial de Santander bajo el convenio marco 5222395.
2. Las mejores prácticas de innovación conjunta deben orientarse a utilizar inteligentemente las herramientas que ofrece la Ciencia, la Innovación Tecnológica y los avances a ella asociados.
3. En un corto tiempo se desarrollaron nueve (9) prototipos de tecnología que fueron clasificados según la escala TRL (Technology Readiness Level) de Colciencias, obteniendo clasificación entre niveles 1 a 5 de acuerdo a la madurez tecnológica de cada uno de ellos.



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

4. El intercambio de experiencias y la oportunidad de innovar permitió a la UIS conocer y mejorar sus procesos en planeación, gestión y seguimiento de proyectos.
5. La cooperación ha motivado y facilitado la participación activa en la realización de aproximadamente 53 seminarios con más de 150 presentaciones técnicas y la interacción de 280 investigadores de la UIS con formación de tecnólogos, profesionales, master y doctores, de los cuales 139 corresponden a docentes y 123 trabajadores de Ecopetrol- quienes participan en el desarrollo de los objetivos propuestos en los 8 acuerdos de cooperación firmados a la fecha.
6. La participación de 18 grupos de investigación en los ocho acuerdos de cooperación refleja el nivel de aceptación de este modelo funcional y de la motivación participativa de estos procesos aplicada por de grupo de docentes vinculados a la UIS
7. Este modelo de cooperación motivó la participación de más de 130 semilleros a los grupos de investigación que antes no eran de su interés.
8. El trabajo cooperado bajo el mismo techo en el sector de "Oil & Gas" es ejemplo para que otros sectores productivos del país se incentiven en también establecer este tipo de acuerdos y generar progreso general.
9. Esta experiencia representó la posibilidad de que los integrantes de grupos de investigación, docentes y semilleros interactuaran con expertos de alto nivel, confrontaran el concepto teórico y la realidad de la industria de petróleo y gas mediante el desarrollo de actividades científicas en las áreas de negocio de ECOPETROL. De igual, se realizaron seminarios de actualización técnica a nivel interno y en eventos y pasantías internacionales.
10. El cambio es un compromiso de todos, que requiere de un liderazgo efectivo encabezado por la Alta Gerencia, quien debe demostrar con acciones positivas su disposición a aceptar, aprender y apropiar los esquemas nuevos, no basta con documentar y aprender de memoria un libreto, esperando instrucciones para seguir, sino que se debe pasar de una gestión pasiva, reactiva a una activa y proactiva, logrando así apropiar los beneficios del desarrollo de la investigación conjunta o bajo el mismo techo en nuestras regiones.



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN  
BUCARAMANGA/  
COL**

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores del presente artículo expresan sus más sinceros agradecimientos a todos los funcionarios de la Universidad Industrial de Santander, de Ecopetrol, del Ministerio de Educación y los integrantes del Consejo Superior de la UIS por su ayuda, colaboración y respaldo para que este acuerdo de cooperación fuese una realidad. Sus aportes se materializaron durante la estructuración y puesta en marcha de los diferentes proyectos en ejecución.

## **REFERENCIAS**

- ✓ ARIAS, C. Influencia científico-tecnológica de la industria del petróleo de Santander en su sistema regional de innovación. Maestría en ingeniería industrial. Universidad industrial de Santander. Escuela de estudios industriales y empresariales. 2015.
- ✓ CHUNG, S. Innovation, Competitiveness and Growth: Korean Experience. Research Fellow Emeritus Science and Technology Policy Institute (STPI).2014.
- ✓ CONGOTE, N. En ciencia, Colombia debe pisar el acelerador. El Tiempo. 28 de mayo de 2015.
- ✓ DWERTMANN, A. Institut für Innovationund Technik, Berlin (2015)
- ✓ Estado de la Ciencia en Colombia. Informe anual de Colciencias. 2015.
- ✓ GOROSTIAGA, X.1998. En busca del eslabón perdido entre educación y desarrollo Desafíos y Retos para la Universidad en América Latina y el Caribe. Universidad Centroamericana UCA-Managua, Nicaragua. 1998.
- ✓ MANTILLA, A. Comunicación personal. Instituto Colombiano del Petróleo. 2016.
- ✓ Plan de desarrollo institucional 2008-2018. Universidad Industrial de Santander.



**5° CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE GESTIÓN  
TECNOLÓGICA Y  
DE LA INNOVACIÓN**  
BUCARAMANGA/  
COL

**OCTUBRE 25 - 26 - 27  
BUCARAMANGA// COL**

- ✓ ORDOÑEZ, A; SANTOS, N. Convenio marco 5222395, acuerdo de cooperación 01- incremento del factor de recobro. Instituto Colombiano del petróleo. 2016.
- ✓ RAMÍREZ, A. Estrategia de fortalecimiento de la investigación conjunta Universidad – empresa y de los programas académicos de postgrado. Universidad Industrial de Santander. Febrero 5 del 2016.