

Evaluación de las condiciones técnicas y socioambientales utilizadas en el abandono de pozos en algunos campos maduros del Valle Medio del Magdalena Santandereano

Juan Camilo Gualdron Centeno y Andres Felipe Gonzalez Palacio

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero de Petróleos

Director
Oscar Vanegas Angarita
Ingeniero de Petróleos

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físicoquímicas
Escuela de Ingeniería de Petróleos
Ingeniería de Petróleos
Bucaramanga

2025

Dedicatoria

(Por Juan Camilo Gualdron Centeno)

A Dios, por darme la fortaleza y la claridad necesaria para alcanzar esta meta.

A mis padres, Alexander Mayorga Castiblanco y Aurora Centeno Torres, por su amor incondicional, su ejemplo de lucha y su apoyo silencioso pero firme en cada etapa de mi vida.

A mis hermanas, por ser parte esencial de mi historia, por su presencia constante y su respaldo incluso cuando las palabras no alcanzan.

A mi novia, María Fernanda Jerez, por su paciencia, su amor y su compañía sincera durante este proceso. Tu apoyo ha sido un refugio y fuerza en los momentos que más lo necesité.

A mi director de tesis, el profesor Oscar Vanegas Angarita, por su orientación, exigencia académica y compromiso con la verdad, que marcaron profundamente esta investigación.

A todos ustedes, gracias por sostenerme cuando parecía imposible. Esta tesis también es suya.

Tabla de contenido

Introducción.....	18
Planteamiento del problema.....	18
1. Objetivos.....	20
1.1 Objetivo General.....	20
1.2 Objetivos Específicos	20
2. Marco teórico.....	21
2.1 Abandono temporal de pozos.....	22
2.2 Abandono definitivo de pozos	23
2.3 Etapas del proceso de abandono de pozos	24
2.3.1 Evaluación inicial y planificación.....	24
2.3.2 Preparación del pozo.....	24
2.3.3 Colocación de tapones de cemento	25
2.3.4 Corte y remoción de la infraestructura superficial.....	25
2.3.5 Monitoreo y reporte final.....	25
3. Análisis normativo.....	26
3.1 Resolución 18-1495 de 2009	27
3.1.1 Objetivo y alcance	27
3.1.1.1 Aspectos técnicos relevantes	27
3.1.1.2 Aspectos ambientales y sociales	28
3.1.1.3 Limitaciones identificadas	28
3.2 Análisis de la resolución 90341 de 2014	29
3.2.1 Objetivo y alcance	29
3.2.2 Aspectos técnicos relevantes	29

3.2.3	Avance respecto a la resolución 18-1495 de 2009.....	30
3.3	Resolución 40230 de 2022.....	30
3.3.1	Objetivo y alcance	30
3.3.2	Aspectos técnicos relevantes	31
3.3.3	Aspectos ambientales y sociales	31
3.3.4	Avance respecto a las resoluciones anteriores	32
3.4	Análisis de la resolución 40622 de 2023.	32
3.4.1	Objetivo y alcance	32
3.4.2	Aspectos técnicos relevantes	33
3.4.3	Aspectos ambientales y sociales	33
3.4.4	Avances respecto a las resoluciones anteriores.....	34
3.4.5	Comparación entre las resoluciones.....	34
3.4.6	Conclusiones parciales del análisis normativo.	39
3.5	Transición al análisis de resultados.....	40
4.	Metodología.....	42
4.1	Diseño de la investigación.	42
4.2	Metodología del trabajo de campo.....	43
5.	Caracterización visual y territorial de los campos evaluados	45
5.1	Mapa general de ubicación	45
5.2	Introducción territorial del Magdalena medio	46
5.3	Presencia histórica de la actividad petrolera en el Magdalena Medio	46
5.4	Presentación por campo	47
5.4.1	Campo Cira-Infantas.....	47
5.4.2	Campo Lisama	49

5.4.3	Campo Nutria.....	50
5.4.4	Campo Provincia Sur	52
5.5	Selección de la muestra.....	54
5.6	Criterios de selección de los pozos evaluados.	55
5.7	Evidencia fotográfica y registro en campo.	55
6.	Criterios de evaluación de los pozos.....	56
6.1	Clasificación de los pozos según el estado de abandono.	57
6.2	Evaluación de cumplimiento normativo.	57
6.3	Limitaciones de estudio: restricción en el acceso a estado mecánicos de los pozos y su impacto en los resultados.	58
6.3.1	Importancia del acceso a los estados mecánicos en la evaluación de pozos abandonados.....	59
6.3.2	Restricciones en el acceso a la información y su impacto en la investigación ...	59
6.3.3	Estrategias adoptadas para mitigar la falta de acceso a información interna.....	62
6.4	Impacto ambiental de los pozos visitados: Relación entre las condiciones observadas y los efectos ambientales documentados en el marco teórico.....	63
6.4.1	Contaminación del agua subterránea y superficial	64
6.1.4.1	Condiciones observadas en campo	64
7.	Capítulo 1	66
7.1	Análisis estadístico de los pozos abandonados.....	66
7.2	Análisis de señalización e identificación de pozos.	67
7.2.1	Campo La Cira-Infantas.....	70
7.2.2	Campo Lisama	71
7.2.3	Campo Nutria.....	72
7.2.4	Campo Provincia Sur	73

7.2.5	Resumen general.....	74
7.3	Análisis de sellado	75
7.3.1	Campo La Cira-Infantas.....	78
7.3.2	Campo Lisama	79
7.3.3	Campo Nutria.....	80
7.3.4	Campo Provincia Sur	81
7.3.5	Resumen general.....	82
7.4	Análisis de restauración ambiental.	83
7.4.1	Campo La Cira Infantas	86
7.4.2	Campo Lisama	87
7.4.3	Campo Nutria.....	88
7.4.4	Campo Provincia Sur	89
7.5	Análisis de riesgos ambientales.	91
7.5.1	Campo La Cira Infantas	94
7.5.2	Campo Lisama	95
7.5.3	Campo Nutria.....	96
7.5.4	Campo Provincia Sur	97
7.5.5	Resumen general.....	98
7.6	Línea de tiempo sustentada	99
7.6.1	Justificación metodológica	100
7.7	Síntesis estadística de las variables analizadas.	101
7.8	Relación entre las condiciones superficiales observadas y el impacto ambiental potencial.....	102
7.9	Conclusiones parciales del análisis estadístico.....	102
8.	Capítulo 2.....	103

8.1	Identificación y descripción de las afectaciones ambientales y sociales	103
8.2	Potencial contaminante de suelos	104
8.3	Impactos sociales y normativos derivados del mal abandono de pozos	109
8.3.1	Hallazgos principales	109
8.3.2	Desplazamiento o reubicación de familias	112
8.3.3	Implicaciones normativas	113
8.3.4	Recomendaciones	114
8.3.5	Conclusión	114
9.	Capítulo 3.....	115
9.1	Propuesta de mejora regulatoria para el abandono de pozos con base en evidencia de campo y criterios técnicos.	115
9.2	Capítulo 1: Consideraciones generales	116
9.3	Propuesta de mejora: adición a las consideraciones generales	116
9.4	Procedimiento técnico sugerido para el montaje de equipo Hidráulico de intervención en pozos abandonados.	117
9.4.1	Paso a paso operativo.....	117
9.5	Propuesta de mejora regulatoria al capítulo 4: abandono definitivo de pozos.	119
9.6	Propuesta de mejora al artículo 33.....	120
9.6.1	Texto sugerido a incluir en el artículo 33.....	120
9.7	Procedimiento técnico para la colocación de tapón de cemento por método balanceado	120
	Paso a paso operativo	121
9.8	Procedimiento técnico para taponamiento con empaque recuperable y prueba de presión.	122
9.8.1	Paso a paso operativo:.....	122
9.9	Propuesta de artículos transversales: trazabilidad, evidencia y control.....	123

9.9.1	Artículo propuesto 1- Registro técnico obligatorio.	124
9.9.2	Artículo propuesto 2 - Evidencia fotográfica mínima.	124
9.9.3	Artículo propuesto 3 - Procedimientos operativos sistematizados.	124
9.9.4	Aplicación práctica y ventajas de la propuesta normativa.	124
9.10	Aplicación en los campos visitados.	125
10.	Conclusiones generales.....	126
11.	Recomendaciones.	127
	Bibliografía.	129
	Apéndices.....	15

Lista de Figuras

Figura 1	<i>Mapa del Valle medio del Magdalena</i>	45
Figura 2	<i>Mapa del campo La Cira Infantas</i>	48
Figura 3	<i>Vegetación en el campo Cira-Infantas</i>	48
Figura 4	<i>Mapa del campo Lisama</i>	49
Figura 5	<i>Vegetación en el campo Lisama</i>	50
Figura 6	<i>Mapa del campo Nutria</i>	51
Figura 7	<i>Vegetación en el campo Nutria</i>	52
Figura 8	<i>Mapa del campo Provincia Sur</i>	53
Figura 9	<i>Vegetación en el campo Provincia Sur</i>	54
Figura 10	<i>Fotografía tomada en el pozo Infantas 39 tomada por autores</i>	68
Figura 11	<i>Fotografía tomada en el pozo Infantas 83 tomada por autores</i>	69
Figura 12	<i>Fotografía tomada en el pozo Santos 3 tomada por autores</i>	69
Figura 13	<i>Estado de señalización de pozos del campo La Cira-Infantas</i>	70
Figura 14	<i>Estado de señalización de pozos del campo Lisama</i>	71
Figura 15	<i>Estado de señalización de pozos del campo Nutria</i>	72

Figura 16	<i>Estado de señalización de pozos del Provincia Sur.</i>	73
Figura 17	<i>Estado general de pozos con y sin señalización adecuada.</i>	74
Figura 18	<i>Fotografía tomada en el pozo Infantas 111 tomada por autores.</i>	76
Figura 19	<i>Fotografía tomada en el pozo Santos 22 tomada por autores.</i>	77
Figura 20	<i>Estado superficial de sellado en pozos del campo La Cira-Infantas.</i>	78
Figura 21	<i>Estado superficial de sellado en pozos del campo Lisama.</i>	79
Figura 22	<i>Estado superficial de sellado en pozos del campo Nutria.</i>	80
Figura 23	<i>Estado superficial de sellado en pozos del campo Provincia Sur.</i>	81
Figura 24	<i>Estado general de sellado superficial en pozos visitados.</i>	82
Figura 25	<i>Fotografía tomada en el pozo Cira Infantas 243 tomada por autores.</i>	84
Figura 26	<i>Fotografía tomada en el pozo Cira Infantas 250 tomada por autores.</i>	84
Figura 27	<i>Fotografía tomada en el pozo Cira Infantas 171 tomada por autores.</i>	85
Figura 28	<i>Estado de restauración ambiental en pozos del campo La Cira Infantas.</i>	86
Figura 29	<i>Estado de restauración ambiental en pozos del campo Lisama.</i>	87
Figura 30	<i>Estado de restauración ambiental en pozos del campo Nutria.</i>	88
Figura 31	<i>Estado de restauración ambiental en pozos del campo Provincia Sur.</i>	89

Figura 32	<i>Estado general de restauración ambiental por campo.</i>	90
Figura 33	<i>Fotografía tomada en el pozo Suerte 43 tomada por autores.</i>	92
Figura 34	<i>Fotografía tomada en el pozo Lisama 158 tomada por autores.</i>	93
Figura 35	<i>Pozos con evidencia superficial de riesgos ambientales en La Cira Infantas.</i>	94
Figura 36	<i>Pozos con evidencia superficial de riesgos ambientales en Lisama.</i>	95
Figura 37	<i>Pozos con evidencia superficial de riesgos ambientales en Nutria.</i>	96
Figura 38	<i>Pozos con evidencia superficial de riesgos ambientales en Provincia Sur.</i> ..	97
Figura 39	<i>Consolidado general de pozos con evidencia de riesgos ambientales.</i>	98
Figura 40	<i>Aceite fluyendo cerca al pozo La Cira Infantas 635.</i>	105
Figura 41	<i>Aceite en paredes rocosas cerca de un caño en el pozo La Cira Infantas 635.</i>	105
Figura 42	<i>Aceite en cuneta cerca al pozo La Cira Infantas 635.</i>	106
Figura 43	<i>Gaviones impregnados de aceite cerca del pozo La Cira Infantas 653.</i>	106
Figura 44	<i>Paredes de la cuneta con aceite a menos cerca del pozo La Cira Infantas</i> <i>653.</i>	107
Figura 45	<i>Contacto con una fuente hídrica cercana del pozo Lisama 26.</i>	107

Figura 46	<i>Presencia de aceite en el pozo Lisama 134.....</i>	108
Figura 47	<i>Presencia de aceite en el pozo Lisama 134.....</i>	108
Figura 48	<i>Pozo infantas 541 en patio de vivienda.....</i>	109
Figura 49	<i>Pozo infantas 424 cerca de canchas</i>	110
Figura 50	<i>Pozo infantas 295 cerca de viviendas</i>	110
Figura 51	<i>Pozo Nutria 16 con 4 líneas de alambre de púa y postes de cemento</i>	111
Figura 52	<i>Locación del pozo santos 64 con gravilla.....</i>	112
Figura 53	<i>Equipo en posición de viaje.</i>	118
Figura 54	<i>Equipo de workover.....</i>	119

Lista de Tablas

Tabla 1	<i>Cuadro comparativo de las resoluciones generado por autores.....</i>	35
Tabla 2	<i>Requisitos de abandono temporal y definitivo según la normativa vigente. .</i>	37
Tabla 3	<i>Obligaciones ambientales y sociales por resolución.</i>	38
Tabla 4	<i>Número de pozos con y sin señalización en La Cira-Infantas.</i>	70
Tabla 5	<i>Número de pozos con y sin señalización en campo Lisama.</i>	71
Tabla 6	<i>Número de pozos con y sin señalización en campo Nutria.</i>	72
Tabla 7	<i>Número de pozos con y sin señalización en campo Provincia Sur.</i>	73
Tabla 8	<i>Consolidado general de pozos con y sin señalización adecuada.</i>	74
Tabla 9	<i>Pozos con evidencia de sellado superficial adecuado en La Cira-Infantas. .</i>	78
Tabla 10	<i>Pozos con evidencia de sellado superficial adecuado en Lisama.....</i>	79
Tabla 11	<i>Pozos con evidencia de sellado superficial adecuado en Nutria.</i>	80
Tabla 12	<i>Pozos con evidencia de sellado superficial adecuado en Provincia Sur.....</i>	81
Tabla 13	<i>Consolidado general de sellado superficial por campo.....</i>	82
Tabla 14	<i>Pozos con y sin evidencia clara de restauración ambiental en La Cira Infantas.</i>	86

Tabla 15	<i>Pozos con y sin evidencia clara de restauración ambiental en Lisama.</i>	87
Tabla 16	<i>Pozos con y sin evidencia clara de restauración ambiental en Nutria.</i>	88
Tabla 17	<i>Pozos con y sin evidencia clara de restauración ambiental en Provincia Sur.</i>	89
Tabla 18	<i>Consolidado general de restauración ambiental por campo.</i>	90
Tabla 19	<i>Pozos con y sin evidencia superficial de riesgos ambientales en La Cira Infantas.</i>	94
Tabla 20	<i>Pozos con y sin evidencia superficial de riesgos ambientales en Lisama. ...</i>	95
Tabla 21	<i>Pozos con y sin evidencia superficial de riesgos ambientales en Nutria.</i>	96
Tabla 22	<i>Pozos con y sin evidencia superficial de riesgos ambientales en Provincia Sur.</i>	97
Tabla 23	<i>Consolidado general de riesgos ambientales por campo.</i>	98
Tabla 24	<i>Línea de tiempo de documentos oficiales de la CAS.</i>	99
Tabla 25	<i>Síntesis estadística de las variables analizadas en los pozos abandonados inspeccionados.</i>	101
Tabla 26	<i>Impactos sociales identificados.</i>	112

Apéndices

Apéndice A. Informes de los pozos y fotografías en campo.

Apéndice B. Formato de características físicas y ambientales de los pozos.

Apéndice C. Cálculo del tamaño mínimo de la muestra de pozos abandonados.

Apéndice D. Resolución 18-1495 de 2009.

Apéndice E. Resolución 90341 de 2014.

Apéndice F. Resolución 40230 de 2022.

Apéndice G. Resolución 40622 de 2023.

Apéndice H. Base de datos de pozos abandonados.

Apéndice I. Informe de gestión ambiental 2020-CAS.

Apéndice J. Informe de verificación del cumplimiento de los objetivos de calidad ambiental.

Apéndice K. Informe de seguimiento a indicadores mínimos-2021.

Apéndice L. Matriz de seguimiento del plan de acción (Reporte cuatrienal marzo 30 de 2025).

Nota: Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS.

Resumen

Título: Evaluación de las condiciones técnicas y socioambientales utilizadas en el abandono de pozos en algunos campos maduros del valle medio del Magdalena Santandereano.

Autores: Juan Camilo Gualdron Centeno, Andrés Felipe Gonzalez Palacio.

Palabras clave: Abandono de pozos, sostenibilidad ambiental, gestión de recursos naturales, monitoreo de pozos.

Descripción: El cierre adecuado de los pozos petroleros abandonados en los últimos años ha cobrado una importancia totalmente fundamental para la sostenibilidad medioambiental y para la salud de las personas en el entorno socioambiental. Por lo que se evalúan las condiciones técnicas y socioambientales del abandono de pozos en el Valle Medio del Magdalena Santandereano, que se contrasta con la Resolución 40622 de 2023 del Ministerio de Minas y Energía de Colombia. En una inspección realizada por nuestro equipo donde se encontró que no se implementó de forma correcta la normatividad en algunos pozos, lo que generó los impactos ambientales y sociales en el entorno y la población, como la contaminación del suelo y el agua, y se concluye que es importante mejorar los procedimientos operativos y la vigilancia del cumplimiento para reducir los riesgos ambientales y la salud de los colectivos.

Abstract

Title: Evaluation of the technical and socio-environmental conditions used in the abandonment of wells in some mature fields in the middle Magdalena Valley of Santander.

Authors: Juan Camilo Gualdron Centeno, Andrés Felipe Gonzalez Palacio.

Keywords: Well abandonment, environmental sustainability, natural resource management, well monitoring.

Description: The proper closure of abandoned oil wells in recent years has become of fundamental importance for environmental sustainability and for the health of people in the socio-environmental setting. Therefore, the technical and socio-environmental conditions of abandoned wells in the Middle Magdalena Valley of Santander are being evaluated, which is contrasted with Resolution 40622 of 2023 of the Colombian Ministry of Mines and Energy. An inspection conducted by our team found that regulations were not properly implemented in some wells, which generated environmental and social impacts on the environment and the population, such as soil and water contamination. It is concluded that it is important to improve operating procedures and compliance monitoring to reduce environmental risks and the health of communities.

1. Introducción

Planteamiento del problema.

La intervención de un pozo petrolero mal abandonado es importante por varias razones: riesgos ambientales, riesgos de seguridad, cumplimiento normativo, responsabilidad del operador y uso futuro del sitio.

La intervención de un pozo petrolero mal abandonado es importante por varias razones: riesgos ambientales, riesgos de seguridad, cumplimiento normativo, responsabilidad del operador y uso futuro del sitio.

Justificación

A lo largo de la vida útil de un yacimiento, este atraviesa diferentes etapas que incluyen las fases de exploración, explotación y producción. Diversas situaciones promueven el declive en la productividad de los pozos, por consiguiente, resulta indispensable iniciar la etapa final o de abandono. Según la resolución 40622 de 2023 la operación de abandono definitivo de un pozo es ejecutada cuando no hay interés de retornar al pozo por parte del operador, esta incluye la ubicación de tapones de cemento y/o mecánicos como barrera primaria y secundaria para aislar formaciones productoras de agua, gas o petróleo, garantizando un sello transversal (revestimiento - cemento - formación -sello litológico). Incluye también el relleno del contrapozo, la instalación del monumento, la placa de abandono, el desmantelamiento de equipos y facilidades de producción, esto último, siempre y cuando en la misma locación no haya otros pozos en operación, así como la limpieza y restauración ambiental de las zonas donde se hayan realizado operaciones de exploración, evaluación o producción. Uno de los principales desafíos a los que se enfrenta la industria de los hidrocarburos a nivel ambiental, es garantizar que el abandono

de los pozos se lleve a cabo de forma adecuada y responsable a fin de evitar posibles impactos ambientales que se podrían desencadenar en las zonas de intervención. Un abandono deficiente de los pozos implica un alto riesgo para los recursos naturales, las posibles afectaciones pueden ser el resultado propio de las actividades que incluyen problemas operacionales o fallas humanas. La presente investigación contiene el análisis del sistema normativo Constitucional, legal y reglamentario que regula las operaciones de suspensión y abandono temporales o definitivo de pozos. También la eficacia del marco normativo en cuanto a la realidad que se presenta al interior de las comunidades, las empresas y las políticas que dinamizan las políticas y direccionamientos gubernamentales sobre esta temática.

De igual manera, se reconoce la falta de estudios que integren la visión normativa con la verificación de campo en zonas de explotación históricas, Lo que convierte esta investigación en una herramienta para identificar oportunidades de mejora, tanto regulatorios como operativos desde un enfoque técnico y social.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar la aplicación de las normas técnicas y socioambientales en el abandono temporal y definitivo de pozos, por parte de Ecopetrol S.A, en los campos La Cira Infantas, Lisama, Nutria y Provincia Sur.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar y describir las afectaciones ambientales y sociales generadas por el mal abandono de pozos, ya sea temporal o definitivo, en los campos La Cira Infantas, Lisama, Nutria y Provincia Sur.
- Análisis estadístico del abandono de pozos, temporal o definitivo, y de pozos por abandonar, en los campos La Cira Infantas, Lisama, Nutria y Provincia Sur; verificando el cumplimiento de la normatividad técnica y ambiental vigente en la fecha del abandono.
- Proponer un modelo de programa de abandono temporal y/o definitivo, tanto técnico como operacional, bajo la Resolución 40622 de 2023 expedida por el Ministerio de Minas y Energía.

2. Marco teórico

El abandono de pozos petroleros constituye una etapa importante dentro del ciclo de vida de la industria hidrocarburos ya que garantiza la seguridad operativa y minimiza los riesgos ambientales y sociales asociados a los pasivos generados por la explotación petrolera. En Colombia el abandono de pozos abarca una particular importancia debido a la existencia de campos maduros como la La Cira Infantas, Nutria, Lisama y Provincia Sur, que cuentan con un elevado número de pozos en estado de abandono los cuales representan un riesgo muy alto para el medio ambiente y las comunidades cercanas.

El abandono de un pozo petrolero se define como el conjunto de actividades técnicas y operativas orientadas a sellar y clausurar el pozo de manera definitiva o temporal asegurando su estabilidad mecánica y evitando la migración de fluidos entre formaciones geológicas o hacia la superficie. Esta etapa no sólo busca prevenir problemas técnicos y ambientales, sino que también para dar cumplimiento a la normativa vigente en Colombia.

De acuerdo con la normativa nacional el abandono de pozos se clasifica en 2 tipos: abandono temporal y abandono definitivo. El abandono temporal tiene como objetivo mantener el pozo en condiciones de ser reactivado en el futuro si las condiciones técnicas y económicas lo permiten mientras que el abandono definitivo implica el sellado completo del pozo y la remoción de la infraestructura superficial para eliminar cualquier riesgo potencial. Cada modalidad conlleva procedimientos y requisitos específicos que garantizan la seguridad y la protección del entorno.

En el contexto colombiano el abandono de pozos está regulado principalmente por la resolución 40622 de 2023, el cual establece los lineamientos técnicos y ambientales que

los operadores deben cumplir. Estas normativas buscan asegurar la correcta ejecución del proceso de abandono y la prevención de impactos ambientales como la contaminación del suelo, el agua la emisión de gases de efecto invernadero y la afectación de ecosistemas sensibles.

Comprender los conceptos básicos del abandono de pozos es fundamental para analizar las condiciones técnicas y socioambientales en los campos evaluados. En las siguientes secciones se describen las modalidades de abandono, sus etapas operativas, los requisitos normativos y las mejores prácticas internacionales aplicables con el fin de establecer un marco de referencia para la evaluación de los pozos en estudio.

En Colombia, la adecuada implementación del abandono de pozos cobra especial importancia debido al número significativo de campos maduros en declive, donde los efectos de malas prácticas pasadas aún son visibles y por ello resulta fundamental contar con un marco conceptual que permita evaluar no sólo la técnica, sino también el impacto en las comunidades cercanas y el medio natural.

2.1 Abandono temporal de pozos

El abandono temporal de pozos se refiere al proceso mediante el cual se suspende la operación de un pozo con la intención de reactivar en el futuro si las condiciones técnicas y económicas lo permiten. Este tipo de abandono busca mantener el pozo en un estado seguro y estable mientras se decide su eventual reactivación o abandono definitivo.

Según la normativa colombiana vigente, el abandono temporal de un pozo implica el cumplimiento de requisitos técnicos como la colocación de tapones de cemento en algunas zonas productoras y en zonas críticas para prevenir la migración de fluidos.

Asimismo, se requiere la realización de pruebas de integridad mecánica periódicas para verificar el sellado adecuado y la estabilidad estructural del pozo.

Adicionalmente, se debe realizar un monitoreo ambiental que permite identificar posibles fugas de fluidos y emisiones de gases que puedan afectar el suelo, el agua y el aire circundante. Ese monitoreo debe documentarse y reportarse a las autoridades ambientales y al ente regulador correspondiente, para garantizar la trazabilidad y la gestión de los posibles riesgos asociados al abandono Temporal.

El cabezal del pozo y las válvulas de superficie deben mantenerse en buenas condiciones, con el fin de facilitar un eventual reinicio de operaciones y evitar problemas de seguridad. En Colombia la normativa establece que el estado de abandono temporal debe renovarse cada 5 años de lo contrario el operador debe proceder con el abandono definitivo.

2.2 Abandono definitivo de pozos

El abandono definitivo de pozos corresponde a la etapa final de la vida útil de un pozo, cuando se determina que no es viable su reactivación debido a la ausencia de reservas explotables o a consideraciones de seguridad y ambientales. En este caso, se procede al sellado permanente de todas las zonas productoras y acuíferos, con el objetivo de evitar la migración de hidrocarburos y la contaminación de cuerpos de agua subterráneos y superficiales.

La normativa vigente establece que el abandono definitivo debe incluir la cementación de todas las zonas productoras y permeables, la remoción del cabezal, la estructura superficial del pozo y la restauración ambiental del área intervenida. Esas

actividades deben realizarse cumpliendo con estándares técnicos que aseguran la estabilidad a largo plazo y la no generación de pasivos ambientales.

Además, se deben realizar pruebas de integridad para comprobar la efectividad del sellado y prevenir posibles fallas futuras. El operador está obligado a presentar un informe detallado a la autoridad ambiental y al ente regulador que incluya la evidencia fotográfica, resultado de las pruebas y el plan de monitoreo post-abandono.

2.3 Etapas del proceso de abandono de pozos

El proceso donde uno de pozos tanto temporal como definitivo implica una serie de etapas que deben cumplirse para garantizar la seguridad operativa la estabilidad mecánica y la protección del medio ambiente. Esas etapas están definidas por las normativas nacionales y las mejores prácticas internacionales y son las siguientes:

2.3.1 Evaluación inicial y planificación

Se realiza un análisis integral del estado del pozo que incluye la revisión de la integridad estructural de las tuberías, el historial de producción, la presión interna y la identificación de posibles riesgos ambientales o de seguridad. Esta etapa es fundamental para definir el tipo de abandono (temporal o definitivo) y elaborar un plan de trabajo que cumpla con la normativa aplicable.

2.3.2 Preparación del pozo

La preparación del pozo tiene como objetivo garantizar que el pozo esté en condiciones óptimas para la ejecución de las actividades de sellado. En esta etapa se llevan a cabo acciones como la limpieza y circulación de fluidos en el pozo, el retiro de equipos, tuberías innecesarias y el control de las presiones internas para evitar fugas. Si el abandono

es temporal, se instala un fluido de suspensión adecuado que prevenga la corrosión y el deterioro de las estructuras internas.

2.3.3 Colocación de tapones de cemento

El sellado del pozo se realiza mediante la colocación de tapones de cemento en las zonas productoras y en las zonas críticas de migración de fluidos esta etapa es esencial para evitar que el flujo no deseado de hidrocarburos y el agua entre a las diferentes formaciones geológicas y hacia la superficie. Además de los tapones de cemento se pueden emplear tapones mecánicos o de bentonita dependiendo de las condiciones del pozo y las regulaciones vigentes. La efectividad del sellado se verifica mediante pruebas de presión y registros de integridad mecánica.

2.3.4 Corte y remoción de la infraestructura superficial

En el caso del abandono definitivo, la normativa exige la remoción de las estructuras superficiales del pozo como cabezal y el árbol de válvulas. Esta actividad garantiza que el pozo no represente un riesgo físico en la superficie ni obstaculice otros usos del terreno. El corte del casing (tubería de revestimiento) se realiza a la profundidad establecida por la normativa y el pozo se rellena con material impermeable hasta el nivel del terreno.

2.3.5 Monitoreo y reporte final

La etapa final del proceso de abandono de pozos incluye la elaboración de un informe detallado dirigido a las autoridades competentes, en el cual se documentan todas las actividades realizadas y se incluyen las evidencias fotográficas, los resultados de las pruebas de integridad y las acciones de restauración ambiental implementadas. Asimismo,

en el caso del abandono definitivo se debe establecer un plan de monitoreo post-cierre para garantizar la estabilidad a largo plazo y la ausencia de impactos ambientales.

3. Análisis normativo

El análisis normativo es fundamental para comprender el marco legal que regula el abandono de pozos petroleros en Colombia y evaluar el cumplimiento de los requisitos técnicos, ambientales y sociales por parte de los operadores. Esta sección tiene como propósito identificar las principales normas vigentes que establecen los procedimientos y obligaciones que deben cumplirse en el abandono de pozos y analizar su aplicación práctica en los campos maduros estudiados.

En Colombia el abandono de pozos está regulado principalmente por las resoluciones expedidas por el Ministerio de Minas y Energía y por las autoridades ambientales. Esta normativa establece unos límites técnicos y ambientales para el cierre temporal y definitivo de pozos, así como las obligaciones que deben cumplir los operadores para garantizar la seguridad de las operaciones y la protección del medio ambiente.

El análisis de estas normas resulta indispensable para contrastar las condiciones observadas en campo con los requisitos legales y de esta manera identificar las posibles deficiencias en la ejecución de los procesos de abandono. Además, este análisis permite proponer mejoras regulatorias orientadas a fortalecer el cumplimiento normativo y a mitigar los riesgos ambientales y sociales asociados a los pozos abandonados.

Para una mayor comprensión de las disposiciones legales citadas, las resoluciones mencionadas han sido incluidas en los anexos finales de esta tesis (**véase Apéndices I al L**).

A continuación. Se presentan las principales disposiciones de cada resolución vigente, con énfasis en sus objetivos, alcance y requisitos técnicos y ambientales, así como su evolución normativa y su aplicabilidad en los pozos de estudio.

3.1 Resolución 18-1495 de 2009

La resolución 18-1495 de 2009 fue la primera normativa en Colombia que estableció disposiciones técnicas y ambientales para la exploración, explotación y abandono de pozos de hidrocarburos. Esta resolución se expidió en un contexto en el que el país buscaba fortalecer su industria petrolera y aumentar la producción de hidrocarburos, pero todavía se contaba con normativas ambientales y técnicas dispersas y poco integradas. (**Apéndice D**).

3.1.1 Objetivo y alcance

El objetivo principal de la resolución 18-1495 de 2009 fue establecer estándares técnicos y de seguridad para las actividades de perforación, construcción, operación y abandono de pozos. Su alcance incluía la regulación de todas las etapas del ciclo de vida de un pozo, con especial énfasis en la protección ambiental y la gestión de riesgos asociados a las operaciones petroleras.

3.1.1.1 Aspectos técnicos relevantes

- Introducción de estándares internacionales (API, ASTM, Icontec) Como referencias para el diseño, construcción y operación de pozos.

- Definición de los procedimientos mínimos para el abandono de pozos, incluyendo la colocación de tapones de cemento y la remoción de equipos de superficie, aunque con requisitos generales y poco detallados.
- Incorporación de lineamientos generales para la protección de acuíferos y la gestión de residuos generados durante las operaciones.

3.1.1.2 Aspectos ambientales y sociales

- Establecimiento de medidas generales para proteger el ambiente, como la obligación de gestionar adecuadamente los residuos generados y prevenir la contaminación de acuíferos.
- Introducción de la necesidad de planes de contingencia para casos de incidentes o emergencias operativas.

3.1.1.3 Limitaciones identificadas

A pesar de su importancia como primer marco normativo integral, esa resolución presenta limitaciones significativas. No detalla de forma suficiente los procedimientos técnicos para el sellado de pozos ni las obligaciones ambientales específicas para la restauración del sitio abandonado, tampoco aborda de manera clara las responsabilidades de los operadores, ni establece los mecanismos de supervisión ambiental estrictos.

Estas limitaciones evidenciaron la necesidad de actualizar la regulación lo que motivó la expedición de normativas posteriores más detalladas y específicas para el número de pozos como la Resolución 90341 de 2014.

3.2 Análisis de la resolución 90341 de 2014

La Resolución 90341 de 2014 surgió como respuesta a la necesidad de modernizar y fortalecer la normatividad existente sobre el abandono de pozos de hidrocarburos en Colombia. Su objetivo principal fue actualizar las disposiciones técnicas y ambientales para el diseño, construcción, operación y abandono de pozos, incorporando mejores prácticas internacionales y subsanando las limitaciones detectadas en la resolución 18-1495 de 2009. **(Apéndice E).**

3.2.1 Objetivo y alcance

La resolución 90341 de 2014 estableció requisitos más estrictos para el diseño y operación de pozos con el fin de garantizar su integridad mecánica durante toda su vida útil y especialmente en el proceso de abandono. Su alcance incluyó disposiciones específicas para la perforación, construcción, operación y abandono de pozos y se integró con otras regulaciones ambientales y de seguridad.

3.2.2 Aspectos técnicos relevantes

- Incorporación de criterios más rigurosos para el abandono temporal y definitivo de pozos incluyendo la colocación de barreras de sellado pruebas de integridad mecánica y monitoreo posterior al cierre.
- Exigencia de estudios geotécnicos para evaluar la estabilidad de las formaciones y prevenir riesgos de migración de fluidos.
- Mayor precisión en la definición de los procedimientos para la cementación y el sellado de las zonas productoras y acuíferos.

3.2.3 Avance respecto a la resolución 18-1495 de 2009

La resolución 90341 de 2014 representó un avance significativo en la regulación del abandono de pozos en Colombia, ya que incluyó disposiciones más detalladas para garantizar la integridad del sellado y la protección ambiental. Además, reforzó la supervisión de las operaciones de abandono y definió con mayor claridad las responsabilidades de los operadores.

No obstante, aún persistían algunos vacíos regulatorios en la relación con la gestión de pasivos ambientales y la coordinación entre las autoridades ambientales y el ente regulador del sector de hidrocarburos. Estas deficiencias fueron abordadas parcialmente en las normativas posteriores como la resolución 40230 de 2022.

3.3 Resolución 40230 de 2022.

La resolución 40230 de 2022 marcó en la regulación del abandono de pozos en Colombia, al establecer criterios técnicos más detallados para garantizar la seguridad operativa y la protección ambiental durante el cierre temporal y definitivo de pozos.

Esta normativa surge como una actualización de las disposiciones previas integrado recomendaciones internacionales y las lecciones aprendidas de la experiencia acumulada en campos maduros y regiones productoras. **(Apéndice F)**.

3.3.1 Objetivo y alcance

El objetivo de la resolución 40230 de 2022 es regular de manera integral el cierre temporal y definitivo de pozos de hidrocarburos, con el fin de minimizar riesgos de fugas, contaminación de suelos, de aguas y garantizar la seguridad de las comunidades cercanas. Su alcance incluye todos los tipos de pozos en operaciones de exploración y producción

de hidrocarburos, abarcando pozos exploratorios de desarrollo de inyección y de disposición.

3.3.2 Aspectos técnicos relevantes

- Detalla los procedimientos para el cierre temporal de pozos, estableciendo requisitos de sellado de las zonas productoras con tapones de cemento y la realización de pruebas de integridad mecánica periódicas.
- Establece criterios más estrictos para el cierre definitivo que incluyen la cementación completa de zonas productoras y acuíferos, la remoción de cabezal y otras estructuras superficiales y la restauración ambiental del terreno.
- Incorpora el monitoreo posterior al cierre con pruebas de integridad y reportes a las autoridades ambientales y al regulador.

3.3.3 Aspectos ambientales y sociales

- Introduce medidas para la gestión de residuos generados durante las actividades de abandono con el fin de prevenir la contaminación del suelo y cuerpos de agua.
- Exige la restauración ambiental del área intervenida y la revegetación con especies nativas para garantizar la recuperación del ecosistema afectado.
- Establece lineamientos para la protección de acuíferos con sellado adecuado y pruebas de calidad de agua.

3.3.4 Avance respecto a las resoluciones anteriores

La resolución 40230 de 2022 incorpora recomendaciones internacionales como las prácticas API y Norsok, mejorando los estándares técnicos y de seguridad en el proceso de abandono. Además, refuerza la obligación de documentar y reportar las actividades de cierre a las autoridades, fortaleciendo la transparencia y la trazabilidad.

Sin embargo, esta normativa aún representa oportunidades de mejora en aspectos como la participación comunitaria y la gestión social del abandono de pozos, aspectos que serían abordados en parte por la resolución 40622 de 2023.

3.4 Análisis de la resolución 40622 de 2023.

La resolución 40622 2023 representa la normativa más reciente y completa en materia de abandono de pozos petroleros en Colombia. Esa resolución consolida y actualiza las disposiciones técnicas y ambientales de las normativas anteriores, incorporando recomendaciones de organismos internacionales y respondiendo a las necesidades identificadas en campos maduros y áreas con pozos en estado de abandono.

(Apéndice G).

3.4.1 Objetivo y alcance

El objetivo de la resolución 40622 de 2023 es establecer los lineamientos técnicos y ambientales para el cierre temporal y definitivo de pozos de hidrocarburos con el fin de garantizar la integridad mecánica del pozo, prevenir la contaminación ambiental y proteger la seguridad de las comunidades cercanas. Su alcance cubre todos los tipos de pozos incluyendo exploratorios, de desarrollo, de inyección y de disposición.

3.4.2 Aspectos técnicos relevantes

- Define con mayor precisión los procedimientos para cierre temporal como la colocación de tapones de cemento y las pruebas de integridad mecánica con métodos estandarizados.
- Detalla las especificaciones para el abandono definitivo exigiendo la cementación completa de zonas productoras y de tránsito de fluidos, la remoción de cabezales y el desmantelamiento de estructuras superficiales.
- Introduce criterios de diseño y validación de barreras de sellado, tomando como referencia normas internacionales como API y NORSOK.

3.4.3 Aspectos ambientales y sociales

- Establece la obligación de realizar un plan de restauración ambiental del área intervenida, que incluye la revegetación con especies nativas y la recuperación de ecosistemas afectados.
- Incorpora medidas específicas para la protección de acuíferos, mediante pruebas de calidad de agua antes y después del abandono y la implementación de barreras de aislamiento adecuadas.
- Requiere la elaboración de informes detallados con evidencia fotográfica y resultados de pruebas de integridad para garantizar la transparencia y la trazabilidad de las actividades realizadas.

3.4.4 Avances respecto a las resoluciones anteriores

La resolución 40622 de 2023 subsana vacíos regulatorios presentes en las resoluciones anteriores, al detallar procedimientos técnicos y ambientales específicos además de establecer obligaciones claras para los operadores en cuanto al monitoreo y la gestión post-abandono. Así mismo, refuerza la responsabilidad social de las empresas operadoras, incluyendo la interacción con las comunidades cercanas y la divulgación de información sobre las actividades de cierre.

Esta normativa constituye actualmente la base legal principal para la evaluación de las condiciones técnicas y ambientales de los pozos abandonados en Colombia, y es la referencia normativa empleada en la presente investigación para contrastar los hallazgos de campo con las obligaciones vigentes.

3.4.5 Comparación entre las resoluciones

Con el fin de evidenciar la evolución normativa y las mejoras progresivas en las disposiciones técnicas y ambientales para el abandono de pozos en Colombia, a continuación, se presenta un cuadro comparativo que resume los aspectos más relevantes de las resoluciones estudiadas:

Tabla 1

Cuadro comparativo de las resoluciones generado por autores.

Aspecto	Resolución 18-1495 de 2009	Resolución 90341 de 2014	Resolución 40230 de 2022	Resolución 40622 de 2023
Objetivo	Normas generales de construcción, operación y abandono de pozos.	Actualizar normas técnicas y ambientales; reforzar integridad mecánica.	Detallar requisitos para cierre temporal y definitivo; protección ambiental.	Consolidar y modernizar estándares técnicos y ambientales; responsabilidad social.
Procedimientos técnicos	Lineamientos generales para sellado y cementación.	Sellado más detallado; pruebas de integridad mecánica; estudios geomecánicos.	Procedimientos más rigurosos y supervisión ambiental.	Procedimientos exhaustivos y estandarizados con referencia a normas internacionales.
Protección ambiental	Gestión general de residuos; protección de acuíferos.	Evaluación de impactos; medidas de mitigación ambiental y social.	Restauración ambiental detallada y revegetación.	Plan de restauración ambiental y participación comunitaria.

Supervisión y monitoreo	Enfoque general; escasa trazabilidad.	Mayor supervisión técnica y ambiental.	Reportes a autoridades; monitoreo post-cierre.	Evidencia fotográfica y pruebas de integridad; monitoreo obligatorio.
Avances clave	Primera normativa integral.	Refuerza requisitos técnicos y ambientales.	Integra estándares internacionales y medidas post-cierre.	Detalla procedimientos técnicos, sociales y ambientales; refuerza la transparencia.

Este cuadro comparativo permite visualizar claramente las mejoras progresivas en la regulación del abandono de pozos en Colombia, destacando como la normativa ha incorporado estándares más rigurosos y detallados para garantizar la seguridad, la protección ambiental y la responsabilidad social de las empresas operadoras.

Como complemento a la comparación general de las normativas se presenta a continuación un cuadro que detalla los principales requisitos técnicos y ambientales para el abandono temporal y definitivo de pozos de acuerdo con la normativa vigente:

Tabla 2

Requisitos de abandono temporal y definitivo según la normativa vigente.

Tipo de abandono	Requisitos técnicos	Requisitos ambientales
Temporal	<ul style="list-style-type: none"> - Colocación de tapones de cemento en zonas productoras. - Pruebas de integridad mecánica periódicas. - Mantenimiento del cabezal y válvulas en buen estado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoreo ambiental de fugas de fluidos y emisiones. - Reporte periódico a autoridades.
Definitivo	<ul style="list-style-type: none"> - Cementación completa de zonas productoras y acuíferos. - Remoción del cabezal y estructuras superficiales. - Corte del casing según normativa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Restauración ambiental del área intervenida. - Revegetación con especies nativas. - Plan de monitoreo post-cierre.

Esos requisitos muestran la evolución de la normativa y la creciente exigencia en cuanto a la seguridad técnica y ambiental de los pozos abandonados. A continuación, se analizan las obligaciones ambientales y sociales establecidas por cada resolución.

Para comprender de manera integral la evolución de la normativa en relación con las obligaciones ambientales y sociales de los operadores, a continuación, se presenta una tabla que sintetiza los principales aspectos ambientales y sociales contemplados en cada resolución:

Tabla 3*Obligaciones ambientales y sociales por resolución.*

Resolución	Principales obligaciones ambientales y sociales
18-1495 de 2009	- Gestión de residuos. - Protección de acuíferos. - Planes de contingencia general.
90341 de 2014	- Evaluación de impactos ambientales. - Gestión de residuos más detallada. - Medidas de compensación social.
40230 de 2022	- Restauración ambiental detallada. - Revegetación. - Reportes ambientales periódicos.
40622 de 2023	- Plan de restauración ambiental obligatorio. - Participación comunitaria.- Pruebas de calidad de agua y monitoreo post-cierre.

Esta evolución normativa refleja una creciente preocupación por los impactos ambientales y sociales de los pueblos abandonados que actualmente se encuentra consolidada en la resolución 40622 de 2023. En el siguiente apartado se presentan las conclusiones parciales del análisis normativo y la transición hacia el contraste con los hallazgos de campo.

3.4.6 Conclusiones parciales del análisis normativo.

El análisis de la resolución vigente en Colombia evidencia una evolución significativa en las disposiciones técnicas y ambientales para el abandono de los pozos de hidrocarburos. Desde la resolución 18-1495 de 2009 hasta la resolución 40622 de 2023, se observa un fortalecimiento progresivo de los requisitos técnicos ambientales y sociales con el objetivo de garantizar la seguridad operativa y mitigar los impactos ambientales y sociales asociados a los pozos abandonados.

Entre los avances más relevantes identificados se destacan:

- La incorporación de estándares internacionales como API y NORSOK, que han permitido modernizar los procedimientos técnicos y asegurar la integridad mecánica de los pozos.
- La inclusión de criterios específicos para el sellado y segmentación de las unos productores y acuíferos reduciendo así el riesgo de migración de fluidos y contaminación de cuerpos de agua.
- El refuerzo a las obligaciones ambientales, así como la gestión adecuada de residuos la protección de acuíferos y la restauración ambiental de las áreas intervenidas.
- La existencia de evidencias documentales y fotográficas para garantizar la trazabilidad de las actividades realizadas.

A pesar de esos avances, persisten desafíos regulatorios relacionados con la participación comunitaria y la gestión social del abandono y la coordinación entre las

autoridades competentes especialmente en lo que respecta a la fiscalización y supervisión de las actividades de abandono.

Es un pasivo regulatorio pueden dar lugar a incumplimientos y a impactos negativos en el entorno y las comunidades cercanas. Por esta razón resulta indispensable confrontar la normativa vigente con las condiciones observadas en campo, con el fin de identificar brechas de cumplimiento y proponer recomendaciones para mejorar la normativa y su implementación.

Posteriormente se presentan los resultados del análisis de campo realizado en los pozos abandonados de los campos maduros La Cira Infantas, Nutria, Lisama, Provincia Sur, y se comparan estos hallazgos con las disposiciones normativas descritas en este análisis.

3.5 Transición al análisis de resultados.

Con base en el análisis normativo realizado en las páginas anteriores se evidencia la existencia de un marco legal robusto y en constante evolución para regular el abandono de pozos en Colombia. Dicho marco establece obligaciones técnicas y ambientales detalladas para el cierre temporal y definitivo de pozos con el propósito de prevenir riesgos operativos y ambientales.

No obstante, la correcta implementación de estas disposiciones en campo depende de diversos factores, entre ellos:

- La capacidad técnica de los operadores para cumplir con las exigencias de sellado, cementación y restauración ambiental.

- El nivel de supervisión por parte de las autoridades competentes.
- La articulación entre las obligaciones normativas y la realidad operacional y social de los campos maduros en estudio.

Para resolver el grado de cumplimiento de la normativa vigente y las posibles brechas de implementación en el presente estudio se realizó una revisión en campo de pozos abandonados ubicados en los campos maduros ya mencionados. Este análisis de resultados permite identificar las condiciones actuales de los pozos abandonados, las medidas de sellado implementadas, el estado de las estructuras superficiales y la gestión socioambiental de las áreas intervenidas.

Posteriormente se presentan los hallazgos de campo y se comparan con los requisitos normativos establecidos en las resoluciones analizadas con el objetivo de evidenciar las principales deficiencias y proponer recomendaciones que fortalezcan la normativa y su aplicación práctica.

Así mismo, este análisis contribuye a la construcción de conocimiento útil para entidades reguladoras, cuyas empresas operadoras y comunidades locales están interesadas en vigilar el cumplimiento de las obligaciones ambientales derivadas del abandono de pozos.

De esta manera, se busca contribuir al fortalecimiento del proceso de abandono de pozos en Colombia mejorando la seguridad técnica, la protección ambiental y la sostenibilidad social de las regiones productoras.

4. Metodología

4.1 Diseño de la investigación.

El diseño de esta investigación es de tipo cualitativo-descriptivo, ya que busca caracterizar las condiciones técnicas y socioambientales de los pozos abandonados en los campos maduros del Magdalena medio (Cira infantas, Nutria, Lisama y Provincia sur), Con base en observaciones directas y análisis normativo. Para respaldar los hallazgos, se incluyen en el **Apéndice A** del documento, fotografías, fichas individuales y registros de campo organizados por cada pozo evaluado, los cuales permiten evidenciar las condiciones observadas y dar trazabilidad a la información recolectada.

Dado que la información mecánica de los pozos no fue accesible debido a restricciones en la solicitud de datos, la investigación se enfoca en la evaluación superficial y en el cumplimiento de normativas relacionadas con el abandono de pozos.

Para ello, se llevó a cabo un trabajo de campo en el que se documentaron las condiciones de los pozos abandonados mediante inspecciones visuales y registro fotográfico. La información recolectada se analizó en función de la normativa vigente en Colombia, con el fin de identificar posibles incumplimientos y vacíos regulatorios.

Este estudio se estructura en 3 fases principales:

1. Recopilación de evidencia en campo:

- Inspección superficial de pozos en los campos seleccionados.
- Registro fotográfico de hallazgos relevantes.
- Formato de características físicas y ambientales de los pozos.

2. Análisis normativo:

- Comparación de las condiciones observadas con los requisitos establecidos en las resoluciones vigentes.
- Evaluación del grado de cumplimiento normativo.
- Identificación de inconsistencias o vacíos regulatorios.

3. Propuesta de mejora regulatoria:

- Formulación de recomendaciones basadas en los hallazgos del estudio.
- Diseño de lineamientos para fortalecer la regulación del abandono de pozos en Colombia.

4.2 Metodología del trabajo de campo.

El trabajo de campo consistió en visitas a pozos abandonados para recopilar información sobre su estado actual. Durante estas visitas, se documentaron aspectos clave que pueden indicar riesgos ambientales o incumplimientos normativos.

Los criterios observados incluyen:

- **Presencia de cabezal o arbolito:** Se revisó si el pozo aún conservaba su estructura de cabezal de producción o arbolito de Navidad, lo que indicaría un abandono no conforme con las regulaciones.
- **Identificación del pozo:** Se verificó si el pozo contaba con una placa visible con información sobre su estado y operador.
- **Levantamiento de lápida por presión:** Se documentó un caso en los que la lápida del pozo se encontraba levantada o desplazada lo que puede indicar

presión interna no controlada y representar un riesgo de fuga de hidrocarburos o gases.

Toda esta información se sistematizó en un formato inspección diseñado para organizar los hallazgos y facilitar su análisis comparativo con la normativa vigente.

(Apéndice B).

Las visitas se realizaron con acompañamiento de personal con experiencia en supervisión de obras civiles, conocimiento básico en seguridad industrial y en gestión comunitaria, lo cual permitió tener un enfoque integral durante la recolección de datos incluyendo la percepción social sobre el estado de abandono de algunos pozos y su impacto en el entorno rural.

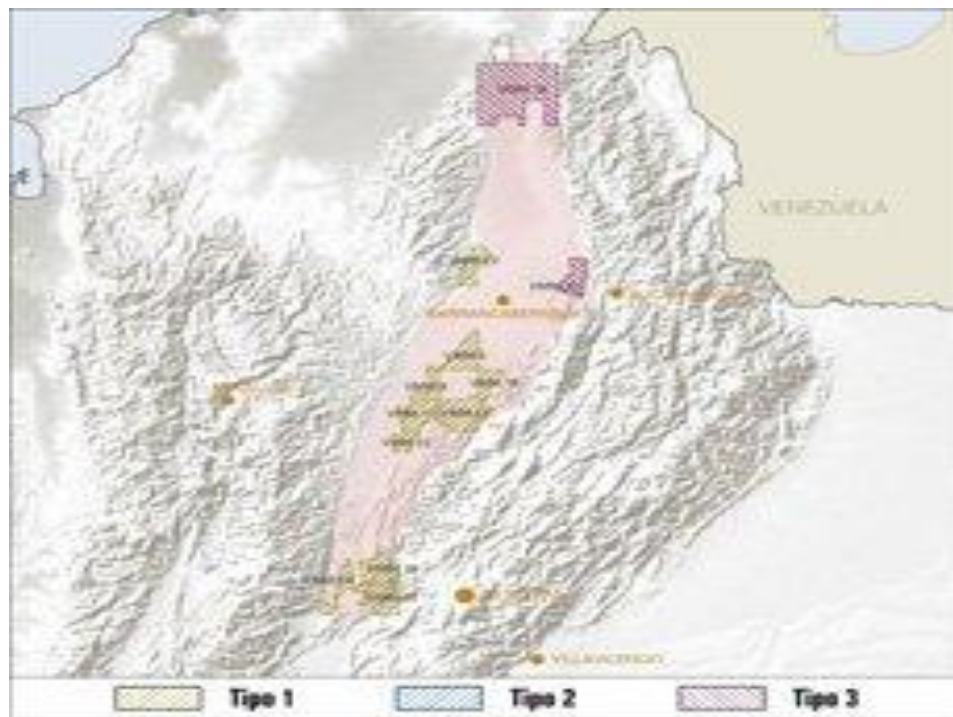
Adicionalmente, se consultaron fuentes institucionales oficiales de carácter público, como informes de gestión, evaluaciones de seguimiento ambiental y reportes de indicadores disponibles en el sitio web de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), con el fin de complementar los hallazgos obtenidos mediante observación directa en campo.

5. Caracterización visual y territorial de los campos evaluados

5.1 Mapa general de ubicación

Figura 1

Mapa del Valle medio del Magdalena



Fuente: <https://www.anh.gov.co/es/hidrocarburos/oportunidades-disponibles/procesosde-seleccion/ronda-colombia-2010/tipo-1/valle-medio-del-magdalena/>

5.2 Introducción territorial del Magdalena medio

El área de estudio se encuentra en el Magdalena medio santandereano, una región caracterizada por un relieve plano a ligeramente ondulado, con zonas de humedales, cuerpos de agua y coberturas vegetales que han sido progresivamente transformadas por actividades humanas. El clima predominante es cálido húmedo, con temperaturas promedio entre 26 °C y 28 °C, y con una precipitación anual superior a los 2.000 mm, lo que favorece la presencia de una densa cobertura vegetal natural e inducida.

El uso del suelo en esta región incluye actividades agropecuarias, especialmente ganadería extensiva y cultivos de palma de aceite, la operación histórica de infraestructura petrolera en campos maduros como Cira Infantas, Lisama, Nutria y Provincia Sur. Estos territorios han sido intervenidos por décadas, lo que ha generado transformaciones significativas en la cobertura boscosa, el drenaje natural y la dinámica social de las comunidades aledañas.

5.3 Presencia histórica de la actividad petrolera en el Magdalena Medio

El Magdalena medio ha sido una de las regiones más representativas en la historia petrolera de Colombia. Desde el descubrimiento del pozo infantas en 1918, la zona ha albergado importantes campos como Cira Infantas, Lisama, Nutria y Provincia Sur. Estas áreas han sostenido por décadas la producción de hidrocarburos del país, dando origen a una amplia infraestructura de pozos, líneas de flujo, estaciones de bombeo y carreteras internas.

La prolongada explotación ha generado una intensa intervención del territorio, marcada por el abandono progresivo de pozos maduros, algunos de los cuales carecen de registros técnicos completos o de procesos adecuados de cierre ambiental. Esta situación

plantea retos para la gestión ambiental y social en los municipios donde se ubican estos activos, como Barrancabermeja, San Vicente de chucuri, Puerto Wilches y Sabana de Torres.

5.4 Presentación por campo

5.4.1 Campo Cira-Infantas

- Ubicación: Barrancabermeja.
- Operador: Ecopetrol.

5.1.4.1 Contexto y entorno general

El campo Cira-Infantas está ubicado en el municipio de Barrancabermeja, departamento de Santander, dentro de la región del Magdalena medio colombiano. Es uno de los campos petroleros más antiguos y emblemáticos del país, con más de un siglo de operación. Este campo ha sido fundamental en el desarrollo energético nacional y es operado actualmente por Ecopetrol.

5.1.4.2 Vista general del Campo

Figura 2

Mapa del campo La Cira Infantas.



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Campo_La_Cira_Infantas

5.1.4.3 Vegetación

Figura 3

Vegetación en el campo Cira-Infantas



5.4.2 Campo Lisama

- Ubicación: Municipio de san Vicente de chucuri, Santander.
- Operador: Ecopetrol.

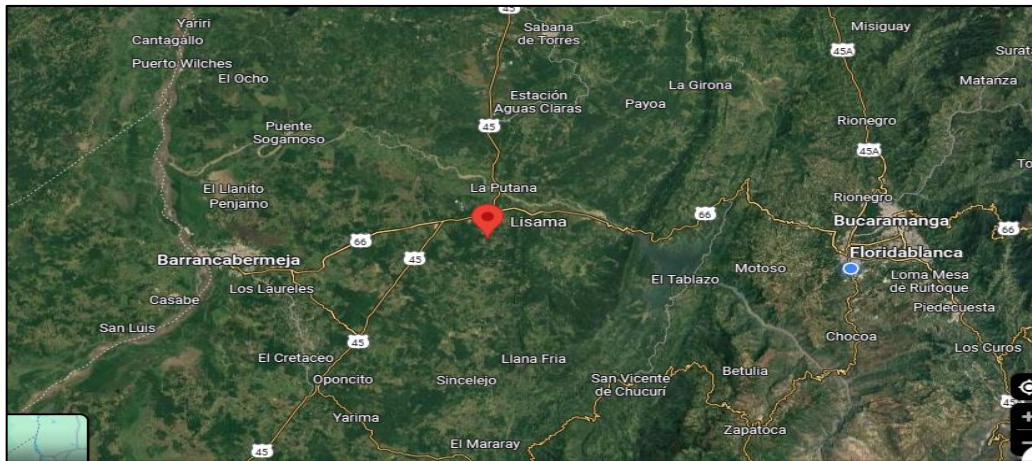
5.2.4.1 Contexto y entorno general

El campo Lisama se extiende en un territorio predominantemente agropecuario, donde la ganadería extensiva y los cultivos de subsistencia conviven con estructuras petroleras antiguas. Se identificaron pozos abandonados con deterioro superficial, marcas de filtraciones de crudo y áreas con vegetación escasa.

5.2.4.2 Vista general del Campo

Figura 4

Mapa del campo Lisama.



5.2.4.3 Vegetación

Figura 5

Vegetación en el campo Lisama.



5.4.3 Campo Nutria

- Ubicación: Municipio de Puerto Wilches, departamento de Santander.
- Operador: Ecopetrol.

5.3.4.1 Contexto y entorno general

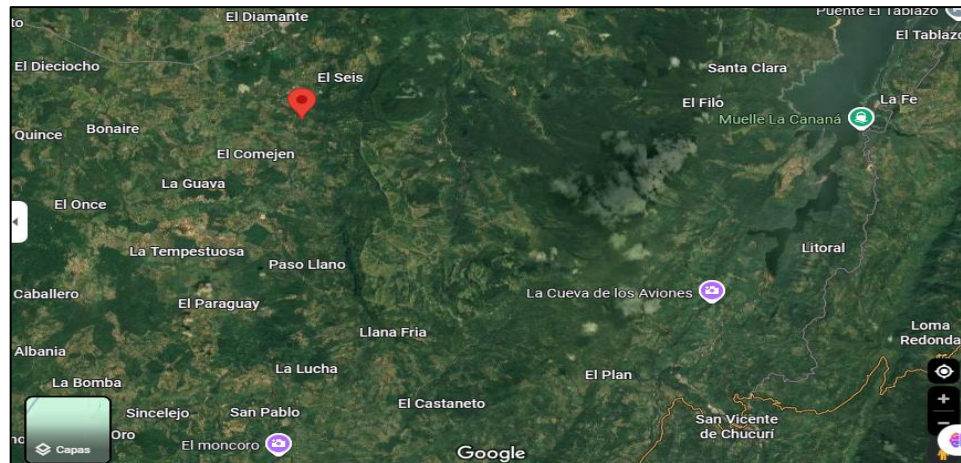
El campo nutria se localiza en el Magdalena medio santandereano, en jurisdicción del municipio de puerto Wilches. Se trata de un campo maduro de producción convencional operado históricamente por Ecopetrol y su desarrollo remonta a mediados del siglo 20. Aunque su densidad de infraestructura es menor comparada con campos cómo Cira-Infantas, Nutria forma parte de un sistema petrolero activo que incluye pozos antiguos.

El entorno geográfico de este campo combina zonas planas con presencia de cuerpos de agua superficiales, como caños, humedales y quebradas. El clima es cálido húmedo de la región, con precipitaciones abundantes durante gran parte del año, favorece el desarrollo de coberturas vegetales mixtas, muchas de las cuales han sido modificadas por actividades agropecuarias y la expansión de la infraestructura petrolera.

5.3.4.2 Vista general del Campo

Figura 6

Mapa del campo Nutria.



Fuente: Google Maps.

5.3.4.3 Vegetación

Figura 7

Vegetación en el campo Nutria.



5.4.4 Campo Provincia Sur

- Ubicación: Municipio de Sabana de Torres, departamento de Santander.
- Operador: Ecopetrol.

5.4.4.1 Contexto y entorno en general

El campo Provincia Sur está ubicado en zona rural del municipio de sabana de torres, dentro del área de influencia de la cuenca del Magdalena Medio. Históricamente, ha formado parte del conjunto de campos maduros operados por Ecopetrol, con actividad extractiva centrada en pozos de mediana profundidad. Aunque su actividad ha sido menos mediática que la de campos como Cira Infantas, su extensión y número de pozos

5.4.4.3 Vegetación

Figura 9

Vegetación en el campo Provincia Sur.



Tiempo: 7-11-2023

5.5 Selección de la muestra

Dado que la población total de pozos abandonados en la zona de estudio es de 1.379 pozos, se determinó la necesidad de calcular un tamaño mínimo de muestra para realizar la evaluación de campo de manera representativa. Para ello, se utilizó un nivel de confianza del 95% y una probabilidad del 90% de encontrar un pozo en las condiciones establecidas para el estudio. Aplicando los criterios estadísticos correspondientes, se obtuvo un tamaño mínimo de muestra de 126 pozos.

El cálculo detallado de la muestra, junto con la fórmula utilizada y los valores aplicados, se presenta en el **Apéndice C**. Cálculo del tamaño mínimo de la muestra de pozos abandonados, y, el **Apéndice H**. Base de datos de pozos abandonados (Archivo digital).

5.6 Criterios de selección de los pozos evaluados.

Para determinar qué pozos serían analizados en esta investigación, se establecieron los siguientes criterios de selección:

1. Pozos con indicios de abandono inadecuado: Se priorizan pozos donde se encontraron evidencias superficiales de posibles riesgos ambientales o incumplimientos normativos.
2. Proximidad a comunidades o ecosistemas sensibles: Se incluyeron pozos ubicados cerca de viviendas, instituciones educativas, fuentes hídricas o áreas protegidas.

5.7 Evidencia fotográfica y registro en campo.

Dado que la investigación se basa en evidencia superficial se realizó un registro fotográfico detallado de cada pozo inspeccionado. Las fotografías permiten:

- Documentar el estado actual de los pozos.
- Identificar signos visibles de abandono inadecuado.
- Servir como respaldo en el análisis normativo.

Las imágenes incluyen:

- ✓ Pozos sin placa de identificación.
- ✓ Pozos cercanos a viviendas o colegios.
- ✓ Cabezal o estructura del pozo en mal estado.
- ✓ Lápida levantada por presión.

Las evidencias visuales serán incluidas en el informe como **Apéndice A** para respaldar los hallazgos.

6. Criterios de evaluación de los pozos

La evaluación de los pozos en abandono se realizó con base en criterios técnicos, normativos y socioambientales. Dado que la investigación se fundamenta en evidencia superficial, la metodología se diseñó para recopilar información observable en campo y contrastarla con la normativa vigente en Colombia, especialmente las resoluciones 18-1495 de 2009, 90341 de 2014, 40230 de 2022 y 40622 de 2023, así como estándares internacionales aplicables.

Estos criterios permiten clasificar los pozos según su estado de abandono, identificar posibles incumplimientos y proponer mejoras regulatorias.

Adicionalmente, como parte del contraste documental, se revisaron informes de gestión y seguimiento ambiental publicados por la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). (**Apéndices I, J, K y L**). Los cuales permiten identificar acciones institucionales reportadas en el área de influencia de los campos evaluados. Entre los documentos considerados se incluyen el informe de gestión ambiental 2020, el informe de verificación del cumplimiento de los objetivos de calidad, el informe de seguimiento a indicadores mínimos 2021, la evaluación de 10 años del PGAR 2012-2022 Y la matriz de seguimiento del plan de acción (reporte cuatrienal marzo de 2025). Estos informes fueron utilizados para comparar lo observado en campo frente a las metas y resultados reportados por la autoridad ambiental regional, especialmente en lo relacionado con restauración, control de pasivos y manejo del uso del suelo en áreas con pozos abandonados.

Todos los documentos mencionados se encuentran incluidos en los **Apéndices** al final de la tesis para facilitar su consulta.

6.1 Clasificación de los pozos según el estado de abandono.

Para organizar la información recopilada, los pozos fueron clasificados en función de su estado de abandono. Se establecieron 3 categorías principales:

1. Pozos con abandono adecuado.
 - Presentan identificación visible (placa o señalización).
 - No muestran posibles evidencias superficiales de afectación ambiental o riesgo estructural.
2. Pozos con posible abandono inadecuado.
 - Ausencia de placa de identificación.
3. Pozos con evidencia de riesgos ambientales.
 - Presencia visual de hidrocarburos en la superficie.
 - Pozos ubicados en áreas sensibles (viviendas y colegios).

Esta clasificación permite enfocar los análisis en los pozos con mayor riesgo potencial y facilitar la formulación de recomendaciones normativas.

6.2 Evaluación de cumplimiento normativo.

Para cada pozo analizado, se verificó su cumplimiento con los requisitos técnicos y ambientales establecidos en las normativas colombianas. Se consideraron los siguientes aspectos:

1. Identificación y registro del pozo.
 - ¿Cuenta con placa de identificación visible?
 - ¿Existen registros oficiales accesibles sobre el abandono del pozo?
2. Condiciones estructurales.
 - ¿Se ha registrado el levantamiento de la rápida por presión interna?

3. Impacto ambiental visible

- ¿Se identifican rastros de contaminación del suelo o cuerpos de agua?

6.3 Limitaciones de estudio: restricción en el acceso a estado mecánicos de los pozos y su impacto en los resultados.

Uno de los principales retos en la evaluación de pozos abandonados en los campos Cira infantas, Nutria, Lisama y Provincia sur ha sido la falta de acceso a información clave sobre los estados mecánicos de los pozos. Este aspecto representa una limitación importante, ya que impide conocer con precisión las condiciones internas del sellado, el estado del revestimiento y la efectividad de los procedimientos de abandono empleados en cada caso.

La ausencia de estos datos genera un impacto significativo en la interpretación de los hallazgos obtenidos mediante la evidencia superficial y limita el alcance de las conclusiones del estudio. A continuación, se detallan los principales efectos de esta restricción, junto con las estrategias adoptadas para mitigar sus consecuencias en la investigación.

6.3.1 Importancia del acceso a los estados mecánicos en la evaluación de pozos abandonados.

El estado mecánico de un pozo petrolero hace referencia a las condiciones estructurales y operativas de sus componentes internos, incluyendo:

- Integridad del revestimiento y tuberías.
- Ubicación y calidad de los taponos de cemento.
- Sellado de las zonas productoras y acuíferos.
- Historial de intervenciones y operaciones de abandono.

Disponer de esta información permitiría realizar una evaluación más completa y técnica sobre la eficiencia de los procedimientos de abandono y cada pozo.

Sin embargo, debido a restricciones en el acceso a estos datos, el análisis se ha basado exclusivamente en evidencia superficial y en la normativa vigente.

6.3.2 Restricciones en el acceso a la información y su impacto en la investigación

6.2.3.1 Negativa a la entrega de estados mecánicos por parte de las operadoras

Durante el desarrollo del estudio, se realizaron solicitudes formales para obtener los estados mecánicos de los pozos analizados, sin embargo, estas fueron rechazadas. Las razones principales para esta negativa incluyen:

- Clasificación de la información como reservada o confidencial, lo que impide su divulgación pública.

- Falta de bases de datos centralizadas y accesibles, lo que dificulta la trazabilidad de los registros históricos.
- Desactualización o pérdida de registros técnicos en algunos casos, especialmente en pozos con largos periodos de abandono.

Esta restricción impidió contrastar los hallazgos superficiales con datos técnicos internos, lo que afecta la capacidad de evaluar de manera concluyente el cumplimiento normativo y la seguridad de los pozos abandonados.

6.2.3.2 **Imposibilidad de verificar el sellado efectivo de los pozos**

Sin acceso a registros internos, no es posible determinar si los pozos fueron sellados adecuadamente conforme a los procedimientos exigidos por la normativa. Esto genera incertidumbre sobre aspectos críticos como:

- Presencia y calidad del cemento de abandono.
- Continuidad del sello a lo largo del pozo (evitando migración de fluidos).
- Posibles daños estructurales en tuberías y revestimientos internos.

El análisis visual en superficie permite identificar posibles filtraciones, pero no proporciona evidencia concluyente sobre fallos en el sellado en zonas profundas del pozo.

6.2.3.3 **Dificultad para asociar los hallazgos superficiales con causas técnicas subyacentes**

La evidencia observada en superficie, como filtraciones de fluidos o presencia de afloramientos de gas, puede estar relacionada con problemas en el interior del pozo.

Sin embargo, sin acceso a datos internos, resulta difícil:

- Determinar el origen exacto de una fuga (fallas en el revestimiento, tapones defectuosos, deterioro del cemento, etc.)
- Evaluar si los problemas superficiales detectados son progresivos o recientes.
- Identificar patrones en los diferentes pozos estudiados en función de su estado mecánico previo.

Esta falta de información limita el análisis de las causas técnicas de los problemas identificados, reduciendo la capacidad de hacer recomendaciones precisas para evitar futuros incidentes.

6.2.3.4 **Impacto en la formulación de recomendaciones normativas**

Uno de los objetivos de este estudio es proponer mejoras a la normativa vigente con base en la evidencia recopilada. Sin embargo, la ausencia de estos datos mecánicos restringe la posibilidad de:

- Identificar deficiencias normativas en los requisitos técnicos de abandono.
- Comparar el desempeño de distintos métodos de sellado empleados en los pozos estudiados.
- Proponer estándares de abandono más estrictos y basados en fallos documentados en campo.

Si bien la evaluación superficial es útil para señalar posibles problemas, la falta de datos internos impide precisar hasta qué punto las regulaciones actuales han sido efectivas para garantizar la estabilidad de los pozos abandonados.

6.3.3 Estrategias adoptadas para mitigar la falta de acceso a información interna

Para contrarrestar en la medida de lo posible esta limitación, se ha implementado las siguientes estrategias:

6.3.3.1 Enfoque en evidencia superficial y comparaciones normativas

Dado que no se cuenta con datos internos de los pozos, el análisis está basado en:

- Observaciones directas en campo.
- Comparación con los requisitos de la normativa vigente.
- Identificación de deficiencias visibles en la infraestructura de los pozos.

Esto permite realizar una evaluación de cumplimiento normativo basada en aspectos observables, aunque sin validar la efectividad interna de los procedimientos de abandono.

6.3.3.2 Clasificación de los pozos según indicadores observables

Se ha desarrollado un sistema de clasificación basado en la evidencia superficial, considerando aspectos como:

- Presencia de placas de identificación.
- Signos de posible filtración de fluidos o levantamiento de lápidas.

Este sistema ayuda a identificar patrones de posible incumplimiento normativo, incluso sin contar con registros mecánicos detallados.

6.3.3.3 Revisión de estudios previos y referencias técnicas

Para complementar el análisis, se han consultado investigaciones previas sobre abandono de pozos, así como estándares internacionales como API51R, NORSOK D-010 y regulaciones canadienses. Eso permite extrapolar conocimiento sobre fallos comunes en pozos abandonados y sus causas técnicas probables.

6.4 Impacto ambiental de los pozos visitados: Relación entre las condiciones observadas y los efectos ambientales documentados en el marco teórico

El abandono inadecuado de pozos petroleros representa una amenaza significativa para el medio ambiente, especialmente cuando las operaciones de cierre y sellado no se realizan conforme a los estándares técnicos y ambientales establecidos. En este estudio, la evaluación superficial de los pozos visitados en los campos Cira infantas, Nutria, Lisama y Provincia sur permitió identificar signos visibles del impacto ambiental que reflejan fallas en el proceso de abandono y que coinciden con los efectos documentados en el marco teórico.

A continuación, se presenta una relación detallada entre las condiciones observadas en campo y los efectos ambientales reportados en estudios previos y en la literatura técnicas sobre el abandono de pozos:

6.4.1 Contaminación del agua subterránea y superficial

Uno de los impactos ambientales más graves asociados al abandono inadecuado de pozos es la contaminación de fuentes de agua debido a la migración de hidrocarburos y fluidos de formación. La normativa vigente en Colombia exige que los esposos sean sellados mediante barreras mecánicas y taponamientos de cemento para evitar la comunicación entre zonas productoras y acuíferos.

6.1.4.1 Condiciones observadas en campo

- En aproximadamente el 30% de los pozos evaluados, se observaron signos de filtración de fluidos (trazas de crudo) en las inmediaciones del pozo o en cuerpos de agua cercanos.
- En algunos casos, las filtraciones habían causado la formación de resumideros de hidrocarburos en la superficie, lo que indica un fallo en la cementación y el sellado del pozo.
- La migración de fluidos fue más evidente en los pozos antiguos o en aquellos donde la lápida estaba levantada por presión interna.
- Se encontraron rastros de aceite y residuos oleosos flotando en fuentes de agua cercanas a los pozos con alteración en la calidad del agua y afectación a la vegetación ribereña.

6.1.4.2 **Consulta de informes institucionales de gestión ambiental.**

Además, se incorporó el análisis documental de informes ambientales publicados por la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), Sí permiten verificar si las zonas evaluadas han sido objeto de seguimiento o intervención institucional. Entre los documentos utilizados se encuentran:

- Informe de gestión ambiental 2020.
- Informe de verificación del cumplimiento de los objetivos de calidad.
- Informe de seguimiento a indicadores mínimos 2021.
- Evaluación del PGAR (2012-2022).
- Matriz de seguimiento del plan de acción (marzo 2025).

Esas fuentes oficiales fueron fundamentales para contrastar las observaciones de campo con las metas reportadas por la autoridad ambiental regional, y detectar posibles inconsistencias entre lo planteado y lo ejecutado en el territorio.

7. Capítulo 1

7.1 Análisis estadístico de los pozos abandonados.

En este capítulo se presenta el análisis estadístico de los datos recolectados durante las inspecciones de campo realizadas en los pozos abandonados de los campos maduros La Cira Infantas, Nutria, Lisama y Provincia Sur. Este análisis tiene como finalidad identificar las principales características técnicas y ambientales de los procesos evaluados y evidenciar las brechas de cumplimiento con relación a la normativa vigente.

Para el desarrollo de este análisis estadístico se empleó la información consolidada en una base de datos elaborada a partir de las visitas de campo y de los informes técnicos individuales realizados para cada pozo (**véase el Apéndice H**). Las variables consideradas en este análisis incluyen:

- Señalización e identificación del pozo.
- Condiciones de cementación y sellado de zonas productoras.
- Evidencia de restauración ambiental del área intervenida.
- Gestión de residuos y condiciones del terreno.
- Existencia de riesgos ambientales asociados a fugas de fluidos, gases u otros impactos.

La muestra de pozos seleccionados (126) se obtuvo aplicando un muestreo aleatorio simple, considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5% respecto a los pozos abandonados (1379) y la cantidad de pozos visitados y estudiados fueron 282, cumpliendo con la cantidad de pozos necesaria para esta investigación.

Con el objetivo de presentar los resultados de forma clara y comprensible, se emplearon representaciones gráficas como diagramas de torta para ilustrar las proporciones de cumplimiento o incumplimiento de cada variable, así como las tablas de frecuencia que describen la distribución de resultados.

Los resultados estadísticos que se presentan en este capítulo permiten identificar las áreas de mayor incumplimiento normativo y constituyen una base objetiva para formular recomendaciones de mejora en la regulación y en las prácticas de abandono de pozos. En las siguientes acciones se detalla el análisis estadístico de cada una de las variables evaluadas acompañado de gráficos y tablas que permiten visualizar los hallazgos de manera sistemática.

7.2 Análisis de señalización e identificación de pozos.

Una de las variables clave analizadas durante la inspección de campo fue la presencia de la señalización e identificación adecuada a los pozos han donado según la normativa vigente específicamente la resolución 40622 de 2023 todos los pozos abandonados deben contar con una placa de identificación visible e incluya la información mínima exigida (número del pozo, nombre del campo, operador responsable y estado del pozo). Esta identificación es fundamental para garantizar la trazabilidad la seguridad de las operaciones de abandono y la prevención de riesgos asociados a pasivos ambientales.

La verificación del estado de la señalización e identificación de los pozos fue realizada mediante inspecciones directas en campo, utilizando evidencia fotográfica recopilada durante las visitas realizadas por el equipo investigador. Esta vivencia se

encuentra documentada en el **Apéndice fotográfico**, El cual incluye imágenes de pozos con y sin placa de identificación visible, así como el estado físico de dichas placas.

Dado que no se tuvo acceso a los registros mecánicos o bases de datos internas del operador, el análisis se limitó a la observación superficial directa y las fotografías fueron tomadas con dispositivos móviles durante el periodo de campo.

En la base de datos analizada se consolidó la información recolectada sobre el estado de la señalización de cada pozo visitado. Se identificaron 2 categorías principales:

- Pozos con señalización adecuada: aquellos que contaban con placa visible y completa identificación de acuerdo con lo establecido por la normativa, así como se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Fotografía tomada en el pozo Infantas 39 tomada por autores.



- Pozos sin señalización adecuada: aquellos que presentan cabezal de pozo (Figura 11) y pozos sin placa de identificación (Figura 12).

Figura 11

Fotografía tomada en el pozo Infantas 83 tomada por autores.



Figura 12

Fotografía tomada en el pozo Santos 3 tomada por autores.



El análisis estadístico de estas variables se presenta en las figuras (13-17) y en las tablas (4-8) donde se muestran las proporciones de cumplimiento e incumplimiento respecto a la señalización.

A continuación, se presentan las figuras y tablas correspondientes al estado de señalización para cada uno de los campos inspeccionados. En cada figura se presenta el porcentaje de pozos con y sin placa visible mientras que la tabla respectiva se muestra el número total de pozos clasificados en las dos secciones ya mencionadas.

7.2.1 Campo La Cira-Infantas

Figura 13

Estado de señalización de pozos del campo La Cira-Infantas.



Tabla 4

Número de pozos con y sin señalización en La Cira-Infantas.

Estado de señalización	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con señalización adecuada	57	49
Sin señalización adecuada	58	51

7.2.2 Campo Lisama

Figura 14

Estado de señalización de pozos del campo Lisama.

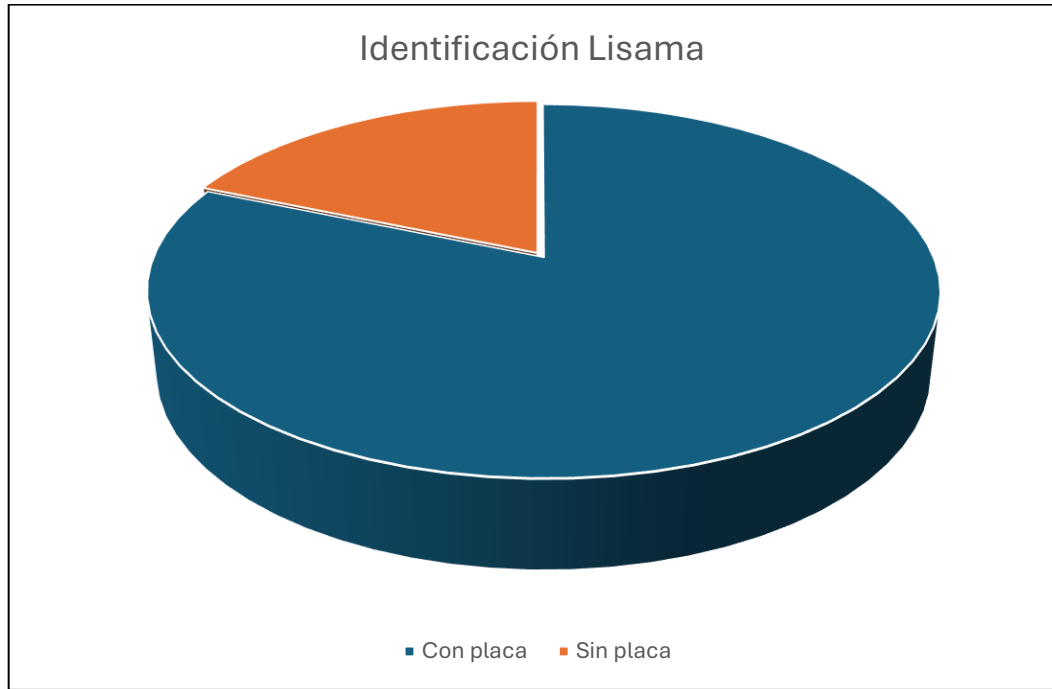


Tabla 5

Número de pozos con y sin señalización en campo Lisama.

Estado de señalización	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con señalización adecuada	83	81
Sin señalización adecuada	19	19

7.2.3 Campo Nutria

Figura 15

Estado de señalización de pozos del campo Nutria.

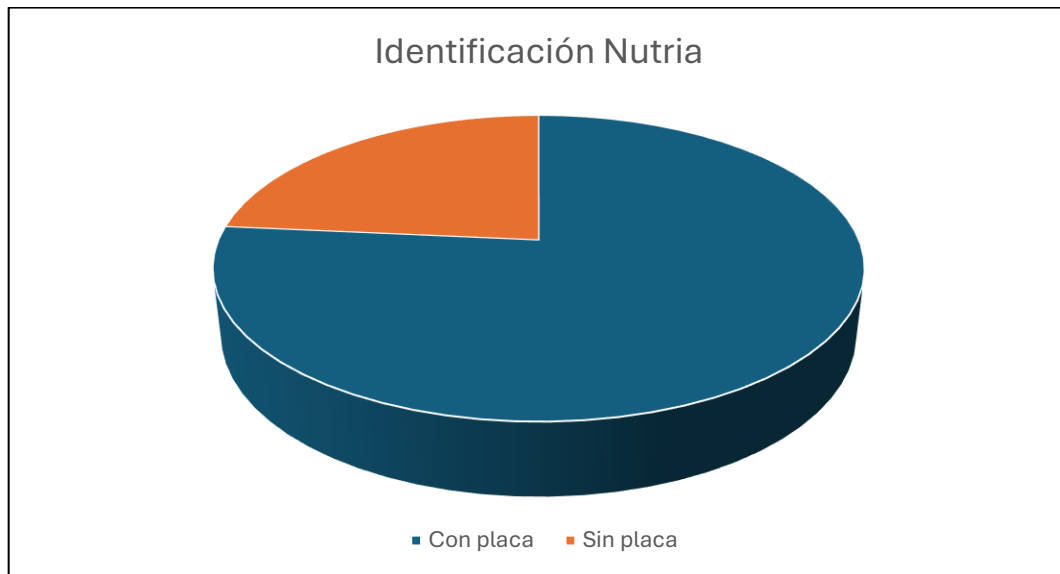


Tabla 6

Número de pozos con y sin señalización en campo Nutria.

Estado de señalización	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con señalización adecuada	13	76
Sin señalización adecuada	4	24

7.2.4 Campo Provincia Sur

Figura 16

Estado de señalización de pozos del Provincia Sur.

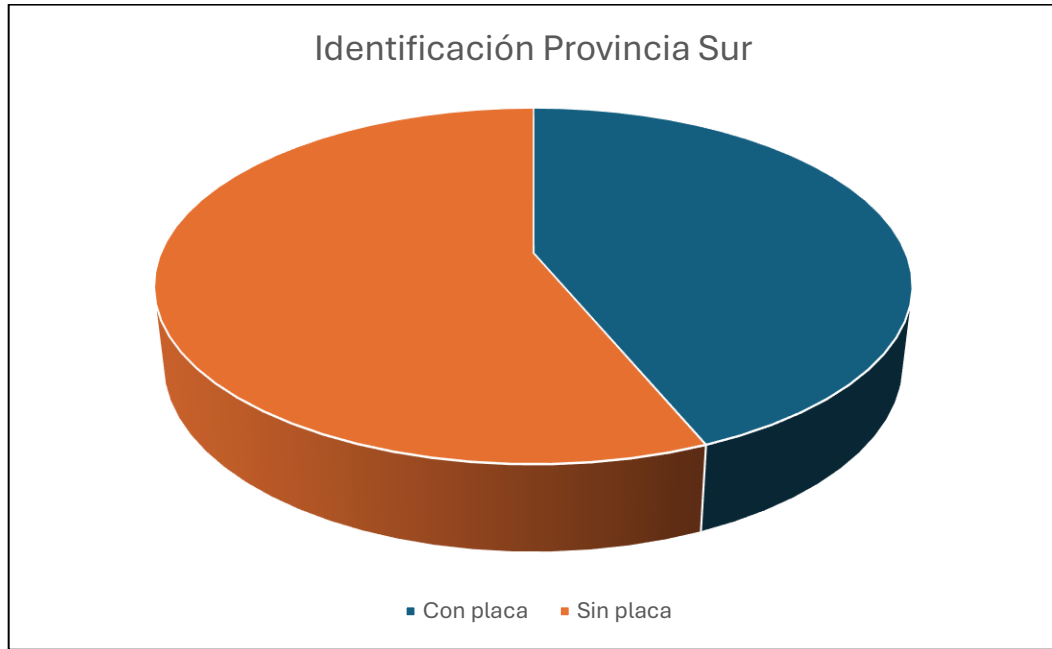


Tabla 7

Número de pozos con y sin señalización en campo Provincia Sur.

Estado de señalización	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con señalización adecuada	21	44
Sin señalización adecuada	27	56

7.2.5 **Resumen general**

Para obtener una visión integral del cumplimiento en señalización, se presenta a continuación un consolidado de todos los campos.

Figura 17

Estado general de pozos con y sin señalización adecuada.

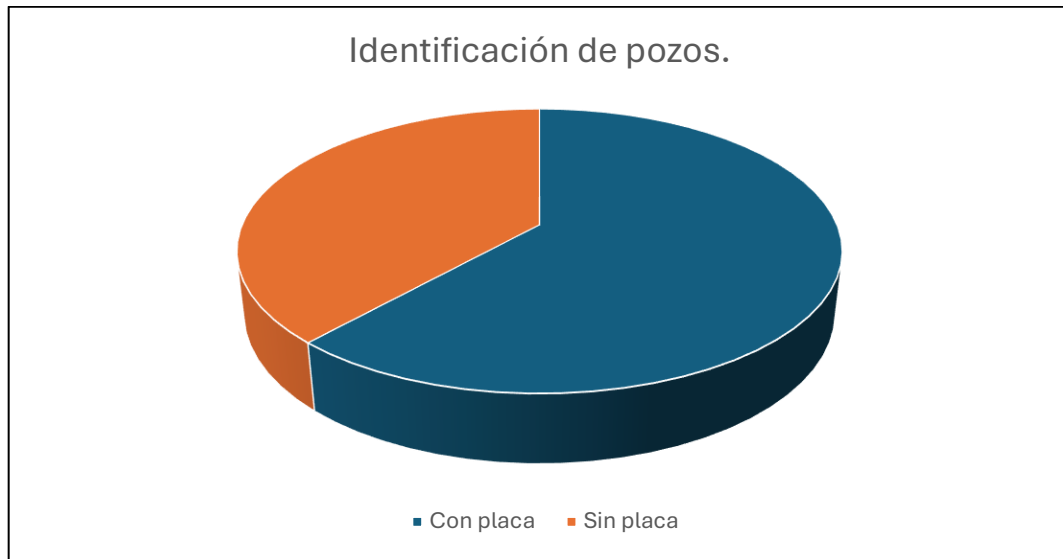


Tabla 8

Consolidado general de pozos con y sin señalización adecuada.

Estado de señalización	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con señalización adecuada	174	62
Sin señalización adecuada	108	38

El análisis muestra que más de una tercera parte de los pozos inspeccionados no cumple con la obligación de contar con la señalización exigida por la normativa. Eso representa

un incumplimiento importante que puede dificultar la supervisión y el seguimiento de afectaciones ambientales asociados a estos pozos.

7.3 Análisis de sellado

Otra de las variables clave analizadas en los pozos abandonados fue la condición de sellado observada en superficie, de acuerdo con la normativa vigente los pozos deben garantizar la adecuada contención de fluidos a través de la colocación de tapones de cemento y medidas de sellado que prevenga la migración de hidrocarburos hacia la superficie o entre formaciones. Aunque el análisis ideal requiere acceso a los estados mecánicos internos del pozo (incluyendo registros de cementación pruebas de integridad mecánica), en esta investigación se trabajó exclusivamente con la información recolectada en superficie durante las visitas de campo, para efectos del análisis estadístico se clasificaron los pozos en 2 categorías principales:

- **Pozos con evidencia superficial de sellado adecuado:** aquellos que no presentan el cabezal o brida ciega, ausencia de filtraciones visibles y estructuras superficiales en buen estado.

Figura 18

Fotografía tomada en el pozo Infantas 111 tomada por autores.



- **Pozos con evidencia superficial de sellado deficiente:** aquellos que presentaban cabezal abierto, signos de filtración de fluidos o deterioro evidente de las estructuras de superficie.

Figura 19

Fotografía tomada en el pozo Santos 22 tomada por autores.



A continuación, se presentan los resultados del análisis por campo donde se identifican las proporciones de pozos que presentan una condición superficial de sellado adecuada o deficiente con base a las observaciones en cada uno de los pozos. Las figuras muestran los porcentajes por campo y la tabla respectiva muestra los valores absolutos.

7.3.1 Campo La Cira-Infantas

Figura 20

Estado superficial de sellado en pozos del campo La Cira-Infantas.



Tabla 9

Pozos con evidencia de sellado superficial adecuado en La Cira-Infantas.

Estado de sellado superficial	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con sellado adecuado	95	83
Con sellado deficiente	20	17

7.3.2 Campo Lisama

Figura 21

Estado superficial de sellado en pozos del campo Lisama.



Tabla 10

Pozos con evidencia de sellado superficial adecuado en Lisama.

Estado de sellado superficial	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con sellado adecuado	95	91
Con sellado deficiente	7	9

7.3.3 Campo Nutria

Figura 22

Estado superficial de sellado en pozos del campo Nutria.



Tabla 11

Pozos con evidencia de sellado superficial adecuado en Nutria.

Estado de sellado superficial	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con sellado adecuado	14	82
Con sellado deficiente	3	18

7.3.4 Campo Provincia Sur

Figura 23

Estado superficial de sellado en pozos del campo Provincia Sur.



Tabla 12

Pozos con evidencia de sellado superficial adecuado en Provincia Sur.

Estado de sellado superficial	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con sellado adecuado	44	92
Con sellado deficiente	4	8

7.3.5 **Resumen general**

Se presenta a continuación un consolidado general de los resultados obtenidos para esta variable considerando todos los campos inspeccionados.

Figura 24

Estado general de sellado superficial en pozos visitados.



Tabla 13

Consolidado general de sellado superficial por campo.

Estado de sellado superficial	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con sellado adecuado	248	88
Con sellado deficiente	34	12

El análisis evidencia que un porcentaje bajo de los pozos inspeccionados presenta deficiencias en el sellado superficial, lo que representa un leve riesgo de filtración de

fluidos y afectación al entorno. Estas observaciones refuerzan la necesidad de implementar mecanismos de control y seguimiento más rigurosos, especialmente en lo que respecta a las condiciones superficiales de abandono.

7.4 Análisis de restauración ambiental.

La restauración ambiental es un aspecto clave en el proceso de abandono de pozos, ya que busca garantizar la recuperación del área intervenida y prevenir impactos negativos a largo plazo. Según la normativa vigente, la restauración debe contemplar actividades como la revegetación para restituir las condiciones naturales del sitio, bajo seguimiento de las autoridades ambientales competentes (ANLA o CAR).

Durante las visitas de campo, no se contó con acceso a estudios ambientales aprobados, actas de restauración, ni documentos oficiales que indicaran las fechas o responsables de la restauración ambiental de los pozos visitados. Por lo tanto, el análisis se basó exclusivamente en la observación superficial directa realizada durante las inspecciones.

Para efectos de este estudio, se consideró como evidencia de restauración ambiental adecuada únicamente aquellos pozos que:

- Mostraban encerramiento o adecuaciones técnicas que indicaran intervención posterior al abandono.

Figura 25

Fotografía tomada en el pozo Cira Infantas 243 tomada por autores.



- Contaban con placa de identificación visible (lo que daría indicio de cumplimiento normativo).

Figura 26

Fotografía tomada en el pozo Cira Infantas 250 tomada por autores.



- Presentaban cobertura vegetal homogénea (natural o intervenida).

Figura 27

Fotografía tomada en el pozo Cira Infantas 171 tomada por autores.



En contraste, cuando se observó vegetación espontanea sin placa y sin encerramiento, se clasifico como “sin restauración”, reconociendo que esa vegetación pudo deberse a procesos naturales más que una acción de restauración planificada.

Aunque este método no permite determinar con certeza la fecha, el tipo de restauración ni su aprobación oficial, si aporta una aproximación objetiva desde la observación superficial del estado actual del entorno de los pozos abandonados.

7.4.1 Campo La Cira Infantas

Figura 28

Estado de restauración ambiental en pozos del campo La Cira Infantas.



Tabla 14

Pozos con y sin evidencia clara de restauración ambiental en La Cira Infantas.

Estado de restauración ambiental	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con restauración ambiental adecuada	78	68
Con restauración ambiental parcial/deficiente	37	32

7.4.2 Campo Lisama

Figura 29

Estado de restauración ambiental en pozos del campo Lisama.



Tabla 15

Pozos con y sin evidencia clara de restauración ambiental en Lisama.

Estado de restauración ambiental	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con restauración ambiental adecuada	88	86
Con restauración ambiental parcial/deficiente	14	14

7.4.3 Campo Nutria

Figura 30

Estado de restauración ambiental en pozos del campo Nutria.



Tabla 16

Pozos con y sin evidencia clara de restauración ambiental en Nutria.

Estado de restauración ambiental	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con restauración ambiental adecuada	12	71
Con restauración ambiental parcial/deficiente	5	29

7.4.4 Campo Provincia Sur

Figura 31

Estado de restauración ambiental en pozos del campo Provincia Sur.



Tabla 17

Pozos con y sin evidencia clara de restauración ambiental en Provincia Sur.

Estado de restauración ambiental	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con restauración ambiental adecuada	40	83
Con restauración ambiental parcial/deficiente	8	17

A continuación, se presenta un consolidado de la variable de restauración ambiental para los cuatro campos evaluados, lo que permite visualizar la tendencia general en el cumplimiento de esta condición.

Figura 32

Estado general de restauración ambiental por campo.



Tabla 18

Consolidado general de restauración ambiental por campo.

Estado de restauración ambiental	Número de pozos	Porcentaje (%)
Con restauración ambiental adecuada	218	77
Con restauración ambiental parcial/deficiente	64	23

El análisis muestra que guion general la mayoría de los pozos inspeccionados presentan condiciones aceptables de recuperación ambiental en superficie. Sin embargo, se identificaron algunos casos con compactación de terreno o residuos sólidos, aspectos que pueden afectar el uso futuro del área para actividades agrícolas o ganaderas. Esta observación destaca la importancia de incluir criterios específicos de remediación y monitoreo en la normativa vigente.

7.5 Análisis de riesgos ambientales.

Los riesgos ambientales asociados a pozos abandonados que pueden implicar filtración de fluidos, migración de hidrocarburos, contaminación de suelos y aguas. Según la resolución 40622 de 2023, los operadores están obligados a garantizar la integridad de los pozos y a implementar medidas de prevención y mitigación que minimicen los riesgos ambientales y de seguridad.

Durante la visita de campo se recopilaron observaciones sobre la presencia de posibles riesgos ambientales en superficie, tales como:

- Presencia de manchas residuos aceitosos en el suelo.
- Señales de levantamiento de cabezal.

Para el análisis estadístico de esta variable, los pozos fueron clasificados en 2 categorías:

- Pozos sin evidencia superficial de riesgos ambientales: aquellos en los que no se observaron fluidos aceitosos en el área perimetral al pozo, ni señales de levantamiento de cabezal.

Figura 33

Fotografía tomada en el pozo Suerte 43 tomada por autores.



- Pozos con evidencia superficial de riesgos ambientales: aquellos en los que se evidenció al menos 1 de las condiciones mencionadas en la primera categoría.

Figura 34

Fotografía tomada en el pozo Lisama 158 tomada por autores.



A continuación, se presentan los resultados del análisis de riesgos ambientales observados superficialmente durante las visitas de campo. Las figuras reflejan en el porcentaje de pozos por campo que presentaron o no indicios visibles de riesgos ambientales y las tablas detallan los valores absolutos.

7.5.1 Campo La Cira Infantas

Figura 35

Pozos con evidencia superficial de riesgos ambientales en La Cira Infantas.



Tabla 19

Pozos con y sin evidencia superficial de riesgos ambientales en La Cira Infantas.

Evidencia de riesgos ambientales	Número de pozos	Porcentaje (%)
Sin evidencia superficial de riesgos ambientales.	111	97
Con evidencia superficial de riesgos ambientales.	4	3

7.5.2 Campo Lisama

Figura 36

Pozos con evidencia superficial de riesgos ambientales en Lisama.



Tabla 20

Pozos con y sin evidencia superficial de riesgos ambientales en Lisama.

Evidencia de riesgos ambientales	Número de pozos	Porcentaje (%)
Sin evidencia superficial de riesgos ambientales.	99	97
Con evidencia superficial de riesgos ambientales.	3	3

7.5.3 Campo Nutria

Figura 37

Pozos con evidencia superficial de riesgos ambientales en Nutria.

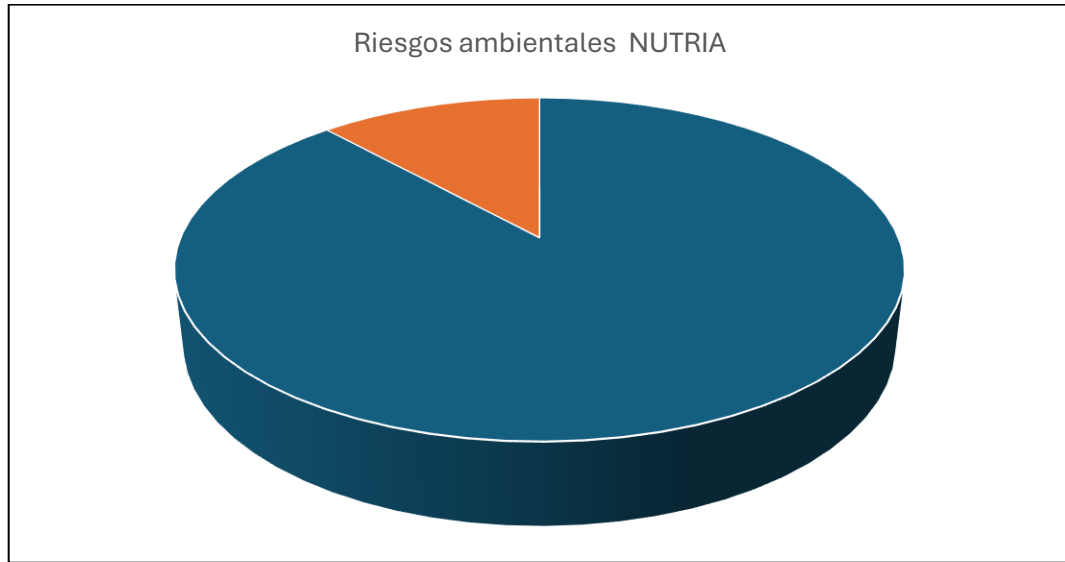


Tabla 21

Pozos con y sin evidencia superficial de riesgos ambientales en Nutria.

Evidencia de riesgos ambientales	Número de pozos	Porcentaje (%)
Sin evidencia superficial de riesgos ambientales	15	88
Con evidencia superficial de riesgos ambientales	2	12

7.5.4 Campo Provincia Sur

Figura 38

Pozos con evidencia superficial de riesgos ambientales en Provincia Sur.



Tabla 22

Pozos con y sin evidencia superficial de riesgos ambientales en Provincia Sur.

Evidencia de riesgos ambientales	Número de pozos	Porcentaje (%)
Sin evidencia superficial de riesgos ambientales	48	100
Con evidencia superficial de riesgos ambientales	0	0

7.5.5 Resumen general

El siguiente consolidado resume los resultados del análisis de riesgos ambientales superficiales en todos los campos visitados.

Figura 39

Consolidado general de pozos con evidencia de riesgos ambientales.



Tabla 23

Consolidado general de riesgos ambientales por campo.

Evidencia de riesgos ambientales	Número de pozos	Porcentaje (%)
Sin evidencia superficial de riesgos ambientales	273	97
Con evidencia superficial de riesgos ambientales	9	3

El análisis muestra que, si bien en la mayoría de los pozos no se observaron filtraciones ni manchas superficiales, existe un porcentaje de pozos que presentan signos de posibles riesgos ambientales. Estas condiciones representan riesgos potenciales para la

salud humana y el ambiente, y constituyen un punto crítico de mejora en la supervisión y en la normativa vigente.

Línea de tiempo de eventos ambientales y acciones oficiales en los campos evaluados (Cira Infantas, Lisama, Nutria y Provincia Sur).

Con el fin de sustentar los hallazgos del presente análisis con evidencia verificable, sí identificaron hechos, acciones y compromisos ambientales reportados en documentos oficiales disponibles públicamente y emitidos por la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). Estos documentos permiten establecer una trazabilidad parcial del manejo ambiental y técnico de la zona, en relación con la intervención en pozos petroleros, pasivos ambientales y procesos de seguimiento por parte de la autoridad ambiental. **Véase Apéndices I a la L.**

7.6 Línea de tiempo sustentada

Tabla 24

Línea de tiempo de documentos oficiales de la CAS.

Año	Evento / Acción	Documento fuente	Campo relacionado
2019	Se reporta la existencia de 38 pasivos ambientales petroleros identificados en el Magdalena medio.	Evaluación PGAR 2012-2021	General
2020	Se identifica el campo La Cira Infantas como uno de los focos principales de intervención ambiental.	Informe de gestión 2020	Cira-Infantas

2021	Se inicia seguimiento especial a cuatro municipios priorizados (entre ellos Barrancabermeja y San Vicente), con indicadores de afectación por hidrocarburos.	Informe de seguimiento a indicadores mínimos 2021	Todos
2023	Se reporta avance en restauración de áreas intervenidas en el área de influencia del campo Lisama.	Matriz reporte cuatrienal 2025	Lisama
2025	Se priorizan acciones en los sectores rurales con presencia de pozos abandonados; se da seguimiento a compromisos de remediación.	Matriz reporte y cuatrienal 2025	Lisama y Provincia Sur

7.6.1 Justificación metodológica

Esa línea de tiempo se construyó a partir de documentos públicos emitidos por la CAS, los cuales reportan avances, falencias y compromisos relacionados con el manejo ambiental de zonas con presencia de infraestructura petrolera. Su inclusión tiene como objetivo contextualizar las condiciones observadas en campo y sustentar la existencia de acciones (o ausencia de éstas) frente al abandono de pozos y sus consecuencias.

Los documentos fueron descargados directamente desde el portal oficial de la CAS, y pueden ser consultados en los anexos o mediante enlaces disponibles en el sistema institucional.

7.7 Síntesis estadística de las variables analizadas.

A partir del análisis estadístico realizado para las variables de señalización e identificación, sellado superficial, restauración y riesgos ambientales. Esta síntesis permite identificar de manera general las principales brechas de cumplimiento y los aspectos más relevantes en la gestión de pozos abandonados.

En la tabla 25 se presenta un resumen estadístico consolidado de las variables analizadas, indicando la frecuencia absoluta y el porcentaje de cumplimiento e incumplimiento observados en cada variable.

Tabla 25

Síntesis estadística de las variables analizadas en los pozos abandonados inspeccionados.

Variable evaluada	Cumplimiento (N° de pozos)	Cumplimiento (%)	Incumplimiento (N° de pozos)	Incumplimiento (%)
Señalización e identificación	174	62	108	38
Sellado superficial	248	88	34	12
Restauración ambiental	218	77	64	23
Riesgos ambientales	273	97	9	3

En el análisis consolidado evidencia que las principales brechas de cumplimiento se encuentran en las variables de riesgos ambientales y el sellado superficial.

7.8 Relación entre las condiciones superficiales observadas y el impacto ambiental potencial.

El abandono inadecuado de pozos petroleros representa un riesgo ambiental significativo cuando los procedimientos de sellado, restauración o desmantelamiento no se ejecutan conforme a los lineamientos normativos. En el presente estudio se identificaron condiciones superficiales en algunos pozos que permiten inferir la posibilidad de contaminación de suelos y aguas subterráneas, así como impactos sobre el uso del suelo y los ecosistemas.

Entre las observaciones más relevantes se encuentran filtraciones de aceite lúpidas levantadas por presión interna. Estas condiciones coinciden con los escenarios de riesgo documentados en estudios previos, como lo es el riesgo de migración vertical de fluidos.

La falta de señalización adecuada en parte de los pozos también limita la posibilidad de monitoreo ambiental futuro y de respuesta oportuna ante incidentes.

7.9 Conclusiones parciales del análisis estadístico.

El análisis estadístico realizado en los campos maduros del Magdalena medio permitió identificar de manera cuantitativa las principales deficiencias de cumplimiento frente a la normativa vigente. Las variables evaluadas, señalización e identificación, sellado superficial, restauración y riesgos ambientales que constituyen aspectos fundamentales para garantizar la seguridad, la integridad mecánica y la protección del medio ambiente en las áreas de pozos abandonados.

Los resultados evidencian que en las principales brechas de cumplimiento se concentran en la señalización e identificación de los pozos, lo que refleja la necesidad de fortalecer los mecanismos de control y seguimiento sobre este aspecto clave para la

trazabilidad y supervisión ambiental. En contraste, las variables de riesgos ambientales y sellado superficial presentan altos niveles de cumplimiento, evidenciando que la mayoría de los pozos no muestran filtraciones visibles ni deficiencias críticas en la contención de fluidos.

En conjunto, este análisis estadístico aporta una visión cuantitativa y objetiva de la situación de los pozos abandonados evaluados y constituye una base técnica para sustentar la propuesta de mejora regulatoria que se desarrolla en los capítulos siguientes.

8. Capítulo 2

8.1 Identificación y descripción de las afectaciones ambientales y sociales

El abandono inadecuado de pozos de petróleo y gas puede generar afectaciones ambientales y sociales significativos que impactan de manera directa a las comunidades y ecosistemas circundantes. La normativa vigente especialmente la resolución 40622 de 2023, establece que el proceso de abandono ya sea temporal o definitivo debe garantizar la seguridad técnica, la protección del ambiente y la restauración de las áreas intervenidas.

Sin embargo, en la práctica se han evidenciado posibles casos en los que las condiciones superficiales de abandono no cumplen con los estándares establecidos, lo que daría lugar a problemas como contaminación de suelos, afectación de cuerpos de agua, deterioro de la cobertura vegetal y riesgos para las comunidades cercanas. Esas afectaciones no sólo representarían un incumplimiento técnico, sino que también debilitan la confianza social hacia la industria petrolera generando conflictos socioambientales y barreras para futuras operaciones en zonas impactadas.

En este apartado se identifican y describen las potenciales afectaciones observadas durante las visitas de campo, utilizando como insumo los registros fotográficos y fichas técnicas de inspección (creada por autores con el fin de documentar lo observado en campo en cada uno de los pozos), las principales categorías de afectación analizadas incluyen:

- Potencial contaminante de suelos (identificación de manchas de aceite a menos de 100 metros).
- Probables riesgos en cuerpos de agua cercanos (identificación de manchas de aceite en cuerpos de agua a menos de 100 metros).

8.2 Potencial contaminante de suelos

La contaminación de suelos es una de las afectaciones ambientales más frecuentes asociadas al abandono inadecuado de pozos petroleros. Esta problemática puede derivarse de filtraciones de hidrocarburos, residuos sólidos de operaciones pasadas o materiales abandonados como fragmentos de tubería cemento u otros elementos provenientes de labores de abandono.

Según la resolución 40622 de 2023 los operadores están obligados a realizar limpieza y remediación de los suelos antes de finalizar el proceso de abandono (artículo 15 y 17), con el fin de prevenir impactos ambientales futuros y proteger la salud pública.

Durante las inspecciones de campo se identificaron algunos pozos abandonados los cuales presentaban manchas de aceite en sus alrededores y a continuación presentamos algunas evidencias recolectadas:

Figura 40

Aceite fluyendo cerca al pozo La Cira Infantas 635.



Figura 41

Aceite en paredes rocosas cerca de un caño en el pozo La Cira Infantas 635.



Figura 42

Aceite en cuneta cerca al pozo La Cira Infantas 635.



Figura 43

Gaviones impregnados de aceite cerca del pozo La Cira Infantas 653.



Figura 44

Paredes de la cuneta con aceite a menos cerca del pozo La Cira Infantas 653.



Figura 45

Contacto con una fuente hídrica cercana del pozo Lisama 26.



Figura 46

Presencia de aceite en el pozo Lisama 134.



Figura 47

Presencia de aceite en el pozo Lisama 134.



8.3 Impactos sociales y normativos derivados del mal abandono de pozos

En el marco de la Resolución 40622 de 2023, el abandono de pozos productores de hidrocarburos debe ejecutarse bajo criterios técnicos, ambientales y de seguridad industrial, garantizando la eliminación de riesgos para las comunidades y el medio ambiente. Sin embargo, en el diagnóstico realizado en algunos campos del Magdalena Medio santandereano, se evidenció el incumplimiento de varios de estos requisitos, generando problemáticas sociales, económicas y de seguridad.

8.3.1 Hallazgos principales

8.1.3.1 Pozos mal abandonados o pendientes por abandono

- Presencia de pozos inactivos en patios de viviendas o a escasa distancia de ellas.
- Falta de señalización visible y de estructuras seguras de protección.

Figura 48

Pozo infantas 541 en patio de vivienda



Figura 49

Pozo infantas 424 cerca de canchas



8.1.3.2 Restricciones en la tenencia de la tierra

- Predios baldíos ocupados o en posesión que no pueden ser titulados por el Estado por encontrarse cerca de pozos activos o mal abandonados.
- Afectación directa al derecho de acceso a la propiedad y limitación de oportunidades de desarrollo económico de las familias.

Figura 50

Pozo infantas 295 cerca de viviendas



8.1.3.3 Afectación del uso productivo del suelo

- Locaciones o plataformas de pozos abandonados cubiertas con grama o gravilla, encerradas con cercas de 4 o 5 líneas de alambre de púas y postes de cemento.
- Imposibilidad de utilizar el terreno para actividades agrícolas o pecuarias, a pesar de que la Ley 1274 de 2009 establece la terminación de la servidumbre petrolera una vez concluido el abandono definitivo.

Figura 51

Pozo Nutria 16 con 4 líneas de alambre de púa y postes de cemento



Figura 52

Locación del pozo santos 64 con gravilla



8.3.2 Desplazamiento o reubicación de familias

- El correcto abandono de pozos cercanos a viviendas implica la reubicación preventiva de familias, generando procesos de desplazamiento que afectan la cohesión social y los vínculos comunitarios.

Tabla 26

Impactos sociales identificados

Categoría de Impacto	Descripción	Efectos a corto plazo	Efectos a largo plazo
Seguridad y salud	Riesgo de explosiones, incendios y fugas por conexiones ilícitas de	Accidentes, lesiones graves, intoxicaciones.	Pérdida de vidas, daños irreversibles en salud, desconfianza hacia la industria.

	gas sin control técnico.		
Tenencia de la tierra	Imposibilidad de titular predios cercanos a pozos mal abandonados.	Desmotivación en inversión rural y mejoras en vivienda.	Exclusión social, perpetuación de pobreza rural.
Uso productivo del suelo	Locaciones cerradas que no se reintegran a actividades agrícolas o pecuarias.	Disminución de ingresos y oportunidades productivas.	Degradación socioeconómica y dependencia de actividades informales.
Movilidad y hábitat	Necesidad de reubicación de familias en zonas de riesgo.	Pérdida de vivienda y redes de apoyo comunitario.	Desarraigo cultural y conflictos por reasentamientos.
Percepción social	Sensación de abandono institucional y falta de control estatal.	Pérdida de confianza en autoridades y empresas operadoras.	Aumento de tensiones comunitarias y conflictos socioambientales.

8.3.3 Implicaciones normativas

- Incumplimiento de la Resolución 40622 de 2023, que exige el sellado mecánico y superficial, retiro de instalaciones y restitución del terreno a condiciones seguras y estables.
- Incumplimiento de la Ley 1274 de 2009, en cuanto a la terminación de la servidumbre y devolución efectiva del uso de la tierra al propietario o poseedor.
- Posible responsabilidad civil y penal de las empresas operadoras y de quienes manipulen ilícitamente el gas, por riesgo a la vida e integridad de terceros.

8.3.4 Recomendaciones

- Plan de cierre y abandono integral que incluya aspectos técnicos, sociales y de reasentamiento, priorizando los pozos en áreas habitadas.
- Proceso de restitución de tierras y levantamiento de cercas en locaciones abandonadas para devolver su uso productivo.
- Campañas de educación comunitaria sobre riesgos asociados a pozos y conexiones ilícitas de gas.
- Monitoreo y control estatal estricto para verificar el cumplimiento de la Resolución 40622 de 2023, con sanciones ejemplares.

8.3.5 Conclusión

El mal abandono de pozos productores de hidrocarburos, especialmente en zonas habitadas, no solo constituye una infracción a la normativa técnica y de seguridad, sino que desencadena graves impactos sociales: pone en riesgo vidas humanas, restringe derechos de propiedad, limita el desarrollo productivo y puede generar desplazamientos forzados. La intervención inmediata y coordinada entre las empresas operadoras, las autoridades y las comunidades es indispensable para prevenir emergencias y restituir el bienestar social de las áreas afectadas.

9. Capítulo 3

9.1 Propuesta de mejora regulatoria para el abandono de pozos con base en evidencia de campo y criterios técnicos.

El presente capítulo tiene como finalidad presentar una propuesta de mejora regulatoria orientada a fortalecer la aplicación de la resolución 40622 de 2023, por medio de la incorporación de ajustes técnicos y normativos derivados del trabajo de campo. Dicha resolución establece los lineamientos para el abandono temporal y definitivo de pozos petroleros en Colombia; sin embargo, a partir de los hallazgos obtenidos en la muestra de pozos abandonados en los campos de estudio, se identificaron posibles brechas de cumplimiento normativo que afectaría la eficiencia de su aplicación y en dado caso comprometen la integridad ambiental y social de las zonas intervenidas.

Durante las visitas de campo se observaron situaciones con deficiencias en señalización, restauración ambiental, sellado superficial y evidencia de riesgos ambientales. Estos hallazgos, documentos y registros fotográficos, respaldan la necesidad de actualizar o complementar la normativa existente con prácticas más específicas y aplicables.

Como sustento técnico, se construyó una serie de procedimientos operativos con base en prácticas comunes aplicadas actualmente por personal operativo en campo, las cuales fueron identificadas, interpretadas y adaptadas como parte del trabajo de investigación. Estas prácticas incluyen técnicas empleadas para la instalación y desinstalación de equipos, cementación forzada, uso de tapones balanceados, taponamiento con empaques recuperables, limpieza superficial, verificación mecánica y restauración del área intervenida.

9.2 Capítulo 1: Consideraciones generales

Durante el análisis técnico del capítulo uno de la resolución 40622 de 2023, se identificó la necesidad de ampliar el alcance práctico de la normativa para mejorar su aplicabilidad en campo. Este capítulo establece los lineamientos generales para las operaciones de abandono de pozos, pero no contempla con suficiente detalle el tipo de equipamiento mínimo que debería estar disponible para su ejecución.

De acuerdo con la experiencia operativa analizada en campo, se propone que la normativa especifique de manera general, que, para ejecutar trabajos de abandono, el operador deberá contar con un conjunto mínimo de equipos de reacondicionamiento que garanticen la seguridad operativa, el control de presión superficial y la capacidad de izaje de componentes internos del pozo.

9.3 Propuesta de mejora: adición a las consideraciones generales

“Todo operador que realice actividades de abandono, ya sea temporal o definitivo deberá contar con un conjunto mínimo de equipos de intervención en pozo, que le permitan realizar maniobras de izaje, control de presión superficial, instalación y retiro de componentes. Estos equipos deben ser capaces de soportar el peso operativo de la sarta, mantener el cabezal en condiciones mecánicas seguras y permitir el montaje de sistemas de seguridad industrial. Las características técnicas de los equipos deberán documentarse en el programa abandono correspondiente.”

9.4 Procedimiento técnico sugerido para el montaje de equipo Hidráulico de intervención en pozos abandonados.

Se propone adoptar el siguiente procedimiento para el montaje del equipo de intervención hidráulico en pozos en proceso de abandono, como parte de los requerimientos técnicos mínimos en las disposiciones generales de la normativa.

9.4.1 Paso a paso operativo

1. Preparación del terreno: se debe nivelar el área de trabajo y colocar los tacos metálicos que servirán como base estructural del montaje, garantizando la estabilidad del conjunto.
2. Instalación del gato hidráulico: se coloca el gato central sobre la base y se acopla el travesaño con sus respectivos ejes.
3. Montaje del mástil: se alinea el mástil principal y se une al gato hidráulico, permitiendo su desplazamiento vertical.
4. Aseguramiento estructural: se fijan los pasadores del mástil en la posición inferior para garantizar estabilidad durante el izaje inicial.
5. Conexión del sistema hidráulico: se conectan las mangueras del sistema hidráulico del equipo hacia el gato, verificando que no haya fugas.
6. Izaje del mástil: se acciona el sistema hidráulico lentamente hasta que el mástil se encuentre completamente vertical.
7. Fijación del mástil: una vez elevado, se instalan los pasadores del segundo nivel para fijar el mástil en su posición de trabajo.
8. Montaje de la cabeza de pozo: se acopla la cabeza de pozo al extremo del mástil y se asegura mediante el pasador lateral de seguridad.

9. Desmontaje del gato: se baja el mástil nuevamente, se retira el gato hidráulico y se deja el mástil asegurando a la estructura.
10. Instalación de accesorios: se monta el cabreste, la válvula de seguridad y demás componentes operativos necesarios para la intervención del pozo.

En las siguientes figuras se presentan los componentes principales del sistema hidráulico utilizado durante la instalación del equipo de intervención en pozo. Este esquema permite visualizar la disposición estructural y funcional de las partes que intervienen en la maniobra de montaje:

Figura 53

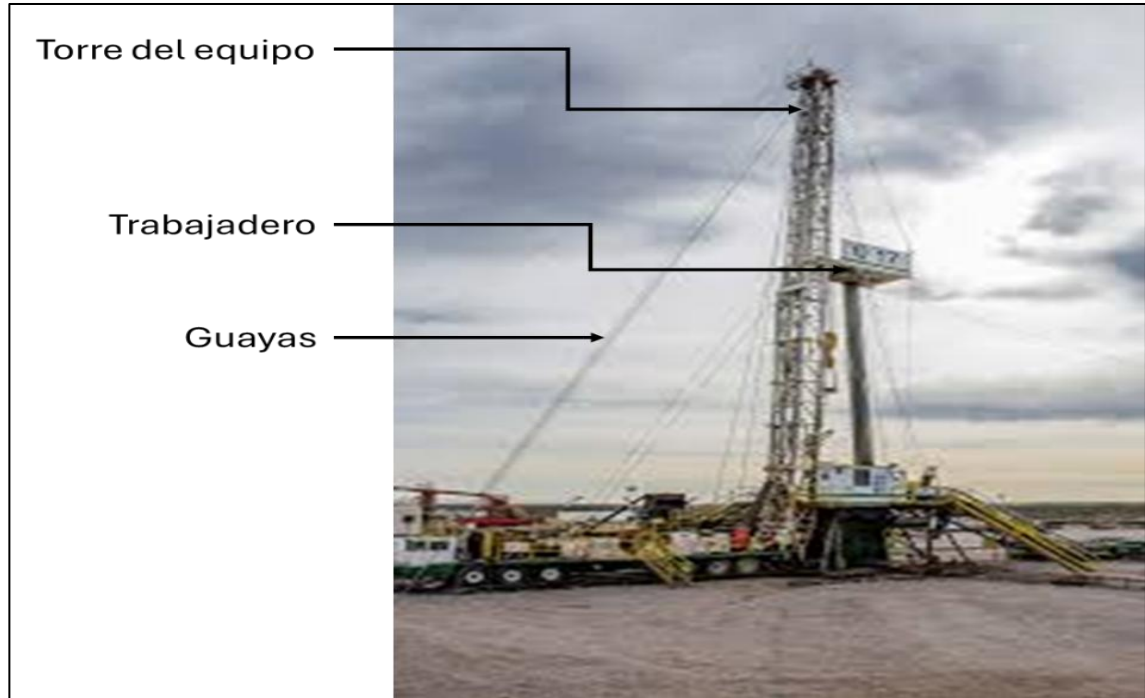
Equipo en posición de viaje.



https://constructoraomilade.com/wp-content/uploads/2022/06/5.jfif_.png

Figura 54

Equipo de workover.



https://lh6.googleusercontent.com/proxy/MJ_6QAg4_tMjn5XEZfzmsS6vgNI7w_1a8RL7TOyhWRoBis9SdBaQHZM8QBACoYwd5L7ILBxpUYgr-7WnQbhMtoK-yw13gIcJmX4TVte4TtWVQHx7BC-aj9_2tvjQTW

9.5 Propuesta de mejora regulatoria al capítulo 4: abandono definitivo de pozos.

El capítulo 4 de la resolución 40622 de 2023, particularmente el artículo 33, establece condiciones adicionales de abandono definitivo, pero no detalla los métodos ni las técnicas que aseguren un sellado efectivo y verificación de los tapones. lo que asegure su hermeticidad y efectividad a largo plazo.

9.6 Propuesta de mejora al artículo 33

Se propone adicionar un párrafo al artículo 33 que establezca de forma obligatoria la aplicación de técnicas operativas específicas para la instalación y verificación de tapones, asegurando un sellado efectivo y duradero. Estas técnicas fueron sistematizadas a partir de la observación directa de procedimientos de campo realizados, y se centran en el uso de tapones de cemento colocados mediante balance de presión, el uso de empaques recuperables y la ejecución de pruebas de presión antes del corte del cabezal.

9.6.1 Texto sugerido a incluir en el artículo 33

“El procedimiento de abandono definitivo deberá incluir la colocación de al menos un tapón de cemento por el método de balance de presión a una profundidad estratégica, junto con la utilización de un tapón mecánico recuperable o permanente para asegurar la hermeticidad del pozo, con el fin de verificar la efectividad del sellado. Todas las maniobras deberán registrarse fotográficamente y con respaldo técnico documentado”.

9.7 Procedimiento técnico para la colocación de tapón de cemento por método balanceado

Con el fin de garantizar un sellado efectivo y permanente del pozo durante el abandono definitivo, se propone la implementación de un procedimiento técnico de colocación de tapón de cemento utilizando el método de balance de presiones. Esta técnica permite instalar el tapón con mayor precisión reduciendo el riesgo de filtraciones y asegurando la estabilidad estructural de la zona sellada.

El procedimiento que se presenta a continuación fue sistematizado a partir de la observación técnica de campo y busca establecer una base operativa mínima que pueda

ser incluida como requerimiento en la normativa vigente para todas las operaciones de abandono definitivo.

Paso a paso operativo:

1. Verificación de la profundidad y limpieza del pozo: asegurar que el tramo donde se colocará el tapón esté libre de residuos, sedimentos o tuberías desprendidas.
Confirmar la profundidad final con la medición de la sarta.
2. Preparación del tapón guía: acoplar el tapón guion al extremo de la carta de trabajo. Verificar que esté centrado y libre de obstrucciones.
3. Descenso de la sarta: introducir la sarta con el tapón hasta que la profundidad sea la calculada, en el caso de abandono definitivo este punto suele ubicarse entre 50 y 100 m por encima del tope del revestimiento a aislar una zona productora.
4. Mezcla de la lechada de cemento: Prepara el cemento con las proporciones indicadas de agua y aditivos, logrando una mezcla homogénea y la densidad requerida para el pozo.
5. Bombeo del cemento: iniciar el desplazamiento del cemento hacia el interior del pozo a través de la sarta, controlando volumen, caudal y presión. La lechada debe avanzar por encima del tapón y llenar el espacio anular alrededor de la sarta.
6. Aplicación del método balanceado: una vez alcanzado el volumen deseado, detener el bombeo y permitir que la presión hidrostática del cemento y la del fluido desplazado se equilibren. Esta etapa evita el retroceso del cemento, su migración indeseada.

7. Reversa controlada (sí aplica): realizar desplazamiento con agua limpia para empujar el cemento restante de la sarta y dejarlo reposar. Evitar turbulencias que puedan romper la estructura interna del tapón.
8. Verificación y retiro: una vez completada la operación, se retira la sarta de forma cuidadosa. Se debe esperar el tiempo de fraguado mínimo antes de cualquier otra operación. Registrar todo en la parte técnica de abandono.

9.8 Procedimiento técnico para taponamiento con empaque recuperable y prueba de presión.

Además del uso de cemento por el método balanceado, el abandono definitivo de un pozo requiere implementar mecanismos complementarios que refuercen el sellado. Uno de los más eficientes es la utilización de tapones mecánicos recuperables, que permiten aislar secciones del pozo con alta precisión y sin necesidad de retirar tubería permanente.

Asimismo, se propone incluir como requisito obligatorio una prueba de presión previa al corte del cabezal, que permitan verificar la efectividad del taponamiento, identificando posibles fallas en el sellado o pérdidas de presión.

9.8.1 Paso a paso operativo:

1. Acoplamiento del tapón mecánico a la sarta de instalación: conectar el tapón al extremo inferior de la sarta de trabajo utilizando el mecanismo de fijación rápida. Hay que asegurar que el empaque esté correctamente alineado.
2. Descenso controlado al punto de anclaje: Introducir la sarta lentamente hasta alcanzar la profundidad planificada, donde se instalará el tapón. Evitar golpe durante el descenso.

3. Verificación de alineación: una vez alcanzada la profundidad, mantener la sarta en posición vertical y estable para permitir el acoplamiento simétrico del tapón a las paredes internas del revestimiento.
4. Accionamiento del sistema expansión: aplicar torque o presión controlada desde superficie (según el sistema) para desplegar las aletas o anillos de sujeción del tapón.
5. Bloqueo del tapón: verificar el asentamiento completo del empaque dentro del pozo. Hay que confirmar que el sistema haya liberado el tapón de la sarta (sí es del tipo liberable) o que haya quedado fijo si es permanente.
6. Prueba estructural: mantener la sarta conectada durante algunos minutos para observar cualquier posible desplazamiento. Si no hay movimiento, iniciar el retiro del sistema o continuar con la siguiente fase del abandono.

9.9 Propuesta de artículos transversales: trazabilidad, evidencia y control.

Además de las modificaciones puntuales a los artículos de la resolución 40622 de 2023, esta propuesta de mejora regulatoria incluye la incorporación de artículos nuevos, de aplicación transversal, que fortalezcan la trazabilidad, la verificabilidad técnica y control documental del abandono de pozos, tanto en su etapa de inactividad como en la definitiva.

Estas recomendaciones se fundamentan en la falta de evidencia técnica visible encontrada en numerosos pozos evaluados en campo, donde no fue posible identificar registros fotográficos, bitácoras operativas ni formatos estandarizados de seguimiento.

9.9.1 **Artículo propuesto 1- Registro técnico obligatorio.**

“El operador deberá documentar cada maniobra realizada durante el abandono temporal o definitivo mediante un formato técnico que incluya: fecha, responsables, materiales utilizados, profundidad de operación, pruebas realizadas y observaciones. Este registro deberá mantenerse disponible para auditoría por parte de la autoridad competente”

9.9.2 **Artículo propuesto 2 - Evidencia fotográfica mínima.**

“Durante el proceso de abandono, el operador deberá generar evidencia fotográfica en al menos 3 etapas: antes del inicio de la operación, durante la ejecución del procedimiento técnico, y al finalizar el mismo. Las imágenes deberán permitir identificar el pozo, el equipo utilizado y el resultado obtenido”.

9.9.3 **Artículo propuesto 3 - Procedimientos operativos sistematizados.**

“Las operaciones de abandono deberán seguir procedimientos técnicos para ser aprobados por el operador, sistematizar por escrito y basarse en buenas prácticas. Estos deberán estar disponibles en sitio durante la ejecución del abandono y adjuntarse al informe final.”

9.9.4 **Aplicación práctica y ventajas de la propuesta normativa.**

La aplicación de las modificaciones y procedimientos técnicos propuestos en esta tesis permitirá superar brechas normativas importantes en la actual resolución 40622 de 2023. Las condiciones observadas en campo, tanto en pozos inactivos como en aquellos que ya fueron abandonados, revelan fallas en el seguimiento, el control superficial, la verificación del sellado y la documentación técnica.

La integración de procedimientos como la limpieza y aseguramiento del cabezal, la cementación por balance de presiones el uso de tapones mecánicos recuperables y la ejecución de pruebas de presión combinados con nuevas exigencias de registro técnico y evidencia fotográfica, representaría un salto de calidad regulatoria aplicable en todo el territorio nacional.

Ventajas prácticas de la propuesta:

- Reducción de riesgo ambiental: se evitan filtraciones, migración de fluidos y deterioro de estructuras expuestas.
- Facilita la fiscalización: la autoridad tendrá herramientas objetivas para verificar que el abandono se realizó correctamente.
- Mayor trazabilidad y transparencia: cada maniobra queda documentada técnica y visualmente.
- Uniformidad operativa entre operadores: Se estandarizan prácticas que hoy son variables o ambiguas.
- Protección de comunidades cercanas: se garantiza que no haya pozos abiertos o mal señalizados cerca de zonas habitadas.

9.10 **Aplicación en los campos visitados.**

Sí las propuestas aquí planteadas hubieran estado vigentes, muchas de las fallas detectadas visualmente en los campos del Magdalena medio podrían haberse evitado. En varios pozos inspeccionados se observaron problemas cómo: cabezales cubiertos de maleza, válvulas oxidadas, pozos sin placa ni señalización, ausencia de sellado superficial o evidencia de trabajos mal ejecutados.

Estas situaciones presentan un incumplimiento no sólo técnico, sino también ambiental y social, y confirman la urgencia de actualizar la regulación con criterios claros, verificables y aplicables.

10. Conclusiones generales

1. Se evidencia que más de la tercera parte de los pozos abandonados no presenta placas de identificación, lo cual afecta la trazabilidad y supervisión de estos pozos. Asimismo, se detectaron deficiencias en la restauración ambiental y, en menor medida, en el sellado superficial, lo que evidencia la necesidad de fortalecer los procesos de abandono y seguimiento post-operativo.
2. El análisis realizado evidenció que el mayor nivel de cumplimiento se presenta en lo relacionado con los riesgos ambientales superficiales. En la mayoría de los pozos evaluados no se identificaron posibles filtraciones visibles de hidrocarburos ni residuos oleosos en las inmediaciones, siendo escasos los casos donde se observaron indicios de contaminación a menos de 100 metros del pozo. Esto sugiere que, aunque existen otras brechas normativas, los riesgos ambientales visibles han sido controlados en gran parte de las locaciones visitadas.
3. La ausencia de información técnica detallada (como registros de cementación, ubicación de tapones y el estado del casing) representa una limitante crítica para el análisis completo de la integridad del abandono, lo cual debilita el control institucional y genera incertidumbre sobre la seguridad a largo plazo de estos posibles activos inactivos.
4. La propuesta de mejora regulatoria planteada en el capítulo 4, basada en la resolución 40622 de 2023, ofrece lineamientos operativos más claros y aplicables para

fortalecer el cumplimiento normativo y mejorar los procedimientos de abandono temporal y definitivo.

5. Finalmente, se concluye que la vigilancia activa, el fortalecimiento institucional, el acceso a información técnica y la integración con actores comunitarios son claves para reducir los riesgos ambientales existentes y prevenir futuros impactos derivados del abandono inadecuado de pozos en campos maduros.

11. Recomendaciones.

1. Fortalecer los mecanismos de inspección y seguimiento en campo por parte de la autoridad competente, con énfasis en pozos abandonados ubicados en zonas cercanas a viviendas, cultivos o instituciones educativas, donde los riesgos sociales y ambientales son mayores.

2. Implementar de forma obligatoria la sistematización documental y fotográfica de cada etapa del abandono de pozos, tanto temporal como definitivo, con registros firmados por los responsables técnicos y georreferenciación precisa del activo intervenido.

3. Actualizar la normativa existente mediante la inclusión de procedimientos técnicos específicos, como la limpieza y aseguramiento superficial durante la inactividad, el uso del método balanceado para la colocación de tapones de cemento, la aplicación de prueba de presión antes del corte del cabezal y la utilización de empaques recuperables.

4. Desarrollar un protocolo mínimo de restauración ambiental post-abandono, que incluye actividades de remoción de escombros, recuperación de cobertura vegetal y aislamiento físico del área intervenida, acompañado de un acta de cierre ambiental verificable.

5. Establecer un sistema de clasificación del estado de abandono de los pozos, basado en criterios técnicos, ambientales y sociales, me permita priorizar acciones correctivas sobre los pozos con mayores deficiencias o riesgos.
6. Promover la creación de un sistema público y transporte de información sobre pozos abandonados, que permita a las comunidades acceder a datos básicos como ubicación, operador responsable, fecha de abandono y tipo de sellado realizado.
7. Ampliar la formación técnica de los operarios y contratistas encargados del abandono de pozos, asegurando que todos los procedimientos se realicen con base en manuales estandarizados aprobados y ajustados a las condiciones reales en campo.
8. Utilizar los resultados de esta investigación como insumo para el diseño de nuevas resoluciones y ajustes normativos por parte del ministerio de minas y energía o la ANH, Integrando evidencia de campo y aportes desde la experiencia operativa.

12. Bibliografía.

- **Colombia. Ministerio de Minas y Energía.** Resolución 181495 de 2009, por la cual se establecen medidas y condiciones para el taponamiento, suspensión y abandono de pozos de hidrocarburos. Bogotá, D.C., Colombia: Diario Oficial No. [n.º], 2009. Disponible en: https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_minminas_181495_2009.htm
- **Colombia. Ministerio de Minas y Energía.** Resolución 40048 de 2015, por la cual se modifica parcialmente la Resolución 181495 de 2009, y regula el abandono temporal y definitivo de pozos exploratorios. Bogotá, D.C., Colombia: Diario Oficial No. [n.º], 2015. Disponible en: https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_minminas_40048_2015.htm
- **Colombia. Ministerio de Minas y Energía.** Requisitos técnicos para llevar a cabo las operaciones de suspensión temporal, abandono temporal y definitivo de pozos (proyecto para participación ciudadana, julio 2023). Disponible en: <https://www.minenergia.gov.co/es/servicio-al-ciudadano/foros/requisitos-t%C3%A9cnicos-para-llevar-a-cabo-las-operaciones-de-suspensi%C3%B3n-temporal-abandono-temporal-y-definitivo-de-pozos/>
- **Caro Rojas, Fabián Enrique.** Plan de gestión de proyectos para el abandono definitivo de un pozo de hidrocarburos, Colombia. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2024. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/95033>

- **García López, Sergio Andrés; Taborda Velásquez, Angy Carolina; Rincón González, Sebastián Felipe.** Estrategia de priorización para el abandono de una muestra de pozos de petróleo en Colombia. Una visión técnica, económica y ambiental (tesis de maestría). Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes, 2023. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/68322>
- **Carrillo Cataño, María José.** Evaluación técnica de las alternativas de abandono para pozos, ajustadas a la normativa colombiana. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2021. Disponible en: <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/41511>
- **Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS.** Informe de gestión ambiental 2020. San Gil, Santander, Colombia: CAS, 2020.
- **Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS.** Informe de verificación del cumplimiento de los objetivos de calidad. San Gil, Santander, Colombia: CAS, s.f. [Documento interno].
- **Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS.** Informe de seguimiento a indicadores mínimos 2021. San Gil, Santander, Colombia: CAS, 2021.
- **Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS.** Evaluación del PGAR 2012–2022. San Gil, Santander, Colombia: CAS, 2022.
- **Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS.** Matriz de seguimiento del plan de acción. San Gil, Santander, Colombia: CAS, marzo 2025.