



Vigilada Mineducación

**PREFACTIBILIDAD PARA EL DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA
TECNOLÓGICA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD
DE PRODUCTOS DE UN ÁREA DE TIERRAS**
PRELIMINARY FEASIBILITY STUDY FOR THE DEVELOPMENT OF A
TECHNOLOGICAL TOOL FOR THE AUTOMATION OF QUALITY CONTROL OF
PRODUCTS IN A LAND AREA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de magíster en
Gerencia de Proyectos

JHANCIR ARMANDO POVEDA BELTRÁN

Asesor:

ELKIN ARCESIO GÓMEZ SALAZAR

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS
BOGOTÁ
2023**

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
2.1 CONTEXTO	12
2.2 ANTECEDENTES	15
3. JUSTIFICACIÓN.....	21
3.1 VIABILIDAD.....	23
4. OBJETIVOS.....	24
4.1 GENERAL	24
ESPECÍFICOS	24
5. MARCO DE REFERENCIA CONCEPTUAL	25
5.1 METODOLOGÍAS PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS.....	25
5.1.1 Metodología General Ajustada (MGA)	25
5.1.2 Metodología ONUDI.....	26
5.1.3 Metodología ZOOP	28
5.2 HERRAMIENTA TECNOLÓGICA	29
5.3 AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE CALIDAD.....	31
6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	33
6.1 TIPO DE ESTUDIO	33
6.2 UNIDAD Y OBJETO DE ESTUDIO	33
6.3 MODELO METODOLÓGICO	34
6.3.1 Estudio sectorial	34
6.3.2 Identificación de clientes y usuarios	36

6.3.3 Estudios ambiental, organizacional y legal	37
6.3.4 Estudio técnico	37
6.3.5 Estudio financiero y de riesgos	38
6.4 ACTORES SOCIALES	38
6.5 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN.....	40
7. DESARROLLO DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD	45
7.1 ESTUDIO SECTORIAL	45
7.1.1 Análisis PESTEL.....	45
7.1.2 Análisis DOFA	54
7.2 IDENTIFICACIÓN DE CLIENTES Y USUARIOS	56
7.3 ESTUDIO AMBIENTAL, ORGANIZACIONAL Y LEGAL	58
7.3.1 Estudio ambiental	58
7.3.2 Estudio organizacional.....	58
7.3.3 Estudio legal	61
7.4 ESTUDIO TÉCNICO	61
7.4.1 Localización	61
7.4.2 Alcance de la herramienta y requisitos	63
7.4.3 Análisis de la demanda.....	69
7.4.4 Análisis tecnológico (equipos, tecnología y arquitectura)	70
7.4.5 Producción y usabilidad de la herramienta	75
7.4.6 Recursos humanos y sus capacidades técnicas	75
7.4.7 Plan implementación, y estrategias de programación y control	76
7.4.8 Beneficios	81
7.4.9 Análisis de costos	82

7.5 ESTUDIO FINANCIERO Y DE RIESGOS.....	88
7.5.1 Evaluación de indicadores financieros.....	95
7.5.2 Estudio de riesgos	98
8. CONCLUSIONES	108
9. RECOMENDACIONES.....	109
10. REFERENCIAS.....	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Actores sociales.....	39
Figura 2. Participación anual de hidrocarburos en los últimos 10 años en el PIB nacional	48
Figura 3. La economía petrolera en Colombia.....	49
Figura 4. Partes básicas de la organización	56
Figura 5. Clientes y usuarios para la estructura organizacional actual del área	57
Figura 6. Estructura organizacional	58
Figura 7. Departamentos de cobertura con la herramienta.....	62
Figura 8. Participación en la muestra.....	63
Figura 9. Identificación de productos con mayor necesidad de automatizar control de calidad	64
Figura 10. Flujograma proceso de la herramienta tecnológica	65
Figura 11. Modo de proceso de calidad actual	70
Figura 12. Arquitectura cliente-servidor	74
Figura 13. Estructura de trabajo del recurso humano	75
Figura 14. Plan de trabajo para las fases de conceptualización a implementación de la herramienta (trimestres).....	78
Figura 15. Plan de trabajo para las fases de conceptualización a implementación de la herramienta (meses)	79
Figura 16. Metodología Scrum.....	80
Figura 17. Comportamiento VPN respecto al WACC.....	96
Figura 18. Comportamiento de flujo de caja respecto a los períodos	98
Figura 19. Comportamiento VPN esperado de cada riesgo.....	104
Figura 20. Participación de cada riesgo.....	105
Figura 21. Comparación entre VPN de riesgos y VPN de proyecto.....	106

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tecnologías digitales y procesos reportados	19
Tabla 2. Fuentes de datos estudio PESTEL	35
Tabla 3. Tabla Instrumento/método captura datos para cada actor social.....	42
Tabla 4. Ficha técnica instrumento entrevista/encuesta	43
Tabla 5. Entidades del orden nacional que generan políticas para el sector hidrocarburos	46
Tabla 6. Desarrollo de políticas 2006 - 2014	46
Tabla 7. Normas del sector hidrocarburos	53
Tabla 8. Matriz DOFA. Fuente: elaboración propia.....	55
Tabla 9. Descripción de perfiles.....	59
Tabla 10. Normas aplicables.....	61
Tabla 11. Caso de uso - Requisitos del sistema.....	67
Tabla 12. Estimación de costos control calidad manual actas	82
Tabla 13. Costos recurso humano, etapa conceptualización.....	83
Tabla 14. Costos recurso humano, etapa implementación	84
Tabla 15. Costos recurso humano, etapa de despliegue y estabilización.....	84
Tabla 16. Costos recurso humano, etapa de operación	85
Tabla 17. Costos recurso humano, estudios.....	85
Tabla 18. Costos equipos de cómputo, comunicaciones y oficinas	85
Tabla 19. Costos equipos de cómputo, comunicaciones y oficinas	86
Tabla 20. Costos equipos de cómputo, comunicaciones y oficinas	86
Tabla 22. Costos tecnología	87
Tabla 23. Cifras y supuestos iniciales para construcción de flujo de caja.....	89
Tabla 23. Beneficios económicos de realizar el proyecto	91
Tabla 24. Costos de operación y mantenimiento	91
Tabla 25 Flujo de caja del proyecto	94
Tabla 26. Indicadores financieros	95
Tabla 27. Identificación de riesgos. Fuente: elaboración propia.....	102
Tabla 28. Impactos de los riesgos identificados.....	103

Tabla 31. Resultados financieros.....105

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el fin de evaluar la prefactibilidad en cuanto al desarrollo de una herramienta tecnológica para la automatización del control de calidad de productos de un área de Tierras de una compañía del sector de los hidrocarburos en Colombia.

Se llevó a cabo mediante la aplicación de la metodología ONUDI, es decir, a partir de diferentes estudios: sectorial, ambiental, organizacional, legal, técnico, financiero y de riesgos, con la identificación clara de los posibles clientes y usuarios. Esto, con base en la recolección de datos y la información obtenida principalmente de la aplicación de dos instrumentos: encuestas con personal calificado de la compañía, contratistas, al igual que técnicos expertos en el componente tecnológico, y apoyo bibliográfico.

Una vez realizados los diferentes estudios, y evaluado el proyecto financieramente, a partir de los diversos indicadores financieros, como el VPN, TIR, RBC, entre otros, el proyecto es completamente viable, y puede seguir a las siguientes etapas: factibilidad e implementación. Situación además confirmada tras la concreción del modelo probabilístico de riesgos, el cual indica que no se afectará considerablemente el VPN y los demás indicadores si se materializan uno o varios de los riesgos identificados.

Palabras clave: automatización, control de calidad, tecnología, metodología ONUDI, evaluación financiera, estudio de riesgos, catastral, tierras, bienes raíces.

ABSTRACT

The present study is carried out to evaluate the feasibility for the development of a technological tool for the automation of quality control of products from an area of land from a company in the hydrocarbon sector in Colombia.

The study was conducted using the UNIDO methodology, which involves conducting sector, environmental, organizational, legal, technical, financial, and risk studies, as well as clearly identifying potential customers and users. This was done by collecting data and information primarily using two data collection instruments: surveys with qualified company personnel, contractors, and technical experts in the technological component, as well as bibliographic support.

Thus, once the different studies have been carried out and the project has been financially evaluated based on the different financial indicators, such as NPV, IRR, ROI, among others, the project is completely viable and can proceed to the next stages, such as feasibility and implementation. This situation is also confirmed once the probabilistic risk model has been carried out, which indicates that the NPV and other indicators will not be significantly affected if one or more of the identified risks materialize.

Keywords: automation, quality control, technology, UNIDO methodology, financial evaluation, risk study, cadastral, lands, real estate.

1. INTRODUCCIÓN

¿Es importante el control de la calidad de documentos o productos que posteriormente implicarán un pago o indemnización a una tercera persona o empresa? Teniendo en cuenta que actualmente el proceso de control de calidad de cualquiera de los productos que se generan por el área de Tierras suele ser manual, y en algunos pocos casos semiautomatizado, se afianza la importancia en la automatización de cualquier proceso, para este caso, en control de calidad.

En la actualidad, el mundo tiende a ser cada vez más competitivo y genera restricciones tanto de capital como de recurso, con destinación principalmente a las áreas de las compañías que proporcionan mayor valor, o son el *core* de los respectivos negocios. Esto hace que se deban concretar procesos de optimización, que garanticen la suficiente calidad en los servicios que prestan las áreas de apoyo o de soporte.

Es así como la intención de este estudio es demostrar la viabilidad para la automatización de los procesos de control de calidad de los productos que se generan al interior de un área de Tierras de una compañía del sector hidrocarburos, mediante la implementación de una herramienta. Este se ha dividido en cuatro principales partes, así:

- Los tres primeros capítulos están encaminados en una descripción de la situación y del porqué de la propuesta de una solución a través de desarrollo de la herramienta, comenzando por el planteamiento del problema, la justificación, y el respectivo marco de referencia conceptual, que soporta teóricamente el desarrollo.
- El siguiente capítulo está dedicado a la propuesta metodológica, mediante la cual se sustenta el paso a paso para llegar a la definición de la viabilidad o no de la implementación de una herramienta.

- Posteriormente, se encuentra el capítulo del “Desarrollo del estudio de prefactibilidad”, mediante el cual se aborda todo el componente de planteamientos, supuestos y recolección de datos e información para la evaluación técnica y, en general, desde los diferentes componentes de la metodología ONUDI, que permitan sopesar si la implementación de la herramienta es viable o no.
- Finalmente, se encuentra el componente de conclusiones y recomendaciones, donde se define claramente si se aconseja o no continuar con las subsiguientes etapas (factibilidad e implementación) para la implementación de la herramienta.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 CONTEXTO

En los últimos cinco años, el planeta ha estado expuesto a situaciones que nos hacen pensar la necesidad de una reinvención o un cambio profundo en las maneras de abordar soluciones. Situaciones como todo el marco económico global o de guerras, como la que se está librando hoy en Ucrania y Rusia, generan que los precios de los *commodities* fluctúen inesperadamente, al igual que ocurre con el cambio climático, que hace que debamos enfocarnos en el nuevo modelo de transición energética.

Desde otro enfoque político, se encuentran todos los elementos asociados a políticas de Estado, como lo es para Colombia documentos como el CONPES 4069, a través del cual se definen las políticas con miras a una transformación tecnológica para todos los sectores de la economía colombiana, incluyendo el componente productivo, dentro del cual se enmarcan las compañías del sector hidrocarburos.

En consecuencia, la industria de los hidrocarburos no es ajena a esta realidad y escenarios como la influencia de guerras locales o internacionales o políticas de Estado generan que constantemente se encuentre en un proceso de reinvención y ajuste, especialmente en torno a aspectos como la eficiencia operativa, incluyendo en esto el segmento tecnológico. Así lo menciona Wanasinghe et al. (2020), ya que la industria del petróleo y el gas intenta realizar transformaciones digitales para sus negocios y operaciones, con el fin de poder abordar problemas de larga duración como periodos de precios bajos, la rotación de personal e incluso los altos riesgos de HSE.

En la transformación digital que enfrenta la industria del petróleo y gas hace parte tanto los procesos de control de calidad automatizado como los procesos inherentes

del negocio (Quintero Reyes, 2021), los cuales tienen el potencial de generar valor en las compañías y satisfacción de los clientes. Así, el autor indica, que el costo-beneficio respecto a invertir en transformación tecnológica es representativo, frente a otro tipo de inversiones en pro de un mejoramiento de la productividad:

La inversión en tecnología tiene un costo inferior a los cien mil dólares por pozo y mejora la productividad en un 20%, otras técnicas como aumentar de la intensidad de las extracciones cuestan desde un millón de dólares en adelante por pozo e incrementan la productividad en porcentajes similares (Quintero Reyes, 2021, p. 5).

Lo anterior toma relevancia y contrasta con lo mencionado por Lu et al. (2019) en cuanto las innovaciones tecnológicas, entre ellas el *blockchain* o el IoT (internet de las cosas) (Wanasinghe et al., 2020) apoyan a la industria petrolera en términos de mejor toma de decisiones, ya que permite de manera eficiente y de calidad utilizar grandes volúmenes de datos relevantes, o incluso operar los activos de forma óptima, mientras se garantiza la seguridad. Esto hace posible que los aspectos de la cadena de suministros de la industria petrolera sean más transparentes, ahorrando costos logísticos y mejorando la eficiencia operativa; incluso, al tener la mayor parte de todo el proceso de la industria automatizado se facilita los procesos de auditoría y *compliance*, ya que toda operación digital deja un rastro, que es identificable y revisable.

Al hablar de los procesos de calidad dentro del ámbito de la industria petrolera, tal como lo mencionan Diaz Muñoz et al. (2021), nos referimos al aseguramiento de los productos o servicios y los procesos para producirlos, de tal manera que pueda haber maximización de recursos, eliminando desperdicios y prácticas de despilfarro. Este aseguramiento de producto con control de calidad siempre está en constante cambio, pues “la calidad de hoy, por muy buena que sea, resulta insuficiente para enfrentar la competencia del mañana” (Diaz Muñoz et al., 2021). Es en este componente que cobra importancia la implementación de procesos de calidad automatizados que permitan brindar mayor confiabilidad al proceso mismo de

calidad, en concordancia con lo concluido por Wang et al. (2022) en cuanto a que mejorar los procesos de automatización de pruebas de control (control de calidad) mejora la calidad de los productos y se acelera su ciclo de lanzamiento.

Por tanto, todo este componente tecnológico aplicado a procesos de calidad se puede reforzar a partir de lo mencionado por Rechtman (2021), quien indica la importancia de la automatización en procesos de calidad como un nuevo paradigma en los negocios, ya que, a pesar de lograr automatizar gran parte de los procesos, es completamente necesario aún la intervención humana para entender con claridad cómo automatizar y para lograr eficiencias y efectividad que superen las limitaciones tradicionales.

Actualmente, el área de Tierras de la compañía objeto de estudio cuenta con 35 colaboradores directos, de los cuales 32 tienen grupos de contratistas a cargo, en el que cada grupo de contratistas cómo mínimo es de 5 personas. Es decir, entre personal directo e indirecto, el área cuenta con aproximadamente 160 personas.

En adición, se tiene un modelo de datos geográficos y alfanumérico que, en conjunto, hace que se necesite por cada gestión predial capturar alrededor de 1598 atributos, traduciéndose esto en que, a la fecha (agosto de 2023), el área cuente con 8.381.000 datos capturados, solamente entre enero de 2018 y agosto de 2022. Teniendo en cuenta que la compañía se encuentra operativa desde hace un poco más de 70 años, se hace evidente que se tendrían más de 100 millones de datos solamente del área de Tierras o predial.

Esta cantidad de datos se visualizan en productos tanto intermedios como finales, según el tipo de gestión predial que se esté realizando, y es así como en el área se generan mensualmente planos, estudios jurídicos, informes de valor (avalúos), actas de pago de daños, avisos de obra, notificaciones de obra, entre otros. Con base en lo anterior, el área genera 1.200.000 de productos al año entre documentos

y datos, lo que conlleva un gran esfuerzo, recurso e incluso inversión en procesos de validación de calidad no solamente de los datos capturados, sino de los productos que se generan a partir de ellos, más aún considerando que la calidad debe ser revisada tanto en forma como en fondo y asociando elementos propios de los procesos de calidad como oportunidad, precisión, consistencia lógica y temática, y completitud.

En la actualidad, la compañía para este control de calidad cuenta con dos personas directas que tienen el rol de interventores, cuya principal actividad es el control de los principales productos que se generan especialmente por los grupos de contratistas, sin embargo, su capacidad no es suficiente para revisar todos los productos, por lo que deben hacer muestreos aleatorios con lo cual se amplía la incertidumbre en cuanto a la validación de productos. Otro control lo hacen directamente los profesionales que tienen a cargo los grupos de contratistas, sin embargo, dado el volumen de trabajo y actividades que estos deben realizar, no les es posible hacer la validación detallada que se requeriría para un adecuado control de calidad. Y en cuanto a los productos o datos en digital se cuenta con una serie de elementos denominados ETL (*Extract, Transform and Load*), que se encargan de hacer una serie de transformaciones, así como de validar algunos elementos básicos de calidad, como el tipo de datos (enteros, flotantes, textos).

Esta incertidumbre generada en el proceso de calidad se aprecia al momento que el grupo de pagos intenta hacer los respectivos pagos de las actas de daños, pues estos evidencian situaciones objeto de algún tipo de corrección, lo cual termina repercutiendo en esfuerzos adicionales en tiempo que terminan significando sobrecostos para la compañía. Y, al no contar con toda la data validada, puede generar que se den errores o imprecisiones tanto en los reportes, los posibles modelos predictivos, como en la toma de decisiones.

2.2 ANTECEDENTES

Los últimos cinco años, y en especial los últimos dos, con toda la situación asociada a la pandemia, el mundo se ha visto en una aceleración tecnológica en la mayor cantidad de los procesos de todas las industrias, entre ellas, la del sector de petróleo y gas.

Así lo comenta Carrascal et al. (2021): desde la década de los 90 se ha venido generando un crecimiento prácticamente exponencial de las herramientas tecnológicas, incluyendo en esto una revolución social en el que las personas y las organizaciones comenzaron a intercambiar comunicación e información. El mismo autor menciona que este proceso se vio acelerado con la aparición de la COVID-19, siendo el año 2020 el que generó cambios aún más drásticos, ya que muchas compañías, para sobrevivir, tuvieron que enfrentar desafíos digitales y comenzar a usar nuevas herramientas tecnológicas, a fin de mantener sus clientes y continuar con su existencia.

Por ello, han venido tomando fuerza tecnologías, cómo *machine and deep learning*, inteligencia artificial, *big data*, computación cuántica, entre otros, que finalmente lo que busca es la automatización de procesos, a fin de que las compañías tengan mayor calidad, competitividad y menor costo.

Dentro de esta automatización de procesos se encuentran también todos aquellos asociados al componente de control de calidad. Así, se encuentra algunos casos, por lo que podemos validar estudios como los presentados por Ravničan et al. (2022) en Eslovenia, mediante los cuales generan un proceso de control de calidad automatizado a partir de *machine learning* aplicado a la fabricación de tubería, en el que básicamente revisan en 3D posibles imperfecciones en las tuberías construidas. También se encuentra el estudio desarrollado por Lu et al. (2019) en China, en el que dan una mirada de los beneficios del uso de *blockchain* para elementos del control de calidad como el rastreo de los productos de la cadena de suministro, que también brinda apoyo en el componente de auditoría asociado a los

equipos utilizados. Este mismo estudio, para el caso particular de este trabajo en términos del área de Tierras, nos brinda una oportunidad, en cuanto que con el *blockchain* se permite:

crear una pista de auditoría invariable de la movilidad, el valor y la propiedad de la tierra. Esto reducirá la pérdida o el desajuste de la propiedad, la aparición de disputas de propiedad y proporcionará a las autoridades fiscales la transparencia de las transacciones de Tierras, registro en tiempo real de la transferencia precisa del valor (Lu et al., 2019, p. 10).

Otros estudios, como los de Ramatullayev et al. (2021) en Abu Dhabi, se centran en resaltar las bondades de la optimización de procesos, como es el caso de análisis mediante inteligencia artificial en el comportamiento de producción de varios pozos en diferentes lugares de un mismo campo que tenían un comportamiento diferente, con el fin de hacer ajustes en los métodos extractivos; además, las herramientas generadas sirven de referencia con elementos de calidad para la optimización de cualquier reservorio en comparación con los flujos de trabajo convencionales.

Otro caso de éxito en la automatización de procesos, en esta ocasión con *machine learning* e inteligencia artificial, es el desarrollado por Sircar et al. (2021) en India, en cuya publicación nos ofrecen un panorama en el que, aplicando inteligencia artificial en un proceso de calidad de perforación, se obtienen menores costos operacionales, además del proceso de calidad para la obtención de datos cruciales que permiten predecir el tiempo improductivo.

Desde otro enfoque, en Canadá, Mohammadpoor & Torabi (2020) sugieren que, si bien es cierto se deben generar automatizaciones para la industria del petróleo, es muy importante prestar atención a la calidad de la data, sin lo cual no se lograrían predicciones con un elevado grado de confianza. Por tanto, indican que, para garantizar esta calidad de la data, teniendo en cuenta el volumen de datos que se maneja, el tratamiento se debe hacer a través de *big data*, y el entendimiento del problema que se quiera automatizar al utilizar el *big data*.

En Latinoamérica, a diferencia de países en otros continentes, la industria de los hidrocarburos no ha hecho tantas implementaciones o transformaciones digitales, o al menos no en toda la cadena de valor, sino en algunos procesos en los que ven un beneficio que pueda representar una mayor oportunidad financiera. Al respecto, Parrondo (2020) concluye que la industria del *oil and gas* debe adaptarse a los cambios tecnológicos, y no solamente en este segmento, sino también en cuanto al uso de otros activos complementarios. Según la autora, se lograría a través de “1) hacer el componente digital una prioridad para la alta dirección, 2) impulsar una cultura de constante innovación y adopción de tecnología, 3) adoptar una mentalidad de *startup*, 4) invertir en capital humano y capacitación y 5) invertir en infraestructura” (Parrondo, 2020, pp. 30-32).

Por otro lado, en Ecuador, Romero Ortiz (2022) asegura que, al ser la información el mayor activo estratégico, Petroecuador está impulsando una transformación tecnológica mediante la implementación de herramientas para la calidad y la analítica de datos, con el fin de transformar grandes volúmenes de información en datos inteligentes. Este estudio también resalta las bondades del uso de la automatización en cuanto a que estos permiten mayores y más rigurosos procesos de control de calidad asociados a las actividades operativas, potenciando la producción y la reducción de costos operativos.

El término *inteligencia artificial* tampoco ha sido ajeno a la industria petrolera en Latinoamérica. Muestra de ello es el estudio presentado por Peralta Arboleda (2020) en Ecuador, sobre una red neuronal artificial para la predicción de la tendencia corrosiva, en el cual no abordaron la automatización de procesos de calidad, pero dieron claridad respecto a la necesidad de contar con procesos de calidad, en la medida de lo posible automatizados, que permitan una mayor certeza o confianza en los datos de entrada al modelo implementado de red neuronal.

Para el caso particular de Colombia podemos encontrar estudios como los de Lara et al. (2020) en el que nos muestran cómo debe ser el modelamiento empresarial a partir de tecnologías de la información para las industrias del sector petrolero del país. En este trabajo reseñaron el uso de diferentes fuentes de tecnología, denominada para ellos “Tecnología Operacional (TO)”, la cual debe permitir tanto a los procesos como a los datos tener autoconciencia, autopredicción y autocomparación, ya que son aprovechables para los procesos de control de calidad en sí mismos.

En Colombia también podemos encontrar el estudio de Quintero Reyes (2021), mediante el cual argumenta que, si bien es cierto en el país aún existe una brecha en términos tecnológicos o de transformación en la industria petrolera, sí se han hecho esfuerzos por disminuir esta brecha. El autor evidencia las bondades de la transformación digital de procesos en la industria petrolera de Colombia, a partir de entrevistas con líderes tanto de las áreas tecnológicas como de operación de tres compañías del sector hidrocarburos. En la siguiente tabla de los autores se puede apreciar el resumen de las entrevistas, en cuanto a las tecnologías y los procesos en los que se están aplicando.

Tabla 1. Tecnologías digitales y procesos reportados

Entrevista	Tecnologías digitales	Macroproceso(s)	Proceso(s)
1	Internet of Things (IoT)	Producción	- Logística para transporte de insumos - Monitoreo de la perforación
	Machine Learning	Exploración	- Interpretación sísmica - Simulación de reservorios - Predicción de mantenimientos
	Gemelos Digitales	Producción	- Monitoreo de infraestructura
	2	PLC	Producción
Refinamiento			- Planeación de producción
Realidad virtual/aumentada		Optimización de ingeniería	- Planeación mantenimiento - Planeación producción
Inteligencia Artificial	Optimización de ingeniería	- Predicción de fallas	
3	Blockchain	Gestión de la cadena de suministro	- Registro de los movimientos de insumos - Registro de propiedad de los insumos
	Computación en la nube	Exploración	- Interpretación y simulación de subsuelos
		Producción	- Digitalización de los campos petrolíferos

Fuente: Quintero Reyes (2021).

3. JUSTIFICACIÓN

Como se mencionó, la compañía petrolera del estudio ha generado entre 2018 y agosto de 2022 un aproximado de 8.381.000 datos, para los cuales no se cuenta con un porcentaje de certidumbre que nos indique el porcentaje de control de calidad de estos datos, y esta situación continúa presentándose, toda vez que los protocolos o procesos de la validación del control de calidad de los datos que se capturan se hacen de manera mayoritariamente manual, es decir, no se tienen procesos automatizados de control de calidad, y las validaciones se centran más en elementos de forma que de fondo. Todo esto se encuentra acorde con lo mencionado por Sircar et al. (2021), por cuanto el uso de automatizaciones como el *machine learning* soporta la verificación de la calidad de grandes cantidades de datos, permitiendo obtener información crucial e incluso predecir el tiempo improductivo.

Esto, a la luz del ambiente organizacional, dificulta situaciones como la generación de reportes y la toma de decisiones de fondo. Por tanto, si se logra evidenciar la viabilidad del proyecto, se podría asegurar la confiabilidad en los controles de calidad de los datos mediante métodos automatizados, que a su vez permita la generación de reportes o nuevas estimaciones con un nivel de certidumbre conocido, de tal forma que se pueda impulsar una debida toma de decisiones. Así, el uso de automatizaciones, independientemente de la tecnología que se usa, se enfoca en pro de toma de decisiones con mayor conciencia que beneficia la generación de valor, tal como lo indican Tariq et al. (2021) cuando afirman que la inteligencia artificial mejora el proceso de toma de decisiones en poco tiempo, al contemplar diferentes parámetros.

Esta prefactibilidad servirá de soporte para la jefatura y alta gerencia del área de Tierras de la compañía, con el fin de evaluar la pertinencia de su eventual ejecución. Si se logra demostrar que el proyecto es viable, al final de su implementación se

podrán disponer de datos para los cuales se podrá conocer su grado de confianza, tanto al momento de generar reportes, como al momento de tomar decisiones en los que se deba tener presente la participación del área de Tierras. Si se logra comenzar a ejecutar este tipo de proyectos, las compañías del sector hidrocarburos podrían comenzar a demostrar lo contrario a lo manifestado por Hajizadeh (2019) en cuanto a que no hacen adopciones de nuevas prácticas de manera ágil u oportuna.

Por lo tanto, este trabajo es importante desde el enfoque de proyectos, ya que busca identificar la viabilidad de la ejecución de un proyecto que, en principio, pretende solucionar una o varias situaciones problema para la compañía, en torno a la automatización de los procesos de calidad de los productos o datos que se generan al interior del área de Tierras.

Como proyecto generará bases para futuras visiones similares, ya que intentar viabilizar proyectos en temas de generación o uso de herramientas tecnológicas, bien sea existentes o nuevas, con enfoque a automatizar procesos de calidad. De esta manera, se puede apreciar e identificar con claridad la manera de construir un proceso de prefactibilidad, a partir de metodología ONUDI, ampliamente estudiada e interiorizada. Esto permitirá generar una visión adicional para los futuros gerentes de proyectos de preinversión en cualquier sector de la economía que esté relacionado con proyectos de automatización de procesos de calidad.

En general, cualquier proceso de calidad apoya los diferentes aspectos de la sociedad, desde las prendas de vestir diaria, pasando por cualquier electrodoméstico, hasta las grandes obras de ingeniería, puesto que, sin el debido proceso de control de calidad, cualquiera de estos elementos carecería de usabilidad. Por ende, para mejorar la competitividad de cualquier tipo de compañía se vuelve fundamental el uso de herramientas tecnológicas que facilite la automatización de procesos, incluso los de control de calidad.

En este punto, Constanza et al. (2009) indica que los procesos de calidad son de suma importancia para las compañías, ya que permiten su funcionamiento de manera eficaz, coherente y, sobre todo, con reducción de esfuerzos y costos. De poder evidenciarse la oportunidad y viabilidad de realizar este proyecto, implicaría un cambio en la calidad propia de los productos generados por el área de y, eventualmente, al interior de la compañía tomará un papel más protagónico en tanto validador de su propia calidad.

3.1 VIABILIDAD

Desde el punto de vista empresarial, para la compañía en la que se realizará esta prefactibilidad, los líderes de área han manifestado agrado por el proyecto y apoyo desde el componente de información.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Desarrollar un estudio de prefactibilidad para el desarrollo de una herramienta tecnológica para la automatización del control de calidad de los productos de un área de Tierras de una compañía del sector hidrocarburos.

ESPECÍFICOS

- Realizar el estudio sectorial, para identificar las características del entorno en el cual se pretende implementar la herramienta, incluyendo las particularidades de la empresa en la cual se desarrolla el estudio.
- Priorizar, a partir del estudio técnico, las alternativas de productos en los cuales se aplicaría control de calidad automático, para identificar las alternativas tecnológicas o de ingeniería a ser utilizadas, así como sus respectivos costos.
- Desarrollar los estudios ambiental, organizacional y legal, e identificar los posibles usuarios y clientes, así como las posibles restricciones ambientales y legales.
- Construir el estudio financiero y de riesgos, con el fin de contar con instrumentos económicos que permitan tomar la decisión sobre seguir o no con el desarrollo del proyecto.

5. MARCO DE REFERENCIA CONCEPTUAL

El marco de referencia conceptual se desarrolla en torno a tres elementos principales: metodologías para formulación y evaluación de proyectos, herramienta tecnológica y automatización de procesos de calidad.

5.1 METODOLOGÍAS PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Si bien es cierto que existen numerosas metodologías para la evaluación de proyectos, en el marco del presente documento mencionaremos tres, a saber:

5.1.1 Metodología General Ajustada (MGA)

Con base en lo mencionado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2015), esta metodología, denominada Metodología General para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública (MGA), consiste básicamente de una mezcla de las metodologías de marco lógico derivada de los procedimientos e instrumentos de la planificación orientada a objetivos y, de otro lado, de los principios de preparación y evaluación económica de proyectos. Sigue una línea secuencial para que los usuarios y participantes registren progresivamente conforme avancen la evolución del proceso de evaluación.

Así las cosas, está compuesta de cuatro módulos básicos:

- Identificación: define el problema y las posibles alternativas de solución.
- Preparación: compuesta de diferentes estudios, como la definición de las especificaciones técnicas, restricciones de mercado, legales, ambientales, presupuestales, efectos sociales, y todo lo asociado a los riesgos.

- Evaluación: es el análisis de los beneficios netos, resultantes de cada uno de los estudios del módulo dos.
- Programación: en este módulo se planifican las fuentes de financiación y concluye con una matriz resumen de aquella alternativa de inversión seleccionada, luego de la aplicación de los criterios de evaluación.

Esta metodología ha sido implementada o se ejecuta a partir de un *software* del DNP, de tal manera que guarda relación con la teoría de proyectos, y hace uso del esquema general de la *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (PMBOK, por su sigla en inglés).

5.1.2 Metodología ONUDI

Al hablar de ONUDI, es importante tomar un poco de contexto histórico. Esta es la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial y fue constituida en 1966, con el fin de promover y acelerar la industrialización en los países en desarrollo (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2023).

De un modo particular, Quintero (2014) hace alusión a que ONUDI trata el tema de propuestas a partir de estándares de calidad, como el ISO9000 e ISO14000, fundamentando el éxito de la metodología en “promoción de ideas e identificación de redes”, “generaciones de redes de confianza”, “proyectos piloto”, “planificación estratégica”, y “monitoreo, evaluación y gestión autónoma”.

Así, la metodología para la preparación de estudios de viabilidad, en términos de Behrens & Hawranek (1994), debe seguir o usar estudios de apoyo como los siguientes:

- Estudio del entorno y del sector: se enfoca en analizar el entorno económico, político, social y tecnológico en el que se desarrollará el proyecto, así como

las características específicas del sector industrial en el que se inserta. Proporciona información sobre las oportunidades y desafíos existentes, las tendencias del mercado y las regulaciones relevantes.

- Estudio de mercado: se centra en analizar el mercado objetivo del proyecto. Examina la demanda y oferta existente, identifica los segmentos de mercado, evalúa la competencia, analiza los precios y las tendencias. Proporciona información clave para la toma de decisiones sobre productos, servicios y estrategias de comercialización.
- Estudio técnico: evalúa la viabilidad técnica del proyecto. Analiza aspectos relacionados con la producción, la tecnología, la capacidad instalada, los procesos de fabricación y la infraestructura necesaria. Brinda evaluación detallada de los aspectos técnicos y operativos del proyecto.
- Estudio organizacional: se orienta en el diseño de la estructura organizativa y las capacidades necesarias para implementar el proyecto eficientemente. Incluye la definición de roles y responsabilidades, la planificación de recursos humanos, la identificación de competencias clave y el diseño de los procesos de gestión.
- Estudio legal: se enfoca en identificar y analizar el marco legal y normativo que regula el proyecto y su entorno. Examina aspectos como las leyes laborales, las regulaciones ambientales, los permisos y licencias requeridos, los derechos de propiedad intelectual y otras obligaciones legales relacionadas.
- Estudio ambiental: evalúa el impacto ambiental del proyecto y propone medidas de mitigación y gestión ambiental. Analiza los posibles efectos negativos en el medio ambiente, como la contaminación del aire, del agua y del suelo, la pérdida de biodiversidad, entre otros. Busca garantizar que el proyecto se desarrolle de manera sostenible y respetuosa con el entorno.
- Estudio financiero: analiza los costos y los ingresos esperados, los flujos de efectivo, la rentabilidad, el retorno de la inversión y otros indicadores

financieros relevantes. Proporciona información clave para la toma de decisiones sobre la financiación y la gestión económica del proyecto.

5.1.3 Metodología ZOPP

Con base en lo mencionado por Fernández Fernández (1989), la metodología ZOPP (*Zielorientierte Projektplanung* en alemán, o planificación orientada a objetivos en español) es un enfoque utilizado en la formulación y gestión de proyectos. Fue desarrollada por la Agencia Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ) y se utiliza ampliamente en proyectos de desarrollo. Se caracteriza por ser participativa, basada en resultados y adaptable a diferentes contextos, buscando asegurar una comprensión compartida de los objetivos y la colaboración entre los actores involucrados, con el fin de lograr un impacto sostenible y de largo plazo.

Las actividades con las que cuenta esta metodología siguen a continuación:

- Análisis de la situación: análisis exhaustivo de la situación actual, considerando tanto los problemas y desafíos como los recursos y oportunidades disponibles.
- Identificación de problemas y objetivos: define claramente los problemas que se abordarán a través del proyecto, así como los objetivos específicos que se pretenden alcanzar. Los objetivos deben ser SMART, es decir, específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con un tiempo definido.
- Análisis de actores: identifica los actores involucrados, tanto internos como externos, y se analiza su capacidad, intereses y relaciones entre ellos. Busca promover la participación activa de los actores clave en todas las etapas del proyecto.
- Definición de estrategias: desarrolla estrategias y enfoques para abordar los problemas identificados y alcanzar los objetivos establecidos. Define las

actividades específicas y establece los indicadores de éxito para cada una de ellas.

- Planificación detallada: elabora un plan detallado del proyecto, que incluye la secuencia de actividades, los recursos necesarios, los plazos y las responsabilidades. Utiliza herramientas como el Diagrama de Gantt para visualizar la planificación temporal.
- Implementación y seguimiento: lleva a cabo la implementación del proyecto, asegurando la coordinación y el monitoreo continuo. Realiza evaluaciones periódicas para medir el progreso y realizar ajustes si es necesario.
- Evaluación y aprendizaje: al final del proyecto, lleva a cabo una evaluación exhaustiva para analizar el grado de logro de los objetivos y los resultados obtenidos. Se documentan las lecciones aprendidas y las mejores prácticas para su aplicación en proyectos futuros.

Con base en lo acá expuesto, y a partir de la experiencia del autor del presente documento, y del tipo de trabajo que se va a desarrollar, la metodología de preparación y evaluación de proyectos que se utilizará es la metodología ONUDI, ya que correlaciona los elementos de estudio de diferentes metodologías, como ZOOP, y MGA.

5.2 HERRAMIENTA TECNOLÓGICA

A continuación, se nombran algunas definiciones de diferentes autores, de diferentes momentos de la historia, a fin de identificar cuánto ha cambiado la definición de herramientas tecnológicas.

Para Brown & Duguid (2000), se trata de “aquellos objetos o sistemas que se utilizan para realizar tareas específicas y lograr objetivos concretos”. Kirschner & Karpinski (2010) argumentan que “son aquellos recursos que utiliza un individuo para mejorar

la eficiencia en la realización de tareas y para acceder a información y conocimiento”.

De otro lado, Norman (2013) indica que “son objetos y sistemas diseñados para mejorar la eficiencia humana y para ampliar la capacidad de realizar tareas”. De manera más reciente y de un modo más completo, Carrascal et al. (2021) menciona que las herramientas tecnológicas hacen alusión a instrumentos, aplicaciones, técnicas, metodologías y sistemas encaminados a facilitar la ejecución de procesos propios de cualquier organización. Por consiguiente, la tecnología constituye un medio para lograr cambios en la forma como se procesan los datos y la información. Es así como las organizaciones requieren de tecnologías o herramientas tecnológicas para la optimización de sus recursos y el manejo de la información.

Desde un enfoque de *software*, se puede encontrar a Coronado Rojas (2012), quien indica que, con un enfoque global, las herramientas tecnológicas son cualquier *hardware* o *software* que apoyen la ejecución de alguna tarea con el resultado esperado, permitiendo ahorro de tiempo, economía y recursos humanos.

En este mismo sentido, se ubica a Carper (2012), quien define herramienta tecnológica como “dispositivos o programas diseñados que facilitan el trabajo, además permiten la aplicación de los recursos de manera efectiva, ya sea intercambiando información y conocimiento dentro o fuera de las organizaciones”.

Por tanto, las definiciones no han sufrido grandes cambios a lo largo del tiempo, y entenderemos como “herramientas tecnológicas” a cualquier elemento, bien sea *software* existente o nuevo, herramientas automáticas, u objetos que permitan facilitar la ejecución de actividades o tareas del ser humano, haciendo especial énfasis en las herramientas tipo *software*, ya que es a partir de ellas que se desarrollará el estudio de prefactibilidad. Así, encontramos tipos de tecnologías como *machine learning* (aprendizaje de máquina), inteligencia artificial, redes

neuronales, y en este sentido aplicará para herramientas tanto ya generadas como posiblemente la personalización de existentes.

5.3 AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE CALIDAD

Para llegar a una definición de automatización de procesos de calidad, se debe primero entender lo que significa automatización y procesos de calidad.

Nentwich (2022) precisa que la automatización es todo proceso que conlleva a facilitar la ejecución de cualquier actividad repetitiva del ser humano para evitar diferentes tipos de error. Con esto se genera un sistema de agilidad y control, que posteriormente se evidencia en una mayor agilidad en la toma de decisiones para los negocios. Para Axmann & Harmoko (2022), es toda actividad que le permita al ser humano que sus productos tengan mayor viabilidad, a menor costo, más confiabilidad y seguridad, de fácil usabilidad, integración y escalabilidad operacional. Toll et al. (2022) mencionan que es un proceso “realizado por una máquina (generalmente un computador) de una función o tarea que previamente era realizada por un humano”. Si bien es cierto que en los últimos años los procesos de automatización están ligados al uso de nuevas tecnologías como inteligencia artificial y aprendizaje de máquina (*machine learning*), no es solo alrededor de estas que se dan los procesos de automatización, sino también con procesos empíricos clásicos como desarrollo de *software*.

En cuanto a los procesos de calidad o procesos de control de calidad, se tiene la definición de International Organization for Standardization (2015), mediante la cual los definen como

un conjunto de actividades coordinadas y sistemáticas para llevar a cabo un objetivo específico. Estas actividades pueden ser de naturaleza técnica, administrativa o de gestión y están planificadas y realizadas de manera

efectiva y eficiente con el fin de satisfacer los requisitos especificados y mejorar la eficacia y eficiencia continua del proceso.

En otro sentido, Xiong & Feng (2022) señalan que los procesos de calidad son todos aquellos que permiten identificar la pérdida causada por la desviación del valor objetivo, por consiguiente, si se puede construir un índice sencillo para medir el nivel de calidad, será un buen indicador para la gestión de la calidad tomándolo como referente. De manera similar, Husen & Latif (2022) los definen como un sistema que se utiliza para mantener un nivel deseado de calidad en un bien, producto o servicio, y es un control que depende de varios factores, a saber: materiales, herramientas, máquinas, tipo de mano de obra y condiciones de trabajo.

Por lo tanto, para efectos de este documento se entenderá por automatización de procesos de calidad cualquier acción que facilite la ejecución de cualquier actividad repetitiva y que permita asegurar o, al menos, identificar el grado de precisión de un conjunto de datos, productos o tareas de otros procesos de una organización, o satisfacer las necesidades o requisitos mínimos de calidad.

6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

6.1 TIPO DE ESTUDIO

Este proyecto podría ser exploratorio (Hernández Sampieri et al., 1991), ya que en la literatura hay poca evidencia de otras iniciativas asociadas a la automatización de procesos de control de calidad de productos o información del componente inmobiliario, sin embargo, desde el punto de vista temático, se puede afirmar que es exploratorio en tanto se desea “obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa sobre un contexto particular” (Hernández Sampieri et al., 1991).

Desde el contexto del objetivo o alcance, en tanto prefactibilidad, podemos afirmar que el estudio es descriptivo, ya que, este tipo de trabajos miden conceptos y variables con la mayor precisión posible a partir de los datos que se disponga, ofreciendo la oportunidad de contar con un grado de predicción.

En cuanto al componente de acercamiento al objeto de estudio, con base en Pacheco Espijel & Cruz Estrada (2006), este tendrá un enfoque mixto entre cuantitativo y cualitativo, predominando el componente cuantitativo, por cuanto el resultado final o la definición de continuar o no con el proyecto dependerá mayoritariamente de los resultados económicos y financieros. Y el componente cualitativo estará determinado por algunos de los estudios de la metodología ONUDI, como lo pueden ser el ambiental y sectorial.

6.2 UNIDAD Y OBJETO DE ESTUDIO

Como se mencionó, en estudios anteriores (Lu et al., 2019) se evidencia el uso de procesos de automatización para elementos de gestión de Tierras, ya que permite

facilitar y asegurar los procesos de auditoría. Por lo tanto, teniendo en cuenta el gran volumen de gestiones en términos de procesos que garanticen algún tipo de derecho sobre propiedades propias o de terceros que conlleven indemnizaciones en dinero o apoye en la ejecución propia de las áreas de negocio de las compañías de hidrocarburos, se hace necesario contar con procesos automatizados de calidad de este tipo de operaciones. Es por ello que la unidad de análisis a la que este estudio apuntará es el área de Tierras de una compañía del sector.

Adicionalmente, en los últimos años la tecnología ha tenido grandes cambios que han generado transformaciones en todos los diferentes sectores de la economía. De otro lado, las compañías, en su intención de continuar produciendo valor, se ven en la necesidad de modificar sus procesos, de tal manera que sean en su mayor parte automatizados, o en gran medida apoyados por elementos de automatización. En algunos casos, parte de los procesos de control de calidad quedan fuera de esta automatización, lo cual repercute en la falta de control o claridad de la confiabilidad de los resultados o de la información producida. Por ello, la esencia de este proyecto girará en torno a la automatización de los procesos de calidad de los productos del área de Tierras de una compañía del sector hidrocarburos.

6.3 MODELO METODOLÓGICO

La metodología a seguir es la propuesta por ONUDI, y las principales actividades se describen a continuación.

6.3.1 Estudio sectorial

Se analiza el entorno global general del proyecto, identificando aspectos como componente geográfico, social y económico, para pasar a un análisis del sector y la identificación de actores de la cadena de valor, agremiaciones, entre otros factores.

Para el desarrollo, se comienza por identificar las particularidades del sector al cual pertenece la compañía: el de los hidrocarburos. Al respecto, se buscan cifras del estado económico actual, a partir de diferentes entidades como la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Ministerio de Minas y Energía, entre otros. Posteriormente, se valida el estado actual de la compañía a nivel nacional. Esto nos permite verificar el comportamiento económico de su principal producto, así como su comportamiento accionario.

La manera mediante la cual se analiza y consolida esta información es a través de un estudio PESTEL, el cual, como indica Amador-Mercado (2022), permite analizar y monitorizar factores macroambientales que tienen impacto en la organización. Finalmente, con el resultado del estudio, y en complemento, se plantea una matriz DOFA, a fin de caracterizar cómo el proyecto planteado incidirá en las fortalezas, debilidades, oportunidades o amenazas.

A continuación, se pueden apreciar las principales fuentes a consultar para este estudio, las cual son secundarias.

Tabla 2. Fuentes de datos estudio PESTEL

Entidad	Tipos de datos	Pagina
ANH - Agencia Nacional de Hidrocarburos	Datos asociados al sector hidrocarburos	https://www.anh.gov.co/es/
UPME - Unidad de Planeación Minero-Energética	Específicamente, todo lo asociado a políticas del desarrollo sostenible del sector minas y energía	https://www1.upme.gov.co/
EITI - Colombia	Iniciativa de Transparencia de las Industrias Extractivas (EITI) es un estándar mundial que promueve la gestión abierta y responsable de los recursos del petróleo, gas y minerales	https://www.eiticolombia.gov.co/es/

Entidad	Tipos de datos	Pagina
DANE	Datos asociados al comportamiento económico del sector hidrocarburos en Colombia	https://www.dane.gov.co/
Banco de la República de Colombia	Datos del comportamiento macroeconómico del país	https://www.banrep.gov.co/es
Ministerio de Minas y Energía	Política nacional en cuanto a minería, hidrocarburos e infraestructura energética	https://www.minenergia.gov.co/es/
Bases de datos, publicaciones, y diarios	Diferentes publicaciones en diferentes medios de comunicación o bases de datos académicas	

Fuente: elaboración propia.

6.3.2 Identificación de clientes y usuarios

Entendiendo la diferencia que existe entre usuario y cliente, tal como lo explica López Sala (2020), un usuario es aquella persona que utiliza el bien o servicio que se produce, que en este caso se trata de todos aquellos que harán uso de la herramienta para validar los respectivos procesos de calidad automatizado. Entretanto, el cliente es aquel que recibe algún beneficio económico, emocional o en especie por la aplicación que puede tener el empleo de la herramienta, que en este caso pueden ser los líderes, quienes podrán contar con información de mayor veracidad en términos de reportes de calidad para tomar mejores decisiones.

Por consiguiente, dicha actividad servirá como base para identificar y definir quiénes serían los posibles clientes o usuarios que harían uso de la herramienta, así como aquellos que se beneficiarían de su implementación. Para esta identificación, se hará uso del conocimiento de la organización y de la estructura organizacional, como se describe en la **Tabla 3. Tabla Instrumento/método captura datos para cada actor social**

Fuente: elaboración propia.

6.3.3 Estudios ambiental, organizacional y legal

El estudio organizacional permitirá identificar la estructura de las empresas o el área en la cual se desarrollará el proyecto, validando los tipos de recursos humanos que se necesitarán al momento de desarrollarlo. En este segmento se hará un análisis de roles y responsabilidades, y de capacidades internas técnicas para el desarrollo del proyecto; para finalmente ratificar el proceso de gestión del cambio, al analizar cómo se manejaría la transición al uso de la herramienta.

Con el estudio ambiental se buscará analizar cuáles son los posibles impactos de realizar este proyecto, buscando el mecanismo de mitigación y control. Para esta actividad se pasará por la revisión de los aspectos en eficiencia energética en términos de posibles emisiones.

El estudio legal apoyará la definición de los posibles requisitos legales o marco regulatorio, así como los costos tributarios de la implementación del proyecto y la definición del componente de propiedad intelectual y la validación de necesidad o no de contratos o acuerdos con terceros.

6.3.4 Estudio técnico

Este estará enfocado en cuantificar el posible valor de inversión, así como el costo de operación, al igual que la identificación técnica para los productos o elementos del proceso de Tierras en los que se podría implementar la herramienta. Esto se desarrollará en tres subfases, a saber:

- Subfase 1: se hará a partir de la implementación de los instrumentos para definir o identificar la mejor opción u opciones respecto a cuál o cuáles procesos del componente de calidad se podría aplicar la herramienta tecnológica.
- Subfase 2: según el o los procesos de calidad a automatizar, se definirá, a partir de búsqueda bibliográfica, la mejor alternativa u opciones de tecnología implementar.
- Subfase 3: a partir de la definición de las tecnologías, se definirá o planteará las especificaciones técnicas del desarrollo de la herramienta tecnológica. Aquí también se generará el planteamiento de un posible cronograma de ejecución, a fin de poder definir posteriormente algunos costos asociados al tiempo de ejecución para el modelo financiero.

6.3.5 Estudio financiero y de riesgos

Este se refiere a la planeación o definición financiera del posible flujo de caja para ejecutar el proyecto, incluyendo las etapas de desarrollo, implementación y operación de la herramienta tecnológica, y los beneficios esperados, como posibles ahorros de tiempo y recursos gracias a la automatización. La información que se pueda capturar con los instrumentos de recolección de datos, específicamente el asociado a una entrevista con personal de tecnología de la compañía, será el insumo base para ello.

A partir del flujo de caja, se evaluarán los diferentes indicadores económicos tales como RCB, VPN, TIR o TIRM, TVR, IRVA y demás que sean aplicables para la valoración económica del proyecto, y que permitan la identificación de la viabilidad de llevarlo a cabo.

6.4 ACTORES SOCIALES

En la siguiente gráfica se pueden evidenciar los actores identificados para el proyecto.

Figura 1. Actores sociales

Clientes	Usuarios	Administradores	Aliados
<ul style="list-style-type: none">• Jefe Depto. Tierras• Coordinadores de área	<ul style="list-style-type: none">• Profesionales operativos del área de Tierras	<ul style="list-style-type: none">• Controladores/ desarrolladores de herramienta	<ul style="list-style-type: none">• Profesionales Vicepresidencia Tecnología e Innovación• Profesionales Gestión Documental

Fuente: elaboración propia.

Al respecto, los clientes constituyen un segmento el cual se encuentran el jefe de departamento de Tierras, y los coordinadores de área. Serán quienes se beneficiarán del proyecto en tanto son los tomadores de decisiones.

En el segmento de usuarios se encuentran quienes podrán hacer uso directo de la aplicación, a fin de ejecutar los respectivos procesos de calidad automatizados sobre los productos que ellos generan.

Dentro de los administradores se encuentra el grupo de personas que se encargarán de apoyar la implementación directa o a través de un aliado de la herramienta digital. Además, serán los encargados del mantenimiento de esta.

En cuanto a aliados, son las áreas transversales que de manera directa o indirecta respaldarán la implementación y operación de la herramienta, similar a consultores.

6.5 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN

Como menciona Páramo Bernal (2017), todo proyecto requiere de métodos de estudio y, por consiguiente, de instrumentos para capturar o describir los datos o elementos que se desea estudiar. Teniendo en cuenta que este proyecto se encuentra íntimamente relacionado con individuos o grupos, se hace necesario validar precisamente cuáles métodos de recolección de datos se puede aplicar para cada uno de estos actores. Por tanto, en la siguiente tabla se aprecian los métodos a aplicar según la actividad, el actor y el objetivo al que apoya dicho instrumento.

Actividad	Actor		Instrumento	Observación	Objetivo Abordado
Estudio sectorial	N/A		Documentación, consultas bases de datos y medios. Procedimientos y documentos internos actuales del área de Tierras de la compañía		1
Identificación clientes - Usuarios	Clientes	Jefe Departamento	Entrevista estructurada	Evaluarán a sí mismos y a otros roles cómo ven su participación en la herramienta, bien sea como cliente o usuario.	3
		Coordinadores	Entrevista estructurada		3
	Usuarios	Profesionales funcionarios del área de Tierras	Cuestionario		3
		Profesionales contratistas del área de Tierras	Cuestionario		3
Estudio técnico	Clientes	Jefe departamento	Entrevista estructurada	Permitirá identificar las principales funcionalidades de la herramienta	2
		Coordinadores	Entrevista estructurada	Permitirá identificar las principales funcionalidades de la herramienta	2
	Usuarios	Profesionales funcionarios del área de Tierras	Cuestionario	Permitirá identificar las principales funcionalidades de la herramienta, esto a partir de la selección de un pequeño grupo	2
		Profesionales contratistas del área de Tierras	Cuestionario	Permitirá identificar las principales funcionalidades de la herramienta, a partir de la selección de un pequeño grupo	2
	Administradores	Controladores - Posibles	Cuestionario	Permitirá identificar las principales funcionalidades de la herramienta	2

Actividad	Actor		Instrumento	Observación	Objetivo Abordado
		desarrolladores de herramienta			
	Aliados	Profesionales Vicepresidencia Tecnología e Innovación	Entrevista estructurada o cuestionario		2
		Profesionales gestión documental (opcional)	Entrevista estructurada o cuestionario		2
	N/A		Documentación, bases de datos y medios	Se hará para validar las alternativas, así como la selección de la posible mejor opción tecnológica	2
Estudio ambiental, orgnizacional y legal	N/A		Documentación, leyes, normatividad, bases de datos y medios.		3
Estudio financiero	Aliados	Profesional financiero de la vicepresidencia	Entrevista estructurada o cuestionario	Se hará con el fin de validar cuáles serían los parámetros financieros para los posteriores análisis	4
	N/A		Documentación, matrices de riesgos del área de Tierras, y de los proyectos de tecnología de la compañía, bases de datos y medios.	Se hará para la identificación general de riesgos del proyecto, a fin de ser tenidos en cuenta en el modelo financiero	4

Tabla 3. Tabla Instrumento/método captura datos para cada actor social

Fuente: elaboración propia.

A continuación (**Tabla 4**), se relaciona la ficha técnica de la encuesta o entrevista.

Tabla 4. Ficha técnica instrumento entrevista/encuesta

ITEM	Descripción
Persona que realiza la encuesta o entrevista	Jhancir Poveda.
Objetivo	Apoyar la recolección de información necesaria para el desarrollo del trabajo de grado para optar al título de magister en Gerencia de Proyectos.
Universo	Colaboradores directos y contratistas del área de gestión de Tierras de una compañía del sector hidrocarburos.
Tamaño y distribución de la muestra	La población objeto para el cuestionario son clientes y usuarios. Entre profesionales directos y contratistas suman 325 personas. La población objeto para el componente técnico serán 9 personas.
Sistema de muestreo	<ul style="list-style-type: none"> - Para el componente de clientes y usuarios se aplicó un muestreo por juicio, ya que a partir del conocimiento de la población se seleccionaron los posibles candidatos a diligenciar la encuesta. - Para el componente técnico, el muestreo aplicado es por conveniencia, ya que se seleccionaron las personas específicas a diligenciar la encuesta.
Técnica de recolección de datos	Encuestas personales y entrevistas con las mismas preguntas, según rol de la persona objetivo.
Fecha de recolección de los datos	Entre el 18 y 24 de septiembre de 2023.
Temas a los que se refiere	Sobre elementos tecnológicos aplicables a procesos de calidad de las actividades del área de Tierras de una compañía del sector hidrocarburos.
Nombre de la encuesta - Entrevista	"Prefactibilidad herramienta automatización procesos calidad".
Preguntas concretas que se formularon	Ir al cuestionario en los siguientes enlaces: https://forms.office.com/r/sdVssc1uX1 y https://forms.office.com/r/KQHxzmmvfv
Número de preguntas formuladas	14 para el componente de usuarios y clientes. 9 para el componente de aliados (VTI y GD).
Tipo de preguntas aplicadas	Cerradas 9 y abierta 5 para el componente usuarios y clientes. Cerradas 4 y abierta 5 para el componente de aliados (VTI y GD).

Escala empleada para medición (semántica, visual, binaria, puntuación)	Binaria, puntuación y semántica
--	---------------------------------

Fuente: elaboración propia a partir de Ministerio de la Protección Social (2010) e Invamer (2023).

Adicionalmente, para cada fase del desarrollo del proyecto se utilizará el análisis documental mediante fuentes externas e internas a partir de la documentación existente al interior del área.

7. DESARROLLO DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

7.1 ESTUDIO SECTORIAL

Mediante este estudio se abordaron elementos como las posibles complejidades y oportunidades del sector de los hidrocarburos, con el fin de identificar, mediante una matriz DOFA, esas potenciales estrategias respecto a las bondades que puede traer la implementación de una herramienta que permita la automatización de procesos de control de calidad.

7.1.1 Análisis PESTEL

Consistió en una validación del entorno asociado al componente de los hidrocarburos. Por consiguiente, como menciona Chapm (2004), este brinda una estructura lógica que permite entender, presentar, discutir y tomar decisiones sobre los beneficios del proyecto para la compañía. A continuación, se relaciona el análisis de cada uno de los componentes del PESTEL.

7.1.1.1 Político

Desde el enfoque político, el sector de los hidrocarburos se encuentra adscrito al Ministerio de Minas y Energía, mientras que todo lo asociado a tecnología está regulado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones. Es importante aclarar que todo el componente de hidrocarburos se desarrolla a partir del artículo 332 de la Constitución Política de 1991.

En la siguiente tabla se pueden apreciar las entidades que generan políticas y reglamentación para el sector.

Tabla 5. Entidades del orden nacional que generan políticas para el sector hidrocarburos

Entidad	Alcance – Política
Ministerio de Minas y Energía (MINMINAS)	Formular y adoptar políticas dirigidas al aprovechamiento sostenible de los recursos mineros y energéticos para contribuir al desarrollo económico y social del país. Genera reglamentos técnicos y Normativa de Hidrocarburos
Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)	autoridad encargada de promover el aprovechamiento óptimo y sostenible de los recursos hidrocarburíferos del país, administrándolos integralmente y armonizando los intereses de la sociedad, el Estado y las empresas del sector.
Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)	Planear el desarrollo minero-energético, apoyar la formulación e implementación de la política pública y generar conocimiento e información para un futuro sostenible.

Fuente: elaboración propia.

Con este enfoque, según Cabrera Dueñas (2018), el Estado colombiano, para afrontar la creciente demanda y necesidad de mejorar el sector de los hidrocarburos, entre el 2006 y 2014 generó una serie de políticas que propenden por el funcionamiento del sector, tal como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 6. Desarrollo de políticas 2006 - 2014

Consolidar el marco institucional y regulatorio del sector de hidrocarburos.
Continuar promoviendo la exploración y explotación de hidrocarburos
Capitalización de ECOPETROL S.A
Desmonte gradual de los subsidios a los combustibles
Estrategia en contra de la comercialización ilícita de hidrocarburos y sus derivados
Continuar el proceso de optimización de las refinerías del país
Consolidación del mercado de distribución de combustibles en las Zonas de Frontera
Cubrir la totalidad del país al 10% de mezcla de alcohol carburante con la gasolina de origen fósil
Cubrir la totalidad del país al 5% de mezcla de biodiesel con Diesel de origen fósil.

Fuente: Cabrera Dueñas (2028).

Desde el componente ambiental, como se aprecia en la tabla, hay otro actor político: el Ministerio de Medio Ambiente, especialmente a través, de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), la cual es la encargada de definir la política ambiental que rige para cada sector y subsector, así como los mecanismos para acceder desde el punto de vista ambiental a las respectivas licencias.

Es importante resaltar la actual preocupación en el sector de los hidrocarburos y, en general, en la industria extractivista, como lo explica Bnamericas (2023), ya que la actual política de gobierno es comenzar un proceso de transición energética, que busca reducir las emisiones de CO₂, lo cual repercute en una menor cantidad de contratos nuevos de exploración. Esto es coherente con lo propuesto por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2015), la cual indica que Colombia tiene una alta dependencia de los hidrocarburos y los minerales, por lo que es importante buscar un crecimiento inclusivo desde el punto de vista social, y sostenible desde el punto de vista ambiental, sin embargo, es claro que hace mayor hincapié al componente extractivo ilegal de minerales.

Otro elemento desde el punto de vista político que ha estado afectando el desarrollo del sector de hidrocarburos y, por consiguiente, su estabilidad, es el conflicto armado. En los últimos meses, como lo describe El Nuevo Siglo (2023), hubo hechos de violencia como los ocurridos en Tame y Saravena (Arauca), donde grupos armados como el ELN atentaron constantemente contra la infraestructura de hidrocarburos y contra los empleados y la población en la zona, lo cual dificultó la operación de las compañías que allí trabajan.

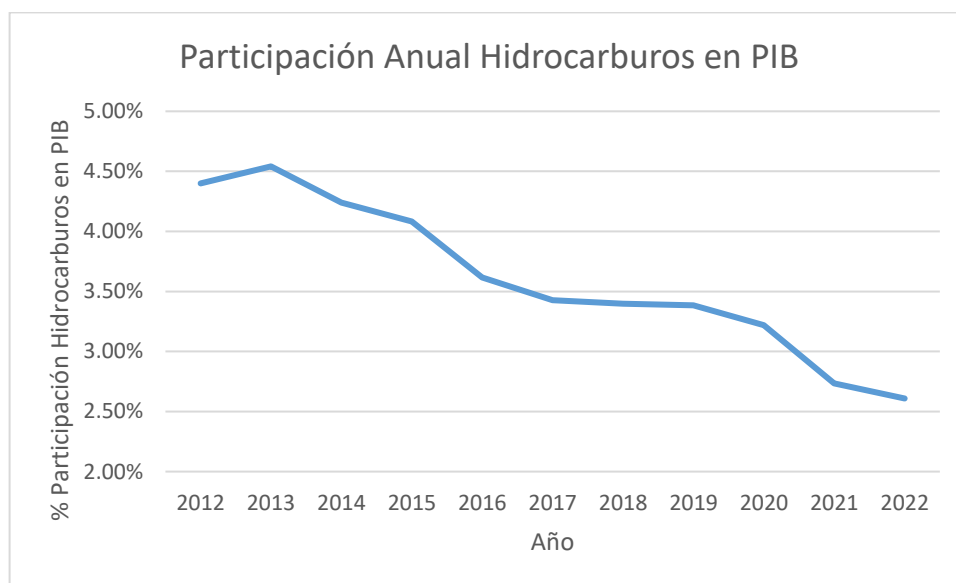
7.1.1.2 Económico

El aspecto económico de la industria de los hidrocarburos es altamente complejo y casi cualquier variable macroeconómica puede afectar a esta industria. Así, Navarro Sarmiento (2023) indica que el vínculo económico del sector petrolero

va desde el sector público, con su doble recaudación fiscal entre regalías e impuestos, el sector externo que incluye la inversión extranjera en el país, así como la participación del mercado mundial y finalmente, se relaciona con otros de nivel doméstico como el mercado laboral, la demanda de bienes y servicio de otras empresas, las implicaciones a nivel comunitario, etc.

Dentro de esta compleja red económica de la industria de los hidrocarburos se resalta que la participación en la economía en términos del PIB (Producto Interno Bruto) ha estado por encima del 3% en los últimos 10 años, tal como se puede apreciar en la siguiente gráfica.

Figura 2. Participación anual de hidrocarburos en los últimos 10 años en el PIB nacional



Fuente: elaboración propia.

Si se tiene en cuenta la participación de los hidrocarburos en otros sectores de la economía como “Coquización, fabricación de productos de la refinación del

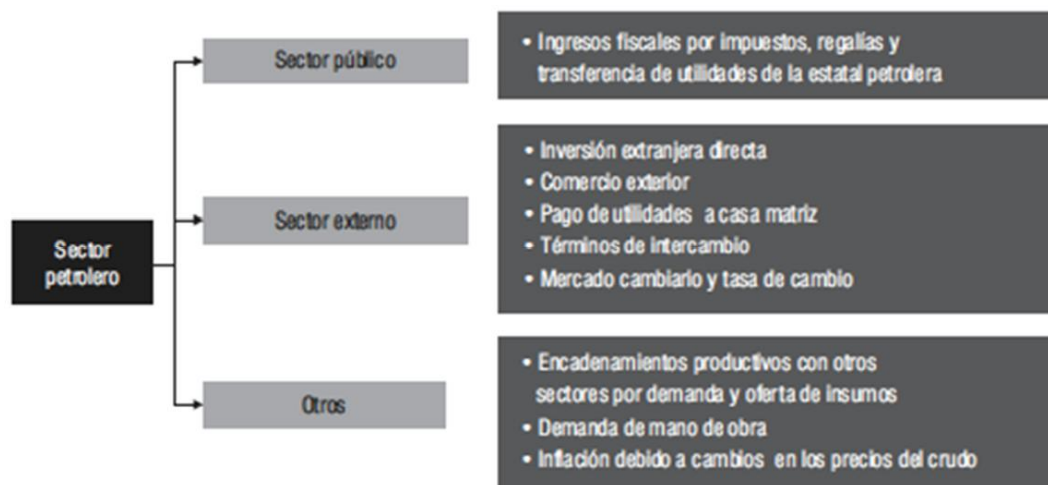
petróleo”, la participación en promedio en los últimos años sería superior al 5%.¹ Si se considera, además, la diversificación de la economía colombiana, la representación del componente hidrocarburos sigue teniendo un papel importante, al punto que el análisis de Portafolio (2021) demuestra que desincentivar la inversión de hidrocarburos generaría una contracción del 3,3% de la economía, lo cual a nivel regional produciría impactos catastróficos en zonas como Meta, donde el PIB departamental depende 47,25% de los minerales, incluido el petróleo.

Desde otro enfoque, la industria de los hidrocarburos, tal como menciona La República (2023) aportó, según la DIAN, para el año 2022, en términos de impuestos, un total de COP 18,06 billones; y con base en la Asociación Colombia de Petróleo y Gas (ACP), en términos de exportaciones, los hidrocarburos representaron el 40% de las ventas totales al exterior.

De manera general, como lo plantea Navarro Sarmiento (2023), en Colombia los hidrocarburos juegan un papel mixto, pues en términos económicos tiene interacción con el sector público, con el sector externo, y con otros sectores de la economía, tal como se puede apreciar a continuación.

Figura 3. La economía petrolera en Colombia

¹ Estimaciones hechas a partir de los anexos del DANE “PIB a precios constantes - II trimestre 2023”. (DANE, 2023)



Fuente: Navarro Sarmiento (2023)

Desde una perspectiva social, es interesante lo que ocurre en términos de inversión. Como argumenta Chevron (2022), la inversión en proyectos socioambientales por parte de las compañías de hidrocarburos, entre 2011 y 2018, ascendió a COP 3,8 billones entre el componente de inversión contractual, voluntario y apalancada.

7.1.1.3 Social y ambiental

Para este estudio, dada la estrecha relación en los componentes socioambiental relacionados al sector hidrocarburos, se analizan en conjunto, ya que tanto los beneficios como las problemáticas van, en términos generales encaminadas en el mismo sentido.

Desde el punto de vista social, como lo menciona Navarro Sarmiento (2023), las comunidades circundantes a las zonas petroleras, una vez los proyectos se han establecido, buscan beneficiarse de las ventajas, bien sea por vinculación laboral, o por las iniciativas de desarrollo asociadas a la inversión social de las compañías del sector petróleo.

Sin embargo, en un sentido contrario, como lo mencionan, Rojas-Bahamón et al. (2021), al Estado generar leyes para incrementar la exploración en las diferentes regiones del país, los conflictos socioambientales presentaron un alto incremento, por temas como la inequidad o el componente ambiental asociado principalmente a la contaminación y destrucción de fuentes hídricas.

Esta realidad se refleja con mayor fuerza, según lo indica González (2022), por cuanto no fue sino hasta el 2018 que se crearon instrumentos que permitieran tanto a las comunidades como a las compañías extractivistas contar con herramientas que apoyaran la selección de proyectos de beneficio para las comunidades. Hasta ese momento, las comunidades buscaban aprovechar la presencia de estas compañías para intentar sustituir la presencia del Estado mediante proyectos comunitarios. Es este sentido, se manifiestan los conflictos sociales, puesto que, como lo indica el autor, las protestas se incrementaron con el crecimiento de la industria extractiva en el país. Así, según la ACP (2014), entre 2014 y 2018 se presentaron 2419 bloqueos por parte de comunidades.

Estos conflictos se explican también con el empoderamiento que tuvieron las comunidades o territorios con los diálogos de paz, los cuales buscaron cambios en las formas de gobernanza y apropiación del territorio y de sus recursos (González, 2022).

7.1.1.4 Tecnológico

Como lo indica Cabrera Dueñas (2018), a causa de eventos como la crisis del petróleo de los años 2014-2016, o situaciones como la pandemia provocada por el virus SarsCov 2, instituciones y compañías asociadas a los hidrocarburos deben adaptarse rápidamente si desean mantener sus negocios. Al respecto, de acuerdo con el autor, la industria petrolera en Colombia se basó en tres pilares para mantenerse a flote: diferenciación, liderazgo por costos y nuevas tecnologías. Es

así como, en el segmento de nuevas tecnologías, se encuentra uso del THAI (*Toe-to-Heel Air Injection*), que permite un proceso de recuperación mejorada de petróleo y el uso de taladros de última generación con mayor eficiencia, sin aumentar los costos de operación, y disminuyendo el impacto menor ambiental.

Desde otra perspectiva, con las nuevas políticas de gobierno asociadas a la transformación de la matriz energética del país, en términos del uso de nuevas energías limpias y más amigables con el medio ambiente, se vienen dando saltos importantes, apoyados por el componente tecnológico para una migración ágil y económica. Por este motivo, las compañías del sector están haciendo grandes inversiones, como lo reseñan Ortiz Amador et al. (2021): con la introducción de tecnologías se logrará una mayor eficiencia y eficacia en la generación de energías, promoviendo el uso de tecnologías que produzcan un nuevo modelo energético menos dependiente de recursos externos y de energías fósiles, mediante políticas de Estado. Los autores también expresan la necesidad de comenzar a utilizar nuevas tecnologías para optimización, como inteligencia artificial y *big data*, lo cual, en últimas, permitirá que las compañías de hidrocarburos puedan incursionar en la venta de nuevos servicios para otros sectores económicos.

En este sentido, la mayoría de las compañías del sector de hidrocarburos están realizando inversiones en transformación tecnológica, buscando la reducción de emisiones de CO₂ y optimizaciones productivas. Por ende, Bueno Cadena et al., (2021) mencionan que empresas como Ecopetrol, desde el 2019, vienen implementando iniciativas de transformación tecnológica, principalmente en la búsqueda de eficiencia energética, energías renovables no convencionales, impulsar el gas natural y gases licuados del petróleo, proyectos de reforestación, calidad de combustibles, e investigación y desarrollo de nuevas tecnologías, especialmente de *machine learning* y *big data*.

7.1.1.5 Legal

En este aspecto, como se mencionó, entre los entes que regulan y generan principalmente la normatividad asociada a los hidrocarburos en Colombia destaca el Ministerio de Minas y Energía.

En la siguiente tabla se evidencian las normas que aplican para el sector hidrocarburos.

Tabla 7. Normas del sector hidrocarburos

Tema	Norma	Objeto
Asignación de áreas	Acuerdo 04 de 2012	Se establecen criterios de administración y asignación de áreas para exploración y explotación de los hidrocarburos propiedad de la nación; se expide el reglamento de contratación correspondiente.
	Acuerdo 05 de 2012	Se adiciona el Acuerdo 4 de 2012, con el objeto de incorporarse al Reglamento de Contratación para Exploración y Explotación de Hidrocarburos, encaminado a mitigar los efectos adversos de la caída en los precios internacionales del petróleo.
	Decreto 1073 de 2015	Expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía. Art 2.2.1.2.1.9. Prórroga del periodo de explotación, contrato sobre exploración y explotación de petróleo.
Fiscalización/Supervisión de la actividad	Resolución 40048 de 2015	Por la cual se establecen medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos convencionales continentales y costa afuera.
	Resolución 49396 de 2015	Modifica la Resolución 181495 de 2009, en lo relacionado con las medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos convencionales continentales y costa afuera.
	Resolución 41251 de 2016	Por la cual se reglamenta la medición del volumen y la determinación de la calidad de los hidrocarburos producidos en el país para la adecuada liquidación de las regalías y

Tema	Norma	Objeto
		contraprestaciones económicas en favor del Estado.
Liquidación, recaudo, distribución y seguimiento a las regalías	Ley 1530 de 2012	Regula la organización y el funcionamiento del Sistema General de Regalías.
	Decreto único reglamentario del DNP 1082 de 2015, título 4	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector administrativo de planeación nacional, título 4 (Sistema General de Regalías).
	Decreto 1073 de 2015	Expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía. Sección 1.2. Yacimientos ubicados en dos o más entidades territoriales.
	Resolución 167 de 2016	Modifica parcialmente la Resolución 164 de 2015; procedimientos y plazos de liquidación; precio base de liquidación de regalías generadas por la explotación de crudo y el manejo de anticipo de liquidación de regalías, y se dictan otras disposiciones.
Medio Ambiente	Decreto 2041 de 2014	Por el cual se reglamenta el título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.
	Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible
Transparencia y acceso a la información pública	Ley 1712 de 2014	Ley de transparencia y del derecho de acceso a la información pública nacional, y se dictan otras disposiciones.

Fuente: Chacón Cruz & Riaño Amaya (2020).

7.1.2 Análisis DOFA

En la siguiente tabla se encuentra el resultado de la matriz, junto con las estrategias planteadas.

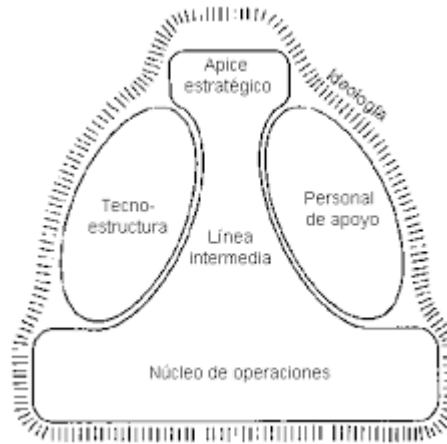
	Fortalezas (F)	Debilidades (D)
	<ul style="list-style-type: none"> - La empresa tiene La capacidad de invertir en el desarrollo y La implementación de La herramienta tecnológica sin depender en exceso de financiamiento externo. - La compañía ya posee una gran cantidad de datos de Tierras, lo que puede facilitar las pruebas y usabilidad de la herramienta - La infraestructura y la red de la compañía pueden ser aprovechadas para implementar la herramienta de control de calidad. - Existe una tendencia en la industria hacia la automatización de procesos para mejorar la eficiencia y la precisión, lo que genera una demanda favorable para una herramienta de control de calidad automatizada. - Los avances en tecnología, como el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, ofrecen oportunidades para desarrollar una herramienta altamente efectiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - La compañía puede carecer de experiencia interna en el desarrollo de soluciones tecnológicas, lo que podría retrasar el proceso. - Si no hay personal técnico suficiente en la empresa, podría ser necesario contratar o capacitar a profesionales en tecnología de la información y desarrollo de software. - Los empleados actuales podrían tener dificultades para adaptarse a la nueva tecnología y al proceso automatizado, lo que podría requerir esfuerzos adicionales de capacitación y gestión del cambio. - Si la compañía depende en gran medida de proveedores externos para la tecnología clave, esto podría aumentar la vulnerabilidad ante cambios en la disponibilidad o los términos de servicio de estos proveedores. - Cambios en las regulaciones relacionadas con la exploración de hidrocarburos podrían requerir adaptaciones en la herramienta para cumplir con los nuevos requisitos.
Oportunidades (O)	Estrategias O - F	Estrategias O - D
<ul style="list-style-type: none"> - La compañía puede aprovechar la oportunidad para desarrollar su propia tecnología única que le brinde una ventaja competitiva en el mercado. - Ofrecer capacitación y formación a los empleados para que se adapten al uso de la nueva herramienta puede mejorar la adopción y la eficacia de la misma. - Las tendencias actuales de inversión en energía y tecnología pueden facilitar la obtención de financiamiento externo para el proyecto. - La colaboración con instituciones de investigación tecnológica puede llevar a innovaciones más rápidas y sólidas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovechamiento de la capacidad de la compañía para invertir en tecnologías que generen vanguardia y ventajas competitivas para el área de Tierras respecto a otras compañías del sector. - Obtener beneficio de la cantidad de datos que dispone la compañía, para hacer las respectivas pruebas, así como apoyarse en estos mismos datos para ayudar con los procesos de adaptación y gestión del cambio. - Acelerar procesos de automatización internos, con el auspicio de incursión en las tendencias de nuevas tecnologías, y energías, para así buscar posibles fuentes de financiamiento de ser necesario; o vincular el apoyo de entidades externas que les interese desarrollar este tipo de tecnologías o proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión en talento humano en capacitación de uso de nuevas tecnologías, para así desarrollar tecnologías internamente. - Apoyarse en proveedores externos, como los asociados a fábricas digitales, no solamente para que fabriquen las herramientas, si no, para que transfieran parte del conocimiento a los empleados directos de la compañía. - Manejo del cambio en etapas tempranas del desarrollo de la herramienta, incluso en su concepción. - Monitoreo constante de la reglamentación en términos de hidrocarburos asociado al tema de Tierras, y al componente tecnológico para prevenir posibles cambios en la herramienta durante su implementación.
Amenazas (A)	Estrategias A - F	Estrategias A - D
<ul style="list-style-type: none"> - Otras compañías de hidrocarburos pueden desarrollar tecnologías similares, lo que podría generar una competencia directa. - Cambios en las políticas gubernamentales y regulaciones en el sector energético podrían afectar las operaciones y la demanda de hidrocarburos. - Cambios en las políticas ambientales o en la disponibilidad de Tierras para la exploración y producción de hidrocarburos podrían afectar la viabilidad de las operaciones. - La automatización y la tecnología conllevan riesgos de ciberseguridad que podrían exponer la empresa a ataques o interrupciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovechamiento de impulso generado por la competencia con otras compañías en cuanto a la generación e nuevas tecnologías que apalanquen los procesos, en este caso, procesos de calidad del área de Tierras. - Continuar procesos de mejoramiento tecnológico, para anticiparse a posibles cambios en cuanto a políticas y contar con procesos que permitan mayor adaptabilidad. - Acogimiento de políticas y estándares de ciberseguridad en pro de proteger los datos y aplicaciones que se desarrollan en la compañía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Acción rápida de la compañía en términos de manejo del cambio, tanto para capacitación del personal técnico que pueda desarrollar nuevas herramientas, así como para el enrolamiento del personal que hará uso de la herramienta, contando con grupos que generen permeabilidad de los nuevos cambios.

Tabla 8. Matriz DOFA. Fuente: elaboración propia.

7.2 IDENTIFICACIÓN DE CLIENTES Y USUARIOS

A partir de la estructura organizacional, se definen los clientes y usuarios. En concordancia con lo argumentado por Mintzberg et al. (1997), los beneficios de la posible implementación de esta herramienta tecnológica aplicarían a una de las dependencias del componente del “sector de apoyo” (ver Figura 4).

Figura 4. Partes básicas de la organización

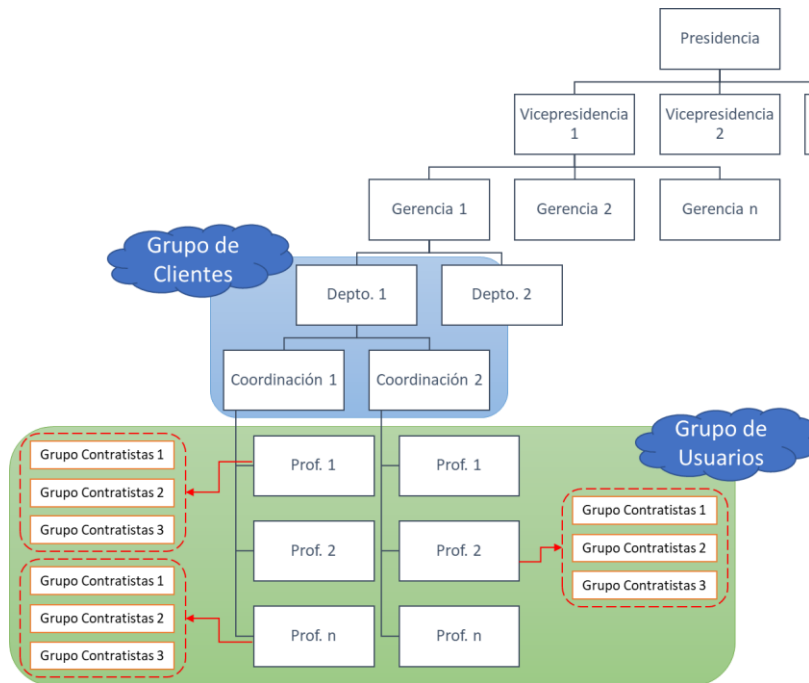


Fuente: Mintzberg et al. (1997).

En este sentido, la organización en la cual se implementaría la herramienta es del tipo innovadora o *adhocracia*, cuya área de Tierras debe constantemente generar soluciones de valor que aporten mayor oportunidad en la prestación de los servicios a las áreas de negocio de la compañía. Esta área tiene un componente jerárquico en el que se encuentra una jefatura de departamento, que a su vez tiene dos coordinaciones, cada coordinación con grupos de profesionales de diferentes especialidades y alcance estratégico. A su vez, cada profesional cuenta con grupos de apoyo, conformados básicamente por contratistas, con el fin de operativizar todo el componente de servicios que se prestan desde el departamento hacia las áreas de negocio.

A partir de lo descrito, tal como se puede ver en la Figura 5, y con base en López Salas (2020), los clientes de la herramienta tecnológica están constituidos por el jefe de departamento, y los coordinadores, por cuanto serán quienes tengan el beneficio económico, emocional o en especie. Los usuarios serán principalmente los profesionales de cada coordinación junto con sus equipos de apoyo contratista, ya que son quienes harán uso de la herramienta para validar los respectivos procesos de calidad automatizado.

Figura 5. Clientes y usuarios para la estructura organizacional actual del área



Fuente: elaboración propia.

7.3 ESTUDIO AMBIENTAL, ORGANIZACIONAL Y LEGAL

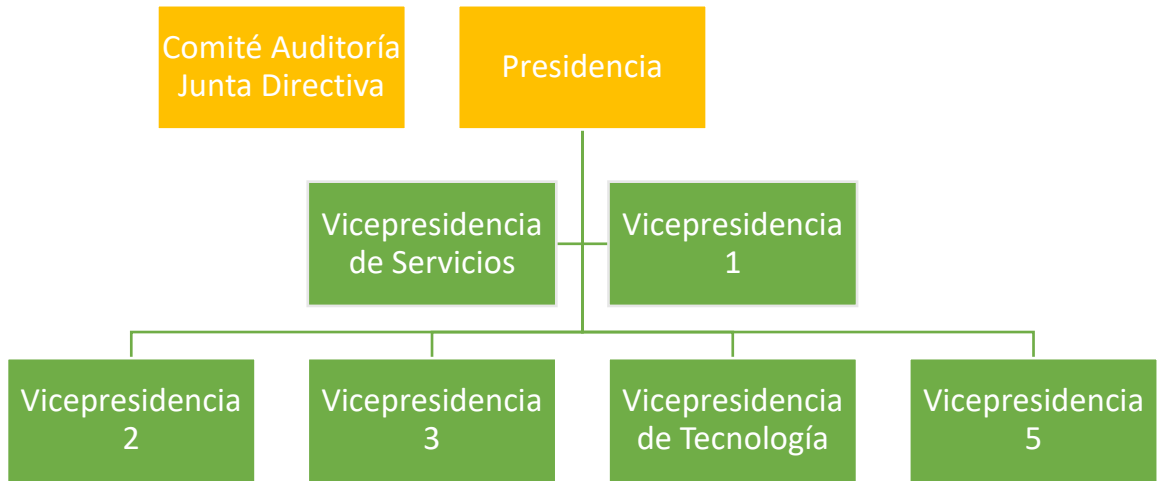
7.3.1 Estudio ambiental

Para este caso no se aprecian impactos ambientales, salvo todo el componente asociado a las emisiones por el uso de la nube para el empleo de la herramienta, ya que esta dependería de los centros de datos, en este caso de Microsoft, de los cuales, los reguladores están cada vez más preocupados por la cantidad de agua y electricidad que consumen las operaciones computacionales (Agencia Bloomberg, 2022); sin embargo, no hay suficiente cantidad de datos que permitan tener un control y, aún menos, medidas para disminuir la cantidad de emisiones asociadas a estos centros de datos, y a las respectivas aplicaciones o información que almacenan.

7.3.2 Estudio organizacional

La compañía, tal como se comentó en capítulos anteriores, cuenta con una estructura robusta y compleja (ver Figura 6).

Figura 6. Estructura organizacional



Fuente: elaboración propia.

A partir de este esquema organizacional, el desarrollo de la herramienta tendría una doble responsabilidad, por cuanto todo el componente de *product owner*, control y seguimiento estaría en cabeza de la Vicepresidencia de Servicios, mientras que el componente de desarrollo y parte del soporte estaría a cargo de la Vicepresidencia de Tecnología.

De este modo, a continuación, se describen las descripciones de roles, cantidad y dedicación estimada para los responsables de llevar a cabo el proyecto.

Tabla 9. Descripción de perfiles

Rol/Perfil	Descripción/Habilidades	Cantidad	Dedicación
<i>Product owner</i>	Será el encargado de trabajar en paralelo con usuarios finales y el equipo de desarrollo para asegurar que el producto final cumpla los requisitos. Deseable un profesional del área de negocio, con experiencia no menor de 5 años.	1	50%

Rol/Perfil	Descripción/Habilidades	Cantidad	Dedicación
<i>Scrum master</i>	Será el encargado de apoyar al equipo de trabajo, manteniéndolos enfocados en los objetivos definidos. Será el organizador de reuniones, eliminador de obstáculos y apoyo con la gestión del trabajo pendiente. Profesional de cualquier área del conocimiento, con experiencia en metodologías ágiles. Mínimo 5 años de experiencia, de los cuales 3 específicos en el rol.	1	50%
Arquitecto <i>software</i>	Será el encargado de identificar las mejores opciones de <i>software</i> para la solución, controlará y validará la adecuada ejecución de los desarrollos, definirá la arquitectura más probable y examinará y controlará el código del proyecto. Profesional en ingeniería de <i>software</i> , sistemas o informática, preferiblemente con posgrado en arquitectura de <i>software</i> . Mínimo 5 años de experiencia en el rol.	1	100%
Ingeniero de requerimientos	Será el encargado de identificar y definir todas las necesidades de negocio de los clientes y usuarios, identificará y desarrollará los requisitos del sistema para que satisfagan las necesidades del negocio, y apoyará la gestión de requisitos del sistema de <i>software</i> . Profesional en ingeniería de <i>software</i> o sistemas o informática. Mínimo 3 años de experiencia en el rol.	1	100%
Ingeniero sénior desarrollo y pruebas	Será el encargado de trabajar con todo el equipo, en cuanto a los requisitos y pruebas del <i>software</i> , actualización de códigos y scripts, resolución de situaciones o problemas en las fases de implementación, respetando las mejores prácticas de administración y ciberseguridad. Y con experiencia tipo <i>full-stack</i> . Profesional en ingeniería de <i>software</i> , sistemas o informática. Mínimo 5 años de experiencia en el rol, preferiblemente con posgrado en arquitectura o desarrollo de <i>software</i> .	1	100%
Ingeniero júnior desarrollo y pruebas	Será el encargado de apoyar al desarrollador sénior en todas las actividades de desarrollo e implementación, así como en base de datos. Profesional en ingeniería de <i>software</i> , sistemas o informática. Mínimo 1 año de experiencia en el rol.	1	100%

Fuente: elaboración propia.

7.3.3 Estudio legal

Tanto la compañía que desarrolle la herramienta como la compañía dueña deben respetar y cumplir con lo indicado en las normas que apliquen, en cuyo caso las principales se listan en la siguiente Tabla 10.

Tabla 10. Normas aplicables

Norma	Asunto	Aplicabilidad
Ley 1581 de 2012	Se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales	Se deberá cumplir con los requisitos de esta ley, en particular, con los principios de finalidad, libertad, veracidad, transparencia, acceso y circulación restringida, seguridad, confidencialidad y responsabilidad.
Ley 599 de 2000	Código Penal	Se deberá cumplir con las disposiciones de esta ley, en particular, con las relacionadas a propiedad intelectual, protección de datos personales y delitos informáticos.
Decreto 1162 de 2010	Sistema Administrativo Nacional de Propiedad Intelectual	La organización dueña del proyecto registrará los derechos de propiedad intelectual de la herramienta tecnológica.
Decretos 1078 y 338 de 2015 y 2022	Lineamientos generales para fortalecer la gobernanza de la seguridad digital	La herramienta debe cumplir con los requisitos establecidos en este decreto para garantizar su seguridad.
Normas ISO/IEC 27001 y ISO/IEC 27002	Requisitos para los sistemas de gestión de la seguridad de la información (SGSI)	Cumplimiento de los protocolos indicados en estas normas para garantizar seguridad de la información que se tramitará con la herramienta.

Fuente: elaboración propia.

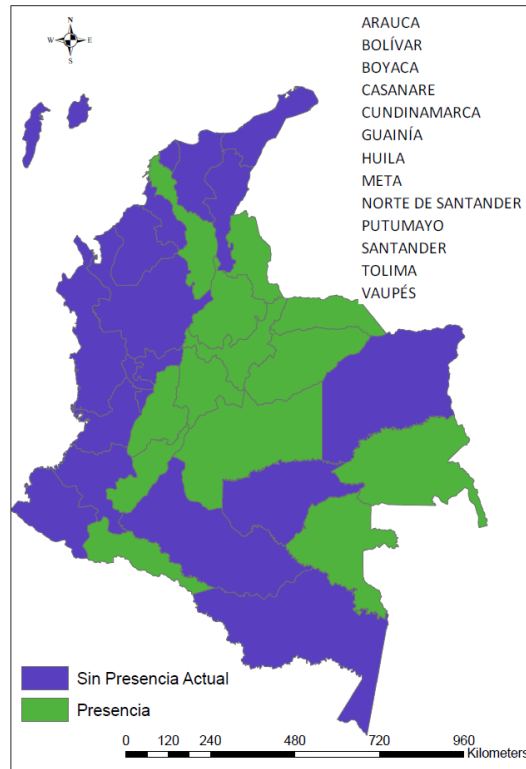
7.4 ESTUDIO TÉCNICO

7.4.1 Localización

En cuanto a la localización geográfica para el desarrollo del proyecto, su implementación se haría en Bogotá, sin embargo, el impacto cubriría la totalidad del

país o los sitios en los cuales la compañía cuenta con operación o posibilidades de exploración, como se puede observar en la siguiente Figura 7, en la cual se resaltan los departamentos en los que la compañía tiene presencia.

Figura 7. Departamentos de cobertura con la herramienta



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, el alcance de la herramienta se daría en 13 departamentos del territorio nacional y el desarrollo se llevaría a cabo en las oficinas principales en Bogotá o en las oficinas del contratista que se elija para la implementación.

La ubicación de la herramienta, una vez implementada, será en los servidores de la compañía, los cuales cuentan con un componente físico en las instalaciones

centrales en Bogotá, y el resto a través de los *data centers* contratados con Microsoft.

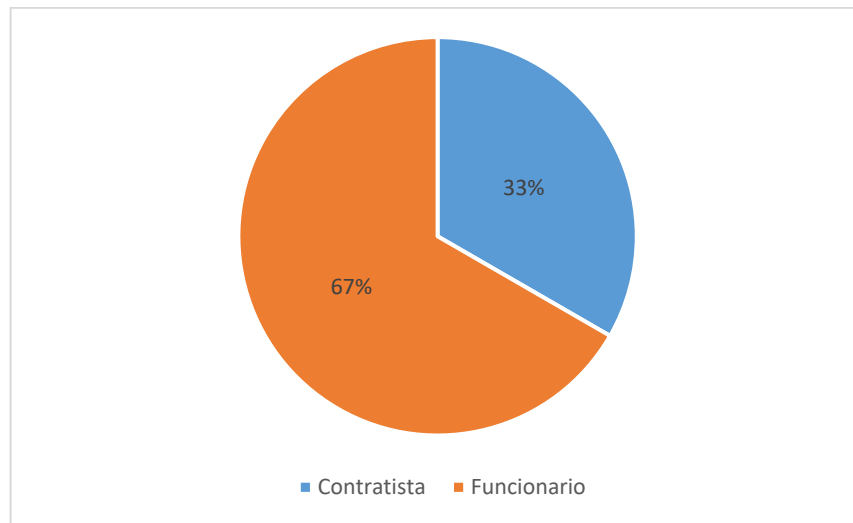
7.4.2 Alcance de la herramienta y requisitos

7.4.2.1 Alcance

Para esta definición se usó el análisis de la aplicación del instrumento de obtención de datos, el cual fue llevado a cabo entre el 27 de septiembre y 13 de octubre de 2023.

Es importante resaltar que se logró recolectar información de 36 personas, de una población objetivo de 130, entre funcionarios y trabajadores contratistas, lo que equivale a un 27,7%. Sin embargo, de la totalidad de funcionarios directos (30) se logró respuesta de 24, que representa el 80% de ellos. De los contratistas que respondieron, se concretó que fueran personas que tuvieran un amplio conocimiento del proceso del área y, por consiguiente, de los productos que se generan.

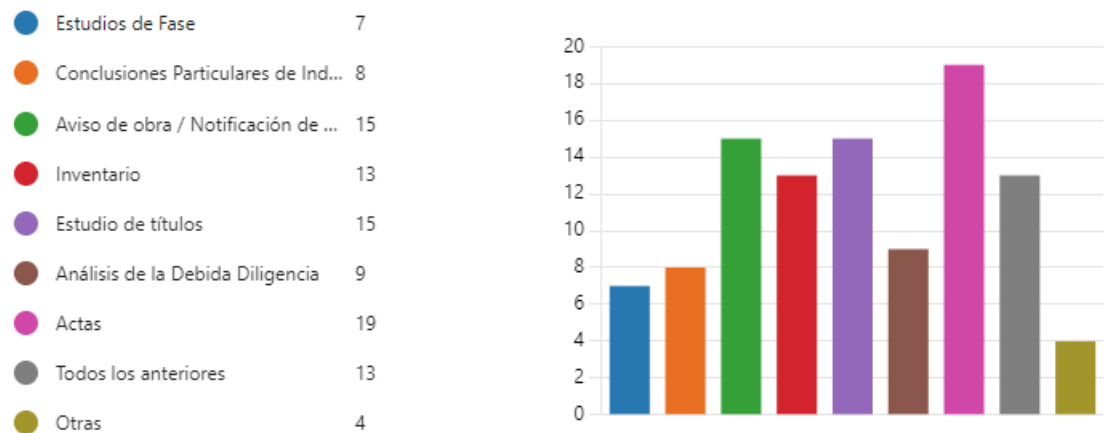
Figura 8. Participación en la muestra

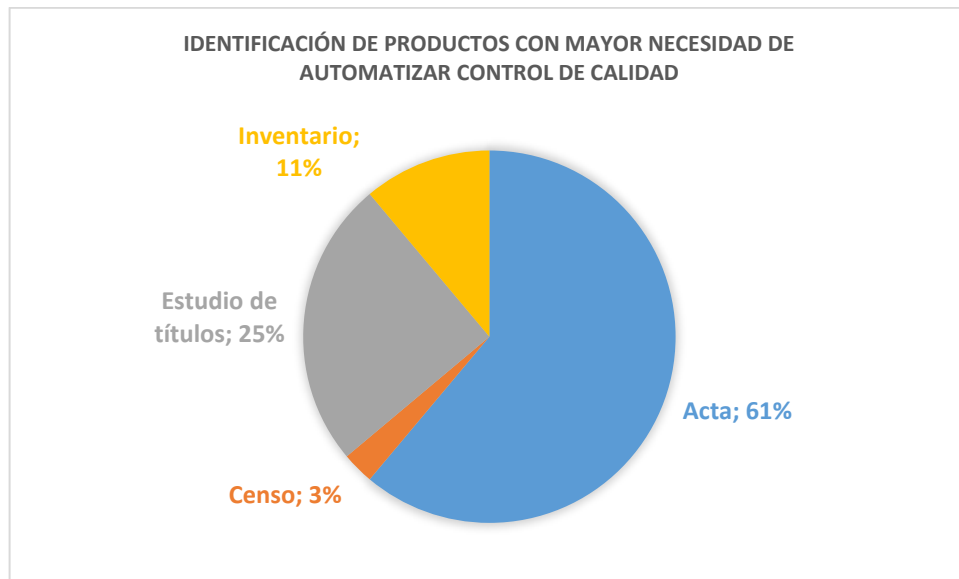


Fuente: elaboración propia.

Desde el punto de vista del producto para el cual se realizará la herramienta de control de calidad, se definió este a partir del análisis de las preguntas cinco y nueve del instrumento de captura de datos dirigido a usuarios y clientes. Al respecto, se observó que los usuarios y clientes identificaron que el producto al cual se ajustaría mejor una herramienta para automatizar control de calidad son las actas, y le seguiría en orden los estudios de títulos.

Figura 9. Identificación de productos con mayor necesidad de automatizar control de calidad

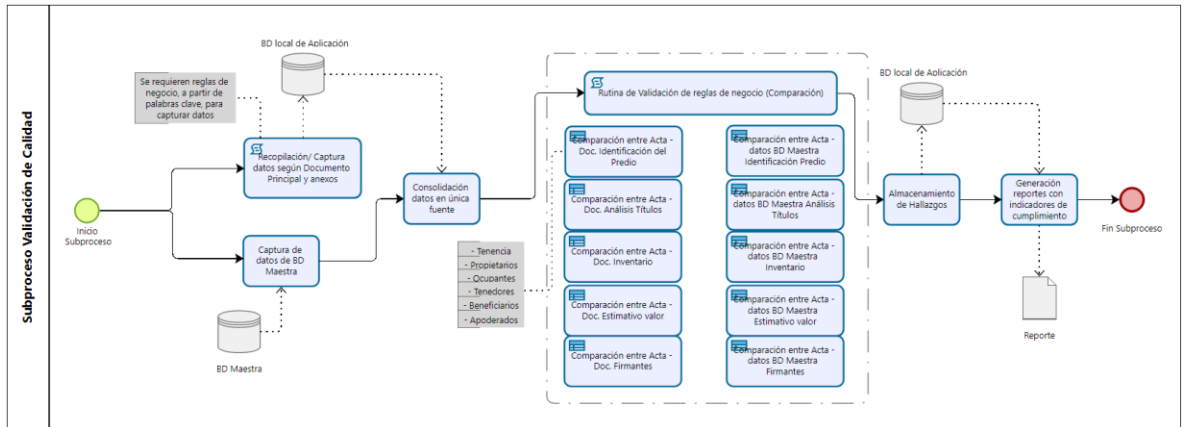
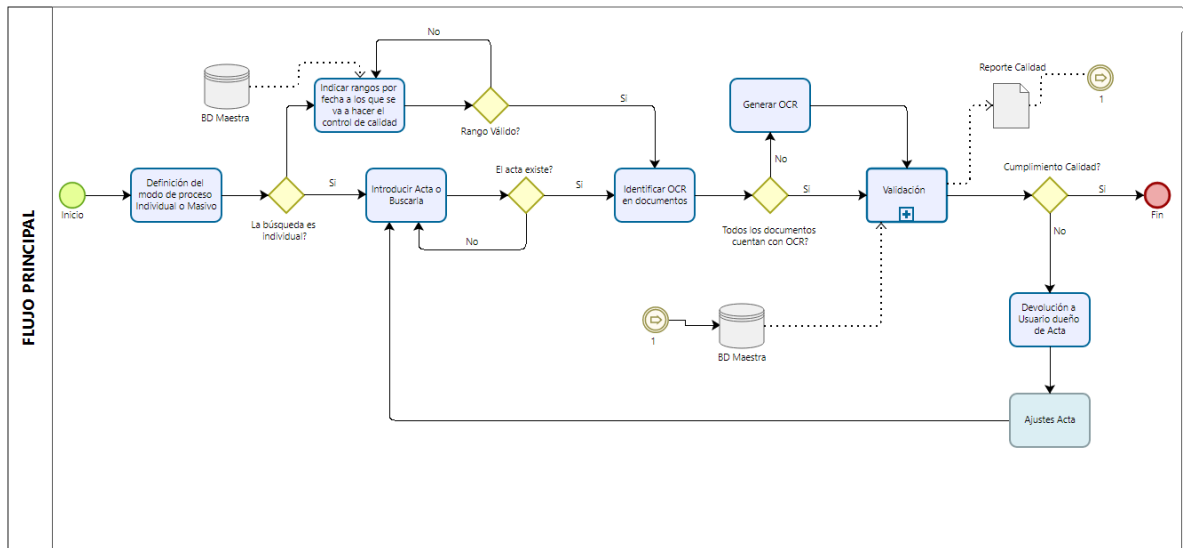




Fuente: elaboración propia.

Por consiguiente, el producto “acta” es el más susceptible a considerar de cara al desarrollo e implementación de la herramienta. A partir de filtros hechos a las respuestas asociadas a dicho producto, y tras analizar las respuestas a las preguntas 6, 10, 11 y 13, se generó un perfilamiento técnico de lo que debería realizar la herramienta, y se construyó el siguiente modelo (Figura 10) para el procedimiento que debe seguir el proceso de validación de la calidad.

Figura 10. Flujograma proceso de la herramienta tecnológica



Fuente: elaboración propia.

7.4.2.2 Requisitos

La definición de estos se hizo a partir de lo que se denomina usualmente como “caso de uso”. En concordancia con Vega (2010), un caso debe tener la capacidad de dar respuesta a cuáles serán las funciones o tareas a realizar por el usuario, qué información produce o adquiere el sistema, si el usuario debe indicarle a la herramienta si en el entorno hay cambios, e informar al usuario si hay cambios inesperados. A continuación, se puede apreciar el caso de uso.

Tabla 11. Caso de uso - Requisitos del sistema

Caso de uso	Automatización proceso de control de actas de pagos a terceros.		Identificador: 001
Actores	<ul style="list-style-type: none"> - Profesional de tierras. - Líder integral. - Coordinador. - Contratista. 		
Tipo	Primario (principal).		
Referencias	Todo se desarrollará en este mismo caso de uso, a partir de las actas generadas en otros medios, bien sean desde otro <i>software</i> o de manera manual.		
Precondición	Las actas deben estar en su versión final.		
Poscondición	Control de calidad oportuno respecto a las actas de inmunización a terceros.		
Descripción	Correr de manera automatizada el proceso de control de calidad, que actualmente se realiza a mano, a partir de la comparación de los datos almacenados en las bases de datos versus lo descrito en los documentos anexos de las actas, y respecto a lo que se está indicando en el acta.		
Resumen	Automatización del control de calidad de las actas de indemnización.		
Curso normal			
Nro.	Ejecutor	Paso o actividad	
1	Usuario	Ingresa a la herramienta a través del botón del espacio colaborativo de la coordinación.	
2	Sistema	Valida que el usuario que está intentando ingresar se encuentre en el directorio activo de la compañía.	
3	Sistema	Proyecta la primera pantalla de la herramienta, en la cual le da la opción al usuario de realizar un control de calidad individual de un acta, o control masivo.	
4	Usuario	El usuario selecciona la opción deseada entre realizar control de calidad individual o masivo.	
5	Usuario	Selecciona realizar control de calidad individual.	
6	Sistema	Visualiza otra pantalla (formulario) para que el usuario busque el acta en su computador, o indique el código del acta para la cual desea realizar el proceso de control de calidad.	
7	Usuario	Selecciona la opción de buscar el acta en algún espacio de su computador o espacio colaborativo, o indica al sistema el código del acta para que este la busque.	
8	Sistema	Si el usuario definió que el sistema busque el acta, este se conectará al sistema principal del área para intentar ubicar el acta.	
9	Sistema	Valida si el acta existe.	
10	Sistema	Si el acta existe, el sistema la almacenará a un espacio temporal.	
11	Sistema	Validará si el acta cuenta con formato OCR (<i>Optical Character Recognition</i> – Reconocimiento óptico de caracteres).	
12	Sistema	Si cuenta con OCR, ingresará al subproceso de validación.	

13.1	Sistema	Identificará y almacenará en base de datos temporal, a partir de las palabras clave coincidencias en el documento principal y anexos.
13.2	Sistema	Traerá las mismas palabras clave del ítem anterior, pero en esta ocasión las buscará en la base de datos maestra del área.
14	Sistema	Almacenará los datos recolectados en una única fuente, para utilizarla posteriormente para realizar las respectivas comparaciones.
15	Sistema	Ingresará a la rutina de “validación” de reglas de negocio que serán las respectivas validaciones del control de calidad como tal.
16.1	Sistema	Comparará todos los datos del predio que se encuentran en el acta, con los datos de identificación de los documentos anexos al acta.
16.2	Sistema	Comparará todos los datos de la tenencia del predio que se encuentran en el acta, con los datos de tenencia del estudio de títulos anexo al acta.
16.3	Sistema	Comparará todos los datos de inventario de daños en el predio que se encuentran en el acta, con los datos del documento inventario anexo al acta.
16.4	Sistema	Comparará todos los datos del estimativo de valor, o datos de indemnización que se encuentran en el acta, con los datos del concepto de valor, anexo al acta.
16.5	Sistema	Comparará todos los datos de los firmantes que se encuentran en el acta, con los datos del estudio de títulos anexo al acta.
17.1	Sistema	Comparará todos los datos del predio que se encuentran en el acta, con los datos de identificación almacenados en la base de datos maestra del proceso.
17.2	Sistema	Comparará todos los datos de la tenencia del predio que se encuentran en el acta, con los datos de tenencia del estudio de títulos almacenado en la base de datos maestra del proceso.
17.3	Sistema	Comparará todos los datos de inventario de daños en el predio que se encuentran en el acta, con los datos del inventario almacenado en la base de datos maestra del proceso.
17.4	Sistema	Comparará todos los datos del estimativo de valor, o datos de indemnización que se encuentran en el acta, con los datos del concepto de valor almacenados en la base de datos maestra del proceso.
17.5	Sistema	Comparará todos los datos de los firmantes que se encuentran en el acta, con los datos del estudio de títulos almacenado en la base de datos maestra del proceso.
18	Sistema	Almacenamiento de los resultados en base de datos temporal.
19	Sistema	Generación de reporte respecto al cumplimiento o no de la calidad.
20	Sistema	Se acaba el subproceso de “validación”.
21	Sistema	Pantalla, o formulario con el resultado del proceso de validación.
22	Usuario	Visualiza el reporte de control de calidad.
23	Usuario	Define qué seleccionar si el acta cumple o no con la calidad necesaria para continuar a proceso de pagos.
24	Usuario - Sistema	Final del proceso.
Cursos alternos – Cuando usuario define hacer control de calidad masivo		

Nro.	Ejecutor	Paso o Actividad
1	Usuario	Selecciona realizar control de calidad masivo.
2	Sistema	Le muestra pantalla con las opciones de control de calidad masivo, ya sea por códigos de acta, por fechas por proyectos.
3	Usuario	Selecciona la opción mediante la cual desee realizar el control de calidad masivo.
4	Sistema	Valida si los datos que se desean consultar son válidos, o si existen en la base de datos maestra.
6	Sistema	Si son válidos los criterios de consulta, buscará las actas junto con sus anexos en la base de datos maestra, al igual que en los repositorios documentales ya sean permanentes o temporales.
7	Sistema	Se conecta con la actividad 11 del flujo principal.
Cursos alternos – Cuando documento no cuenta con OCR		
Nro.	Ejecutor	Paso o actividad
1	Sistema	Al validar que no cuenta con OCR el(los) documentos este lo hace, a partir de algún algoritmo puede ser el de Microsoft, o de código libre para generar OCR.
2	Sistema	Validación si el proceso de OCR es exitoso o si se requiere de algún complemento adicional.
3	Sistema	Si la validación cumple con lo necesario, se empalmará con la actividad 13.1 del flujo principal.
Cursos alternos – Cuando no hay cumplimiento en el resultado de la calidad		
Nro.	Ejecutor	Paso o actividad
1	Sistema	Da la opción al usuario de aceptar o no el control de calidad
2	Usuario	Usuario selecciona que no acepta la calidad del(las) acta(s), y da clic en botón de rechazo.
3	Sistema	Genera un <i>mail</i> automático indicando que el(las) actas no pasaron el control de calidad.
4	Sistema	Envía el mail automáticamente al(los) usuario(s) dueño(s) del(las) acta(s), para que realicen los respectivos correctivos.
[Se describe el proceso o secuencia de pasos ejecutadas usando frases cortas]. [Cada paso del proceso puede ser ejecutado por los actores o por el sistema]. [Se describe la secuencia de acciones realizadas por los actores y la secuencia de actividades realizada por el sistema como respuesta].		

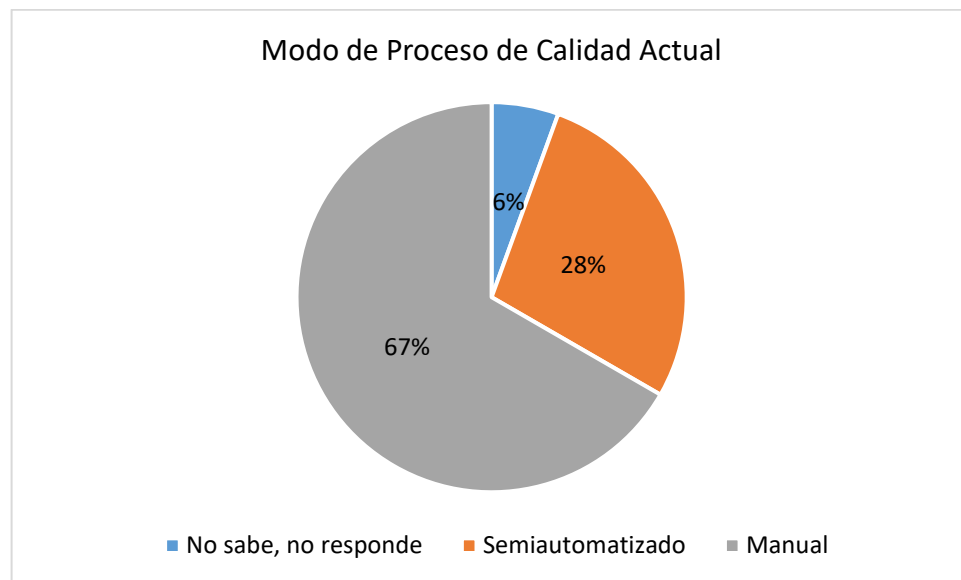
Fuente: elaboración propia a partir de PMOInformatica (2014).

7.4.3 Análisis de la demanda

Se abordó desde el punto de vista de la cantidad de productos que se generan por el departamento de Tierras mensualmente, y de estos la cantidad que serían objeto del control automático de calidad con la herramienta. Así, se identificó que, en promedio, el área genera anualmente 1200 actas y que, como se evidencia a partir de la pregunta ocho del instrumento de recolección (Figura 11), el control de calidad,

en su mayoría, es de manera manual, lo cual genera una mayor propagación del error, y falta de oportunidad en la generación de reportes de calidad.

Figura 11. Modo de proceso de calidad actual



Fuente: elaboración propia.

El hecho de generar en la actualidad un proceso de calidad en su mayoría de manera manual y semiautomatizado implica que, para no perder oportunidad en los procesos posteriores a la producción del acta, que son básicamente los componentes finales de pago y gestión documental, no a todas las actas se haga un control de calidad, lo cual ocasiona riesgos y cuantiosas sumas de dinero.

7.4.4 Análisis tecnológico (equipos, tecnología y arquitectura)

Desde el punto de vista de la tecnología, la propuesta se dio a partir de lo analizado y abstraído de la pregunta 8 del instrumento de recolección de datos (asociado al enfoque técnico), con refuerzo a partir de literatura.

Por lo tanto, se propone el uso de una combinación de varias tecnologías, como lo es desde el componente de desarrollo de aplicaciones convencional, hasta el uso de tecnologías más avanzadas: procesamiento de lenguaje natural (PLN), *machine learning* e inteligencia artificial.

En términos de lo asociado al componente de desarrollo convencional, y en lo referente a lenguajes de programación, la propuesta es que se utilicen de manera individual o combinaciones posibles entre Python, Javascript, PHP o Flask, acompañados de las diferentes librerías necesarias para las respectivas implementaciones. Y para todo el componente de la base de datos, se propone el uso de Postgresql o SQL Server.

En términos de lo sustentado por Grosman et al. (2020), el PLN es útil para esta herramienta, ya que permite extraer los datos de los documentos asociados, como fechas, nombres de personas, descripciones y, en general, cualquier elemento que sea necesario para las validaciones propias del proceso de control de calidad relacionados al producto actas.

Posteriormente, para el componente de la implementación de reglas de calidad se hará uso de *machine learning*, en tanto apoyará el componente de identificación de patrones y tendencias, obtenido a partir de PLN. En este sentido, Al-Sabaei et al. (2023) mencionan que gracias al *machine learning*, se puede datificar las tendencias de posibles situaciones de fallos, para generar acciones de cambio preventivas o gestión.

Finalmente, para el componente de la generación del informe, y su validación en sí misma, el proceso de calidad, se hará con base en inteligencia artificial, con la cual se podrán hacer validaciones de inconsistencias lógicas o identificación de errores.

Desde el punto de vista de los lenguajes de programación, para cualquiera de las tres opciones tecnológicas se usará Python en combinación con los modelos cognitivos de Azure de Microsoft.

Arquitectura

Para el componente de arquitectura la propuesta se construyó a partir de un consolidado entre lo identificado en la pregunta 9 del instrumento de recolección (componente técnico) y la literatura, teniendo también presente los elementos disponibles por la compañía.

La arquitectura propuesta es del tipo cliente-servidor, con los diferentes elementos asociados a servicios que se encargarán de realizar las respectivas validaciones de reglas de negocio y las actividades asociadas a cada proceso y subproceso, al igual que con los espacios de almacenamiento de documentos para procesamiento.

El sustento por el cual se usa una arquitectura cliente-servidor subyace en lo mencionado por Alarcón Solís (2020), quien indica que este tipo de arquitecturas son útiles, ya que permite realizar tareas en conjunto o por separado, permitiendo al servidor no depender de una única máquina y evitando que el cliente deba contar con requerimientos de *hardware* y *software* sofisticados.

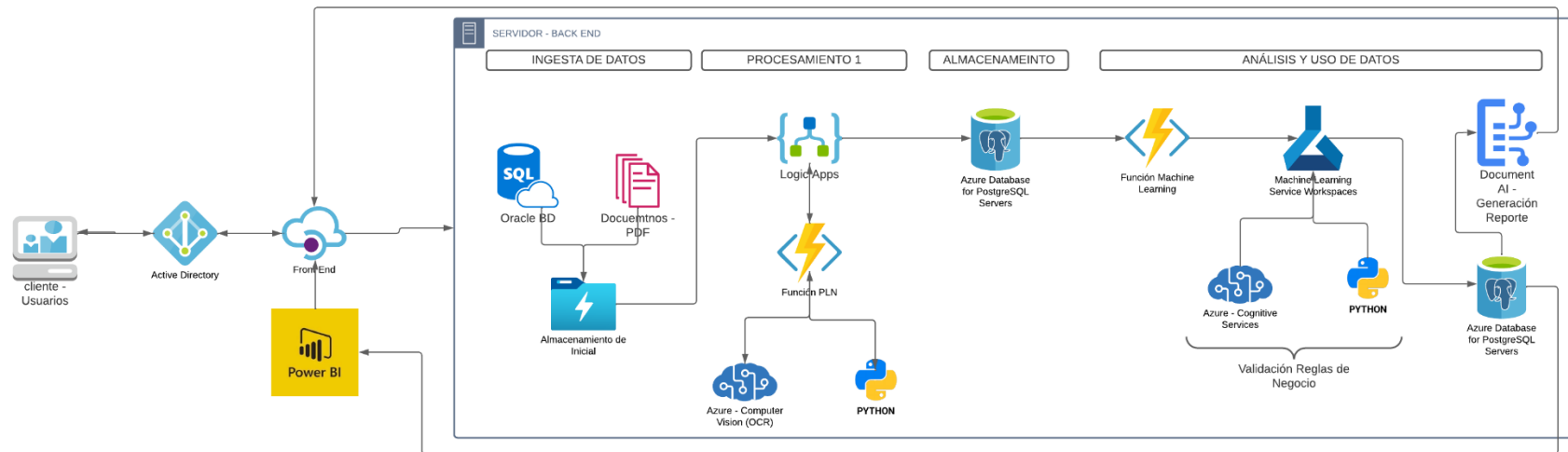
En este sentido, tal como se puede observar a partir de la arquitectura propuesta en la Figura 12, se contará con 5 componentes principales:

- Ingesta de datos: se encargará de capturar los archivos de las actas en PDF, y la lectura de la base de datos maestra que almacena la data del proceso.
- Procesamiento 1: contendrá y velará por el componente de PLN, validando el OCR, y generarlo si es necesario, para que, a partir de las reglas de

negocio definidas, capture los datos de los documentos PDF, y de la base de datos maestra.

- Almacenamiento: será el componente encargado de almacenar en bases de datos (en principio se propone cosmos DB) los datos que se extraen de las actas, y sus anexos, así como de la base de datos maestra.
- Análisis y uso de datos: segmento que, en el macro del componente de *machine learning*, con el apoyo de las reglas de negocio que se usarán para hacer el control de calidad a partir de comparaciones, identificará esas variaciones, así como tendencias, que posteriormente serán usadas para generar alertas y los informes de control de calidad. En este mismo segmento se contará con una inteligencia artificial que construirá los reportes, alimentándolos con análisis de tendencias, que a su vez irán estrechamente relacionados con el componente de almacenamiento.
- Comunicación: componente entre el o los clientes y el servidor, que estará encargado de realizar las peticiones unos y otros, así como de enviar las respuestas. Todo esto, siempre con la validación de identidad a través del directorio activo de la compañía.

Figura 12. Arquitectura cliente-servidor



Fuente: elaboración propia.

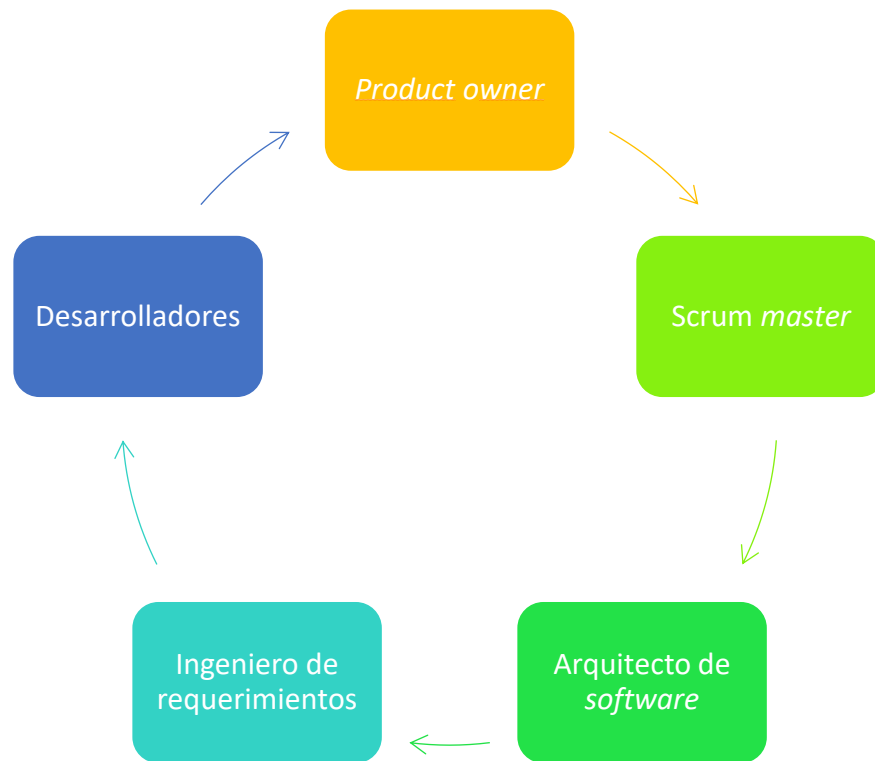
7.4.5 Producción y usabilidad de la herramienta

A partir de lo evidenciado en los instrumentos de recolección (componente de clientes y usuarios) y con base en los datos del área de Tierras, se identificó que, una vez implementada la herramienta, esta prestará el servicio de control de calidad para todas las actas que se generen, en línea con las respectivas reglas de negocio, las cuales no tienen límite.

7.4.6 Recursos humanos y sus capacidades técnicas

Con base en las preguntas cuatro y cinco del instrumento de recolección (componente técnico), se concluyó que el equipo mínimo para llevar a cabo este proyecto son seis personas, y para el proceso de operación y mantenimiento, dos personas. A continuación, se presenta el respectivo organigrama del proyecto.

Figura 13. Estructura de trabajo del recurso humano



Fuente: elaboración propia.

Desde el punto de vista de la operación, la aplicación requerirá el apoyo constante del mismo *product owner*, con una dedicación promedio de 25%, y de un profesional en desarrollo para todo el componente de soporte y mantenimiento, con una dedicación tiempo completo.

7.4.7 Plan implementación, y estrategias de programación y control

Con base en lo evidenciado con los resultados de los instrumentos de captura de datos, se define que el tiempo de implementación para la herramienta es de 9 meses, más un periodo de conceptualización o piloto al inicio del proyecto, y un periodo promedio de vida útil de la herramienta de 4 años.

7.4.7.1 Plan de trabajo

Como se puede observar en las siguientes figuras, se definió el plan de trabajo general y el plan particular para la fase de implementación y puesta en marcha, además de las actividades de conceptualización, pruebas y despliegue, y estabilización, las cuales se describen a continuación:

- **Conceptualización:** en esta actividad se diseña la solución con todo el equipo que intervendrá en el desarrollo y puesta en operación, definiendo los límites y las expectativas. Adicionalmente, se generan los primeros bosquejos o *mockups* del funcionamiento de la herramienta, y algunas pruebas iniciales de interacción con la tecnología y arquitectura propuestas (Kovix, 2023).
- **Implementación:** en esta se lleva a cabo la etapa de desarrollo, mediante el cual se hacen las respectivas integraciones de tecnologías y arquitectura propuestas. Esto, a través de incrementos que generan valor y mediante la implementación de cada uno de los mínimos productos viables (Kovix, 2023).
- **Pruebas y despliegue:** consiste en la entrega de la aplicación desde el entorno de desarrollo a producción, para que quede a disposición el ambiente productivo y, por consiguiente, de los usuarios finales. Esto, a fin de garantizar la adecuada configuración, instalación y funcionamiento de manera controlada. En esta etapa se deben reafirmar y, de ser necesario, redefinir los criterios de aceptación tanto por clientes como por usuarios (Wrobel, 2023),.
- **Estabilización:** esta actividad se centra en la validación de los criterios de aceptación tanto de clientes como usuarios, validando posibles situaciones de error o no aceptación de criterios (Armas, s.f.),.

Figura 14. Plan de trabajo para las fases de conceptualización a implementación de la herramienta (trimestres)

Actividad	Tiempo en Trimestres																				
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21
Conceptualización	■																				
Implementación		■	■	■																	
Pruebas y despliegue					■																
Estabilización					■																
Operación y mantenimiento						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Plan de trabajo para las fases de conceptualización a implementación de la herramienta (meses)

Actividad	Tiempo en Meses															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Conceptualización	■	■	■													
Implementación				■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Definición de requerimientos				■												
Definición Productos Mínimos Viables (MVP)				■	■											
Definición Arquitectura					■	■										
Definición tecnología					■	■										
Desarrollo							■	■	■	■	■	■				
Pruebas y despliegue													■	■		
Estabilización														■	■	

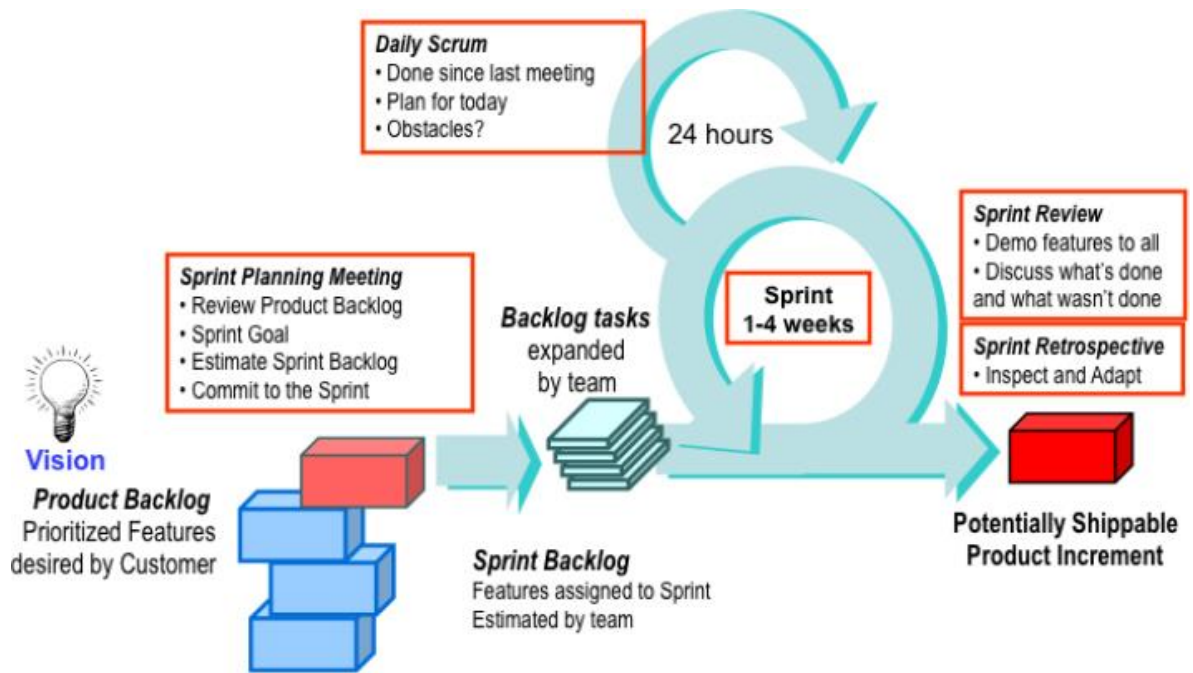
Fuente: elaboración propia.

7.4.7.2 Estrategia de programación y control

El modo mediante el cual se hará la programación y control será a partir de metodologías ágiles, específicamente Scrum. Para ello, se contarán con actividades de conceptualización e implementación, se tendrán 12 *sprints* o reuniones mensuales de seguimiento, y entre *sprint* y *sprint* se tendrán reuniones diarias.

Es importante mencionar que, en el marco de esta metodología, se construirán las historias de usuarios, que a su vez constituirán el *backlog* de todo el proceso, pero que se irán desarrollando conforme la programación del trabajo en cada *sprint*. Así, cada historia de usuario será un mínimo producto viable y, por consiguiente, serán los que se monitorearán y serán objeto de control en cada reunión *sprint*. Esto acorde a la metodología según se puede apreciar en la siguiente Figura 16.

Figura 16. Metodología Scrum



Fuente: Sliger (2011).

7.4.8 Beneficios

Para la selección de los beneficios, se hizo análisis y extracción de lo indicado por los clientes y usuarios en la pregunta 13 del instrumento de recolección (componente usuarios y clientes). A continuación, se listan:

- Aseguramiento y control en la calidad de la información, específicamente en el 100% de las actas, ya que son estas objeto de pagos a terceros. Con ello se logrará mitigar errores e inconsistencias del proceso, que pueden llegar a impactar controles SOX² del proceso del área de Tierras.

² Tal como menciona Montañez Ballen (2019), los controles SOX están asociados a la ley Sarbanes-Oxley, mediante la cual se busca generar un marco de transparencia para la elaboración de los reportes financieros.

- Identificación de oportunidades y acciones de mejora, gracias al componente analítico y predictivo, y disponibilidad de datos de manera ágil para mejorar la toma de decisiones.
- Apoyo en el aseguramiento en los nuevos modelos organizacionales del área, por cuanto la herramienta apoyará el proceso de simplificación que se está buscando, al igual que en el componente de agilidad y oportunidad.
- Generación de valor, ya que se permitirá dedicar atención a otros tipos de procesos, que a su vez también son generadores de valor. Esto no solo impactará la compañía de hidrocarburos, sino a los contratistas que prestan apoyo.
- Obtención de informes en tiempo real de posibles variaciones sin justificaciones.
- Reducción de costos significativa, ya que, si se realizara manualmente el control de calidad al 100% de las actas, es decir, a 1200 actas, el costo sería de COP 1.530.000.000, a partir de lo evidenciado en la Tabla 12.

Tabla 12. Estimación de costos control calidad manual actas

Costo de realizar control calidad manual			
Cantidad actas anual		1200	
Tiempo estimado por acta		2.5 días	
% Actas controladas		10%	
Costo actual por acta	\$ 1,275,000		Lo hacen funcionarios directos de la compañía
Costo total 10% actas	\$ 153,000,000	Anual	
Costo Total control calidad si se realiza para todas las actas		\$ 1,530,000,000	Anual

Fuente: elaboración propia.

7.4.9 Análisis de costos

7.4.9.1 Recurso humano

El recurso humano requerido para la etapa de implementación son 6 personas. Sin embargo, su cuantificación dependerá de si el desarrollo se haga contratando las personas a través de una de las empresas contratistas del área de Tierras o a precios mercado del sector tecnología o a partir de lo indicado en el instrumento de recolección (componente técnico). A continuación, se pueden apreciar los valores según cada uno de los tres escenarios, para cada una de las etapas del proyecto.

Tabla 13. Costos recurso humano, etapa conceptualización

Etapa de conceptualización							
				Valores contratista del área de Tierras		Valores mercado laboral	
Recurso humano	Cantidad	Dedicación	Tiempo meses	Vr. Unitario (mes)	Vr. Total	Vr. Unitario (mes)	Vr. Total
<i>Product owner</i> (funcionario ³)	1	50%	3	\$ 17,000,000	\$ 25,500,000	\$ 8,995,000	\$ 13,492,500
<i>Scrum master</i>	1	50%	3	\$ 15,236,000	\$ 22,854,000	\$ 7,710,000	\$ 11,565,000
Arquitecto <i>software</i>	1	100%	3	\$ 16,256,000	\$ 48,768,000	\$ 10,280,000	\$ 30,840,000
Ingeniero de requerimientos	1	100%	0	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Ingeniero sénior desarrollo y pruebas	1	100%	3	\$ 16,256,000	\$ 48,768,000	\$ 7,343,000	\$ 22,029,000
Ingeniero júnior desarrollo y pruebas	1	100%	0	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
			TOTAL		\$ 145,890,000		\$ 77,926,500

Fuente: elaboración propia.

³ El aumento anual del salario de los funcionarios anualmente es del IPC(anual)+1.5%.

Tabla 14. Costos recurso humano, etapa implementación

Etapa implementación								
				Valores Contratista del área de Tierras		Valores mercado laboral promedio		Valores indicados en Instrumento (componente técnico)
Recurso Humano	Cantidad	Dedicación	Tiempo meses	Vr. Unitario (mes)	Vr. Total	Vr. Unitario (mes)	Vr. Total	
<i>Product owner</i> (funcionario)	1	50%	9	\$ 17,000,000	\$ 76,500,000	\$ 8,995,000	\$ 40,477,500	Vr. Global - Resultado del promedio indicado en el instrumento, luego de haber quitado atípicos.
<i>Scrum master</i>	1	50%	9	\$ 15,236,000	\$ 68,562,000	\$ 7,710,000	\$ 34,695,000	
Arquitecto <i>software</i>	1	100%	9	\$ 16,256,000	\$ 146,304,000	\$ 10,280,000	\$ 92,520,000	
Ingeniero de requerimientos	1	100%	9	\$ 14,359,050	\$ 129,231,450	\$ 5,139,000	\$ 46,251,000	
Ingeniero senior desarrollo y pruebas	1	100%	9	\$ 16,256,000	\$ 146,304,000	\$ 7,343,000	\$ 66,087,000	
Ingeniero junior desarrollo y pruebas	1	100%	9	\$ 13,115,100	\$ 118,035,900	\$ 4,112,000	\$ 37,008,000	
TOTAL					\$ 684,937,350		\$ 317,038,500	\$ 340,000,000

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Costos recurso humano, etapa de despliegue y estabilización

Etapa pruebas, despliegue y estabilización								
				Valores contratista del área de Tierras		Valores mercado laboral		
Recurso humano	Cantidad	Dedicación	Tiempo meses	Vr. Unitario (mes)	Vr. Total	Vr. Unitario (mes)	Vr. Total	
<i>Product owner</i> (funcionario)	1	50%	2	\$ 17,000,000	\$ 17,000,000	\$ 8,995,000	\$ 8,995,000	
<i>Scrum master</i>	1	50%	2	\$ 15,236,000	\$ 15,236,000	\$ 7,710,000	\$ 7,710,000	
Arquitecto <i>software</i>	1	100%	2	\$ 16,256,000	\$ 32,512,000	\$ 10,280,000	\$ 20,560,000	
Ingeniero de requerimientos	1	100%	2	\$ 14,359,050	\$ 28,718,100	\$ 5,139,000	\$ 10,278,000	
Ingeniero senior desarrollo y pruebas	1	100%	2	\$ 16,256,000	\$ 32,512,000	\$ 7,343,000	\$ 14,686,000	
Ingeniero junior desarrollo y pruebas	1	100%	2	\$ 13,115,100	\$ 26,230,200	\$ 4,112,000	\$ 8,224,000	
TOTAL					\$ 152,208,300		\$ 70,453,000	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Costos recurso humano, etapa de operación

Etapa operación y mantenimiento								
				Valores contratista del área de Tierras		Valores mercado laboral promedio		Valores indicados en Instrumento (componente Técnico)
Recurso Humano	Cantidad	Dedicación	Tiempo meses	Vr. Unitario (mes)	Vr. Total	Vr. Unitario (mes)	Vr. Total	
Product owner (funcionario)	1	25%	12	\$ 17,000,000	\$ 51,000,000	\$ 8,995,000	\$ 26,985,000	Vr. Global - Resultado del promedio indicado en el instrumento, luego de haber quitado atípicos.
Ingeniero de Soporte	1	100%	12	\$ 14,359,050	\$ 172,308,600	\$ 5,139,000	\$ 61,668,000	
TOTAL					\$ 223,308,600		\$ 88,653,000	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Costos recurso humano, estudios

Estudios y factibilidad					
Recurso humano	Cantidad	Dedicación	Tiempo meses	Vr. Unitario (mes)	Vr. Total
Profesional estructurador	1	35%	6	\$ 17,000,000	\$ 35,700,000
Evaluador financiero	1	25%	1	\$ 19,000,000	\$ 4,750,000
Evaluador técnico	1	25%	1	\$ 19,000,000	\$ 4,750,000
TOTAL					\$ 45,200,000

Fuente: elaboración propia.

7.4.9.2 Compuo, comunicaciones y oficinas

Para la etapa de implementación:

Tabla 18. Costos equipos de cómputo, comunicaciones y oficinas

Costos equipos compuo, comunicaciones y oficinas				
Ítem	Costo mensual	Cantidad	Tiempo (meses)	Vr. Total
Computador portátil	\$ 120,000	6	15	\$ 10,800,000

Celular	\$ 56,000	6	15	\$ 5,040,000
Escritorio y silla	\$ 200,000	6	15	\$ 18,000,000
Oficina	\$ 5,000,000	1	15	\$ 75,000,000
TOTAL				\$ 108,840,000

Fuente: elaboración propia.

Para la etapa de operación y mantenimiento:

Tabla 19. Costos equipos de cómputo, comunicaciones y oficinas

Ítem	Costo mensual	Cantidad	Costo anual	Años	Vr. Total
Computador portátil	\$ 120,000	2	\$ 2,880,000	4	\$ 11,520,000
Celular	\$ 56,000	1	\$ 672,000	4	\$ 2,688,000
Escritorio y silla	\$ 200,000	1	\$ 2,400,000	4	\$ 9,600,000
TOTAL			\$ 5,952,000		\$ 23,808,000

Fuente: elaboración propia.

Para la etapa de evaluación y factibilidad:

Tabla 20. Costos equipos de cómputo, comunicaciones y oficinas

Ítem	Costo mensual	Cantidad	Costo mensual	Meses	Vr. Total
Computador portátil	\$ 120,000	3	\$ 240,000	6	\$ 1,440,000
Celular	\$ 56,000	3	\$ 56,000	1	\$ 56,000
Escritorio y silla	\$ 200,000	3	\$ 200,000	1	\$ 200,000
TOTAL			\$ 496,000		\$ 1,696,000

Fuente: elaboración propia.

Tecnología

Para la etapa de implementación:

Tabla 21. Costos tecnología

Servicio categoría	Tipo de servicio	Región	Descripción	Costo estimado mensual USD	Costo estimado mensual pesos	Tiempo (meses)	Total
web	Azure Cognitive Search	East US	Standard	USD 245.28	\$ 1,017,912	7	\$ 7,125,384
Base de datos	Azure Cosmos DB	East US	Base de datos Cosmos para MonogDB, autoescalable	USD 225.20	\$ 934,580	7	\$ 6,542,060
AI+Machine Learning	Azure AI Document Intelligence	West US	Azure Form Recognizer (Pay as you go)	USD 61.71	\$ 256,097	7	\$ 1,792,676
Almacenamiento	Cuentas de almacenamiento (Storage Accounts)	East US	Datalake Storage Gen2 estándar (1000 Gb)	USD 42.15	\$ 174,923	7	\$ 1,224,458
web	API Management	East US	Espacio de desarrollo	USD 48.03	\$ 199,325	7	\$ 1,395,272
Compute	App Service	West US	Procesadores de cómputo. Nivel estándar. 1 Core de 1.75GB RAM con 50 GB de almacenamiento	USD 138.70	\$ 575,605	7	\$ 4,029,235
AI + Machine Learning	Azure AI Services	East US	Azure AI vision (Pay as you go)	USD 200.00	\$ 830,000	7	\$ 5,810,000
TOTAL				USD 961.07	\$ 3,988,441		\$ 27,919,084

Fuente: elaboración propia.

Para la etapa de operación y mantenimiento:

Tabla 21. Costos tecnología

Servicio Categoría	Tipo de servicio	Región	Descripción	Costo estimado mensual USD	Costo estimado mensual pesos	Tiempo (meses)	Total
WEB	Azure Cognitive Search	East US	Standard	USD 245.28	\$ 1,017,912	48	\$ 48,859,776
Base de datos	Azure Cosmos DB	East US	Base de datos Cosmos para MonogDB, autoescalable	USD 225.20	\$ 934,580	48	\$ 44,859,840
AI+Machine Learning	Azure AI Document Intelligence	West US	Azure Form Recognizer (Pay as you go)	USD 61.71	\$ 256,097	48	\$ 12,292,632
Almacenamiento	Cuentas de almacenamiento (Storage Accounts)	East US	Datalake Storage Gen2 estándar (1000 Gb)	USD 42.15	\$ 174,923	48	\$ 8,396,280
web	API Management	East US	Espacio de desarrollo	USD 48.03	\$ 199,325	48	\$ 9,567,576

Servicio Categoría	Tipo de servicio	Región	Descripción	Costo estimado mensual USD	Costo estimado mensual pesos	Tiempo (meses)	Total
Compute	App Service	West US	Procesadores de computo. Nivel estándar. 1 Core de 1.75GB RAM con 50 GB de almacenamiento	USD 138.70	\$ 575,605	48	\$ 27,629,040
AI + Machine Learning	Azure AI Services	East US	Azure AI vision (Pay as you go)	USD 200.00	\$ 830,000	48	\$ 39,840,000
TOTAL				USD 961.07	\$ 3,988,441		\$ 191,445,144

Fuente: elaboración propia.

7.5 ESTUDIO FINANCIERO Y DE RIESGOS

Para el desarrollo de este capítulo. la fundamentación, supuestos y demás se dieron con base en los valores económicos de costos identificados a partir de los diferentes estudios previos. Al igual que para las variables financieras de porcentaje de impuestos, WACC, entre otras, se usó lo estipulado en los estados financieros de la compañía. Con base en lo planteado en el plan de trabajo, se expresaron los periodos del flujo de caja en trimestres (Q), del 1 hasta el 21.

En esta primera etapa de evaluación financiera se definió que, para el desarrollo del proyecto, la compañía no requerirá de financiamiento, por lo cual se realizaría con recursos propios. A continuación, se presentan las cifras iniciales que servirán para la posterior construcción del flujo de caja del proyecto.

Tabla 22. Cifras y supuestos iniciales para construcción de flujo de caja

PASIVOS(Préstamo)	\$	-			
RECURSOS PROPIOS	\$	1,166,690,734			
INVERSIONES					
Recurso humano	\$	983,035,650			En este monto se está colocando el de todas las etapas. Acá se debe tener presente que se tienen escenarios según respecto a que origen de los costos se vea, ya sea el de los contratos del área de Tierras, el de la encuesta, o el del mercado laboral estándar.
Equipos	\$	108,840,000			No tiene depreciación ya que son alquileres
Tecnología	\$	27,919,084			
Estudios	\$	46,896,000			Incluye el recurso humano
TOTAL INVERSIÓN	\$	1,166,690,734			
Recurso humano O&M anual	\$	223,308,600	Trimestral	\$ 55,827,150	Se actualiza con base en los aumentos salariales reales anuales para funcionarios
Costo tecnología O&M anual	\$	47,861,286	Trimestral	\$ 11,965,322	No se actualiza anualmente
Costo equipos, comunicaciones O&M anual	\$	5,952,000	Trimestral	\$ 1,488,000	
TOTAL O&M	\$	277,121,886	Trimestral	\$ 69,280,472	
IMPUESTOS Y DEDUCCIONES					
RENTA		33.00%			
REGALIAS		12.10%			Es el porcentaje para el 2022, y este se calcula sobre los gastos totales de las compañías de hidrocarburos y extracción
IVA		10.80%			Es el porcentaje para el 2022, y este se calcula sobre los ingresos antes de impuestos
4x1000		5.10%			Es el porcentaje para el 2022, y este se calcula sobre los ingresos antes de impuestos
ICA		4.50%			Es el porcentaje para el 2022, y este se calcula sobre los ingresos antes de impuestos
WACC		7.34%	EA	WACC Trimestral	1.79% ET

Fuente: elaboración propia.

Como se mencionó, el beneficio de la implementación del proyecto se expresará a través de un menor costo, al no tener que realizar el control de calidad manual. En la siguiente tabla se expresa dicho beneficio para los diferentes periodos en los cuales operaría la herramienta, es decir, desde el periodo 6.

Para el componente de costos asociados, estos están determinados desde la entrada en operación de la herramienta en el periodo 6, y por el recurso humano

que se requerirá para la operación, al igual que los respectivos equipos y tecnología, como se puede ver a continuación.

Tabla 23. Beneficios económicos de realizar el proyecto

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN beneficio de realizar el proyecto al dejar de hacerlo a mano, si se hiciera 100% de las actas								
Periodo	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13
CAPACIDAD DE PROD X Trimestre	300	300	300	300	300	300	300	300
COSTO CONTROL CALIDAD ACTA	\$ 1,294,125	\$ 1,294,125	\$ 1,294,125	\$ 1,294,125	\$ 1,313,537	\$ 1,313,537	\$ 1,313,537	\$ 1,313,537
BENEFICIO O MENOR COSTO	\$ 388,237,500	\$ 388,237,500	\$ 388,237,500	\$ 388,237,500	\$ 394,061,063	\$ 394,061,063	\$ 394,061,063	\$ 394,061,063
Periodo	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21
CAPACIDAD DE PROD X Trimestre	300	300	300	300	300	300	300	300
COSTO CONTROL CALIDAD ACTA	\$ 1,333,240	\$ 1,333,240	\$ 1,333,240	\$ 1,333,240	\$ 1,353,239	\$ 1,353,239	\$ 1,353,239	\$ 1,353,239
BENEFICIO O MENOR COSTO	\$ 399,971,978	\$ 399,971,978	\$ 399,971,978	\$ 399,971,978	\$ 405,971,558	\$ 405,971,558	\$ 405,971,558	\$ 405,971,558

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. Costos de operación y mantenimiento

COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO								
Periodo	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13
SALARIOS O&M	\$ 56,664,557	\$ 56,664,557	\$ 56,664,557	\$ 56,664,557	\$ 57,514,526	\$ 57,514,526	\$ 57,514,526	\$ 57,514,526
COSTOS TECNOLOGÍA O&M	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322
COSTOS EQUIPOS, COMUNICA.	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000
Periodo	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21
SALARIOS O&M	\$ 58,377,243	\$ 58,377,243	\$ 58,377,243	\$ 58,377,243	\$ 59,252,902	\$ 59,252,902	\$ 59,252,902	\$ 59,252,902
COSTOS TECNOLOGÍA O&M	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322	\$ 11,965,322
COSTOS EQUIPOS, COMUNICA.	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000	\$ 1,488,000

Fuente: elaboración propia.

A partir de las cifras descritas (beneficios y costos), así como del monto de inversión, se construyó y proyectó el flujo de caja que puede ser visto en la siguiente tabla. Con base en este flujo de caja se evaluaron los respectivos indicadores financieros para la toma de la decisión si es o no viable el proyecto.

FLUJO DE CAJA

Periodo	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
= TOTAL INGRESOS x VENTAS	-	-	-	-	-	388,237,500	388,237,500	388,237,500	388,237,500	394,061,063	394,061,063
- Costo Tecnología O&M	-	-	-	-	-	11,965,322	11,965,322	11,965,322	11,965,322	11,965,322	11,965,322
- costo equipos, comunicación O&M	-	-	-	-	-	1,488,000	1,488,000	1,488,000	1,488,000	1,488,000	1,488,000
- Salarios O&M	-	-	-	-	-	56,664,557	56,664,557	56,664,557	56,664,557	57,514,526	57,514,526
= Costos y gastos totales	-	-	-	-	-	70,117,879	70,117,879	70,117,879	70,117,879	70,967,847	70,967,847
= UTILIDAD BRUTA	-	-	-	-	-	318,119,621	318,119,621	318,119,621	318,119,621	323,093,215	323,093,215
- Depreciaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	291,672,683	-	-
= UAII	-	-	-	-	-	318,119,621	318,119,621	318,119,621	26,446,938	323,093,215	323,093,215
= UAI	-	-	-	-	-	318,119,621	318,119,621	318,119,621	26,446,938	323,093,215	323,093,215
- IMPUESTOS (renta)	-	-	-	-	-	104,979,475	104,979,475	104,979,475	8,727,489	106,620,761	106,620,761
- REGALÍAS	-	-	-	-	-	8,484,263	8,484,263	8,484,263	8,484,263	8,587,110	8,587,110
- IVA	-	-	-	-	-	34,356,919	34,356,919	34,356,919	2,856,269	34,894,067	34,894,067
- 4x1000	-	-	-	-	-	16,224,101	16,224,101	16,224,101	1,348,794	16,477,754	16,477,754
- ICA	-	-	-	-	-	14,315,383	14,315,383	14,315,383	1,190,112	14,539,195	14,539,195
= TOTAL IMPUESTOS	-	-	-	-	-	178,360,141	178,360,141	178,360,141	22,606,928	181,118,887	181,118,887
= UTILIDAD NETA	-	-	-	-	-	139,759,480	139,759,480	139,759,480	3,840,010	141,974,329	141,974,329
+ Depreciación	-	-	-	-	-	-	-	-	291,672,683	-	-
- Inversión Activos	233,338,147	233,338,147	233,338,147	233,338,147	233,338,147	-	-	-	-	-	-
= F. DE C. NETO	(233,338,147)	(233,338,147)	(233,338,147)	(233,338,147)	(233,338,147)	139,759,480	139,759,480	139,759,480	295,512,693	141,974,329	141,974,329
Periodo	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	

=	TOTAL INGRESOS x VENTAS	394,061,063	394,061,063	399,971,978	399,971,978	399,971,978	399,971,978	405,971,558	405,971,558	405,971,558	405,971,558
-	Costo Tecnología O&M	11,965,322	11,965,322	11,965,322	11,965,322	11,965,322	11,965,322	11,965,322	11,965,322	11,965,322	11,965,322
-	costo equipos, comunicación O&M	1,488,000	1,488,000	1,488,000	1,488,000	1,488,000	1,488,000	1,488,000	1,488,000	1,488,000	1,488,000
-	Salarios O&M	57,514,526	57,514,526	58,377,243	58,377,243	58,377,243	58,377,243	59,252,902	59,252,902	59,252,902	59,252,902
=	Costos y gastos totales	70,967,847	70,967,847	71,830,565	71,830,565	71,830,565	71,830,565	72,706,224	72,706,224	72,706,224	72,706,224
=	UTILIDAD BRUTA	323,093,215	323,093,215	328,141,413	328,141,413	328,141,413	328,141,413	333,265,334	333,265,334	333,265,334	333,265,334
-	Depreciaciones	-	291,672,683	-	-	-	291,672,683	-	-	-	291,672,683
=	UAI	323,093,215	31,420,532	328,141,413	328,141,413	328,141,413	36,468,730	333,265,334	333,265,334	333,265,334	41,592,651
=	UAI	323,093,215	31,420,532	328,141,413	328,141,413	328,141,413	36,468,730	333,265,334	333,265,334	333,265,334	41,592,651
-	IMPUESTOS (renta)	106,620,761	10,368,776	108,286,666	108,286,666	108,286,666	12,034,681	109,977,560	109,977,560	109,977,560	13,725,575
-	REGALÍAS	8,587,110	8,587,110	8,691,498	8,691,498	8,691,498	8,691,498	8,797,453	8,797,453	8,797,453	8,797,453
-	IVA	34,894,067	3,393,417	35,439,273	35,439,273	35,439,273	3,938,623	35,992,656	35,992,656	35,992,656	4,492,006
-	4x1000	16,477,754	1,602,447	16,735,212	16,735,212	16,735,212	1,859,905	16,996,532	16,996,532	16,996,532	2,121,225
-	ICA	14,539,195	1,413,924	14,766,364	14,766,364	14,766,364	1,641,093	14,996,940	14,996,940	14,996,940	1,871,669
=	TOTAL IMPUESTOS	181,118,887	25,365,674	183,919,013	183,919,013	183,919,013	28,165,800	186,761,142	186,761,142	186,761,142	31,007,929
=	UTILIDAD NETA	141,974,329	6,054,858	144,222,400	144,222,400	144,222,400	8,302,930	146,504,193	146,504,193	146,504,193	10,584,722
+	Depreciación	-	291,672,683	-	-	-	291,672,683	-	-	-	291,672,683
=	F. DE C. NETO	141,974,329	297,727,542	144,222,400	144,222,400	144,222,400	299,975,613	146,504,193	146,504,193	146,504,193	302,257,406

Tabla 25. Flujo de caja del proyecto

Fuente: elaboración propia.

7.5.1 Evaluación de indicadores financieros

A partir del flujo de caja expuesto, el resultado para los diferentes indicadores se puede apreciar a continuación.

Tabla 26. Indicadores financieros

Indicador	Valor
VPN	\$1,200,026,503
TIR	9.57% ET
TVR	5.36% ET
CAUE	\$ 71,886,669
RBC	1.3076
PRI	Q13
PRID	Q13

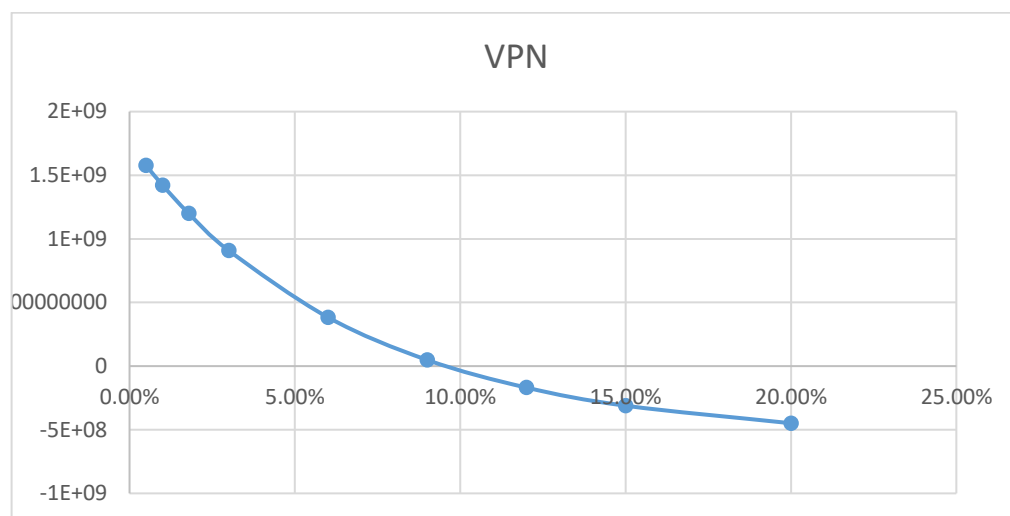
Fuente: elaboración propia.

7.5.5.1 VPN – Valor Presente Neto

Diez Benjumea & Gómez Salazar (2015) argumentan que el VPN indica si hay ganancia o no para el momento cero del proyecto. En este caso habría una reducción significativa de costos. En el primer periodo o trimestre, el proyecto reflejaría COP 1.200 millones en reducción de costos, con un costo de capital de 7,34% EA, es decir, el proyecto generaría más efectivo o reducción de costo como un beneficio para el accionista, que en este escenario es la compañía.

Al validar su variación respecto a cambios en la tasa de descuento (WACC), vemos que este sería negativo con una tasa cercana al 10% ET o, lo que es lo mismo, 46,41% EA, y en la actualidad ningún proyecto o inversión generaría tanta rentabilidad.

Figura 17. Comportamiento VPN respecto al WACC



Fuente: elaboración propia.

7.5.1.2 TIR – Tasa Interna de Retorno

Diez Benjumea & Gómez Salazar (2015) señalan que la TIR es el indicador de rentabilidad de un proyecto y, en términos generales, pudiese reflejar el costo de oportunidad del inversionista. En este caso, la TIR representa más de cinco veces el costo de capital o tasa de descuento, es decir, se trata de un proyecto rentable.

7.5.1.3 TVR – Tasa Verdadera de Rentabilidad

Esta tasa, también denominada TIRM (Tasa Interna de Retorno Modificada), representa una medida de la rentabilidad de un proyecto, en tanto se compara respecto a una tasa de oportunidad, que para el caso de estudio es la tasa de descuento o WACC. Así, la TVR está por encima del 1.79% ET, significando que el

proyecto es altamente rentable, pues se encuentra por encima del posible costo de oportunidad esperado por la compañía.

7.5.1.4 CAUE – Costo Anual Uniforme Equivalente

Dado que el valor es positivo, este se convierte automáticamente en realidad en un BAUE (Beneficio Anual Uniforme Equivalente), indicando que, al validar todas las entradas y salidas del proyecto, o los ingresos o beneficios respecto a los egresos en el periodo 1, son mayores los beneficios, lo cual permite concluir que el proyecto será exitoso.

7.5.1.5 RBC – Relación Beneficio Costo

Para este indicador, Díez Benjumea & Gómez Salazar (2015) afirman que es el resultado o comparación entre los ingresos y los egresos, traídos ambos a valor presente. Para este caso, refleja una clara identificación: ingresos son mayores que los egresos, en proporción de 1,3 veces, lo cual es un resultando atractivo para una definición de la oportunidad de inversión en este proyecto.

7.5.1.6 PRI y PRID – Periodo de Recuperación de la Inversión y Descontado

Estos indicadores nos representan el periodo en el cual se recupera la inversión. La diferencia entre el PRI y el PRID es que el segundo tiene en cuenta el valor de dinero en el tiempo, por lo que resulta un poco más confiable. Para el caso del proyecto en estudio, ambos indicadores indican que el dinero se recupera en el periodo 13 (Q13), lo cual es un buen indicador, por cuanto la inversión con sus respectivos costos de operación y mantenimiento estarían cubiertos antes de terminar el segundo año de operación, es decir, más de la mitad del tiempo de operación representaría beneficios o ahorros completos para la compañía.

Figura 18. Comportamiento de flujo de caja respecto a los períodos



Fuente: elaboración propia.

Es importante resaltar que, hasta el momento, la evaluación financiera sigue un modelo determinístico, y que al revisar en conjunto todos los indicadores propuestos se puede concluir que el proyecto es desarrollable, y ejecutable, ya que arrojará resultados positivos para el inversionista.

Sin embargo, para contar con criterios adicionales, se planteó un modelo probabilístico en el que se tuvieron presentes los riesgos a los que puede estar sometido el proyecto y, así mismo, cómo estos pueden alterar los indicadores financieros.

7.5.2 Estudio de riesgos

Como menciona el PMI (2013), todo proyecto debe contar con un análisis de riesgos que permita contar con mayores argumentos para tomar las respectivas decisiones. El riesgo de un proyecto es un evento o condición incierta que, de producirse, tiene

un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto, tales como el alcance, el cronograma, el costo y la calidad (PMI, 2013).

En consecuencia, para la identificación de los riesgos se usó las preguntas 14 y 20 de los instrumentos componente usuarios y clientes, y componente técnico, respectivamente; y la consulta con expertos en temas informáticos de la compañía. En la siguiente tabla se encuentra el resultado de la identificación de estos riesgos, así como la respectiva medición e impacto de estos.

Riesgos	Valor total del impacto	Observación	Probabilidad		% Probabilidad por periodo	Impacto sustento	Impacto
Mayor tasa de impuestos	Valor máximo será del 15% de impuesto adicional	Más probable en el primer año del desarrollo del proyecto, es decir, cuando se está implementando	80%	En primer año	4.20%	Si ocurre, se daría en el costo de la inversión. (\$1166690734)	\$ 175,003,610
Deuda para la ejecución del proyecto	Valor máximo será del 60% de la inversión	Más probable en el primer año del desarrollo del proyecto, es decir, cuando se está implementando	50%	En primer año	2.63%	Si ocurre, se daría en el costo de la inversión. (\$1166690734), que según la tasa definida que es 7.42%ES (SOFR+210pb) o el 3.64362%ET. El impacto básicamente serían los intereses a pagar por la deuda.	\$ 216,061,553
Fallo en el desarrollo de la herramienta	Según expertos los fallos en la etapa de desarrollo pueden ser hasta de un 40%	Se daría en la etapa de desarrollo, es decir, durante, dos de los periodos o trimestres.	30%	3Q y 4Q	3.15%	Estaría asociado a la etapa de desarrollo que tiene un costo de 456624900	\$ 136,987,470
Falta de integración con los sistemas existentes	Según expertos los fallos en la etapa de implementación pueden ser hasta de un 30%	Se daría en la etapa de pruebas, despliegue y estabilización, es decir, durante, uno de los periodos o trimestre.	25%	5Q	5.25%	Estaría asociado a la etapa de pruebas, despliegue y estabilización que tiene un costo de 228312450	\$ 57,078,113
Problemas de ciberseguridad	Según expertos los fallos en la etapa de implementación pueden ser hasta de un 30%	Se daría en la etapa de pruebas, despliegue y estabilización, es decir, durante, uno de los periodos o trimestre.	25%	5Q	5.25%	Estaría asociado a la etapa de pruebas, despliegue y estabilización que tiene un costo de 228312450	\$ 57,078,113
Cambios en los requisitos	Según expertos los fallos en la etapa de conceptualización e implementación (requerimientos) pueden ser hasta de un 80%	Se daría en las etapas de en la etapa de conceptualización e implementación (requerimientos), en los dos primeros periodos o trimestres.	50%	1Q y 2Q	5.25%	Estaría asociado a las etapas de conceptualización e implementación (requerimientos) que tienen un costo de 221994150	\$ 110,997,075

Riesgos	Valor total del impacto	Observación	Probabilidad		% Probabilidad por periodo	Impacto sustento	Impacto
Fallos en la comunicación	Según los expertos esto es muy probable, y es susceptible de ocurrir en cualquiera de las etapas del proyecto, antes de O&M con una probabilidad media del 70%	Se puede dar en cualquiera de las etapas, por consiguiente, puede ocurrir en los primeros 5 periodos o trimestres	10%	1Q, 2Q, 3Q, 4Q y 5Q	0.42%	Al estar asociado a toda la etapa de implementación, pero que estaría reflejado principalmente en la definición de criterios (Conceptualización) e implementación (\$830827350)	\$ 83,082,735
No usabilidad de la herramienta	Esto suele suceder cuando no hay una debida gestión del cambio, y llega a tener una ocurrencia de hasta el 30%	Se daría en la etapa de O&M, es decir, en los 16 periodos restantes.	15%	6Q al 21Q	0.20%	Asociado a la etapa de O&M el costo sería de 277121886	\$ 41,568,283
Eventos Externos	Cualquier evento externo que genere demoras en el desarrollo del proyecto, en su ejecución o en su O&M, que suele ser hasta de un 20% de probabilidad	Pueden ocurrir durante cualquier momento del proyecto	10%	1Q al 21Q	0.10%	Asociado a todo el costo del proyecto, sin embargo, con mayor posibilidad de ocurrencia durante O&M. 277121886	\$ 27,712,189
Situaciones éticas por posible discriminación	Dificultad de ingreso en el futuro o presente por parte de posibles colaboradores que puedan tener algún tipo de dificultad, generando en últimas un problema de discriminación.	Pueden ocurrir durante los primeros periodos de O&M	10%	6Q y 7Q	1.05%	Asociado a los costos de los primeros periodos de operación y mantenimiento. 69280471	\$ 13,856,094
Reputacional	Dado que será una herramienta que utilizarán también contratistas, puede generar este tipo de riesgos, por cuanto los contratistas comienzan	Puede ocurrir en cualquier momento durante O&M.	5%	6Q al 21Q	0.07%	Asociado a todo el costo del proyecto, sin embargo, con mayor posibilidad de ocurrencia durante O&M. 277121886	\$ 13,856,094

Riesgos	Valor total del impacto	Observación	Probabilidad		% Probabilidad por periodo	Impacto sustento	Impacto
	a quejarse de los sistemas de la compañía, trascendiendo a otros espacios más públicos.						

Tabla 27. Identificación de riesgos. Fuente: elaboración propia.

A partir de los riesgos, y con el fin de evaluar los posibles impactos dentro del desarrollo del proyecto, se usó la herramienta @RISK, planteando inicialmente los riesgos e impactos en el proyecto y, posteriormente, la evaluación a través de las matrices de probabilidades, frecuencias, impacto probable (severidad) e impacto de ocurrencia.

Tabla 28. Impactos de los riesgos identificados

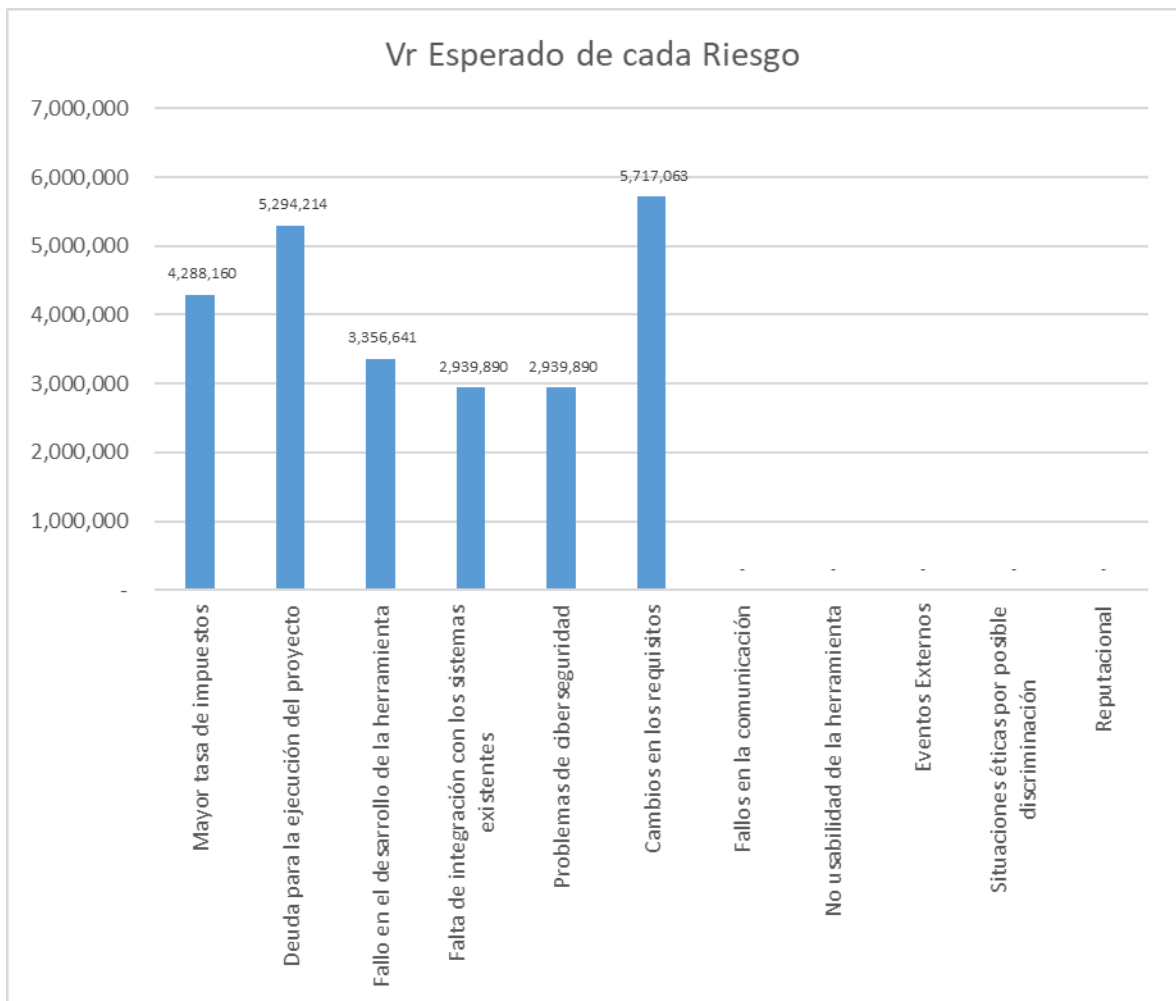
	Pi	10%	Medio	10%	Xi	Pi*Xi
Evento	Probabilidad por año	Impacto si ocurre Min (Mill \$)	Impacto si ocurre (Mill \$)	Impacto si ocurre Max (Mill \$)	Impacto Probable	Impacto Medio
Mayor tasa de impuestos	4.2%	158	175	193	175	7.35
Deuda para la ejecución del proyecto	2.6%	194	216	238	216	5.67
Fallo en el desarrollo de la herramienta	3.2%	123	137	151	137	4.32
Falta de integración con los sistemas existentes	5.3%	51	57	63	57	3.00
Problemas de ciberseguridad	5.3%	51	57	63	57	3.00
Cambios en los requisitos	5.3%	100	111	122	111	5.83
Fallos en la comunicación	0.4%	75	83	91	83	0.35
No usabilidad de la herramienta	0.2%	37	42	46	42	0.08
Eventos Externos	0.1%	25	28	30	28	0.03
Situaciones éticas por posible discriminación	1.1%	12	14	15	14	0.15
Reputacional	0.1%	12	14	15	14	0.01
Totales		840	933	1,027	933	29.77

Fuente: elaboración propia.

Para obtener las matrices de impacto probable mencionadas, y del impacto si ocurre, se realizó una simulación tipo Montecarlo, con diez mil iteraciones, para evaluar el VPN del proyecto con los posibles impactos de los riesgos identificados. Inicialmente, se analizó la participación de los riesgos, dentro de lo que sería el valor esperado de los riesgos como un todo, por lo cual se evidencia que, de los 11

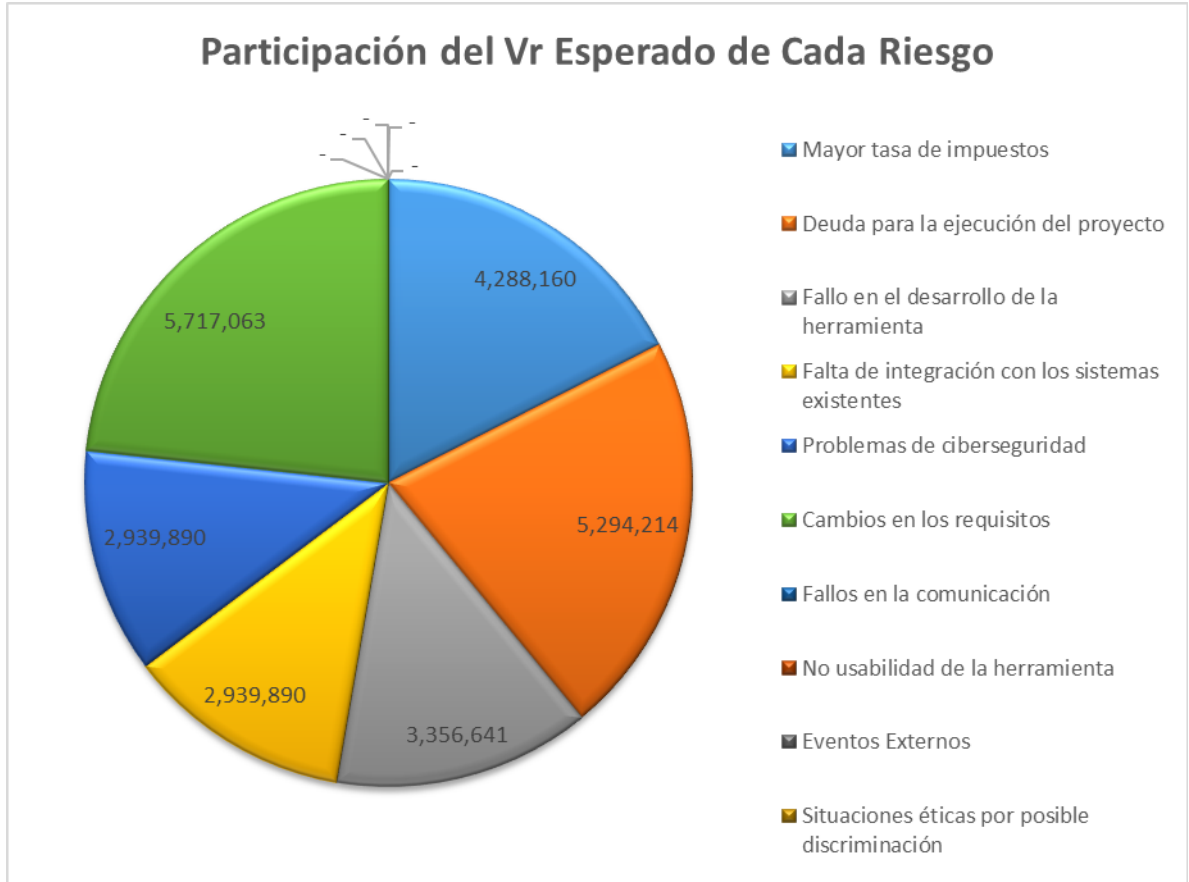
riesgos identificados y evaluados, los que más impacto representan son los siguientes: mayor tasa de impuestos, deuda para la ejecución del proyecto, fallo de integración con los sistemas existentes, problemas de ciberseguridad, y cambios en los requisitos.

Figura 19. Comportamiento VPN esperado de cada riesgo



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Participación de cada riesgo



Fuente: elaboración propia.

A partir del análisis en cuanto a participación de cada riesgo, y mediante las simulaciones Montecarlo, se evalúan las matrices de impacto probable, e impacto si ocurre, para obtener los siguientes resultados (Tabla 29).

Tabla 29. Resultados financieros

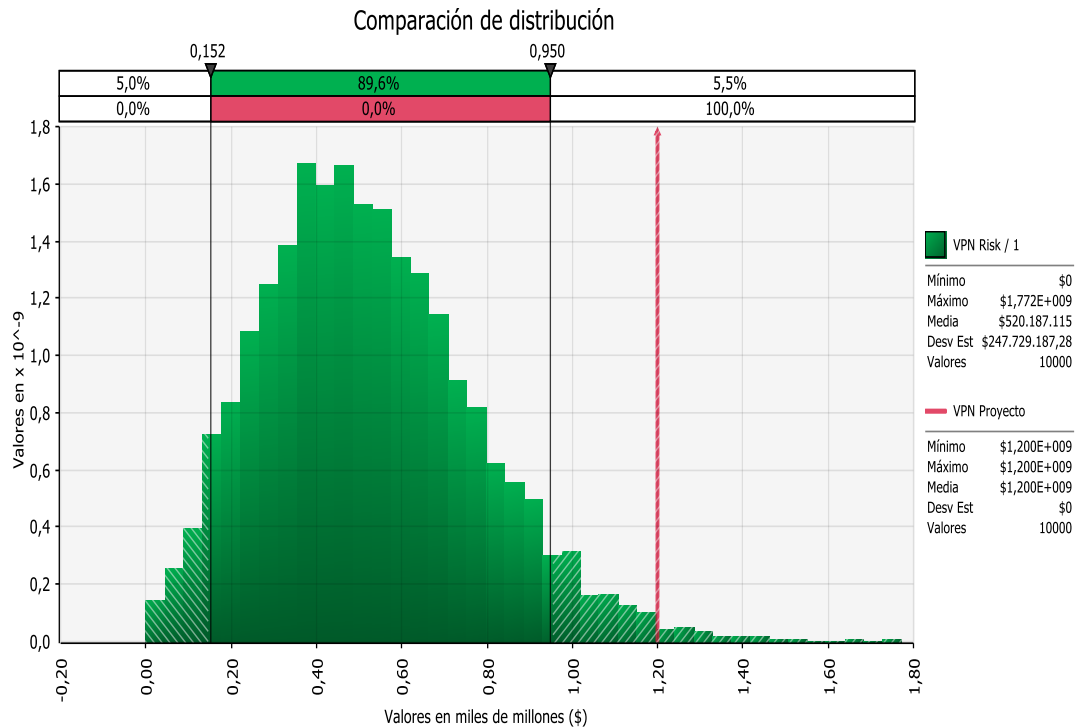
Variable	Valor
TIO (Tasa de Interés de Oportunidad) = WACC	1.79%

Variable	Valor
VERI (Valor esperado de los riesgos) – VPN Riesgos	\$ 24,535,858
VPN Proyecto	\$ 1,200,026,503
VPN Real	\$ 1,175,490,646
RRV (Relación Riesgo VPN)	2.04%
VPN libre de Riesgo	97.96%

Fuente: elaboración propia.

Así, al validar el resultado obtenido de la media probabilística del VPN de los riesgos, estos no significan un impacto representativo. Incluso, la probabilidad de que la media del VPN de los riesgos sea mayor que el VPN del proyecto es cero, como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 21. Comparación entre VPN de riesgos y VPN de proyecto



Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, al realizar la evaluación de la relación riesgo-VPN, ligeramente sobrepasa el 2%, lo cual indica que el VPN, en caso de que se materialice algún riesgo, no disminuirá más allá del 98%, respecto al VPN evaluado durante la etapa del estudio financiero.

8. CONCLUSIONES

Como principal conclusión, el proyecto, a partir de los datos disponibles y de su procesamiento, es viable para su ejecución, ya que, como se evidenció mediante los indicadores financieros y su validación con base en el modelo probabilístico, aún con la materialización de riesgos, el VPN se ve afectado en máximo 2%. A la par, no es necesaria la aplicación o generación de medidas para mitigar, reducir o eliminar los riesgos, puesto que, en su estado natural, de llegar a ocurrir, incluso si ocurren todos, no impactarán significativamente el VPN del proyecto.

Con el desarrollo de la aplicación se evidenciará un notorio beneficio en términos de la reducción de costos, asociados a la realización de controles de calidad. Además, teniendo presente que se podrá realizar el control de calidad al 100% de las actas que genera el área de Tierras, mejorará la precisión del control y la satisfacción de los clientes, pues podrán contar con más información de calidad y oportuna para la respectiva toma de decisiones.

Es esencial la captura de todos los requerimientos y supuestos en las etapas de conceptualización y definición, al igual que todo el componente de comunicación, ya que en el segmento de la evaluación de riesgos pueden generarse impactos financieros, en tanto de estos depende en gran medida el cumplimiento en alcance y costo del proyecto.

A partir de esta investigación, con base en el análisis de la bibliografía utilizada, y en función de lo indicado por los expertos consultados, el beneficio de este tipo de proyectos no se logra a partir del uso de una única tecnología, sino, por el contrario, a partir de la combinación de varias tecnologías. Para este caso, tres, situación que repercute innegablemente en unos mayores costos tanto en etapa de implementación como en etapa de operación y mantenimiento.

9. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar validaciones adicionales en torno al componente del recurso humano, especialmente en lo asociado al componente técnico, ya que en la actualidad este tipo de perfiles son más complejos de conseguir y generan posiblemente mayores costos en las etapas de desarrollo.

De igual modo, se recomienda mejorar el componente de evaluación de los impactos ambientales, conforme se cuente con más información y mecanismos para la medición de la huella de carbono relacionada a este tipo de proyectos, ya que se producirá a partir del almacenamiento en centros de datos de otras compañías, en otros lugares del mundo diferentes al sitio donde se usan.

10. REFERENCIAS

- Agencia Bloomberg (2022). *Hay cada vez más emisiones derivadas de servicios en la nube*. El Espectador. https://www.elespectador.com/tecnologia/hay-cada-vez-mas-emisiones-derivadas-de-servicios-en-la-nube/#amp_tf=De%20%251%24s&aoh=16690032289879&csi=0&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com&share=https%3A%2F%2Fwww.elespectador.com%2Ftecnologia%2Fhay-cada-vez-mas-emisiones-derivadas-de-servicios-en-la-nube%2F
- Alarcón Solís, M. E. (2020). *Uso de sistemas web y móviles basados en la tecnología cliente-servidor para gestiones operativas* [Tesis de grado]. Universidad Estatal de Milagro. <https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/5560/1/ALARCON%20SOLIS%20MARIO.pdf>
- Al-Sabaei, A. M., Alhussian, H., Abdulkadir, S. J., & Jagadeesh, A. (2023). Prediction of oil and gas pipeline failures through machine learning approaches: A systematic review. *Energy Reports*, 10, 1313-1338. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.08.009>
- Amador-Mercado, C. Y. (2022). El análisis PESTEL. *UNO Sapiens Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 1*, 4(8). <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa1/issue/archive>
- Armas, M. (s.f.). *Ciclo de vida - Fases del proyecto*. Líder de proyecto. https://www.liderdeproyecto.com/manual/ciclo_de_vida.html
- Axmann, B., & Harmoko, H. (2022). Process & Software Selection for Robotic Process Automation (RPA). *Technical Journal / Tehnicki Glasnik*, 16(3), 412-419. <https://ezproxy.eafit.edu.co/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iib&AN=157643767&lang=es&site=eds-live&scope=site>

- Behrens, W., & Hawranek, P. M. (1994). *Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial*. ONUDI. <http://digitallibrary.un.org/record/194696>
- Bnamericas (2023). *Turbulencia política y social afecta actividad perforatoria en Colombia*. Bnamericas. <https://www.bnamericas.com/es/noticias/turbulencia-politica-y-social-afecta-actividad-perforatoria-en-colombia>
- Brown, J. S., & Duguid, P. (2000). *The Social Life Of Information*. Harvard Business Review Press.
- Bueno Cadena, A., Ramírez Vega, L. A., & López Hernández, O. J. (2021). *El rol del sector hidrocarburos en la transición energética*. [Trabajo de grado de maestría. Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/51024>
- Cabrera Dueñas, R. E. (2018). *Análisis de las estrategias de competitividad en el sector de hidrocarburos durante la crisis 2014, 2015, 2016 en Colombia* [Trabajo de grado]. Fundación Universidad de América. <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6892>
- Carper, F. (2012). *¿Qué es la tecnología? Definición de herramienta tecnológica y un ejemplo*. Felicia Carper. <https://feliciacarper.wordpress.com/2012/07/03/Que-Es-La-Tecnologia-Definicion-de-Herramienta-Tecnologica-y-Un-Ejemplo/>.
- Carrascal, A. M., Quintero, D. V., & Trillos, R. A. B. (2021). Herramientas tecnológicas en micro, pequeñas y medianas empresas colombianas: Una necesidad estratégica frente al Covid-19. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(número especial 4), 61-75. <https://ezproxy.eafit.edu.co/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdoj&AN=edsdoj.1482209471f34ff9bef782b74edea685&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Chacón Cruz, T. P., & Riaño Amaya, C. A. (2020). *Análisis del sector petrolero en Colombia, carga tributaria y comparación con Perú, México y Ecuador* [Trabajo

- de grado]. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/10929/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chapm, A. (2004). *Análisis DOFA y análisis PESTEL*. Eduardo Leyton.
www.eduardoleyton.com
- Chevron (2022). *Responsabilidad social y ambiental de la industria de hidrocarburos*. Sostenibilidad: Energía Renovable 2022.
<https://amchamcolombia.co/business-mail/ed-178-sostenibilidad-2022/responsabilidad-social-y-ambiental-de-la-industria-de-hidrocarburos/>
- Constanza, M., Rodríguez, C., Rozo Rodríguez, D., & Rozo Rodríguez, D. (2009). El concepto de calidad: Historia, evolución e importancia para la competitividad. *Revista de la Universidad de La Salle*, 2009, 80-99.
<https://ciencia.lasalle.edu.co/ruls>
- Coronado Rojas, G. (2012). *Incidencia de las nuevas tecnologías en el proceso jurisdiccional* [Trabajo de grado]. Universidad de Costa Rica.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2023). Producto Interno Bruto (PIB) nacional trimestral. DANE.
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales/pib-informacion-tecnica>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2015). *Manual conceptual de la Metodología General Ajustada (MGA)*. DNP.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2021). *CONPES 4069*. DNP.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4069.pdf>
- Díaz Muñoz, G. A., Alfredo, D., & Duque, S. (2021). La calidad como herramienta estratégica para la gestión empresarial. *Podium*, (39), 19-36.
<https://revistas.uees.edu.ec/index.php/Podium/article/view/547/539>

- Diez Benjumea, J. M., & Gómez Salazar, E. A. (2015). *Evaluación financiera de proyectos*. Everand.
- El Nuevo Siglo (2023). *Lo que “quita el sueño” a las petroleras en Colombia*. El Nuevo Siglo. <https://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/01-23-2023-inseguridad-mas-impuestos-e-incertidumbre-por-nuevos-contratos-agobian>
- Fernández Fernández, J. M. (1989). Planificación de proyectos orientada a objetivos: El método Zoop. *Cuadernos de Trabajo Social*, 2, 115.
- González, J. H. (2022). *“Relaciones y Conflictos Sociales en clave de Extractivismo”. Un Análisis desde la Institucionalidad Colombiana* [Trabajo de grado]-Universidad Nacional Abierta y a Distancia. https://www.researchgate.net/profile/Jairo-Gonzalez-Aguilera/publication/360070154_Relaciones_y_Conflictos_Sociales_en_clave_de_ExtractivismoUn_Analisis_desde_la_Institucionalidad_Colombiana/links/62601e42ee24725b3eb87e5a/Relaciones-y-Conflictos-Sociales-en-clave-de-ExtractivismoUn-Analisis-desde-la-Institucionalidad-Colombiana.pdf
- Grosman, J. S., Furtado, P. H. T., Rodrigues, A. M. B., Schardong, G. G., Barbosa, S. D. J., & Lopes, H. C. V. (2020). Eras: Improving the quality control in the annotation process for Natural Language Processing tasks. *Information Systems*, 93, 101553. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.is.2020.101553>
- Hajizadeh, Y. (2019). Machine Learning in Oil and Gas; a SWOT Analysis Approach. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 176, 661-663. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.01.113>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1991). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill. https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf

- Husen, S. N., & Latif, I. S. (2022). *Quality Control* [Trabajo de grado]. Salahaddin University-Erbil.
- International Organization for Standardization (ISO) (2015). ISO 9000:2015. ISO. <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>. ISO.
- Invamer (2023). *Ficha técnica*. Invamer. <https://img.lalr.co/cms/2023/03/01143436/043400230000-INVAMER-POLL-153-VF.pdf>
- Kirschner, P. A., & Karpinski, A. C. (2010). Facebook® and Academic Performance. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1237-1245. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.03.024>
- Kovix (2023). *El recorrido del desarrollo de software: desde la idea hasta su implementación* [Publicación]. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/el-recorrido-del-desarrollo-de-software-desde-la-idea-hasta-su-implementaci%C3%B3n/?originalSubdomain=es>
- La República (2023). *El petróleo dejó \$18,16 billones en impuestos el año pasado, representó 1,3% del PIB*. La República. <https://www.larepublica.co/economia/el-petroleo-dejo-18-16-billones-en-impuestos-el-ano-pasado-represento-1-3-del-pib-3527174>
- Lara, P., Sánchez, M., & Villalobos, J. (2020). Enterprise Modeling and Operational Technologies (OT) Application in the Oil and Gas Industry. *Journal of Industrial Information Integration*, 19, 100160. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100160>
- López Salas, S. (2020). *Atención al cliente, consumidor y usuario*. S. A. Ediciones Paraninfo. <https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=jpzODwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=diferencia+usuario+y+cliente+en+tecnologia&ots=2JXZGK0BDV&sig=P4qnZCMMYVicGH->

pTagw7ugkMEs&redir_esc=y#v=onepage&q=diferencia%20usuario%20y%20cliente%20en%20tecnologia&f=false

Lu, H., Huang, K., Azimi, M., & Guo, L. (2019). Blockchain Technology in the Oil and Gas Industry: A Review of Applications, Opportunities, Challenges, and Risks. *IEEE Access*, 7, 41426-41444. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2907695>

Ministerio de Relaciones Exteriores (2023). *Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI)*. Ministerio de Relaciones Exteriores. <https://www.cancilleria.gov.co/international/multilateral/united-nations/unido>

Ministerio de Salud y Protección Social (2010). *Ficha técnica de la encuesta*. Ministerio de Salud y Protección Social. https://www.minsalud.gov.co/Documents/Ficha%20T%C3%A9cnica_Encuestas%20TyS.pdf

Mintzberg, H., Quinn, J. B., & Voyer, J. (1997). *El proceso estratégico. Conceptos, contextos y casos*. Pearson Educación.

Mohammadpoor, M., & Torabi, F. (2020). Big Data Analytics in Oil and Gas Industry: An Emerging Trend. *Petroleum*, 6(4), 321-328. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.petlm.2018.11.001>

Montañez Ballen, M. (2019). *¿La Ley SOX permite a través del diseño de un modelo de auditoría mejorar el sistema de control interno en la empresa ABC?* [Trabajo de grado]. Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/34902/Monta%c3%b1ezBallenMaureen2019.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Navarro Sarmiento, M. X. (2023). *Sostenibilidad del sector de hidrocarburos en Colombia* [Trabajo de grado de maestría]. Universidad Pontificia Bolivariana. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/10603/Sostenibilidad%20del%20sector%20de%20hidrocarburos%20en%20Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Nentwich, C. (2022). Now is The Time to Conquer the Last Mile to Full Data Automation. *Journal of Securities Operations & Custody*, 14(4), 329-341. <https://ezproxy.eafit.edu.co/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=160022235&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Norman, D. (2013). *The Design Of Every Things*. Basics Books.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2015). *La serie "Mejores políticas" de la OCDE*. OCDE. <http://www.oecd.org/about/publishing/>
- Ortiz Amador, W. J., Sánchez Farieta, D. A., & Vargas Pinzón, J. D. (2021). Estrategia y prospectiva: un caso de estudio de una empresa del sector hidrocarburos en Colombia. En J. Arias, N. Caviedes, I. Tronconis, & G. Torcoroma (Eds.), *Investigación y espíritu empresarial: Reflexiones sobre ciencias administrativas* (pp. 171–182). Politécnico Grancolombiano. https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/6488/investigaci%C3%B3n%20y%20esp%C3%adritu%20empresarial_web.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Pacheco Espijel, A., & Cruz Estrada, M. C. (2006). *Metodología crítica de la investigación*. Compañía Editorial Continental.
- Páramo Bernal, P. (2017). *La investigación en ciencias sociales: Técnicas de recolección de la información*. Universidad Piloto de Colombia. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9VB1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=instrumentos+o+tecnicas+de+recolecci%C3%B3n+en+investigaci%C3%B3n&ots=ncjJ8INAJB&sig=c5wuTPDPFGAmEhcoFWnzFkN8oNE#v=onepage&q=instrumentos%20o%20tecnicas%20de%20recolecci%C3%B3n%20en%20investigaci%C3%B3n&f=false>
- Parrondo, L. (2020). *El impacto de la transformación digital en la industria de Oil & Gas en la Argentina* [Trabajo de grado]. Universidad de San Andrés.

<https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/bitstream/10908/18776/1/%5BP%5D%5BW%5D%20T.%20L.%20Adm.%20Parrondo,%20Luc%C3%ADa.pdf>

Peralta Arboleda, B. A. (2020). *Desarrollo de una red neuronal artificial para la predicción de la tendencia corrosiva e incrustante en tuberías de producción de petróleo* [Trabajo de grado]. Escuela Politécnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20837/1/CD%2010361.pdf>

Project Management Institute (PMI) (2013). *Project Management Body of Knowledge*. PMI.

PMOInformatica (2014). *Plantilla de caso de uso*. PMOInformatica. <http://www.pmoinformatica.com/2014/07/plantilla-de-casos-de-uso.html>

Portafolio (2021). *Sin petróleo, economía se contraería 3,3 %: ¿Qué tan viable es?* Portafolio. <https://www.portafolio.co/economia/sin-petroleo-colombiana-se-contraeria-3-3-558804>

Quintero, C. (2014). *Metodología ONUDI*. Prezi. https://prezi.com/iiofgmzhrn_n/metodologia-onudi/.

Quintero Reyes, M. D. (2021). *Identificación de beneficios a partir de la implementación de nuevas tendencias tecnológicas digitales en el sector del petróleo y gas colombiano* [Trabajo de grado]. Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/55604>

Ramatullayev, S., Su, S., Rat, C., Maarouf, A., Mihai, M., Mustapha, H., Djanuar, Y., Huang, Q., & Lamia Rouis. (2021). The Intelligent Field Development Plan Through Integrated Cloud Computing and Artificial Intelligence AI Solutions. *Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, Abu Dhabi, UAE*. <https://doi.org/10.2118/208106-MS>

Ravničan, J., Marinko, A., Noveski, G., Kalabakov, S., Jovanović, M., Gazvoda, S., & Gams, M. (2022). A Prestudy of Machine Learning in Industrial Quality Control Pipelines. *Informática*, 46(2), 187-196.

<https://ezproxy.eafit.edu.co/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=157981029&lang=es&site=eds-live&scope=site>

Rechtman, Y. M. (2021). Can Robotic Process Automation Improve Quality Control in Audits? *CPA Journal*, 91(8/9), 69-72. <https://ezproxy.eafit.edu.co/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=152588734&lang=es&site=eds-live&scope=site>

Rojas-Bahamón, M. J., Ie, J. E., Gaitán, C., Felipe Arbeláez-Campillo, D., & Olha Ivanivna, P. (2021). *El conflicto socioambiental por exploración petrolera en el sur de Colombia*. *Revista Notas Históricas y Geográficas*, (28), 184–196. <https://www.revistanotashistoricasygeograficas.cl/index.php/nhyg/article/view/397>

Romero Ortiz, I. J. (2022). *La transformación digital y la gestión empresarial del sector petrolero* [Trabajo de grado]. Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/35444>

Sircar, A., Yadav, K., Rayavarapu, K., Bist, N., & Oza, H. (2021). Application of machine learning and artificial intelligence in oil and gas industry. *Petroleum Research*, 6(4), 379-391. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2021.05.009>

Sliger, M. (2011). *Agile Project Management with Scrum*. PMI. <https://www.pmi.org/learning/library/agile-project-management-scrum-6269>

Tariq, Z., Aljawad, M. S., Hasan, A., Murtaza, M., Mohammed, E., El-Husseiny, A., Alarifi, S. A., Mahmoud, M., & Abdulraheem, A. (2021). A systematic Review of Data Science and Machine Learning Applications to the Oil and Gas Industry. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 11(12), 4339-4374. <https://doi.org/10.1007/s13202-021-01302-2>

Toll, D., Lindgren, I., & Melin, U. (2022). Stakeholder Views of Process Automation as an en-abler of Prioritized Value Ideals in a Swedish MuNicipality. *eJournal of*

- EDemocracy and Open Government*, 14(2), 32-56-56.
<https://doi.org/10.29379/jedem.v14i2.726>
- Vega, M. (2010). *Casos de uso UML*.
<https://lsi2.ugr.es/~mvega/docis/casos%20de%20uso.pdf>
- Wanasinghe, T. R., Gosine, R. G., James, L. A., Mann, G. K. I., Silva, O. de, & Warrarian, P. J. (2020). The Internet of Things in the Oil and Gas Industry: A Systematic Review. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(9), 8654-8673.
<https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2995617>
- Wang, Y., Mäntylä, M. v., Liu, Z., & Markkula, J. (2022). Test Automation Maturity Improves Product Quality—Quantitative Study of Open Source Projects Using Continuous Integration. *Journal of Systems and Software*, 188.
<https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.111259>
- Wrobel, M. (2023, June 19). ¿Qué es el despliegue de software? Definición, alcance y buenas prácticas. Invgate. <https://blog.invgate.com/es/despliegue-de-software>
- Xiong, X., & Feng, Y. (2022). Process Quality Indices: New Metrics for Process Quality Capability with Zero-Loss Baseline. *Total Quality Management and Business Excellence*, 33(9-10), 975-993.
<https://doi.org/10.1080/14783363.2021.1911634>