

Evaluación del Proceso de Co-desarrollo Tecnológico

Caso: Centro de Innovación y Tecnología - ICP de Ecopetrol S.A.

María Paula Uribe Espitia

Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Gerencia de la Innovación
y el Conocimiento

Director

Jaime Alberto Camacho Pico

Doctor en Ingeniería Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2018

Dedicatoria

Al motor de mis días, mis hijos Sussy y Martín, por su sonrisa y comprensión.

A mi madre, por su apoyo y respaldo en estos dos años de esfuerzos

Agradecimientos

A ECOPETROL S.A. - Centro de Innovación y Tecnología, por la continua disposición y acceso a la información y al personal para realizar el trabajo

Tabla de Contenido

Introducción	11
1. Descripción - Generalidades	13
1.1 Justificación del trabajo de aplicación	13
2. Objetivos	15
2.1 Objetivo general	15
2.2 Objetivos específicos	15
2.3 Resultados esperados	15
3. Desarrollo Metodológico	16
3.1 Etapa 1. Caracterización	18
3.2 Etapa 2. Consulta Fuentes Primarias.	19
3.2.1 Criterios de selección.	20
3.2.2 Criterios de inclusión.	20
3.2.3 Criterios de exclusión.	20
3.3 Etapa 3. Análisis de Información	22
3.4 Etapa 4. Presentación de Resultados	22
4. Marco de Referencia: Antecedentes y marco teórico	23
4.1 Marco de antecedentes	23
4.2 Marco Conceptual	33
5. Cumplimiento de Objetivos y Resultados	41
5.1 Estudio Comparativo	41
5.2. Protocolo de Referencia	55
5.2.1. Identificación de la necesidad de realizar una alianza o acuerdo con socio tecnológico.	56
5.2.2. Identificación de las capacidades a complementar.	57
5.2.3. Identificación de Potenciales socios.	57
5.2.4. Selección de Socio Tecnológico.	58
5.2.5. Negociación.	60
5.2.6. Celebración.	62
5.2.7. Gestión del convenio.	62
6. Conclusiones	63
7. Recomendaciones	64
Referencias Bibliográficas	67

Lista de Tablas

Tabla 1. Metodología propuesta	17
Tabla 2. Experiencias de estudio.	18
Tabla 3. Nivel de participación por tipo de actor.....	22
Tabla 4. Análisis de variables para establecer un marco de colaboración para el co-desarrollo..	39
Tabla 5. Resumen experiencias de co-desarrollo caso Ecopetrol S.A.	41
Tabla 6. Categorías de análisis.....	42
Tabla 7. Factores positivos y negativos tanto para el socio como para Ecopetrol S.A.	49

Lista de Figuras

Figura 1. Relación del ICP con el Ecosistema de innovación. Fuente: ECOPETROL S.A.	24
Figura 2. Adaptado de Proceso de Tecnología de Negocio, Mayo de 2017. Fuente: ECOPETROL S.A.	27
Figura 3. Proceso de Gestión de Convenios de Ecopetrol. Fuente: Libro Proceso de Convenios Ecopetrol S.A.	28
Figura 4. Estructura Organizacional ICP. Fuente: Ajustado de Presentación Institucional ICP, 11 de julio de 2017.....	31
Figura 5. Realización de Vigilancia, ICONTEC 2009	33
Figura 6. Tendencia de publicaciones. Fuente: Scopus ®, generado el 27/11/2017	35
Figura 7. Tendencia y evolución en el tiempo de publicaciones. Fuente: Scopus ®, generado el 27/11/2017	36
Figura 8. Principales autores. Fuente: Scopus ®, generado el 27/11/2017	37
Figura 9. Documentos por afiliación. Fuente: Scopus ®, generado el 27/11/2017	37
Figura 10. Documentos por territorio. Fuente: Scopus ®, generado el 27/11/2017	38
Figura 11. Modelo de cooperación y nivel de madurez de la tecnología. Fuente: Traducido y adaptado de (De la Tour et al., 2017).....	66

RESUMEN

TITULO: Evaluación del Proceso de Co-desarrollo Tecnológico. Caso: Centro de Innovación y Tecnología - ICP de Ecopetrol S.A.

AUTOR: María Paula Uribe Espitia¹²

PALABRAS CLAVE: co-desarrollo, innovación abierta, alianzas tecnológicas

Este trabajo se realizó con el apoyo de la dirección del Centro de Innovación y Tecnología facilitando el acceso a la información del caso y a la realización de entrevistas semiestructuradas a los diferentes actores que participan en el proceso de co-desarrollo. A partir de esta interacción y la consulta de casos y experiencias similares en el entorno, se identificaron condiciones potenciales a tener en cuenta y recomendaciones al proceso, así como un protocolo de prácticas de referencia para incorporar en el Centro de Innovación y Tecnología - ICP. Se concluye que el modelo de co-desarrollo de tecnología con aliados estratégicos permite innovar, desarrollar y probar tecnologías aplicadas a problemas críticos de la operación de Ecopetrol, esto se pudo percibir en los resultados de las entrevistas; adicionalmente, tanto el socio como Ecopetrol ICP se mostraron satisfechos con la gestión del convenio, también con los resultados técnicos, con la velocidad y la agilidad para obtener las soluciones y transferirlas a la operación. Finalmente, se recomienda definir y caracterizar de manera detallada la problemática u oportunidad tecnológica, para esto es importante incluir al personal del campo o del área y al usuario final de la solución, así como tener una detallada planeación de los requerimientos de recursos en efectivo, para no afectar el flujo de caja del socio.

¹ Trabajo de Grado.

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Maestría en Gerencia de la Innovación y el Conocimiento. Director: Jaime A. Camacho Pico

ABSTRACT

TITLE: Evaluation technologic Co-development process. Case: Innovation and Technology Center - ICP - Ecopetrol S.A.

AUTHOR: María Paula Uribe Espitia³⁴

KEYWORDS: co-development, open innovation, technological alliances

This work was conducted with the support of the Innovation and Technology Center Direction facilitating access to the information related to the case of study, and the conduction of semi-structured interviews to the different actors involved in the co-development process. From this interaction and the inquire of similar cases and experiences on the environment, potential conditions to be taken into account and recommendations to the process were identified, as well as a protocol of reference practices to incorporate in the Center for Innovation and Technology - ICP. It is concluded that the model of technology co-development with strategic partners allows innovation, to develop and to test applied technologies to critical problems of the Ecopetrol's operation, this was perceived from the results of the interviews; additionally, both the partner and Ecopetrol ICP were satisfied with the management of the agreement, also with the technical results, the speed and agility to obtain solutions and transfer them to the operation. Finally, it is recommended to define and characterizing the problem or the technological opportunity in detail, to do so it is important to include field or area staff and that the final user of the solution, as well as having a detailed planning of cash resources requests, so as not to affect the partner's cash flow.

³ Thesis.

⁴ Facultad de Ingenierías Físicas Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Maestría en Gerencia de la Innovación y el Conocimiento. Director: Jaime A. Camacho Pico

Introducción

El documento presenta el trabajo de aplicación: evaluación del proceso de co-desarrollo tecnológico. Caso: Centro de Innovación y Tecnología - ICP de ECOPETROL S.A, requisito académico exigido para optar al título de Master en Gerencia de la Innovación y el Conocimiento.

El trabajo se realizó con el apoyo de la dirección del Centro de Innovación y Tecnología, facilitando el acceso a la información del caso y a la realización de entrevistas semiestructuradas a los diferentes actores que participan en el proceso de co-desarrollo.

Se parte de la definición del proceso de co-desarrollo hecha por (Mantilla & Prada, 2016) “El modelo de Innovación abierta para co-desarrollo consiste en solucionar retos estratégicos de la cadena de valor de petróleo y gas con la participación de un socio o aliado tecnológico. El principal objetivo es desarrollar tecnologías de alto valor agregado a bajo costo, en menores tiempos y con menores riesgos, e idealmente, que se puedan fabricar en el país de manera competitiva”, en línea con (Fliess & Becker, 2006), “proceso de co-desarrollo es un instrumento usado en muchas industrias para ganar ventajas competitivas y reducir costos de desarrollo”

Se realizó la caracterización del proceso, alcance, actores, revisión de estudios y casos de análisis de experiencias de cooperación entre cliente - proveedor, a partir de esta revisión se identificaron variables de evaluación y se generó un formulario guía para la realización de entrevistas semiestructuradas se aplicó la metodología de análisis de caso según (Yin, 1989), con un único caso y múltiples experiencias, donde cada una representa una relación entre Ecopetrol – ICP y una entidad socia. Se realizaron entrevistas semiestructuradas tanto a representantes del socio como de Ecopetrol ICP. Esta interacción permitió identificar condiciones es potenciales o riesgos a tener en cuenta, que pueden afectar el proceso y recomendaciones de mejora así como un documento guía que consolida recomendaciones y de prácticas de referencia para que sea

incorporado en el Centro de Innovación y Tecnología - ICP, previa aprobación de la dirección del centro.

1. Descripción - Generalidades

El ICP es el Centro de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación de Ecopetrol S.A., ubicado en Piedecuesta Santander, que tiene el reto de desarrollar, adaptar y transferir soluciones tecnológicas de alto impacto para la estrategia de Ecopetrol, fortaleciendo el sistema de competitividad e innovación de la región y el país; una de las estrategias para enfrentar este reto, desde el año 2014, ha sido implementar el proceso de co-desarrollo de tecnologías con empresas de base tecnológica de diversos tamaños y sectores y universidades. La dirección del ICP percibe, preliminarmente y de manera un tanto empírica, que el proceso ha sido exitoso, dado que se ha implementado con siete empresas y una universidad, se contempla realizar alianzas con empresas de mayor tamaño. El principal interés del trabajo es evaluar el proceso y generar un protocolo de prácticas de referencia que sirva de herramienta de planeación y ejecución del proceso para todos los profesionales que desconocen la experiencia obtenida en los casos de aplicación y que tienen el reto de seguir implementando esta estrategia.

1.1 Justificación del trabajo de aplicación

El trabajo de aplicación se sustenta en la necesidad del Centro de Innovación y Tecnología de evaluar, documentar y sistematizar el proceso de co-desarrollo emprendido hace tres años, con el objetivo de tener suficiente información y elementos para seguir consolidado el proceso a otro tipo de empresas. El reto, según el Director del ICP, para el 2018 es “seguir identificando alianzas de co-desarrollo con empresas de base tecnológica de diferentes tamaños, apalancándose en la experiencia adquirida en todas las etapas del proceso: planeación, ejecución y liquidación”. Este reto constituye el fundamento del desarrollo del presente trabajo de grado, para lo cual se requiere evaluar las experiencias previas, con la intención de capitalizar en nuevas relaciones con

empresas de mayor nivel, como una oportunidad para plantear la evaluación, y construir protocolos y documentación del proceso, considerando que los líderes técnicos de cada convenio son diferentes en cada experiencia y necesitan apoyo para incorporar la experiencia y lecciones aprendidas de los diferentes convenios de co-desarrollo.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar el proceso de co-desarrollo tecnológico implementado en el Centro de Innovación y Tecnología (Instituto Colombiano del Petróleo - ICP) de Ecopetrol S.A., a partir del análisis de cinco casos de aplicación, mediante la identificación de los factores críticos que permitan generar al ICP lineamientos generales del proceso a través de un protocolo de prácticas de referencia que sirva de herramienta de planeación y ejecución para los profesionales del ICP y de transferencia de la experiencia a los diferentes actores del sistema de innovación regional.

2.2 Objetivos específicos

Analizar cinco casos de co-desarrollo tecnológico seleccionados, mediante la definición de categorías, recolección de información en fuentes primarias y secundarias.

- Identificar ajustes y mejoras a lo actualmente logrado, a través de la comparación de variables, para ser incorporadas en el proceso de co-desarrollo.
- Generar lineamientos generales del proceso a través de la elaboración de un protocolo de prácticas de referencia que permita transferir la experiencia tanto a nivel interno de la organización como a los diferentes actores del sistema de innovación regional.

2.3 Resultados esperados

- Generar un informe de lineamientos y factores determinantes del proceso de co-desarrollo tecnológico, que permita fortalecer internamente dicho proceso.
- Transferencia de la experiencia tanto a nivel interno de la organización como a diferentes actores del sistema de innovación, a través de un protocolo de prácticas de referencia, que sirva para incentivar las relaciones de co-desarrollo a nivel empresarial y regional.

3. Desarrollo Metodológico

Por tratarse de una investigación de aplicación a una organización se determinó el enfoque metodológico el estudio de caso, para (Yin, 1989) el estudio de caso consiste en una descripción y análisis detallados de unidades sociales o entidades educativas únicas. (Yin, 1994) argumenta que el método de estudio de caso ha sido una forma de investigación en las ciencias sociales y en la dirección de empresas, así como en las áreas de educación, negocios internacionales, desarrollo tecnológico e investigaciones sobre problemas sociales.

Según (Martínez Carazo, 2006) respecto a su propósito, las investigaciones realizadas a través del método de estudio de caso pueden ser: descriptivas, si lo que se pretende es identificar y describir los distintos factores que ejercen influencia en el fenómeno estudiado, y exploratorias, si a través de las mismas se pretende conseguir un acercamiento entre las teorías inscritas en el marco teórico y la realidad objeto de estudio. Para la presente investigación se utilizó el enfoque descriptivo, acorde con los objetivos planteados.

(Eisenhardt, 1989) concibe el estudio de caso como “una estrategia de investigación dirigida a comprender las dinámicas presentes en contextos singulares”. También sugiere entre cuatro y diez casos, y afirma: “Mientras no existe un número ideal de casos, con un rango entre cuatro y diez casos se trabaja bien. Con menos de cuatro casos, es difícil generar teoría con mucha complejidad, y es empíricamente es probablemente inconveniente”. Para el trabajo de aplicación se definió realizar el análisis sobre 5 experiencias de ejecución del proceso. Según las tipologías para abordar el análisis de casos propuestas por (Yin, 1989) el presente trabajo de aplicación se basa en: la presente investigación se basa en los siguientes aspectos:

- El caso único o unidad de análisis: donde el caso único corresponde al proceso de co-desarrollo de Ecopetrol - ICP, dentro del cual se analizan 5 experiencias de ejecución del mismo proceso. Así mismo el desarrollo de la metodología se fundamenta en la propuesta de (Montero & León, 2002) citada por (Moraga López & López Jarquín, 2015) quienes definen los siguientes pasos:

Selección y definición del caso

Elaboración de una lista de preguntas

Localización de las fuentes de datos

Análisis e interpretación

Elaboración del informe

Se realizaron variaciones en el orden, desarrollando la metodología que presenta la Tabla

1.

Tabla 1.
Metodología propuesta

Etapas	Actividad	Instrumento	Resultado
Caracterización	Definición de Casos de Análisis	Entrevista o consulta escrita a Director ICP	Experiencias de estudio definidas
	Revisión de expedientes de archivo de los casos definidos	Lista de Chequeo de contenido por cada etapa del proceso: planeación, formalización (fecha de inicio, actores), ejecución (estado actual, informes técnicos, ejecución financiera), liquidación (resultados)	Diagnóstico de información disponible en expedientes, identificación de actores y del estado de caso.
	Elaboración de marco Conceptual de contexto de los casos	Análisis de Vigilancia Tecnológica	Marco conceptual que contextualice el estudio de los casos
	Definición de categorías	Instrumento de análisis de categorías	Categorías de análisis definidas
Consulta Fuentes Primarias	Entrevista a: Representante de las empresas, administrador, gestor técnico, funcionario autorizado	Formulario de entrevista (presencial o telefónica)	Diagnóstico de factores críticos, puntos de mejora
Análisis de información	Estructuración de informe Evaluación	Definición de formato de informe	Informe de resultados por categorías

Presentación de Resultados	Estructuración de Protocolo de prácticas de referencia	Definición de formato de protocolo o guía.	Protocolo de prácticas de referencia
----------------------------	--	--	--------------------------------------

A continuación se describe en detalle el desarrollo de las mismas:

3.1 Etapa 1. Caracterización

Esta etapa incluyó varias fases desde identificación de los casos, hasta la descripción de los mismos, tanto desde el punto de vista científico (vigilancia tecnológica), como del desarrollo en sí mismo de los casos (análisis de expedientes).

Para la identificación de las cinco experiencias de estudio, la investigadora realizó una consulta con el Director del ICP, con el fin de identificar las siguientes características:

Que sean co-desarrollos

Que se hayan realizado en los últimos cinco años

Que aborden temáticas de soluciones tecnológicas a la industria de Oil & Gas

Que tengan como objetivo el desarrollo conjunto de tecnologías para la solución de problemas técnicos de la industria de Oil & Gas.

En la validación realizada con el Director del ICP se definieron cinco experiencias de un universo de siete. La unidad de análisis correspondió a los acuerdos de cooperación o convenios de codesarrollo establecidos por Ecopetrol S.A. a través del ICP con cinco instituciones diferentes, identificadas en la Tabla 2.

Tabla 2.
Experiencias de estudio.

Identificación Caso	Identificación de la Institución socia	Fecha Inicio	Fecha Final	No. Acuerdos Ejecutados o en Ejecución	Valor Total (\$)
Experiencia 1	E1	26-nov.-14	25-nov.-19	5	3.893.268.043
Experiencia 2	E2	2-mar.-16	2-mar.-21	2	11.316.354.113
Experiencia 3	E3	17-sep.-15	16-mar.-17	2	1.626.847.555
Experiencia 4	E4	30-ene.-16	29-ene.-18	1	774.501.620
Experiencia 5	E5	8-ene.-16	7-ene.-21	4	6.670.157.736

En el marco de esta definición se revisaron los expedientes físicos y digitales de cada acuerdo o convenio de co-desarrollo que reposaban en el archivo central de Ecopetrol ICP y en los repositorios digitales oficiales, con el fin de identificar el tipo de información disponible de cada uno, verificar información general como fecha de inicio, identificación del socio, alcance, tipo de documento que formaliza la relación, informes técnicos y soportes administrativos.

De manera paralela se realizó un análisis de vigilancia de casos que incluyó, la identificación de:

- Evolución de la actividad científica por artículos
- Principales autores
- Principales afiliaciones / Instituciones
- Principales colaboraciones entre Instituciones
- Casos de colaboración entre compañías del sector o de otras industrias para el codesarrollo o desarrollo conjunto de tecnologías.

Los resultados del ejercicio de vigilancia se presentan en el capítulo 4 del presente documento. Este análisis soportó la identificación de criterios y lineamientos para realizar la caracterización. Como resultado final de esta etapa se identificaron las categorías de recopilación y análisis de información, insumo para la siguiente etapa.

3.2 Etapa 2. Consulta Fuentes Primarias.

Esta etapa incluyó la realización de las entrevistas semiestructuradas con los diferentes actores involucrados disponibles en cada uno de los casos. Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de selección, inclusión y exclusión:

3.2.1 Criterios de selección. Pertenecer al equipo ejecutor de los cinco casos seleccionados y ejercer los roles de: socio o su representante, administrador y/o gestor técnico, funcionario autorizado. Desde el trabajo de campo se identificó que este rol tenía un alcance limitado y que es importante en términos de decisiones, alcance y responsabilidad el rol del funcionario solicitante.

3.2.2 Criterios de inclusión. Pertenecer al equipo ejecutor de los cinco casos seleccionados y ejercer los roles de: socio o su representante, administrador y/o gestor técnico, funcionario solicitante. Para ello se seleccionó a uno por acuerdo o convenio de codesarrollo, según seleccionen internamente los implicados.

Planeador del convenio: la persona que asumía este rol dentro de los documentos de planeación del acuerdo de cooperación o convenio de codesarrollo.

Socio: quien ejercía como representante de la empresa socia del convenio o a quien éste delegara.

Administrador: quien tuviera la designación vigente asumiendo este rol, esto se verificó en el memorando de asignación que reposaba en el expediente del acuerdo o convenio.

Gestor técnico: quien tuviera la designación vigente asumiendo este rol, esto se verificó en el memorando de asignación que reposaba en el expediente del acuerdo o convenio.

Funcionario solicitante: quien tuviera la designación vigente.

3.2.3 Criterios de exclusión. Personas que no estén disponibles por periodo de licencia o viajes.

Se diligenció el instrumento de entrevista personal, como una técnica de investigación cualitativa, se programaron sesiones con las personas seleccionadas que aceptaron participar, en algunos casos por disponibilidad de los invitados se recibió respuesta del cuestionario vía correo

electrónico. Con base en las categorías conceptuales previamente establecidas, se generaron las preguntas que orientaron la conversación, las cuales se presentan a continuación:

- ¿Por qué razón o razones su institución decidió establecer un acuerdo o convenio de codesarrollo con... (Empresa X o ECOPETROL ICP)?
- ¿Cómo se identificó al socio (Empresa o ECOPETROL ICP) , por ejemplo, por referencia, en una, feria, a través de vigilancia tecnológica, etc. ?
- ¿Cómo la ejecución del acuerdo de cooperación o convenio de codesarrollo contribuye al cumplimiento de los objetivos estratégicos de su institución?
- ¿Cómo fue el Proceso de Negociación del acuerdo de cooperación o convenio de codesarrollo en términos de tiempo, interlocutores, alineación de intereses, acuerdo de propiedad intelectual y de explotación comercial futura?
- ¿Cómo fue o ha sido el Proceso de Ejecución del acuerdo de cooperación o convenio de codesarrollo en términos de tiempo, trámites, interlocutores, acceso a recursos, cumplimiento de objetivos, cultura?
- ¿Qué considera ha sido sobresaliente de la ejecución del acuerdo de cooperación o convenio de codesarrollo? En términos de resultados, relacionamiento, aprendizajes, etc.
- ¿Qué aspectos administrativos, económicos, culturales y sociales han afectado (positiva o negativamente) las etapas de planeación y ejecución del acuerdo de cooperación o convenio de codesarrollo?
- ¿De qué manera el acuerdo de cooperación o convenio de codesarrollo, ha generado o genera transferencia de conocimiento en la comunidad académica y la sociedad en general?
- ¿Si pudiera iniciar de nuevo el acuerdo de cooperación o convenio de codesarrollo, que haría diferente?

En algunos casos en que no fue posible realizar la entrevista se envió el formulario de entrevista para su respuesta.

La participación se observa en la Tabla 3.

Tabla 3.
Nivel de participación por tipo de actor.

Identificación	Representante del Socio	Administrador	Gestor Técnico	Funcionario Solicitante	Total Respuestas
Experiencia 1	1	0	1	0	2
Experiencia 2	0	0	2	0	2
Experiencia 3	1	0	1	0	2
Experiencia 4	1	1	0	0	2
Experiencia 5	1	1	1	0	3

3.3 Etapa 3. Análisis de Información

A partir del análisis de información se generó un informe de lineamientos y factores determinantes del proceso de co-desarrollo tecnológico, que permitiera fortalecer internamente dicho proceso. Las experiencias se analizaron a través de la consolidación de la información en las categorías definidas previamente, lo que permitió una triangulación de la información que se contrastó con los entrevistados. Esta etapa se desarrolló en el Capítulo 4. Marco de antecedentes.

3.4 Etapa 4. Presentación de Resultados

Se estructuró un protocolo o guía de práctica de referencia, que sirviera para incentivar las relaciones de co-desarrollo a nivel empresarial y regional. Este resultado se presenta en el Capítulo 4. Marco conceptual.

4. Marco de Referencia: Antecedentes y marco teórico

4.1 Marco de antecedentes

En el contexto económico que se presentó a partir del año 2015, donde la industria de Petróleo y Gas fue afectada por los bajos precios del crudo y las altas tasa de cambio del dólar, las iniciativas tecnológicas que permitan reducir costos y lograr mayores eficiencias de procesos, son de crucial importancia para la competitividad y sostenibilidad de la industria petrolera nacional, particularmente si tales tecnologías se pueden adquirir localmente, a costos más competitivos. Si bien la industria de petróleo y gas hace uso intensivo de tecnologías, existen oportunidades de generar desarrollos tecnológicos nacionales, debido a que pesar de estar la industria petrolera colombiana ad portas de cumplir 100 años, es muy grande su dependencia de tecnologías importadas, muchas de las cuales podrían ser fácilmente reemplazadas por desarrollos tecnológicos nacionales.

La industria petrolera está compuesta por actividades de exploración de petróleo y gas; modelamiento y planeación del desarrollo de yacimientos petroleros; perforación de pozos; producción y tratamiento de petróleo y fluidos asociados; refinación y petroquímica, transporte de crudo y productos del petróleo; comercialización de crudo y derivados; tratamiento y disposición de aguas industriales; y gestión y mantenimiento de activos petroleros.

El Centro de Innovación y Tecnología (ICP) de Ecopetrol, según su razón de ser: “Desarrollamos, adaptamos y transferimos soluciones tecnológicas de alto impacto para la estrategia de Ecopetrol, fortaleciendo el sistema de competitividad e innovación de la región y el país”, y ante la coyuntura de precios bajos que implicó una disminución de más del 70%⁵ del

⁵ Según consulta al líder de presupuesto ICP

presupuesto asignado para investigación y desarrollo tecnológico, debió buscar alternativas de ampliar sus capacidades sin multiplicarse.

Históricamente el ICP ha establecido diferentes formas de cooperación con el ecosistema de innovación tanto regional, nacional e internacional, tal como lo presenta la Figura 1.



Figura 1. Relación del ICP con el Ecosistema de innovación. Fuente: ECOPETROL S.A.

Hasta el año 2014, la estrategia de cooperación estaba concentrada en universidades y centros de investigación, en parte por la alta demanda de soluciones y requerimientos que hacia el ICP se tenía de los diferentes negocios de Ecopetrol S.A. y por las condiciones económicas que permitían múltiples aliados y contratos de servicios especializados y consultorías, el rol de ejecutor estaba 100% en el socio. A partir de la crisis por la baja en el precio del crudo, el modelo se replanteó y se dio inicio a una nueva etapa en la relación con los socios; para el caso de las universidades el modelo migró hacia alianzas bajo el mismo techo, la primera experiencia bajo

este nuevo enfoque se realizó con la Universidad industrial de Santander (“Ecopetrol y la UIS fortalecen cooperación tecnológica y científica”, 2015) donde la responsabilidad por la ejecución es compartida tanto en recursos humanos, infraestructura y propiedad intelectual. A principios del 2015, ante el fuerte recorte del presupuesto asignado a la operación del ICP, se tuvo que terminar una serie de contratos de prestación de servicios, tal como lo reportó (Economía, 2015) lo que detonó en buscar nuevas formas de lograr los objetivos de investigación y desarrollo.

Las prioridades de la organización cambiaron hacia soluciones enfocadas en la eficiencia y la optimización de costos como estrategia de sostenibilidad, según lo referido en (Negocios, 2015) con lo cual las soluciones requeridas implican mayor agilidad, eficacia y menores costos; luego el tipo de socio también cambió y se empezó a reconocer en las empresas de base tecnológica un potencial aliado para hacer co-desarrollo de tecnologías, uniendo experiencia, recursos y compartiendo el riesgo. Esta estrategia se empezó a probar a finales del 2014, a partir de un grupo de necesidades del área de producción consistente en automatizar la medición de corte de agua y medir la presión y temperatura en fondo de pozo. Se realizó un análisis de vigilancia tecnológica de empresas a nivel nacional que tuvieran experiencia y solicitudes de patentes en las temáticas requeridas, y se complementó con contactos en ferias y eventos. Posteriormente, se realizó un primer acercamiento con una empresa mediante un memorando de entendimiento, se pasó a intercambiar información y se construyó un portafolio de potenciales proyectos para dar soluciones tecnológicas a diferentes problemas planteados, se priorizaron dos proyectos con los que dio inicio al primer convenio de cooperación para realizar co-desarrollo de tecnologías. A partir del primer acuerdo se han generado cuatro más con la misma empresa, motivados por los resultados en cuanto a calidad, costos y tiempos. Con la experiencia que se ha tenido con el primer convenio de co-desarrollo, se han generado acuerdos de esta misma

naturaleza con otras empresas diferentes. El periodo de tiempo a analizar es el comprendido entre el año 2014 al 2017.

Para el ICP el proceso de Co-desarrollo se enfoca en el desarrollo conjunto de tecnologías aplicadas a la industria de Petróleo y Gas, compartiendo recursos, conocimiento y riesgos, a través de alianzas de cooperación con otras instituciones, como empresas pares, empresa de base tecnológica de diferentes tamaños, proveedores, centros de investigación y universidades.

Según (Mantilla & Prada, 2016) “El modelo de Innovación abierta para co-desarrollo consiste en solucionar retos estratégicos de la cadena de valor de petróleo y gas con la participación de un socio o aliado tecnológico. El principal objetivo es desarrollar tecnologías de alto valor agregado a bajo costo, en menores tiempos y con menores riesgos, e idealmente, que se puedan fabricar en el país de manera competitiva.” Estos aliados potencialmente se pueden convertir en proveedores de las tecnologías co-desarrolladas.

El proceso de codesarrollo que se ha ejecutado, hace parte de uno de los mecanismos incorporación de tecnología, del macroproceso de Tecnología de Negocio, tal como se presenta en la figura 2. La siguiente estructura del proceso se ha mantenido desde el año 2010 y se encuentra en el alcance del sistema de gestión de calidad de Ecopetrol S.A., certificado bajo la norma NTC/ISO 9001.

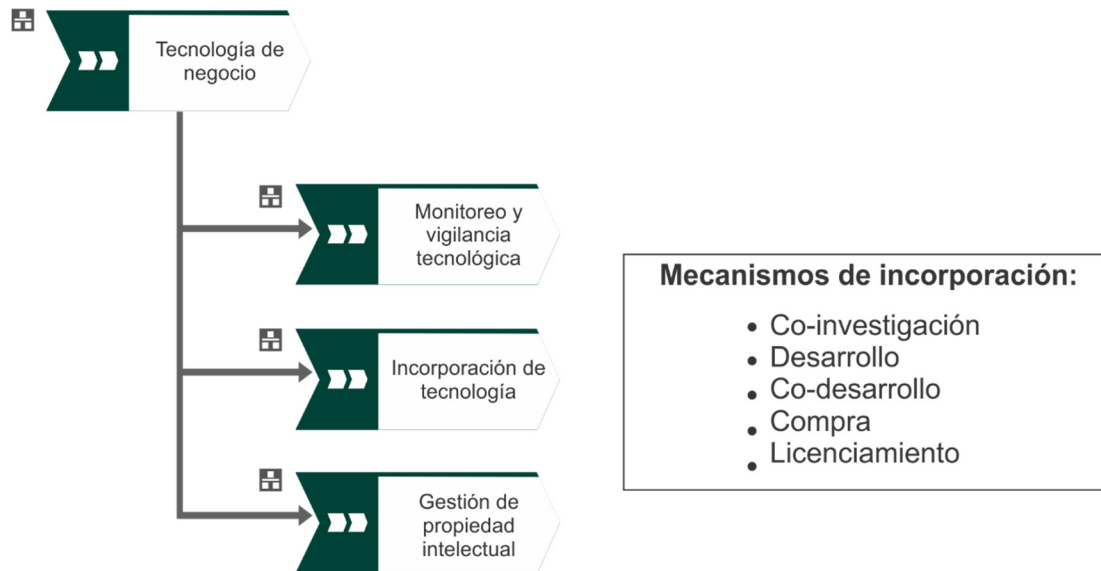


Figura 2. Adaptado de Proceso de Tecnología de Negocio, Mayo de 2017. Fuente: ECOPETROL S.A.

La planeación y gestión de las actividades de co-desarrollo sigue el proceso de gestión de convenios de Ecopetrol, el cual se presenta en la Figura 3, este proceso fue oficializado en el mapa de procesos de Ecopetrol en Octubre de 2017, antes de esta fecha las actividades de convenios se encontraban en el alcance del proceso de abastecimiento y se detallaban en el manual de compras y contratación, la diferencia con el proceso actual radicaba en que se daba igual tratamiento a los convenios de tipo social, ambiental, militar y de ciencia y tecnología, además de las estructuras de control; por ejemplo existe un comité de convenios a nivel nacional al que se deben presentar todas las solicitudes de celebración de convenios y modificaciones, este pertenece a la Vicepresidencia Corporativa de Cumplimiento.



Figura 3. Proceso de Gestión de Convenios de Ecopetrol. Fuente: Libro Proceso de Convenios Ecopetrol S.A.

El alcance del proceso de Gestión de Convenios es para todo Ecopetrol, de manera particular para los temas de tecnología se contempla la línea de Ciencia, Tecnología e Innovación y tiene como alcance, lo referido en (ECOPETROL S.A., 2017a): Investigación, desarrollo de tecnología, innovación (convenios de demostración de Tecnología y de implementación en el negocio de tecnologías emergentes o adaptadas)

Las actividades de codesarrollo se encuentran en la línea de Desarrollo de Tecnología. Las decisiones de incorporar tecnologías a través de la estrategia de co-desarrollo se plasman en el mapa de ruta tecnológica, según definición de (ECOPETROL S.A., 2014) “Documento que contiene la representación gráfica de las tecnologías a incorporar en un horizonte de tiempo con la correspondiente postura tecnológica definida en un horizonte de tiempo determinado”. A partir de esta definición se inicia la planeación del convenio que dará origen a la relación con un socio. En este orden de ideas en la guía de gestión de convenios GCO-G-001 de Ecopetrol S.A. se detallan las actividades que siguen el proceso de gestión de convenios:

Planeación del convenio. Se identifican las necesidades de convenios alineados con la estrategia de la Organización.

Celebración del convenio. Este proceso comprende todas las actividades a realizar para suscribir los convenios, asegurando una adecuada planeación operativa e identificación y selección de Aliados.

Gestión del convenio. Busca asegurar la ejecución y cierre de los convenios, con una adecuada gestión de recursos y productos.

Gestión de aliados. Comprende todas las actividades a realizar para construir, gestionar y actualizar el Banco de Aliados, como insumo para una adecuada gestión del proceso.

Roles y Responsabilidades dentro del proceso. A continuación se describe cada uno de los roles dentro del proceso.

Funcionario Solicitante – FS. Es el responsable de identificar la necesidad de su área, y en ese sentido realizar o coordinar la planeación, justificar el trámite y la celebración de un convenio, dando cumplimiento del Plan de Abastecimiento Integral de Convenios de cada área.

Funcionario Autorizado – FA. Es el funcionario competente, adscrito al área usuaria, quien tiene la facultad para actuar en nombre y representación de Ecopetrol o de terceros, en concordancia con sus funciones o poderes vigentes.

Administrador del Convenio. Es el Funcionario de Ecopetrol responsable de la supervisión, control y aseguramiento integral del convenio, en cuanto a objeto, alcances, plazo, financiación (valor), cronograma y compromisos pactados en el mismo.

Apoyo Técnico. Funcionario de Ecopetrol responsable del aseguramiento técnico del convenio cuando la complejidad del mismo lo requiera. En el proceso anterior se daba el nombre de gestor técnico.

Las entidades relacionadas en el estudio son:

Ecopetrol S.A. Es la empresa más grande de Colombia y es una compañía integrada del sector de petróleo y gas, que participa en todos los eslabones de la cadena de hidrocarburos: exploración, producción, refinación y comercialización.

Con 66 años de historia, sus campos de extracción se encuentran ubicados en el centro, sur, oriente y norte de Colombia; cuenta con dos refinerías (Barrancabermeja y Cartagena) y tres puertos para exportación e importación de combustibles y crudos en ambas costas (Coveñas y Cartagena, en el Mar Caribe, y Tumaco, en el Océano Pacífico). También es dueña de la mayor parte de los oleoductos y poliductos del país que intercomunican los sistemas de producción con los grandes centros de consumo y los terminales marítimos.

Tiene participación en el negocio de los biocombustibles y tiene presencia en Brasil, Perú y el Golfo de México (Estados Unidos).

Instituto Colombiano del Petróleo. Es el Centro de Innovación y Tecnología de Ecopetrol y su razón de ser es el "Desarrollar, adaptar y transferir soluciones tecnológicas de alto impacto para la industria petrolera, fortaleciendo el sistema de competitividad e innovación del país".

Creado el 11 de junio de 1985, el ICP cuenta con más de 30 años de historia apoyando a Ecopetrol y la industria petrolera nacional.

El ICP en datos. En la última década, ha contribuido con:

Generación US\$ 4.172 millones de beneficios comprobados a Ecopetrol por el desarrollo y aplicación de tecnologías.

38.000 m² construidos en Piedecuesta, Santander, y + 10.000 m² en Chichimene, Meta, donde se encuentra la Planta de Desasfaltado.

22 Laboratorios, 35 plantas piloto y 3.208 equipos científicos.

Puntajes >95% en los programas interlaboratorios con más de 2.000 laboratorios internacionales.

A 2016 cuenta con 79 patentes vigentes en Colombia y otros 12 países en los cuatro continentes y 193 solicitudes de patente radicadas.

Tiene un portafolio de 332 tecnologías declaradas, 4 secretos industriales, 33 marcas comerciales, 281 registros de derecho de autor y 28 tecnologías licenciadas a terceros.

Ecopetrol obtuvo un cupo de exención de \$139 millardos para la declaración de renta 2016, y se tienen \$127 millardos de ahorro en impuesto de renta entre 2012 y 2015, gracias a beneficios tributarios por iniciativas de ciencia, tecnología e innovación. Esto se traduce en un ahorro de \$1 de cada \$4 pesos invertidos en estas iniciativas.



Figura 4. Estructura Organizacional ICP. Fuente: Ajustado de Presentación Institucional ICP, 11 de julio de 2017

La estrategia se implementa en tres focos: El ICP desarrolla, demuestra e implementa soluciones tecnológicas de alto impacto para Ecopetrol, orientadas a mejoras de proceso que aumenten ingresos, reduzcan costos y/o mitiguen riesgos operacionales y de entorno. La planeación de actividades del ICP se basa en la identificación conjunta de retos tecnológicos con cada segmento de la operación, mediante:

Soporte técnico a las operaciones. Realiza consultoría tecnológica a las operaciones de Ecopetrol y sus filiales, apalancada en su personal y sus laboratorios especializados. El soporte

técnico abarca desde mejoras de corto plazo hasta asesoría especializada en tecnología para proyectos de inversión de la compañía.

Desarrollo de tecnologías. Cuando no existe tecnología comercial para un determinado problema, o cuando el desempeño de las tecnologías comerciales no es adecuado para las condiciones de algún campo, ducto o refinería, el ICP desarrolla nuevos productos o procesos que mejoran significativamente el desempeño técnico-económico de las operaciones; y los demuestra e implanta en los negocios.

Alianzas estratégicas de tecnología. Cuenta con aliados tecnológicos de primer nivel como son universidades, centros de desarrollo tecnológico y empresas desarrolladoras de tecnologías nacionales e internacionales. A 2017, tiene en ejecución 93 convenios de Cooperación Tecnológica.

Líneas de investigación. El ICP ha definido diez líneas de investigación, acorde con los focos estratégicos de Ecopetrol.

Reducción de incertidumbre en nuevas áreas core (Caribe, Brasil, GoM).

Procesamiento subsea de fluidos y evacuación de gas offshore.

Procesos y formulaciones de bajo costo y alto desempeño para recobro mejorado.

Modelamiento integrado de la cadena de valor.

Esquemas de refinación para adaptación a cambios en mercado y regulaciones (MARPOL, T95).

Reemplazo y/o disminución de diluyente.

Control y valorización de agua de producción.

Diversificación de la canasta energética.

Nuevos materiales inteligentes incorporados a la infraestructura.

Aprovechamiento de bioproductos.

No Convencionales.

4.2 Marco Conceptual

Para realizar el análisis de vigilancia tecnológica se siguió el proceso definido en la Guía Técnica Colombiana 186: Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia (ICONTEC, 2009), el cual se presenta en la Figura 5:



Figura 5. Realización de Vigilancia, ICONTEC 2009

A continuación se presenta el desarrollo de cada etapa del proceso

1. Caracterización de los procesos de vigilancia

El foco de la vigilancia es conocer estudios de análisis de las variables claves que se deben considerar al establecer relaciones de cooperación para desarrollo de tecnologías, entre empresas, que tengan la relación de cliente-proveedor el codesarrollo o desarrollo conjunto de tecnologías.

Se definieron dos estrategias de búsqueda:

Una primera estrategia de manera general: TITLE-ABS-KEY ("co-development" AND technology AND framework)

Una segunda enfocada en la relación de cliente – proveedor para el desarrollo de tecnología
TITLE-ABS-KEY (customer AND supplier AND development AND technology AND framework)

2. Proceso de identificación de necesidades, fuentes y medios de acceso de información

Necesidades: identificar:

- Evolución de la actividad científica por artículos
- Principales autores
- Principales afiliaciones / Instituciones
- Casos de colaboración entre compañías del sector o de otras industrias para

Fuentes y medios de acceso:

Web of science ®, scopus®, por su amplia cobertura temáticas y reconocimiento en la comunidad científica. Se accedió a través de los servicios de la Universidad Industrial de Santander

Herramienta TOS ® desarrollada por la Universidad Nacional: para identificar artículos seminales

Emerald Insigh: se selecciona por su especialidad en temas administrativos y empresariales. Se accedió a través de los servicios de la Universidad Industrial de Santander

Internet libre: como última opción, porque el tema de interés también es abordado por empresas de Consultoría que no se indexa en bases de datos especializadas

3. Proceso de búsqueda, tratamiento y validación de la información

Se realizó una primera aproximación al término codesarrollo utilizando la base de datos web of science ®, y la herramienta TOS®, desarrollada por la Universidad Nacional de Manizales, con la cual se identificó el artículo seminal:(Fliess & Becker, 2006) según el cual el “proceso de co-desarrollo es un instrumento usado en muchas industrias para ganar ventajas competitivas y reducir costos de desarrollo”; en su trabajo también presentan un análisis cronológico del uso del término en la literatura, indicando que los primeros trabajos fueron realizados por (Kim B. Clark, 1989) y (K. B. Clark & Fujimoto, 1991), enfocados en comparar diferentes prácticas en Japón, Europa y América, en desarrollo de procesos de cooperación tecnológica entre las empresas y sus proveedores, específicamente para la industria automotriz.

Se realizó una primera búsqueda en scopus® bajo los términos: TITLE-ABS-KEY ("co-development" AND technology AND framework) para el periodo 1993 a 2018, y se encontraron 35 documentos distribuidos como se presenta en la figura 6:

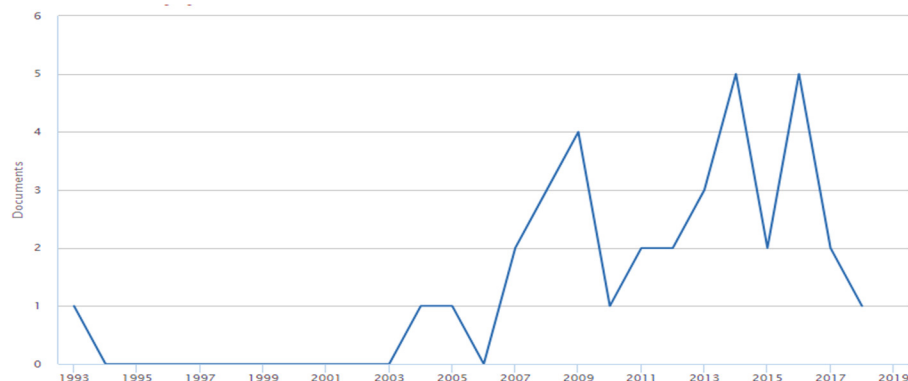


Figura 6. Tendencia de publicaciones. Fuente: Scopus ®, generado el 27/11/2017

Principales autores: al encontrarse una limitada cantidad de documentos, no hay autores con más de un trabajo.

Se revisaron los documentos tipo artículo que correspondían a 18, se identificaron que los trabajos están enfocados en analizar los factores de desarrollo de tecnología entre clientes y proveedores, se replantea la ecuación de búsqueda y se identifican trabajos enfocados analizar el

marco de colaboración para adelantar procesos de co-desarrollo de tecnología. De la primera ecuación de búsqueda se resalta el trabajo realizado por (Ortiz-Gallardo, Tietze, Probert, & Phaal, 2015), que describe las condiciones y factores que influyen la adquisición de tecnología a través de la colaboración y (Wang, Li, & Chang, 2016) el cual presenta el análisis de 323 relaciones de cooperación de co-desarrollo de tecnología entre empresas pares en China, en éste identificaron factores claves como: conocimiento común, compatibilidad de objetivos, aprendizaje mutuo, co-desarrollo de productos, intervención gubernamental e importancia del índice Guanxi, (se refiere a la importancia de las relaciones personales que facilitan el intercambio de favores entre empresas, basado en la reciprocidad de las expectativas de las partes), donde concluyeron que en las relaciones de co-desarrollo de productos la compatibilidad de metas tiene un impacto positivo y el aprendizaje mutuo tiene un efecto medio.

Se modifica la ecuación de búsqueda por TITLE-ABS-KEY (customer AND supplier AND development AND technology AND framework) y se encuentran los siguientes resultados: 159 documentos, se observa una dinámica de creciente interés en la temática. Ver figura 7.

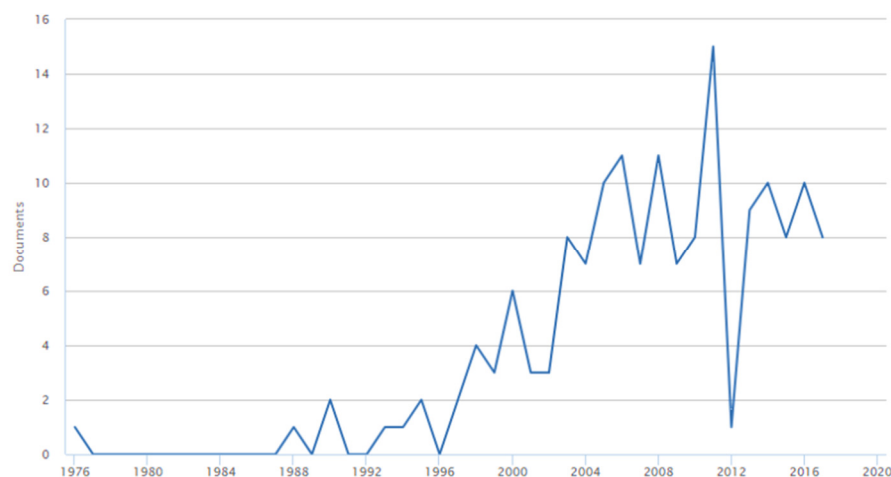


Figura 7. Tendencia y evolución en el tiempo de publicaciones. Fuente: Scopus ®, generado el 27/11/2017

Entre los principales autores se identifican 3 con 3 publicaciones: (Ver figura 8)

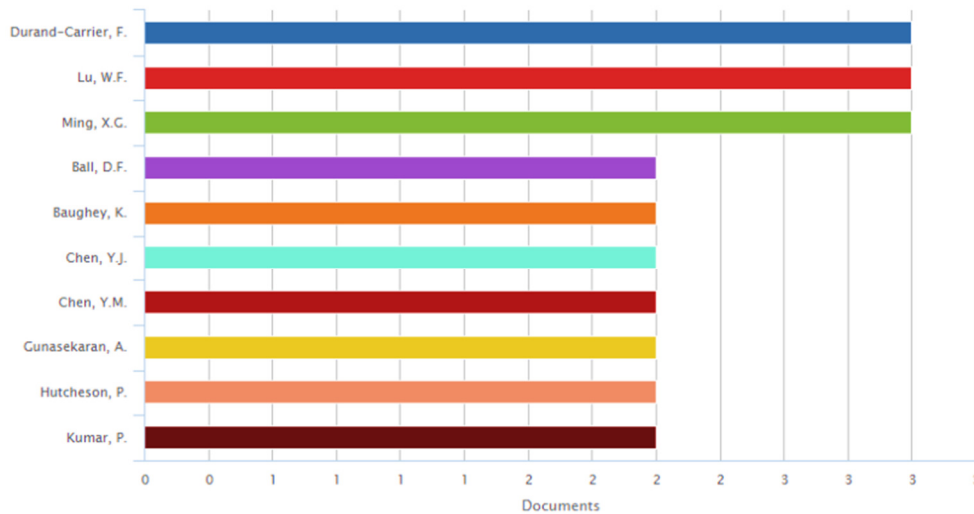


Figura 8. Principales autores. Fuente: Scopus ®, generado el 27/11/2017

Las entidades que tienen mayor producción en la temática se observan en la figura 9:

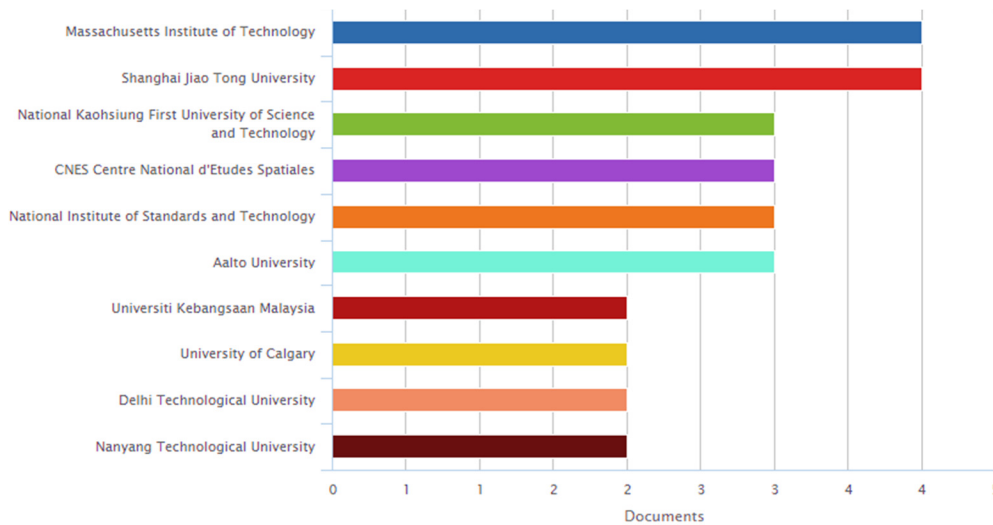


Figura 9. Documentos por afiliación. Fuente: Scopus ®, generado el 27/11/2017

Acorde con las instituciones identificadas los países de mayor interés en la temática se aprecian en la figura 10.

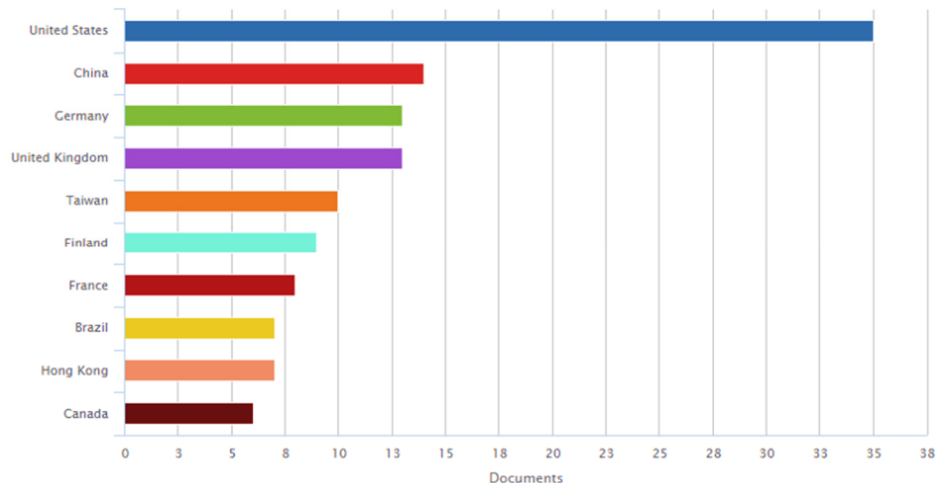


Figura 10. Documentos por territorio. Fuente: Scopus ®, generado el 27/11/2017

De resaltar los trabajos presentados por: (Oinonen & Jalkala, 2015) su investigación se enfocó en analizar el proceso de co-desarrollo desde múltiples perspectivas incluyendo la de los diversos actores del proceso. Así mismo (Crespin-Mazet & Ghauri, 2007) presenta las formas de cooperación y relación de intercambio en el desarrollo de proyectos de co-desarrollo, analiza factores como Complejidad del Proyecto Características de los socios, Características del entorno, Congruencia en la relación: confianza, compromiso, metas y valores comunes y Desafíos funcionales del proyecto.

Se utilizó la base de datos aplicada a las ciencias administrativas y organizacionales: Emerald Insigth, en esta se realizó la búsqueda por palabras como Co-development, framework, se identificaron 13 referencias, de las cuales se resaltan:

(Pi-Chuan Sun, 2008) analiza las correlaciones entre la especificidad del conocimiento del dominio, el desarrollo conjunto de nuevos productos y el desempeño de la relación entre cliente - proveedor. (Cambra-Fierro, Florin, Perez, & Whitelock, 2011) propone como factores de referencia para el relacionamiento entre firmas: motivación estratégica, visión de largo plazo, intento colaborativo, sistema de incentivos y recompensas, niveles de

colaboración: diseminación, generación, reputación, interacción social, trabajo en equipo y toma de decisiones, campeones comprometidos, identificación del conocimiento clave de los socios, entendimiento de las expectativas de los socios e inversiones.

Se realizó una búsqueda en internet libre, donde se identifica el trabajo realizado por (De la Tour, Soussan, Harlé, Chevalier, & Duportet, 2017) de las empresas Boston Consulting Group y la empresa Hello Tomorrow, en el año 2017, titulado “fostering collaboration between corporates and startups”, donde analizaron la más de 400 empresas tipo startups dedicadas al desarrollo de tecnologías en colaboración con grandes compañías, en diferentes sectores. El trabajo se desarrollo a través de una encuesta en más de 70 países y en industrias de: aeroespacial, calidad de aire, belleza y bienestar, inteligencia artificial, energía, alimentos y agricultura, salud, industria 4.0, transporte y movilidad y agua.

4. Proceso de asignar valor a la información: de los casos identificados en la literatura, donde se profundiza en el marco de referencia para el trabajo colaborativo entre empresas, con énfasis en cliente - proveedor, se destacan los presentados en la Tabla 4, donde se muestra una comparación de los factores que cada publicación presenta:

Tabla 4. Análisis de variables para establecer un marco de colaboración para el co-desarrollo.

(De la Tour et al., 2017)	(Wang et al., 2016)	(Crespin-Mazet & Ghauri, 2007)	(Pi-Chuan Sun, 2008)	(Cambra-Fierro et al., 2011)	(Ortiz-Gallardo et al., 2015)
Mundial	China	Francia	Mundial	España	Estados Unidos
Estrategia y mandato	Conocimiento común	Complejidad del Proyecto	Dominio del Conocimiento Desarrollo conjunto de nuevos productos	Motivación estratégica	Alineación de negocios
Ambiente Amigable	Compatibilidad de objetivos	Características de los socios		Visión de largo plazo	Gestión del desarrollo
Alineación de intereses	Aprendizaje mutuo	Características del entorno	Desempeño de la relación	Intento colaborativo	Oportunidad en la implementación

Tabla 4. Análisis de variables para establecer un marco de colaboración para el co-desarrollo. “Continuación”

Modelo de acuerdos	Co-desarrollo de productos	Congruencia en la relación: confianza, compromiso, metas y valores comunes.	Sistema de incentivos y recompensas	Alineación de estructuras
	Intervención Gubernamental	Desafíos funcionales del proyecto	Niveles de colaboración: diseminación, generación, reputación	Incertidumbre tecnológica
	Importancia de Guanxi		Interacción social	Factores externos
			Trabajo en equipo y toma de decisiones	
			Campeones comprometidos	
			Identificación del conocimiento clave de los socios	
			Entendimiento de las expectativas de los socios	
			Inversiones	

Los autores seleccionados tienen en común como primera variable de análisis el entorno estratégico, la alineación con los objetivos de negocios, la compatibilidad de objetivos y la visión de largo plazo, para la investigación estos criterios se consolidan en la categoría: Estrategia. El aprendizaje mutuo, la congruencia en la relación, el desempeño colaborativo y el intento colaborativo, se agrupan en la categoría: conocimiento de las partes. La alineación de intereses y de niveles de colaboración, se consolidan con alineación de estructuras. Desde el punto de vista técnico para la investigación se utilizó la categoría de desarrollo tecnológico, para los autores, se traduce en co-desarrollo de productos y gestión del desarrollo.

Este análisis permitió complementar la identificación de variables, criterios y lineamientos para realizar la caracterización y estructurar el formulario de entrevista semiestructurada.

5. Resultados de la vigilancia

Con el contraste de la revisión de la literatura y la experiencia del investigador, se definen 6 variables para analizar las experiencias: estrategia, conocimiento de las partes, alineación de estructuras, gestión del desarrollo tecnológico, modelo y ecosistema.

5. Cumplimiento de Objetivos y Resultados

5.1 Estudio Comparativo

En este apartado se aborda el cumplimiento de los Objetivos 1 y 2:

- Objetivo No. 1. Analizar cinco casos de co-desarrollo tecnológico seleccionados, mediante la definición de categorías, recolección de información en fuentes primarias y secundarias.
- Objetivo No. 2. Identificar ajustes y mejoras a lo actualmente logrado, a través de la comparación de variables, para ser incorporadas en el proceso de co-desarrollo.

El resumen de las 5 experiencias seleccionadas para el análisis del caso Ecopetrol S.A. se presenta en la Tabla 5:

*Tabla 5.
Resumen experiencias de co-desarrollo caso Ecopetrol S.A.*

Experiencia No. / sector de la empresa socio	Documento que formaliza	Objetivo General del Acuerdo	Productos desarrollados
E1 / Electronica y Telecomunicac iones	Un Convenio Marco Cinco acuerdos de cooperación	Desarrollar actividades conjuntas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en temas estratégicos de la cadena de valor de petróleo y gas, aunando esfuerzos para complementar y desarrollar capacidades de tecnología e innovación con el desarrollo de productos de alto valor para los socios tecnológicos	- Herramientas de control de producción y calidad de agua.
E2 / Química	Un Convenio Marco Dos acuerdos de cooperación	Adelantar proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación; con el fin de desarrollar aditivos, fluidos, materiales y	-Tecnologías y aditivos para la producción y

E3 / Académico	Un Convenio Marco Dos acuerdos de cooperación	tecnologías para el incremento de la productividad, la optimización de costos y aumento de márgenes en los segmentos de negocio: perforación, producción y transporte. Aunar esfuerzos para la investigación aplicada, desarrollo conjunto, incorporación y transferencia de tecnología en la obtención de imágenes sísmicas en profundidad y en la caracterización confiable de anomalías sísmicas enfocada a resolver problemas exploratorios de Ecopetrol s.a. y su grupo empresarial. Diseñar, desarrollar y probar un prototipo de solución tecnológica para la navegación, monitoreo e inspección aérea automatizada de redes eléctricas en campos de producción de hidrocarburos con tecnologías de drones, visión artificial, cámaras termográficas y de luz natural	transporte de crudo pesado,. – Modelos y prototipos para el área de geofísica
E4 / Tecnologías de Información y Comunicación	Un Convenio específico	Adelantar proyectos de innovación tecnológica, con el fin de adaptar, implementar y/o desarrollar nuevos materiales y tecnologías para incremento de productividad de pozos.	– Prototipo de monitoreo e inspección de redes eléctricas
E5/ Materiales	Un Convenio Marco Cuatro acuerdos de cooperación		– Tecnologías y materiales para incremento de productividad de pozos.

A partir del ejercicio de vigilancia del entorno y de la revisión de los expedientes y con la experiencia del investigador se definieron las siguientes categorías (Ver Tabla 6):

Tabla 6.
Categorías de análisis.

Macro-categoría	Definición	Categoría
1. Estrategia	Definición de objetivos de la compañía que serán apalancados mediante alianzas con socios, claridad en focos, perfil de los socios requeridos y disponibilidad de recursos de Ecopetrol S.A. para el proceso de co-desarrollo.	Objetivos de Innovación Focos de I+D Perfil de Socios Recursos
2. Conocimiento de la partes	Proceso permanente de interacción en las actividades de co-desarrollo desde la planeación y negociación hasta la liquidación de los acuerdos.	Alineación de intereses Acuerdo de propiedad intelectual Expectativas de explotación comercial futura Alineación de intereses

Tabla 6. Categorías de análisis. “Continuación”

3.Alineación de Estructuras	Relación de prácticas y procesos de cada uno de los socios del acuerdo para su planeación y ejecución: tiempo, requisitos, roles, responsabilidad, recursos y cultura.	Proceso: tiempos y requisitos
		Roles y Responsabilidades
		Acceso a recursos
		Cultura
4.Gestión del desarrollo tecnológico	Conjunto de actividades técnicas y de gestión de tecnología para obtener la solución tecnológica propuesta.	Cumplimiento de objetivos y Resultados técnicos
		Comunicación y toma de decisiones
		Acceso a recursos técnicos
		Tipo de modelo contractual: convenio específico, convenio marco, acuerdo de cooperación
5. Modelo	Mecanismo de formalización de la relación entre socios para ejecutar un proceso de co-desarrollo	TRL inicial y final
		Articulación con redes
		Transferencia al ecosistema
6.Ecosistema	Interacción con diferentes actores del ecosistema de innovación y transferencia de conocimiento y resultados.	

Se presenta para cada macro-categoría los principales hallazgos (identificados por el entrevistado), condiciones potenciales a tener en cuenta (que el investigador identifica pueden impactar la variable analizada) y recomendaciones (desde el investigador) producto del análisis de las entrevistas realizadas. Cada experiencia se codificó con un número consecutivo, los empresarios o representantes del socio que participaron se codifican como Empresario EX. La población corresponde a las personas que tuvieron la designación como Representante del socio, administrador, gestor técnico y funcionario solicitante, de los acuerdos o acuerdos que componen cada experiencia.

La muestra fue de:

Identificación	Representante del Socio	Administrador ECP	Gestor Técnico ECP	Funcionario Solicitante ECP	Total Invitaciones a participar
Experiencia 1	1	1	4	1	7
Experiencia 2	1	1	5	1	8
Experiencia 3	1	1	1	1	4
Experiencia 4	1	1	1	1	4
Experiencia 5	1	1	4	1	7

El nivel de participación fue de:

Identificación	Representante del Socio	Administrador	Gestor Técnico	Funcionario Solicitante	Total Respuestas
Experiencia 1	1	0	1	0	2
Experiencia 2	0	0	2	0	2
Experiencia 3	1	0	1	0	2
Experiencia 4	1	1	0	0	2
Experiencia 5	1	1	1	0	3

Estrategia. Aquí se definen los objetivos que serán apalancados mediante alianzas con socios, claridad en focos, perfil de los socios requeridos y disponibilidad de recursos.

1. ¿Por qué razón o razones su institución decidió establecer la alianza?

Desde el punto de vista de Ecopetrol - ICP, las razones para escoger los socios en cada experiencia coinciden en que se seleccionó para ampliar las capacidades, explorar ideas a riesgo y complementar conocimiento, se identifica que las cinco experiencias tienen alcance de generación de soluciones aplicadas a problemáticas claras en la industria. Uno de los profesionales de Ecopetrol - ICP consultados expone como principal razón “Para aprovechar las ventajas de conocimiento y capacidad de otras compañías, que pueden hacer que se cumpla el propósito de desarrollar una tecnología que me resuelve un problema en una relación gana-gana

Para los socios, su principal razón es la aplicación de soluciones a la industria, el acceso a condiciones de campo y a datos reales, además de la expectativa de ser un potencial proveedor y así ampliar su portafolio de productos y servicios. Se resalta una de las observaciones del empresario E4 “En los últimos años se ha visto una mayor apertura de la Industria Oil and Gas en Santander a través de la nueva administración del ICP que ha permitido por diferentes medios conocer las problemáticas que vive el sector y ha dado un mayor grado de credibilidad a la industria local.”

2.¿Cómo se identificó al socio (Empresa o ECP) , por ejemplo, por referencia, en una, feria, a través de vigilancia tecnológica ?

El mecanismo de identificación de socios ha sido por: participación en congresos y actividades de Colciencias, a través del concurso Innovate de innovación abierta y de relacionamientos previos de profesionales que se incorporaron a Ecopetrol ICP de otras empresas. Con esto se valida la importancia del relacionamiento con el ecosistema de innovación.

3. ¿Cómo la ejecución del acuerdo contribuye al cumplimiento de los objetivos estratégicos de su institución?

Es de resaltar que las cinco experiencias analizadas coinciden en que con la ejecución del acuerdo se están logrando los objetivos de sus instituciones y del área que corresponde dentro de Ecopetrol ICP. El empresario E1 resalta que “Con la generación de productos tecnológicos se da inicio al ciclo productivo y a la atención de un mercado potencial interno y del sector, también se emplea gente joven, con alto nivel de formación y se genera empleo”

Para los socios la ejecución del acuerdo contribuye a obtener productos y servicios aplicados a problemas reales, ampliando el portafolio de las empresas; acercamiento con el sector empresarial real; generación de encadenamiento productivos y desarrollo empresarial local y al logro de los objetivos empresariales.

Desde el punto de vista de Ecopetrol ICP, el acuerdo contribuye en la aplicación de las soluciones tecnológicas a las áreas productivas de Ecopetrol, para uno de los profesionales consultados: “El acuerdo de cooperación ha permitido el desarrollo de alternativas que reducen los costos de las operaciones asociadas a la recolección y transporte de crudos. Lo anterior apalanca la generación de valor de la compañía, ya que se desarrolla una tecnología que maximiza el flujo de caja y hace sostenible la operación”.

Condiciones potenciales a tener en cuenta:

Desalineación de objetivos empresariales.

Identificación errónea de socios que no cumplen con requisitos.

Recomendaciones:

- Socializar la estrategia y resultados de los procesos de co-desarrollo y su alineación con el Mapa de Ruta Tecnológico del área, a nivel de Ecopetrol y del ICP.
- A partir de las tecnologías definidas en los mapas de ruta tecnológica a incorporar vía co-desarrollo identificar socios potenciales que cumplan con las capacidades a complementar.
- Consolidar una base de datos de contactos realizados a través de la participación en congresos, ferias y visitas tanto recibidas en Ecopetrol ICP como hechas a otras compañías.
- Dado que tanto el socio como Ecopetrol ICP tienen el mismo interés de solucionar una problemática de la industria, ésta se debe definir y caracterizar de manera detallada; para esto se recomienda incluir al personal del campo o del área que tiene la problemática y que al final será el usuario final de la solución.

Conocimiento de la partes. 4. ¿Cómo fue el Proceso de Negociación en términos de tiempo, interlocutores, alineación intereses, acuerdo de propiedad intelectual y de explotación comercial futura?

Se identifica una evolución positiva del proceso de co-desarrollo, según el empresario E1 “Por ser el primer convenio de co-desarrollo tomó más de un año establecer un primer convenio formal, se tuvieron que vencer barreras contractuales”, y el convenio más reciente de 2016, el

empresario E4 manifestó “Ecopetrol cuenta con mecanismos y un equipo de trabajo con experiencia para la negociación de convenios esto permitió que fuera muy organizado el proceso. En cuanto a tiempo fue ágil; en cuanto a interlocutores el ICP cuenta con personal con alta experiencia que facilita el proceso de negociación; en cuanto a alineación de intereses son complementarios dado que Ecopetrol buscó solucionar una problemática que afectaba sus operaciones y fortalecer sus capacidades en temas de robótica y visión artificial y nosotros el de materializar el desarrollo en una herramienta útil para solucionar problemas de un sector estratégico y un mayor conocimiento del sector Oil and Gas que nos ha permitido identificar cómo aportar a otras problemáticas; en cuanto al acuerdo de propiedad intelectual y de explotación comercial futura Ecopetrol tiene muy bien arreglado estos temas”.

Para la experiencia con la universidad, se evidencian demoras en la negociación, se indica que los requisitos de las dos instituciones, como múltiples escenarios de validación y reprocesos, hacen que la negociación tome mucho tiempo. Para este mismo convenio de parte de Ecopetrol ICP se identifica que la principal dificultad técnica con la universidad fue la negociación con el grupo de investigación para que se incluyera una nueva línea de investigación en temas de Petróleo y Gas, esto fue posible con el acceso a datos reales de aplicación de capacidades que ya se habían generado para otras líneas.

Condiciones potenciales a tener en cuenta:

Demoras y reprocesos dentro de las institucionales

Múltiples instancias de aprobación

Dificultad para negociación de propiedad intelectual y explotación comercial futura.

Recomendaciones:

De parte de Ecopetrol ICP exponer al potencial socio el proceso de convenios, desde la planeación hasta la liquidación, con énfasis en tiempos y lecciones aprendidas, de manera que se tengan expectativas más cercanas a la realidad.

Alineación de Estructuras. 5.¿Cómo fue o ha sido el Proceso de Ejecución en términos de tiempo, trámites, interlocutores, acceso a recursos, cumplimiento de objetivos, cultura?

Según la evidencia analizada en los expedientes, los acuerdos que iniciaron en el 2014 y 2015 fueron impactados por el cambio en la tasa de cambio del dólar, esto generó un alto costo de insumos importados, que no estaba previsto en el presupuesto inicial, lo que demandó mayor flujo de caja de la empresa, dado que los recursos de Ecopetrol no se aumentaron.

Los socios consultados reconocen el alto nivel técnico del personal asignado por Ecopetrol ICP para la ejecución de los acuerdos. También manifiestan que “al inicio se presentaron dificultades para hacer pruebas en campo porque el negocio tiende a subvalorar los desarrollos tecnológicos locales y preferir las marcas posicionadas.” Se resalta la alta carga administrativa que se genera al rol de Gestor Técnico, en cuanto a documentación y seguimiento.

En la experiencia con la universidad desde Ecopetrol ICP se indica que la obtención de resultados es lento por tratarse trabajos de doctorado y maestría. Así mismo la universidad manifiesta como un aspecto positivo “El equipo de Ecopetrol ICP ha entendido el rol del grupo de investigación, como recurso de investigación y no de operación, esto ha facilitado la relación, así como la definición de tareas y entregables específicos y claros.”.

Desde Ecopetrol ICP se resalta que “la ejecución ha sido muy fluida, el acceso a la información y la comunicación con el aliado es muy fácil, hemos compartido tanto experiencias como aportes conjuntos para lograr el desarrollo. Para cada una de las partes ha sido claro su aporte, donde se identifican las fortalezas de cada uno de los integrantes del grupo”.

Las empresas reconocen que al involucrarse en la cultura y procesos de Ecopetrol ICP, han fortalecido su organización administrativa y han incorporado y mejorado el cumplimiento de requisitos de HSE.

En cuanto a los aspectos administrativos, económicos, culturales y sociales que han afectado (positiva o negativamente) las etapas de planeación y ejecución del convenio de codesarrollo, se identifican: (Ver tabla 7)

Tabla 7.
Factores positivos y negativos tanto para el socio como para Ecopetrol S.A.

Factores Positivos para el Socio	Factores Negativos para el Socio
El estar en una región como Santander, su cultura ha facilitado la materialización de las soluciones, la mentalidad del santandereano de salir adelante a pesar de las dificultades ha sido crucial.	La alta carga de impuestos que impacta en el flujo de la empresa. Los aspectos administrativos y la tramitología es muy demorado. La variación del precio del dólar dado que el convenio contempla compras que se realizaron en dólares El desconocimiento por parte del socio del detalle de los aspectos administrativos de Ecopetrol y entidades públicas, esto ha afectado los tiempos de ejecución. No se contempló de manera certera el tiempo que toma el cumplimiento de los requisitos, permisos de ejecución de actividades en áreas operativas como campos de producción y en general las diferentes instancias que se deben cursar para aprobación de solicitudes. La documentación es exagerada.

Tabla 7. Factores positivos y negativos tanto para el socio como para Ecopetrol S.A.
“Continuación”

Factores Positivos para Ecopetrol ICP	Factores Negativos para el Ecopetrol ICP
El socio está muy orientado al cumplimiento de objetivos, lo cual es muy positivo. El sentido práctico del aliado: Concentrarse en una cosa a la vez, desplegar todos los mecanismos para enfocarse en un solo desarrollo que asegure integralmente un producto /	La dificultad y demora para realizar pruebas en campo. Deficiencias en la planeación por no contemplar tiempos requeridos para trámite de permisos de pruebas en los segmentos de negocio.

proceso, y no desgastarse con varios frentes a la vez.

El socio tiene recursos y presupuestos para investigación y desarrollo, lo cual facilita la planeación y ejecución de los acuerdos.

Condiciones potenciales a tener en cuenta:

Demoras en trámite de solicitudes de ajustes a presupuesto y cronograma.

Falta de aceptación del área técnica externa al ICP para realizar pruebas y recibir la transferencia de la tecnología.

Recomendaciones:

Con el análisis de los aspectos negativos, se reafirma la necesidad de involucrar desde la planeación al área usuaria del potencial desarrollo tecnológico, para facilitar la ejecución y pruebas en ambientes relevantes para la maduración de la tecnología, así como para involucrar todas las variables operativas requeridas.

Revisar periódicamente los factores externos que pueden impactar en el flujo de cada del socio, para tener margen de acción y minimizar el riesgo de inestabilidad económica del mismo.

Revisar el flujo de proceso de convenios e identificar potenciales mejoras para que sea más fluido y con la documentación óptima que permita su cumplimiento.

Gestión del desarrollo tecnológico. 6.¿Qué considera ha sido sobresaliente de la ejecución del convenio o acuerdo de co-desarrollo? En términos de resultados, relacionamiento, aprendizajes, etc.

Los socios consideran sobresaliente:

La aplicación y uso por el área usuaria de las soluciones tecnológicas, indican que se logró materializar una idea y generar soluciones locales de costo eficiente.

El empresario E4 indica que “El relacionamiento con las áreas operativas en campos de producción que nos ha permitido entender con mayor detalle las problemáticas, mayor rigurosidad y robustez en los desarrollos tecnológicos dado que son para uso industrial, rigurosidad y excelencia administrativa siguiendo la metodología estándar de proyectos”.

Para el socio tipo universidad es de resaltar “La aplicación a datos reales, la posibilidad de madurar tecnologías emergentes y la profundización en problemas reales”

Ecopetrol ICP considera sobresaliente:

Llevar un desarrollo de nivel de laboratorio a una prueba en campo donde la operación pudo ver y cuantificar los beneficios del codesarrollo.

- La velocidad con que han podido efectuarse / desarrollarse los planes de trabajo (pruebas tanto a nivel laboratorio como en campo), igualmente las mejoras en procesos y productos (mutua y franca cooperación), comunicación abierta y asertiva. Desde cada frente se aportan las fortalezas de cada empresa y esto redunda en una clave sinergia donde claramente se evidencian los resultados.
- El desarrollo se hace mucho más rápido, comparado con el tiempo que tomaría hacerlo solos.
- El conocimiento del socio del sector de Petróleo y gas.
- La autonomía del socio para realizar las actividades, más fluidos los procesos de compras.

Uno de los profesionales indica que “El convenio de co-desarrollo es una herramienta que permite asimilar el conocimiento del aliado y hacernos más fuertes desde el punto de vista de aprendizaje de nuevas tecnologías”.

Se evidencia que tanto para Ecopetrol ICP como para los socios se resaltan los mismos aspectos sobresalientes: el intercambio y transferencia de conocimiento y prácticas, la capacidad de generar soluciones aplicadas a un problema técnico real de Ecopetrol.

Condiciones potenciales a tener en cuenta:

Falta de incorporación de soluciones al área usuaria

Demoras en las pruebas de campo

Recomendaciones:

Seguir manteniendo la autonomía del socio en la ejecución de las actividades.

Realizar una selección y validación del socio previo a la estructuración del acuerdo Modelo.

Se evidencia que de las 5 experiencias analizadas, 4 empezaron con un convenio marco y ya tiene en ejecución entre 2 y 5 acuerdos, lo cual sugiere que la relación ha funcionado, porque se ha mantenido y sigue fortaleciéndose. En un solo caso se ha manejado como un convenio específico para una solución tecnológica.

Condiciones potenciales a tener en cuenta:

Inadecuada formalización de la relación de cooperación

Recomendaciones:

Independiente del modelo que formalice la relación de cooperación, se debe dejar claridad del alcance, objetivos, responsabilidades de cada una de las partes, propiedad intelectual, mecanismos de interacción, entre otros.

En el periodo de liquidación del acuerdo de cooperación realizar un taller o espacio de reflexión sobre lecciones aprendidas del acuerdo que finaliza en sus diversas etapas, de manera que se pueda capitalizar los aprendizajes en los nuevos acuerdos.

Ecosistema. 8.¿De qué manera el convenio de codesarrollo, ha generado o genera transferencia de conocimiento en la comunidad académica y la sociedad en general?

Es de resaltar que en un acuerdo se han hecho encadenamientos productivos con 15 empresas, tanto para la fabricación del prototipo como para la producción a escala industrial.

En 4 experiencias se ha participado en eventos internos de Ecopetrol y externos, realizando ponencias de los resultados obtenidos, a la fecha una experiencia permanece confidencial. También se resalta la vinculación de profesionales de alto nivel tanto para formación de maestría y doctorado, como ya formados, que ha permitido que se expongan a la solución de problemas reales de la industria. En la experiencia con la universidad se creó una nueva línea de investigación en temas de Petróleo y Gas.

Algunos resultados han ganado premios de ACIPET y de innovadores Santander, en reconocimiento a su alto nivel de innovación.

Condiciones potenciales a tener en cuenta:

Potencial fuga de información

Rotación de personal

Recomendaciones:

Validar de manera conjunta el alcance y escenarios de publicación y promoción de los resultados del acuerdo de cooperación.

Se realizó una última pregunta a manera de hacer una reflexión sobre que podría ajustar en el proceso, bajo la pregunta: ¿Si pudiera iniciar de nuevo el convenio o acuerdo de cooperación, que haría diferente?

Las empresas participantes recomiendan a Ecopetrol:

Divulgación del mecanismo y resultados de co-desarrollo dentro del ICP, Ecopetrol y en el Ecosistema.

Asegurar las etapas de licenciamiento y acompañamiento en la comercialización, con la liquidación del acuerdo no termina el codesarrollo.

Cuidar el flujo de caja del socio

Solicitar requisitos para declaración de productos de acuerdo al Nivel de madurez del desarrollo del desarrollo, así mismo estándares técnicos y normativos acordes.

Ecopetrol debe contar con un grupo de licenciamiento y comercial más fuerte.

Desde la planeación tener en cuenta a los diferentes grupos de investigación de la universidad, para participar en la estructuración técnica de los hitos.

Tiempos administrativos más conservadores que permitan un plan de trabajo más ajustado a la realidad.

En el proceso de planeación realizar visitas de conocimiento a las instalaciones de las dos entidades, para conocer las capacidades instaladas y generar confianza.

Considerar mayor tiempo e imprevistos.

Desde el punto de vista de Ecopetrol - ICP se identifica:

El manejo de los recursos por las Pymes es complejo, por esto se debe ser más cuidadoso en la planeación, para no afectar su flujo de caja y detener los acuerdos.

Estructurar / definir el grupo de investigadores ICP que asegure el recurso humano del alcance total del plan de trabajo con los recursos económicos correspondientes

Planear “visiones” a 5 años con los grupos de investigación, los acuerdos se centran en problemas inmediatos, falta ver más allá en la proyección de los grupos y de Ecopetrol.

Lograr que los grupos de investigación incorporen líneas de investigación a largo plazo.

Involucrar desde la planeación a líderes de los segmentos de negocio o área usuaria donde se planea realizar las pruebas del prototipo producto del co-desarrollo y mejorar la planeación de los tiempos de pruebas.

Asegurar muy bien la escogencia del aliado: Diferenciar muy bien la etapa de desarrollo hasta TRL4 y otra para la etapa de pruebas tecnológicas en ambientes relevantes.

5.2. Protocolo de Referencia

En este apartado se aborda lo referente al objetivo No.3: Generar lineamientos generales del proceso a través de la elaboración de un protocolo de prácticas de referencia que permita transferir la experiencia tanto a nivel interno de la organización como a los diferentes actores del sistema de innovación regional.

Con el objetivo de facilitar la gestión del proceso de co-desarrollo se proponen los siguientes lineamientos a considerar para las etapas requeridas de planeación, celebración y gestión de convenios de co-desarrollo, partiendo de lo establecido en el libro del proceso de convenios Versión 1 de 2017, como se presentó en la Figura 3: Planeación, celebración, gestión del convenio y gestión de aliados.

Planeación. Esta fase se debe abordar con alta rigurosidad técnica, desde la identificación de la necesidad alineada a una problemática y oportunidad existente, hasta el detalle del plan de trabajo y presupuesto con el socio seleccionado.

Según las experiencias analizadas de convenios de cooperación, un alto porcentaje de dificultades en la ejecución tienen como causa raíz problemas de planeación, ya sea por falta de identificación de riesgos, deficiente selección del socios, subvaloración de tiempo y presupuesto,

falta de inclusión de actividades de control para pruebas en campo entre otras. Esta etapa comprende:

5.2.1. Identificación de la necesidad de realizar una alianza o acuerdo con socio tecnológico. Una de las formas de identificar la necesidad de establecer una alianza es través de los mapas de ruta de tecnología del área, donde se establecen cuáles tecnologías se incorporarán vía estrategia de co-desarrollo. La necesidad de vincular un socio tecnológico también puede surgir dentro de la gestión de proyectos de I+D+i, cuando se requiere complementar capacidades tecnológicas.

En ambos casos es importante tener claridad en el objetivo de vincular un socio tecnológico, para qué se necesita, y preguntarse cuál sería el valor agregado de vincular un tercero vía alianza y no como la contratación de un servicio externo. El trabajo con socios tiene ventajas como: se gana tiempo y experiencia al aprovechar el know-how del socio y construir nuevo conocimiento, se amplía la capacidad tecnológica por la utilización de la infraestructura del socio, se acelera el aprendizaje organizacional, se evitan duplicidad de esfuerzos, se puede ampliar el rango de productos y servicios, se comparten inversiones, riesgos y fortalezas, lo que supone un equilibrio de riesgos y beneficios entre las partes. También tiene algunas desventajas como compartir los resultados de I+D+i y una posible explotación comercial de dichos resultados, no se tiene control sobre los aportes del socio, cada una de las partes es autónoma y se rige por sus lineamientos internos, en ocasiones esto dificulta la ejecución de las actividades. El análisis de las posibles desventajas puede facilitar la decisión de viabilidad de buscar un socio o de realizar una contratación de un servicio tecnológico.

5.2.2. Identificación de las capacidades a complementar. Se debe definir que capacidades técnicas, conocimientos, infraestructura, recursos y experiencia hace falta dentro de Ecopetrol, para definir el perfil del socio, que tenga mayor alineación con los intereses.

5.2.3. Identificación de Potenciales socios. De acuerdo con la necesidad tecnológica a satisfacer existen dos tipos de socios tecnológicos:

Organizaciones de Investigación. Universidades, Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT's), Centros de Desarrollo Productivo (CDP's), Instituto de Investigación, entre otros; es recomendado cuando el objetivo es mejorar y ampliar la capacidad tecnológica.

Clientes y/o proveedores. También llamado cooperación vertical, se recomienda cuando el objetivo es desarrollar nuevos productos o procesos o llegar a nuevos mercados.

El reto es identificar dónde se encuentran los socios potenciales que cumplan con un perfil requerido, para esto se puede solicitar el servicio de vigilancia tecnológica en el centro de información técnica del ICP, haciendo énfasis en las características deseables en las empresas o instituciones de investigación por ejemplo, que sean líderes en el desarrollo de una tecnología, que hayan patentado tecnologías, que tengan reconocimientos nacionales e internacionales en el área, que tengan cierta infraestructura, publicaciones, entre otras. En algunos casos por relacionamiento previo se han identificado potenciales socios, es recomendable hacer una inteligencia y validar si tienen el perfil requerido, esto también se puede realizar a través del servicio de vigilancia tecnológica.

5.2.4. Selección de Socio Tecnológico. La selección del Socio Tecnológico, está orientada a la identificación de la Institución de investigación y desarrollo o Empresa, con la cual se va llevar a cabo un Acuerdo de Cooperación Tecnológica; para esto, se deberá buscar el socio más adecuado a través del establecimiento de un perfil que deberá cumplirse para seleccionar el más adecuado. La elección entre un socio u otro variará en función de cuáles sean las necesidades tecnológicas del ICP para iniciar la cooperación. La adecuada selección del socio constituye un factor clave de éxito en la cooperación en I+D+i. Teniendo en cuenta lo anterior, se sugiere tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Compatibilidad estratégica y organizativa:** Debe buscarse entre los posibles socios tecnológicos identificados, una convergencia en los objetivos empresariales (compatibilidad de intereses), así como en los objetivos estratégicos. Sin embargo, es preferible que exista una divergencia en los objetivos competitivos. La compatibilidad estratégica y de intereses es un aspecto básico para facilitar el éxito de la alianza tecnológica.
- **Grado de complementariedad entre las partes y dependencia mutua:** Con este criterio, se busca que el socio tecnológico posea conocimientos, habilidades, recursos y necesidades complementarias a las propias. De esta forma se maximizan los esfuerzos entre las partes, reduciéndose las debilidades y potenciándose las fortalezas. La complementariedad entre las partes que conforman la alianza es una variable fundamental. La experiencia que se evidencia en la literatura, ha demostrado que es el criterio más importante y eficaz en la selección de socios. La dependencia mutua está relacionada con los recursos que posean las partes, por lo que es recomendable que exista cierto grado de complementariedad entre los recursos tecnológicos de los socios;

sin embargo, si los recursos de los socios son idénticos, éstos no tendrán nada que ofrecerse y la cooperación carecerá de sentido.

- **Confianza, compromiso y experiencias previas:** Es importante tener en cuenta que ambas partes deberán tener varias experiencias en desarrollos conjuntos para obtener la confianza y la experiencia que se requiere para la consolidación de la alianza tecnológica; como es evidente, el nivel de confianza va siendo mayor como consecuencia de las repetidas colaboraciones entre las partes. El hecho de que los socios tengan experiencia previa en proyectos de cooperación facilita mucho la alianza tecnológica. Esto es consecuencia de que los socios experimentados serán más flexibles a la hora de negociar que los que se enfrentan a la cooperación por primera vez.
- **Evolución en los últimos años:** Los niveles de crecimiento alcanzados por el socio tecnológico en los últimos años, es una señal que mejora las expectativas sobre los resultados de la alianza tecnológica. En el caso contrario, puede no ser conveniente establecer acuerdos con un socio en situación de crisis y, en cualquier caso, se deberán reforzar las precauciones con vistas al acuerdo y a la gestión del mismo.
- **Grado de conocimientos y experiencias en el tema tecnológico que se espera desarrollar:** Un socio con alto conocimiento (perfil de personal, reconocimientos, producción intelectual) y experiencia en temas afines al objeto del acuerdo, es un factor a tener en cuenta, ya que incrementa la posibilidad de éxito de la alianza y de los resultados que se esperan alcanzar.
- **Redes:** Es importante identificar y valorar el capital relacional de la red de aliados que posee el socio potencial, ya que este aspecto puede significar futuras oportunidades para el ICP.

Se debe tener presente que los criterios descritos tienen diferentes pesos de importancia cuando se establece una alianza tecnológica con una empresa, con una universidad o con un centro de desarrollo tecnológico o de investigación.

5.2.5.Negociación. Una vez identificado el posible o posibles socios tecnológicos y, teniendo claro cuál es el objetivo común a alcanzar mediante la cooperación, se inicia el proceso de negociación. Es muy importante tener en cuenta que durante la negociación, se puede establecer si la elección del socio ha sido correcta o no. En caso de no ser un socio idóneo, este es un buen momento para detener el proceso y comenzar de nuevo. Al final de esta etapa se tendrán los documentos requeridos para el trámite en las diferentes instancias de Ecopetrol. En este aspecto es importante exponer al socio las lecciones aprendidas de experiencias previas en acuerdos de co-desarrollo, además de presentar el proceso interno y documentación que se requiere para la aprobación, la ejecución y seguimiento de convenios y considerar:

- Realizar visitas a las instalaciones tanto del Socio como de Ecopetrol ICP, para validar capacidades (personal e infraestructura) a luz del cumplimiento de los productos a desarrollar.
- Objetivo: caracterizar con alto nivel de detalle la problemática a solucionar, involucrar al área usuaria del negocio, por ejemplo personal del campo de producción.
- Estructuración de plan de trabajo: debe ser realista y considerar imprevistos.
- Análisis de riesgos: de manera conjunta realizar una detallada identificación de riesgos y de control de mitigación e incluir estas acciones dentro del plan de trabajo y del presupuesto del acuerdo.
- Tiempo: holgura para imprevistos, contemplar tiempos para trámites de permisos para pruebas en campos, cumplimiento de requisitos para licencias, etc.

- Presupuesto: prever la variación de tasa de cambio, planeación de flujo de caja tanto del socio como programación de desembolso de Ecopetrol ICP acorde con el avance del acuerdo.
- Requisitos de perfeccionamiento como pólizas, documentación soporte del manejo de los recursos.
- Establecer las responsabilidades y actividades que realizará cada una de las partes.
- Si en el equipo no hay personal con experiencia previa en procesos de co-desarrollo, se sugiere tener una charla con un profesional que haya participado en convenios de este tipo.
- Incluir en el alcance del acuerdo la documentación de los desarrollos, como manuales, listado de materiales y proveeduría y entregar toda la documentación técnica al Centro de Información Técnica del ICP al finalizar el acuerdo.
- Realizar sesiones de reto técnico con expertos y con asesor jurídico de Ecopetrol.
- Validar la disponibilidad del personal de Ecopetrol que será asignado a la ejecución del acuerdo y asegurar que dentro de su acuerdo de desempeño se incluya su participación como un objetivo.

5.2.6. Celebración. Esta etapa tiene alto componente de gestión interna de Ecopetrol, se rige según lo establecido en la guía para la gestión de convenios de Ecopetrol GCO-G-001 y en mayor detalle los requisitos se pueden conocer en el libro del proceso V1 de 2.017, el cual se encuentra disponible en el repositorio oficial del sistema de gestión de calidad de Ecopetrol S.A., en esta fase se presenta toda la documentación que se preparó en la planeación, se sugiere tener en cuenta todos los requisitos al presentar las solicitudes de aprobación de convenios, para evitar reprocesos. Es muy importante la justificación de la alineación del objetivo del convenio con la estrategia de Ecopetrol.

5.2.7. Gestión del convenio. Una vez se aprueba la solicitud de celebración del convenio, se da inicio a la fase de gestión del convenio, su alcance va desde la formalización del acta de inicio, la ejecución y seguimiento de actividades técnicas y administrativas y el cierre del mismo. Se sugiere considerar:

Involucrar al área usuaria en la socialización del plan de trabajo propuesto, una vez ha sido formalizada el acta de inicio.

Mantener una comunicación fluida, estableciendo escenarios de seguimiento técnico y administrativo y asegurar la documentación de las decisiones. Se sugiere revisar el plan de mitigación de riesgos dentro de este escenario.

Tener presente siempre respetar la autonomía del socio para realizar las actividades a su cargo.

Revisar periódicamente los factores externos que pueden impactar en el flujo de cada del socio, para tener margen de acción y minimizar el riesgo de inestabilidad económica del mismo.

Validar de manera conjunta el alcance y escenarios de publicación y promoción de los resultados del acuerdo de cooperación.

Tanto ECOPETROL ICP, como el socio, tomar las medidas de control para mantener la seguridad de la información y evitar la fuga de la misma, por ejemplo: formalizar acuerdos de confidencialidad y mantener un repositorio oficial.

Documentar los resultados de las pruebas de campo.

Como una actividad de cierre del convenio realizar un taller de reflexión sobre lecciones por aprender en este tipo de acuerdos de cooperación.

Incorporar al área de comercialización de Ecopetrol ICP en reuniones de seguimiento para identificar oportunidades de negocio, características y variables de mercado que pueden afectar el desarrollo tecnológico y potenciales encadenamientos con productos desarrollados.

6. Conclusiones

Partiendo de la definición de Co-desarrollo hecha por (Mantilla & Prada, 2016): “El modelo de Innovación abierta para co-desarrollo consiste en solucionar retos estratégicos de la cadena de valor de petróleo y gas con la participación de un socio o aliado tecnológico. El principal objetivo es desarrollar tecnologías de alto valor agregado a bajo costo, en menores tiempos y con menores riesgos, e idealmente, que se puedan fabricar en el país de manera competitiva”. Y con la investigación realizada se puede concluir que el proceso de Co-desarrollo ha sido exitoso porque permite innovar, desarrollar y probar tecnologías aplicadas a problemas críticos de la operación, esto se pudo percibir en los resultados de las entrevistas; tanto el socio como Ecopetrol ICP se mostraban satisfechos con la gestión del convenio, con los resultados técnicos, con la velocidad y la agilidad para obtener las soluciones y transferirlas a la operación. Esto corresponde con lo referido por (Ortiz-Gallardo et al., 2015), donde sugiere que la adquisición efectiva de tecnología mediante la colaboración se logra mediante la combinación de

tres condiciones: gestión eficaz de la asociación, ejecución efectiva del proyecto de codesarrollo y transferencia efectiva de la tecnología al sistema receptor en la empresa compradora.

El proceso y la relación con los socios en las 5 experiencias analizadas ha sido positivo; una muestra de esto es que en 4 experiencias se tiene más de un acuerdo en ejecución.

El compromiso y liderazgo del gestor técnico y el administrador es un factor clave en la ejecución de los acuerdos, deben ser muy bien seleccionados. Por parte de los socios es muy importante contar con personas con experiencia en la industria y en desarrollo de tecnología.

Los socios tienen la expectativa de convertirse en proveedor de los desarrollos obtenidos, el proceso debe llegar hasta esta etapa, es necesario apalancar de manera directa o indirecta la etapa de explotación comercial de los desarrollos, ya sea a través de capital de riesgo o con gestiones para que el socio que se convierte en licenciatario tenga los recursos para cumplir con la masificación de la tecnología.

Los proveedores pueden explotar nuevas oportunidades comerciales al comprender las necesidades de las empresas clientes. Por ejemplo cuando se presentan escenarios de eficiencias y de reducción de los costos operativos, es más probable que las empresas busquen potenciales proveedores con capacidades técnicas en áreas de tecnología específica. Los proveedores deben estar listos para ser concretos en sus propuestas de valor, deben resaltar su experiencia técnica y recursos (por ejemplo, infraestructura, redes y procesos de trabajo).

7. Recomendaciones

Socializar la estrategia y resultados de los procesos de co-desarrollo y su alineación con el Mapa de Ruta Tecnológico del área, a nivel de Ecopetrol y del ICP.

Realizar un taller, tipo reunión a nivel de expertos - RANE⁶ con el personal de Ecopetrol que ha participado en la planeación y ejecución de acuerdos de co-desarrollo, con el objetivo de presentar los resultados del presente trabajo y de manera resumida las experiencias de cada acuerdo, con el objetivo de generar sinergias y compartir lecciones aprendidas.

A partir de las tecnologías definidas en los mapas de ruta tecnológica a incorporar vía co-desarrollo, identificar socios potenciales que cumplan con las capacidades a complementar y organizar una base de datos de consulta general.

Consolidar una base de datos de contactos realizados a través de la participación en congresos, ferias y visitas tanto recibidas en Ecopetrol ICP como hechas a otras compañías, que alimenten una base de datos de potenciales socios.

Dado que tanto el socio como Ecopetrol ICP tienen el mismo interés de solucionar una problemática de la industria, esta se debe definir y caracterizar de manera detallada, para esto se recomienda incluir al personal del campo o del área que tiene la problemática y que al final será el usuario final de la solución.

El manejo de los recursos por las Pymes es complejo, por esto se debe ser más cuidadoso en la planeación, para no afectar su flujo de caja y detener los acuerdos.

Cuando se trate de acuerdos con grupos de investigación, procurar que se incorporen las temáticas como líneas de investigación a largo plazo.

Involucrar desde la planeación a líderes de los segmentos de negocio o área usuaria donde se planea realizar las pruebas del prototipo producto del co-desarrollo y mejorar la planeación de los tiempos de pruebas.

⁶ Metodología de gestión de conocimiento utilizada en Ecopetrol S.A.

Antes de cada proyecto debe estar muy bien definida la participación del campo y el representante técnico en el campo debe estar comprometido con todo el proceso. Debe haber un protocolo de reemplazo del representante técnico del campo si es del caso para no perder continuidad. También es necesario tener un amplio espectro para pruebas y una buena retroalimentación por parte de algunos expertos en campo.

Asegurar muy bien la escogencia del aliado, se debe diferenciar muy bien la etapa de desarrollo hasta TRL4 y otra para la etapa de pruebas tecnológicas en ambientes relevantes, se recomienda lo propuesto por (De la Tour et al., 2017). Ver figura 11.

Etapa		Etapa Temprana		Etapa Media		Etapa Final	
Fase		Exploración (1-2)	Prueba de concepto experimental (3-4)	Prototipo Funcional (5)	Producto Mínimo Viable (6-7)	Industrialización (8-9)	Comercialización
Objetivo		Explorar oportunidades alrededor de tecnologías disruptivas	Probar la factibilidad del producto/solución y adquirir conocimiento	Encontrar como el producto o sus características serán obtenidas. Obtener retroalimentación temprana de usuarios	Obtener una prueba de una primera versión del producto o servicio final	Diseñar un producto para producción en masa y producirlo.	Identificar los canales de distribución y convencer a los consumidores de comprarlo
Tipo de asociación		Servicios de consultoría (expertos)					-Abastecimiento -Distribución -Licencias
Lista de Verificación		Co-Desarrollo Investigación y Desarrollo externa					
		- Campos de investigación bien definidos - Firma de Memorando de entendimiento - Definición de Propiedad Intelectual	- Validación de tecnología - Claridad en el problema/solución - Especificaciones de la tecnología - Equipos complementarios	- Validación del conocimiento generado en la experimentación de la prueba de concepto - Calidad en el valor propuesto (mercado y aplicación) - Análisis del entorno de propiedad intelectual	- Prototipo funcional - Claridad en el mercado, hipótesis del modelo de negocios - Principales riesgos abordados	- Prueba del producto final - Capacidad industrial lista - Principales barreras internas identificadas (cultura, tecnología, procesos, organización)	- Prueba del producto final - Modelo de negocio validado - Alistamiento comercial - Alistamiento del ecosistema
Factores Clave de Éxito		- Evaluación continua de oportunidades, metas y alineación de mapas de ruta - Definir e implementar indicadores clave para cada etapa - Integrar progresivamente nuevas capacidades					
		- Comprender el potencial de mercado - Entendimiento de las necesidades técnicas y de negocio	- Participación del personal técnico	- Adhesión de negocios - Agilidad para refinar un prototipo	- Adhesión de negocios - Agilidad para refinar un prototipo mínimo viable	- Adhesión de negocios - Organización corporativa lista	- Adhesión de negocios

Figura 11. Modelo de cooperación y nivel de madurez de la tecnología. Fuente: Traducido y adaptado de (De la Tour et al., 2017)

Incorporar al área de comercialización de Ecopetrol ICP desde la planeación del acuerdo y en reuniones seguimiento para identificar oportunidades de negocio, características y variables de mercado que pueden afectar el desarrollo tecnológico y potenciales encadenamientos con productos desarrollados.

Referencias Bibliográficas

- Cambra-Fierro, J., Florin, J., Perez, L., & Whitelock, J. (2011). Inter-firm market orientation as antecedent of knowledge transfer, innovation and value creation in networks. *Management Decision*, 49(3), 444–467. <https://doi.org/10.1108/00251741111120798>
- Clark, K. B. (1989). Project scope and project performance: the effect of parts strategy and supplier involvement on product development. *Management science*, 35(10), 1247–1263.
- Clark, K. B., & Fujimoto, T. (1991). *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*. Boston: Harvard Business School Press.
- Crespin-Mazet, F., & Ghauri, P. (2007). Co-development as a marketing strategy in the construction industry. *Industrial Marketing Management*, 36(2), 158–172. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2006.02.011>
- De la Tour, A., Soussan, P., Harlé, N., Chevalier, R., & Duportet, X. (2017). *Fostering collaboration between corporates and startups*. Boston Consulting Group y Hello Tomorrow. Recuperado a partir de <http://media-publications.bcg.com/from-tech-to-deep-tech.pdf>
- Economía, V. (2015, febrero 18). ICP de Piedecuesta no renovará contratos a más de 600 trabajadores | Local. Recuperado el 9 de enero de 2018, a partir de <http://www.vanguardia.com/economia/local/299764-icp-de-piedecuesta-no-renovara-contratos-a-mas-de-600-trabajadores>
- ECOPETROL S.A. (2014, junio 19). Procedimiento para la evaluación y demostración de propuestas de tecnología en Ecopetrol S.A. GTN-P-001 Versión 4.

ECOPETROL S.A. (2017a). GUÍA PARA LA GESTIÓN DE CONVENIOS DE ECOPETROL S.A.

ECOPETROL S.A. (2017b). Libro del Proceso de Gestión de Convenios.

Ecopetrol y la UIS fortalecen cooperación tecnológica y científica. (2015, abril 13). Recuperado el 6 de febrero de 2018, a partir de

<https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/sala-de-prensa/noticias/Noticias-2015/Noticias-2015/ecopetrol-uis-fortalecen-cooperacion-tecnologica-cientifica/>

Eisenhardt, K. M. (1989). Building Theories from Case Study Research. *The Academy of Management Review*, 14(4), 532–550. <https://doi.org/10.2307/258557>

Fliess, S., & Becker, U. (2006). Supplier integration—Controlling of co-development processes. *Industrial Marketing Management*, 35(1), 28–44.

<https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2005.07.004>

ICONTEC. (2009, febrero). GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA GTC 186 - GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN (I+D+i): SISTEMA DE VIGILANCIA (V).

Mantilla, A., & Prada, A. (2016, septiembre). *Modelo de Desarrollo de Tecnología Nacional a Través de Innovación Abierta en Alianza con Socios Tecnológicos*. Ponencia, Terceras Jornadas Tecnológicas E&P 2016. Reducción de Costos de Operación de Campos y Aprovechamiento de Sinergias del GE.

Martinez Carazo, P. C. M. (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica. Recuperado el 22 de enero de 2017, a partir de <http://tuxchi.redalyc.org/articulo.oa?id=64602005>

- Montero, I., & León, O. G. (2002). Clasificación y descripción de las metodologías de investigación en Psicología. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 2(3), 503–508.
- Moraga López, M. A., & López Jarquín, M. D. (2015). *Análisis sobre la efectividad del estudio de caso utilizada por el docente, como estrategia didáctica innovadora aplicada en los contenido de anatomía humana en la asignatura de ciencias naturales de 7° grado del Instituto Nacional Guillermo Ampié Lanza, del municipio de la concepción departamento de Masaya I Semestre 2015*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Oinonen, M., & Jalkala, A. M. (2015). Divergent goals in supplier-customer co-development process: an integrated framework. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 30(3/4), 290–301. <https://doi.org/10.1108/JBIM-11-2012-0220>
- Ortiz-Gallardo, V. G., Tietze, F., Probert, D. R., & Phaal, R. (2015). Technology acquisition through collaboration: practical insights for technology suppliers. <http://www.repository.cam.ac.uk/handle/1810/246802>
- Pi-Chuan Sun. (2008). The correlations among domain knowledge specificity, joint new product development and relationship performance. *International Journal of Commerce and Management*, 17(1/2), 44–55. <https://doi.org/10.1108/10569210710774749>
- Wang, J. ., Li, J. J., & Chang, J. (2016). Product co-development in an emerging market: The role of buyer-supplier compatibility and institutional environment. *Journal of Operations Management*, 46, 69–83. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2016.07.002>
- Yin, R. K. (1989). *Case study research: design and methods*. Sage Publications. Recuperado a partir de <https://books.google.com.co/books?id=gxy2AAAAIAAJ>

Yin, R. K. (1994). *Case study research: design and methods*. Sage Publications. Recuperado a partir de <https://books.google.com.co/books?id=AvYOAQAAMAAJ>