

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica



TESIS

Evaluación de las prácticas operacionales de abandono permanente de pozos para disminuir los retrasos y costos operativos en el Noroeste Peruano

**Para obtener el Título Profesional de
Ingeniero de Petróleo y Gas Natural**

Elaborado por
Edwin Antonio Morales De La Rosa

 0009-0004-3275-5261

Asesor
MSc. Jorge Luis Bardales Cruz

 0000-0002-9621-2715

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Morales De La Rosa [1]
Referencia/Reference	[1] E. Morales De La Rosa, “ <i>Evaluación de las prácticas operacionales de abandono permanente de pozos para disminuir los retrasos y costos operativos en el Noroeste Peruano</i> ” [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2022.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Morales, 2022)
Referencia/Reference	Morales, E. (2022). <i>Evaluación de las prácticas operacionales de abandono permanente de pozos para disminuir los retrasos y costos operativos en el Noroeste Peruano</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a mis padres, por su amor incondicional, su ejemplo de esfuerzo y los valores firmes que me han acompañado en cada etapa de mi vida. Gracias por enseñarme que, con dedicación y sencillez, se puede llegar lejos.

A mi hermano, por su constante apoyo, sus consejos sinceros y por estar siempre presente, incluso en los momentos más difíciles. Su confianza en mí ha sido una fuente de fortaleza y motivación para seguir adelante.

Esta tesis no solo representa el cierre de una etapa académica, sino también el reflejo del respaldo y compromiso de quienes siempre han creído en mí. Esta meta también es suya.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios, el único y todopoderoso, por darme la fortaleza, salud y sabiduría para avanzar en este camino profesional. Gracias por guiarme y protegerme en cada etapa de mi formación.

Extiendo mi sincero agradecimiento a las instituciones en las que he tenido la oportunidad de desarrollarme profesionalmente. Cada una de ellas ha sido parte importante en mi crecimiento dentro de la industria de hidrocarburos, permitiéndome adquirir valiosas experiencias y conocimientos técnicos.

A la empresa donde actualmente laboro, le expreso mi especial gratitud por la confianza depositada en mis funciones, el constante aprendizaje que me brinda y, especialmente, por el permiso otorgado para emplear información relevante en el desarrollo de esta tesis.

Asimismo, agradezco a los docentes de la Facultad de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural de la Universidad Nacional de Ingeniería, por su dedicación y compromiso en la formación de profesionales. También reconozco el apoyo del personal administrativo y de todos aquellos compañeros y amigos que, con sus aportes y colaboración, hicieron posible culminar este trabajo.

Resumen

El abandono permanente de pozos en el Noroeste Peruano es una operación crítica que enfrenta desafíos técnicos y operativos. Entre los principales problemas se incluyen las configuraciones mecánicas, la ausencia de un historial cronológico completo, limpieza ineficiente y la falta de una evaluación de la hermeticidad. Estas deficiencias resultan en un incremento de los retrasos y costos operativos en el Noroeste Peruano.

Para abordar esta problemática, la presente investigación se centró en el análisis de siete pozos en el Noroeste Peruano. Se efectuó un análisis exhaustivo de las prácticas de abandono permanente de pozos, considerando aspectos clave como la configuración mecánica, historial cronológico completo, eficiencia en la limpieza y la evaluación de la hermeticidad. Este enfoque permitió identificar y analizar los factores que contribuyen al aumento de los retrasos y costos operativos.

Los resultados de esta investigación evidencian que, a partir de la evaluación de las prácticas operacionales y la identificación de mejoras potenciales, se proyecta una reducción de retrasos operativos en un 44.43 %, equivalentes a 496.75 horas, y una disminución de los costos en un 15.25 %, lo que representa un impacto económico significativo de aproximadamente \$45,656.06 para las empresas operadoras que ejecutan proyectos de abandono permanente de pozos en el Noroeste Peruano.

En conclusión, esta evaluación de las prácticas operacionales en el abandono permanente de pozos no solo aporta mejoras significativas en la gestión técnica y económica de estas actividades, sino que también contribuye a la eficiencia y sostenibilidad del sector hidrocarburos en el Noroeste Peruano.

Palabras clave — Abandono permanente de pozos, Noroeste Peruano, retrasos operativos, costos operativos.

Abstract

The permanent abandonment of wells in Northwestern Peru is a critical operation that faces technical and operational challenges. Among the main problems are mechanical configurations, the absence of a complete chronological history, inefficient cleaning, and the lack of a leak tightness assessment. These deficiencies result in an increase in delays and operational costs in Northwestern Peru.

To address this issue, the present research focused on the analysis of seven wells in Northwestern Peru. An exhaustive analysis of the permanent abandonment practices of wells was conducted, considering key aspects such as mechanical configuration, complete chronological history, cleaning efficiency, and hermeticity evaluation. This approach allowed for the identification and analysis of the factors contributing to the increase in delays and operational costs.

The results of this research show that, based on the evaluation of operational practices and the identification of potential improvements, a 44.43% reduction in operational delays is projected, equivalent to 496.75 hours, and a 15.25% decrease in costs, which represents a significant economic impact of approximately \$45,656.06 for the operating companies executing permanent well abandonment projects in Northwestern Peru.

In conclusion, this evaluation of operational practices in the permanent abandonment of wells not only brings significant improvements in the technical and economic management of these activities but also contributes to the efficiency and sustainability of the hydrocarbon sector in Northwestern Peru.

Keywords — Permanent abandonment of wells, Northwestern Peru, operational delays, operational costs.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	xviii
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Descripción del problema de investigación.....	2
1.3 Objetivos del estudio	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Antecedentes investigativos	4
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual.....	7
2.1 Marco teórico	7
2.1.1 Abandono permanente de pozo	7
2.1.2 Configuración mecánica del pozo	7
2.1.3 Historial cronológico del pozo	7
2.1.4 Retrasos operativos	8
2.1.5 Costos operativos	8
2.1.6 Normativa de abandono permanente de pozos.....	8
2.2 Marco conceptual	10
2.2.1 Limpieza del pozo	10
2.2.2 Pescados.....	11
2.2.3 Métodos de Taponamiento de Pozos.....	11
2.2.4 Tapón de cemento	13
2.2.5 Cálculo del volumen de lechada de cemento	15

2.2.6	Operaciones de baleo.....	16
2.2.7	Pruebas durante las operaciones.....	16
2.2.8	DTM.....	17
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación		18
3.1	Ubicación de los pozos de estudio	18
3.2	Operaciones antes de la intervención del pozo	19
3.2.1	Acondicionamiento de accesos.....	20
3.2.2	Acondicionamiento de locación.....	22
3.2.3	Reparación y adecuación de casing	22
3.2.4	Reconocimiento de ruta	24
3.2.5	Planificación y ejecución de DTM	24
3.3	Casos de estudio.....	25
3.3.1	Pozo E001	26
3.3.2	Pozo E002	31
3.3.3	Pozo E003	38
3.3.4	Pozo E004	43
3.3.5	Pozo E005	51
3.3.6	Pozo E006	58
3.3.7	Pozo E007	63
Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados.....		70
4.1	Análisis de la configuración mecánica de los pozos evaluados	70
4.2	Análisis de los historiales de los pozos evaluados.....	71
4.3	Análisis de la ineficiencia de la limpieza de los pozos evaluados	72
4.4	Análisis de la hermeticidad de los pozos evaluados	73
4.5	Evaluación de retrasos operativos.....	75
4.5.1	Identificación de retrasos operativos del pozo E001	75

4.5.2	Identificación de retrasos operativos del pozo E002	76
4.5.3	Identificación de retrasos operativos del pozo E003	78
4.5.4	Identificación de retrasos operativos del pozo E004	79
4.5.5	Identificación de retrasos operativos del pozo E005	80
4.5.6	Identificación de retrasos operativos del pozo E006	81
4.5.7	Identificación de retrasos operativos del pozo E007	83
4.5.8	Retrasos operativos de los pozos evaluados	84
4.6	Evaluación de costos operativos	85
4.6.1	Identificación de costos evitables en el pozo E001	85
4.6.2	Identificación de costos evitables en el pozo E002	86
4.6.3	Identificación de costos evitables en el pozo E003	87
4.6.4	Identificación de costos evitables en el pozo E004	87
4.6.5	Identificación de costos evitables en el pozo E005	88
4.6.6	Identificación de costos evitables en el pozo E006	89
4.6.7	Identificación de costos evitables en el pozo E007	90
4.6.8	Costos operativos de los pozos evaluados	92
	Conclusiones.....	93
	Recomendaciones.....	95
	Referencias bibliográficas	98
	Anexos	100

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Normativa para el abandono permanente de pozos	9
Tabla 2: Propiedades del cemento clase A	13
Tabla 3: Aditivos de lechada de cemento	14
Tabla 4: Historial cronológico disponible del pozo E001	26
Tabla 5: Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E001	27
Tabla 6: Materiales utilizados durante la cementación del pozo E001	28
Tabla 7: Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E001	30
Tabla 8: Abandono del pozo E001 conforme a normativa peruana	31
Tabla 9: Historial cronológico disponible del pozo E002	31
Tabla 10: Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E002 ...	33
Tabla 11: Materiales utilizados durante la cementación del pozo E002	34
Tabla 12: Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E002	37
Tabla 13: Abandono del pozo E002 conforme a normativa peruana	37
Tabla 14: Historial cronológico disponible del pozo E003	38
Tabla 15: Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E003 ...	39
Tabla 16: Materiales utilizados durante la cementación del pozo E003	40
Tabla 17: Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E003	42
Tabla 18: Abandono del pozo E003 conforme a normativa peruana	43

Tabla 19: Historial cronológico disponible del pozo E004	43
Tabla 20: Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E004 ...	44
Tabla 21: Materiales utilizados durante la cementación del pozo E004	45
Tabla 22: Tiros de circulación del pozo E004	46
Tabla 23: Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E004	50
Tabla 24: Abandono del pozo E004 conforme a normativa peruana	50
Tabla 25: Historial cronológico disponible del pozo E005	51
Tabla 26: Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E005 ...	52
Tabla 27: Materiales utilizados durante la cementación del pozo E005	53
Tabla 28: Tiros de circulación del pozo E005	54
Tabla 29: Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E005	56
Tabla 30: Abandono del pozo E005 conforme a normativa peruana	57
Tabla 31: Historial cronológico disponible del pozo E006	58
Tabla 32: Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E006 ...	59
Tabla 33: Materiales utilizados durante la cementación del pozo E006	60
Tabla 34: Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E006	62
Tabla 35: Abandono del pozo E006 conforme a la normativa peruana.....	63
Tabla 36: Historial cronológico disponible del pozo E007	63
Tabla 37: Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E007 ...	64

Tabla 38: Materiales utilizados durante la cementación del pozo E007	65
Tabla 39: Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E007	68
Tabla 40: Abandono del pozo E007 conforme a normativa peruana	69
Tabla 41: Tipo de configuraciones de los siete pozos evaluados	70
Tabla 42: Disponibilidad de historial e impacto en el abandono permanente.....	71
Tabla 43 Eficiencia de limpieza de los pozos evaluados	72
Tabla 44 Resultados de la evaluación de hermeticidad	74
Tabla 45: Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E001	75
Tabla 46: Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E002	77
Tabla 47: Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E003	78
Tabla 48: Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E004	79
Tabla 49: Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E005	80
Tabla 50: Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E006	82
Tabla 51: Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E007	83

Tabla 52: Disminución de retrasos operativos de los pozos evaluados	84
Tabla 53: Costos evitables del abandono permanente del pozo E001.....	85
Tabla 54: Costos evitables del abandono permanente del pozo E002.....	86
Tabla 55: Costos evitables del abandono permanente del pozo E003.....	87
Tabla 56: Costos evitables del abandono permanente del pozo E004.....	88
Tabla 57: Costos evitables del abandono permanente del pozo E005.....	89
Tabla 58: Costos evitables del abandono permanente del pozo E006.....	90
Tabla 59: Materiales del programa alternativo de cementación del pozo E007	91
Tabla 60: Costos evitables del abandono permanente del pozo E007.....	91
Tabla 61: Disminución de costos operativos de los pozos evaluados.....	92

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Ubicación geográfica de los pozos analizados en la investigación	18
Figura 2: Flujo de operaciones previas a la intervención del pozo	19
Figura 3: Maquinaria para movimiento de tierra, nivelación y compactación de suelos	20
Figura 4: Reparación de acceso principal hacia una locación	21
Figura 5: Construcción de acceso auxiliar hacia una locación	21
Figura 6: Acondicionamiento de locación	22
Figura 7: Reparación de casing roto.....	23
Figura 8: Confección de reducción y válvulas laterales del casing	23
Figura 9: Reconocimiento de ruta hacia una locación	24
Figura 10: Traslado del equipo de servicio de pozos hacia la locación.....	25
Figura 11: Transporte de la tina, tuberías y caballetes hacia la locación	25
Figura 12: Configuración mecánica del pozo E001.....	26
Figura 13: Tubería después del corte	27
Figura 14: Prueba de hermeticidad del 1er tapón del pozo E001	28
Figura 15: Diagrama del pozo <i>E001</i> luego de la cementación.....	29
Figura 16: Letrero del pozo E001 y locación restaurada.....	29
Figura 17: Operaciones durante el abandono del pozo E001	30

Figura 18: Configuración mecánica del pozo E002.....	32
Figura 19: Estampa con marca de tubería.....	33
Figura 20: Prueba de hermeticidad del 1er tapón del pozo E002	34
Figura 21: Prueba de hermeticidad del casing del pozo E002	35
Figura 22: Diagrama del pozo E002 luego de la cementación.....	35
Figura 23: Letrero del pozo E002 y locación restaurada.....	36
Figura 24: Operaciones durante el abandono del pozo E002	36
Figura 25: Configuración mecánica del pozo E003.....	38
Figura 26: Retorno de abundante arena en tina de circulación.....	39
Figura 27: Prueba de hermeticidad del 1er tapón del pozo E003	40
Figura 28: Diagrama del pozo E003 luego de la cementación.....	41
Figura 29: Letrero del pozo E003 y locación restaurada.....	41
Figura 30: Operaciones durante el abandono del pozo E003	42
Figura 31: Configuración mecánica del pozo E004.....	44
Figura 32: Prueba de hermeticidad del 1er tapón del pozo E004	45
Figura 33: Prueba de hermeticidad del 2do tapón del pozo E004.....	46
Figura 34: Prueba de circulación del primer servicio de baleo del pozo E004	47
Figura 35: Prueba de circulación del segundo servicio de baleo del pozo E004...	47
Figura 36: Equipos utilizados para realizar tiros de circulación.....	48

Figura 37: Diagrama del pozo E004 luego de la cementación	48
Figura 38: Letrero del pozo E004 y locación restaurada.....	49
Figura 39: Operaciones durante el abandono del pozo E004	49
Figura 40: Configuración mecánica del pozo E005.....	51
Figura 41: Mantenimiento correctivo de la bomba de circulación.....	52
Figura 42: Prueba de hermeticidad del 1er tapón del pozo E005	53
Figura 43: Prueba de hermeticidad del 2do tapón del pozo E005.....	54
Figura 44: Prueba de circulación del primer servicio de baleo del pozo E005	54
Figura 45: Diagrama del pozo E005 luego de la cementación	55
Figura 46: Letrero del pozo E005 y locación restaurada.....	55
Figura 47: Operaciones durante el abandono del pozo E005	56
Figura 48: Configuración mecánica del pozo E006.....	58
Figura 50: Prueba de hermeticidad del 1er tapón del pozo E006	60
Figura 51: Prueba de hermeticidad del 2do tapón del pozo E006.....	60
Figura 52: Diagrama del pozo E006 luego de la cementación	61
Figura 53: Letrero del pozo E006 y locación restaurada.....	61
Figura 54: Operaciones durante el abandono del pozo E006	62
Figura 55: Configuración mecánica del pozo E007.....	64
Figura 56: Prueba de hermeticidad del 2do tapón del pozo E007.....	66

Figura 57: Prueba de hermeticidad del 3er tapón del pozo E007	66
Figura 58: Diagrama del pozo E007 luego de la cementación	67
Figura 59: Letrero del pozo E007 y locación restaurada.....	67
Figura 60: Operaciones durante el abandono del pozo E007	68
Figura 61: Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E001	76
Figura 62: Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E002	77
Figura 63: Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E003	79
Figura 64: Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E004	80
Figura 65: Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E005	81
Figura 66: Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E006	82
Figura 67: Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E007	84

Introducción

En la industria de hidrocarburos, el abandono permanente de pozos constituye una fase crucial dentro del ciclo de vida de un pozo. Su finalidad es sellar de forma definitiva las zonas productivas mediante la colocación estratégica de tapones en zonas clave del pozo, creando barreras de aislamiento que asegure la integridad estructural a largo plazo tras la finalización de las operaciones. Este proceso debe ejecutarse siguiendo estrictos protocolos técnicos y regulatorios, ya que cualquier deficiencia en su aplicación puede comprometer la efectividad del abandono y derivar en problemas operativos o económicos.

Las operaciones de abandono permanente de pozos se remontan al siglo XIX, cuando se realizaban con métodos rudimentarios y sin normativas técnicas claras que guiaran su ejecución. A lo largo del tiempo, se identificaron fallas que surgieron años después del abandono permanente del pozo, lo que obligó a realizar reingresos correctivos no previstos y generó costos operativos adicionales para las empresas operadoras. Estos antecedentes pusieron en evidencia las limitaciones de los enfoques iniciales y revelaron la necesidad de establecer procedimientos estandarizados y normativas específicas que aseguren la integridad estructural del pozo a largo plazo y eviten afectaciones futuras.

Aunque en la actualidad se han logrado avances importantes en materia regulatoria y tecnológica a nivel internacional, aún persisten desafíos operacionales, especialmente en contextos donde las regulaciones evolucionaron de forma tardía o no contemplan todos los aspectos técnicos necesarios. En el caso del Perú, las primeras normativas relacionadas con el abandono permanente de pozos se incorporaron en 1991 dentro del Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades de Hidrocarburos. No obstante, dichas disposiciones eran de carácter general y carecían de los detalles técnicos necesarios para garantizar una ejecución eficiente. Fue recién con la promulgación del Decreto Supremo N.º 032-2004-EM que se establecieron requisitos técnicos más específicos para el abandono permanente de pozos, incluyendo la obligación de presentar planes detallados antes de la intervención de cada pozo.

A pesar de los avances normativos, en el Noroeste Peruano los trabajos de abandono permanente de pozos enfrentan desafíos operativos que afectan su eficiencia. Entre los factores más relevantes se encuentran las configuraciones mecánicas no convencionales, la falta de un historial cronológico completo, eficiencia de la limpieza y la ausencia de evaluaciones rigurosas de hermeticidad del pozo. Estas deficiencias dificultan la correcta planificación, ejecución y control de las operaciones, generando retrasos operativos significativos y un incremento considerable en sus costos operativos.

Frente a esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo evaluar las prácticas operacionales aplicadas al abandono permanente de pozos en el Noroeste Peruano, a fin de disminuir los retrasos y costos operativos. Para ello, se seleccionaron pozos representativos de la región y se analizaron las operaciones realizadas durante su abandono, con el propósito de identificar aspectos clave y plantear mejoras en la ejecución de estas intervenciones.

La presente tesis cobra especial relevancia en el contexto actual del sector hidrocarburos, en el cual la eficiencia operativa y la reducción de costos son cada vez más valoradas. Los hallazgos y propuestas de este estudio ofrecen un valor práctico para las empresas operadoras que desarrollan actividades en el Noroeste Peruano, al servir como referencia para mejorar sus procesos de planificación y ejecución en el abandono permanente de pozos. Al identificar y abordar los factores que generan retrasos y sobrecostos, esta investigación busca contribuir directamente a la sostenibilidad económica y a una gestión más eficiente de los proyectos de abandono permanente de pozos. Asimismo, sus recomendaciones podrán aplicarse en futuras intervenciones en otros campos del país, fomentando una cultura técnica orientada a la mejora continua.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

El abandono permanente de pozos (*Abandonment Permanent Application - APA*) es la etapa final del ciclo de vida de un pozo de hidrocarburos, cuyo objetivo es asegurar su cierre definitivo mediante la colocación de barreras de sellado que eviten la migración no controlada de hidrocarburos. Estas operaciones están reguladas por normativas nacionales e internacionales, las cuales establecen los procedimientos y requisitos técnicos para garantizar la integridad estructural del pozo post - abandono (Carrillo Cataño, 2021).

Las causas más comunes del abandono permanente de pozos comprenden cementaciones primarias defectuosas que generan canalizaciones y pérdida de control sobre fluidos; daño a formaciones productoras por el uso de fluidos incompatibles durante operaciones de perforación o de servicio de pozos; fallas mecánicas como roturas por corrosión; presencia de herramientas atrapadas (pescados) con intentos fallidos de recuperación (pesca); pozos que, tras el análisis del comportamiento del reservorio, se determina que no presentan viabilidad para recuperar reservas ni para producir nuevos horizontes; una declinación sostenida de la producción sin resultados favorables tras la ejecución de rehabilitaciones o retrabajos; inviabilidad económica al superar los costos a los ingresos; y el vencimiento del contrato del lote, lo cual obliga a realizar los abandonos permanentes de los pozos, cerrando el ciclo de operaciones (Guerrero Hernández, 2014).

La ejecución del abandono permanente de pozos presenta desafíos técnicos y operacionales relevantes. En el Noroeste Peruano, estos se deben configuraciones mecánicas no convencionales, falta de información histórica de intervenciones organizada cronológicamente, ineficiencia de los procesos de limpieza y resultados negativos en las pruebas de hermeticidad del pozo. Estas condiciones impactan directamente en los tiempos de ejecución y los costos operativos. Ante esta problemática, la presente investigación evalúa las prácticas operacionales en el Noroeste Peruano, con el propósito de contribuir a la disminución de los retrasos y costos operativos.

1.2 Descripción del problema de investigación

Las operaciones de abandono permanente de pozos en el Noroeste Peruano se desarrollan en un contexto complejo, caracterizado por diversos desafíos técnicos y operativos que limitan su eficiencia. Uno de los principales problemas en el abandono permanente de pozos radica en la variabilidad y condición de las configuraciones mecánicas, muchas de las cuales no se ajustan a los estándares convencionales. En varios pozos se han identificado completaciones con *casing* de diámetros poco comunes, distintos a 9 5/8", 7", 6 5/8", 5 1/2" y 4 1/2". Esta diversidad de configuraciones atípicas plantea dificultades en la planificación en el abandono permanente de pozos, ya que exige una logística que en muchos casos no está disponible (packer y tapones permanentes de diámetros no comerciales), además de requerir un análisis más detallado para asegurar el cumplimiento de los procedimientos y la normativa vigente, con el fin de lograr un cierre hermético y definitivo del pozo, evitando retrasos y costos operativos elevados.

Otro de los factores críticos que complica la planificación y ejecución de las operaciones de abandono permanente de pozos es la falta de un historial cronológico completo y detallado de las actividades realizadas desde la perforación del pozo. La ausencia de registros precisos sobre las actividades de perforación, completación y servicios previos limita la capacidad para evaluar con certeza el estado actual del pozo. Esta deficiencia documental incrementa la incertidumbre durante la ejecución, generando un mayor riesgo de operaciones no contempladas en la planificación ni en la elaboración del programa de abandono permanente del pozo.

Las prácticas actuales de abandono permanente de pozos no contemplan adecuadamente la posibilidad de intervenciones no previstas durante las operaciones. Esta limitación reduce la adaptabilidad en la ejecución del abandono permanente, ya que los equipos y recursos disponibles no siempre están preparados ante cambios inesperados derivados de las condiciones reales del pozo. Como resultado, se generan retrasos que disminuyen la eficiencia operativa y elevan los costos operativos, lo que compromete la viabilidad económica de su ejecución.

Finalmente, otros dos aspectos críticos que comprometen significativamente la efectividad del abandono permanente de pozos son la ineficiencia en la limpieza y los resultados negativos en las pruebas de la hermeticidad del pozo. Una limpieza deficiente del pozo antes de la cementación afecta cálculo del volumen necesario y la correcta colocación del tapón de cemento, comprometiendo tanto el aislamiento de la formación productiva como la integridad de las barreras de sellado, reduciendo la eficiencia del cierre definitivo del pozo. Por otro lado, los resultados de las pruebas de hermeticidad permiten identificar posibles zonas con riesgos de fuga de fluidos; si los resultados evidencian hermeticidad negativa del pozo y esta condición no se subsana oportunamente, se incrementa la probabilidad de requerir intervenciones correctivas costosas, lo que impacta negativamente en los costos operativos y perjudica la reputación de las empresas operadoras y la sostenibilidad de la industria hidrocarburífera en la región, afectando directamente su sostenibilidad y aceptación social.

1.3 Objetivos del estudio

1.3.1 Objetivo general

Evaluar las prácticas operacionales de abandono permanente de pozos, mediante el análisis de la configuración mecánica, la disponibilidad de la historia cronológica del pozo, la eficiencia de la limpieza y la evaluación de la hermeticidad, para disminuir los retrasos y costos operativos en el Noroeste Peruano.

1.3.2 Objetivos específicos

Analizar el impacto de la configuración mecánica del pozo y la disponibilidad de la historia cronológica completa en la planificación y ejecución de las operaciones de abandono permanente de pozos.

Evaluar cómo la ineficiencia de la limpieza y los resultados de las pruebas de hermeticidad del pozo afectan los tiempos de ejecución y los costos operativos de los abandonos permanentes.

1.4 Antecedentes investigativos

Desde el siglo XIX se tiene registro de las primeras prácticas de abandono permanente de pozos realizadas sin normativas específicas ni planes definidos, lo que generaba retrasos operacionales y, en algunos casos, reingresos correctivos con costos adicionales. Esta situación evidenciaba la falta de estandarización en los procedimientos de abandono permanente de pozos, lo que dificultaba garantizar un cierre definitivo y comprometía la integridad del pozo a largo plazo (Carrillo Cataño, 2021).

El campo Toro, provincia Aniceto Arce, Tarija, Bolivia, descubierto en 1955. En el año 2018 el campo dejó de ser rentable debido al deterioro mecánico (roturas de *casing* por corrosión en sus partes superiores), lo que provocó migración de hidrocarburos, afectando a los equipos en superficie. Por ello, se decidió ejecutar abandonos permanentes considerando factores importantes como la ubicación del pozo, condición mecánica, barreras de sellado (tapones mecánicos y de cemento), diseño de la lechada con aditivos, cálculo de volúmenes y verificación de topes de los tapones, en cumplimiento del Reglamento de Normas Técnicas y de Seguridad para las Actividades de Exploración y/o Explotación de Hidrocarburos (DS N° 5114) – Capítulo VII. Este caso evidenció la importancia de una planificación adecuada previa al abandono permanente del pozo, orientada a evitar retrasos, minimizar costos y asegurar un cierre efectivo conforme a los requerimientos técnicos y normativos (Bautista Balboa, 2023).

Los desafíos del abandono permanente de pozos son diversos, incluyendo desde la posible necesidad de intervenciones futuras hasta los impactos de su ejecución. Un claro ejemplo de esta última situación se presentó en el campo La Cira-Infantas, ubicado en la cuenca del Valle Medio del Magdalena en Colombia, donde la producción de hidrocarburos inició a comienzos del siglo XX. En 2003, tras casi 100 años de actividad continua, el campo entró en una etapa de baja rentabilidad. Algunos pozos fueron abandonados de forma no convencional, utilizando materiales como madera, alambre, cemento de construcción y mezclas de arena con grava, no se realizaban cálculos de los volúmenes de cemento ni la verificación de topes de los tapones (Dick Bernal & Ojeda Triana, 2017).

En 2005, se implementó un proyecto de inyección selectiva de agua para aumentar la producción. Durante su ejecución, el incremento de presión en el reservorio evidenció la ineficiencia de los abandonos permanentes no convencionales. Ante esta problemática, en 2015 se ejecutó un plan detallado de reabandonos de pozos, en cumplimiento con la Resolución 181495 de 2009 del Ministerio de Minas y Energía (MME) - TITULO IV. Se colocaron tapones de cemento, con la verificación respectiva de sus topes, así como la realización de pruebas de hermeticidad en cada tapón; además, se cementaban tanto el interior del *casing* como el espacio anular, con el objetivo de garantizar la efectividad de los reabandonos. Estas intervenciones correctivas no estaban contempladas originalmente, por lo que generaron retrasos y costos operativos no previstos. Este caso destacó la importancia de una normativa clara y un plan detallado para prevenir reingresos correctivos en el futuro (Dick Bernal & Ojeda Triana, 2017).

En Perú, las primeras operaciones de abandonos permanentes de pozos se realizaban sin normativas que regularan su ejecución ni la implementación de buenas prácticas. Estas operaciones seguían procedimientos de la época sin considerar la configuración mecánica, historia cronológica completa, la eficiencia limpieza del pozo ni la realización de las pruebas de hermeticidad del pozo, lo que resultó en pozos abandonados deficientemente (Lizárraga Sánchez, 2021).

En 1993, se aprobó el Reglamento para la Protección Ambiental de las Actividades de Hidrocarburos (Decreto Supremo N.º 046-93-EM), que en su Título XIII aborda el abandono de instalaciones vinculadas a estas actividades, enfocándose principalmente en aspectos ambientales y administrativos. Sin embargo, esta norma no contiene lineamientos técnicos específicos para la ejecución del abandono permanente de pozos, lo que ocasionó que durante años estas operaciones se realizaran sin una regulación técnica ni procedimientos estandarizados. Esta situación generó deficiencias en la planificación y ejecución del abandono permanente de pozos, evidenciando la necesidad de desarrollar normativas más detalladas en las prácticas operacionales que contribuyan a minimizar los retrasos y costos operativos (Ministerio de Energía y Minas, 1993)

En el Perú, ante la falta de disposiciones técnicas específicas sobre el abandono permanente de pozos en normativas anteriores, en el año 2004, se promulgó el Decreto Supremo N° 032-2004-EM - Reglamento de las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos, lo cual representó un avance sustancial en la regulación de estas operaciones dentro del marco legal nacional. Este reglamento incorporó procedimientos más detallados para su correcta ejecución y estableció que las empresas operadoras presente un programa de abandono permanente para cada pozo antes de su intervención. En el Título IV - Perforación, Capítulo V - Abandono del Pozo, se detallan los criterios necesarios para garantizar un cierre efectivo del pozo. Esta normativa contribuyó de manera significativa a la mejora de la efectividad del abandono permanentes de pozos (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2004).

Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

2.1 Marco teórico

2.1.1 *Abandono permanente de pozo*

El abandono permanente de un pozo (*Abandonment Permanent Application - APA*) es el conjunto de operaciones técnicas diseñadas para dejar herméticamente el pozo, garantizando el aislamiento seguro y duradero. En el caso de Perú, dichas operaciones técnicas deben cumplir con las normativas establecidas en el Reglamento de las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 032-2004-EM y sus modificaciones (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

2.1.2 *Configuración mecánica del pozo*

La configuración mecánica del pozo se refiere al conjunto de elementos estructurales y características operativas que definen el estado físico del pozo. Incluye información detallada sobre las condiciones de construcción del pozo tales como profundidades alcanzadas, diámetros de los huecos perforados, secuencias y características de las tuberías de revestimiento (*casing* y *liner*) como sus profundidades, diámetros y librajes, cementaciones primarias y secundarias si existieran, desviaciones, zonas de interés, zonas perforadas y cualquier otro componente mecánico relevante (Guerrero Benavides, 2022).

2.1.3 *Historial cronológico del pozo*

El historial cronológico del pozo es el compendio ordenado de todos los eventos, operaciones e intervenciones realizadas desde la perforación inicial hasta su estado actual. Incluye sucesos como pegas de tubería, punzonamientos, obstrucciones, pérdidas de fluido, cementaciones remediales, aislamientos de zonas, arenamientos, rectificaciones o roturas del revestimiento, pescados, entre otros. Este historial es fundamental para evaluar la integridad mecánica y operativa del pozo. Su análisis detallado es clave para obtener un mejor panorama en el diseño del programa del abandono permanente antes de cada intervención de cada pozo (Córdoba Medina & Rodríguez González, 2016).

2.1.4 Retrasos operativos

En las actividades de abandono permanentes de pozos, es posible realizar una estimación detallada de los tiempos requeridos para cada intervención del pozo, lo que permite calcular la duración total del proyecto. Los retrasos operativos son eventos no planificados que interrumpen o prolongan las actividades programadas durante la ejecución de una operación, afectando directamente el tiempo de ejecución de cada intervención y los costos operativos del proyecto. Estos retrasos pueden originarse por factores técnicos, logísticos, climáticos, humanos o por fallas en la disponibilidad de equipos y materiales (Dick Bernal & Ojeda Triana, 2017).

2.1.5 Costos operativos

Los costos operativos corresponden son los gastos recurrentes asociados al funcionamiento y ejecución de actividades dentro de un sistema o proyecto. En el abandono permanente de pozos, estos costos comprenden los gastos vinculados a cada servicio durante las actividades, desde la movilización inicial de equipos y personal, hasta la limpieza, restauración y cierre de la locación. La correcta estimación de los costos operativos (*Authorization for Expenditure- AFE*) es esencial para la planificación financiera del proyecto y asegurar una ejecución eficiente, conforme a normativa en tiempo y dentro de los plazos establecidos. (Dick Bernal & Ojeda Triana, 2017).

2.1.6 Normativa de abandono permanente de pozos

En el Perú, la normativa que regula el abandono permanente de pozos está contenida en el Decreto Supremo N° 032-2004-EM, el cual aprueba el Reglamento de las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos. Dentro de esta normativa, el Título IV del Capítulo V, titulado “Abandono del Pozo”, establece los lineamientos técnicos, operativos que deben cumplirse durante el proceso de cierre definitivo de un pozo. Esta regulación es fundamental para asegurar que el abandono permanente se realice de manera segura y eficiente. En la Tabla 1 se presentan los artículos más relevantes de dicho capítulo para las operaciones de abandono permanente de pozos que se analizarán en esta investigación (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2004).

Tabla 1*Normativa para el abandono permanente de pozos*

Número del artículo	Descripción del artículo
Artículo 194 (Cambios del programa)	Si por dificultades operativas no es posible ejecutar el Plan de Abandono conforme al programa, el operador podrá modificarlo aplicando técnicas y procedimientos reconocidos por la industria, debiendo informar y justificar esta decisión a PERUPETRO, con copia a OSINERG, a la brevedad posible.
Artículo 195 (Tapones adicionales por zonas productivas o estratos de agua)	Se podrán realizar tapones adicionales para aislar zonas productivas o separar estratos con agua. La prueba de estos tapones y la recementación serán requeridas si se considera necesario asegurar que el pozo no genere afectación al recurso natural.
Artículo 197 (Zonas punzonadas)	Se deberá cementar a presión y aislar con tapones. Si esto no es posible por riesgo de fracturamiento hidráulico, se colocará un tapón de cemento que cubra cincuenta (50) metros por encima y por debajo de la zona punzada o sobre el tapón más cercano, si la distancia es menor de cincuenta (50) metros.
Artículo 198 (Liner)	Colocar un tapón de cemento que abarque cincuenta (50) metros encima y debajo del punto de suspensión del <i>liner</i> .
Artículo 199 (Zona productiva)	Si el tope de cemento detrás del revestimiento no cubre cien (100) metros sobre la zona productiva, se deberá punzonar la tubería cien (100) metros por encima de dicha zona y realizar una cementación a presión que cubra una columna con otros cien (100) metros en el espacio anular.
Artículo 200 (Tapón de superficie)	Se colocará un último tapón de cemento desde los doscientos (200) metros de profundidad hasta la superficie. Si por dificultades operativas no se alcanza esa profundidad, el tapón se colocará desde la profundidad disponible hasta superficie. En caso de usar un tapón mecánico, este deberá asentarse a la profundidad alcanzada.
Artículo 201 (Espaciamiento)	Los espacios entre los tapones y hasta la superficie deben llenarse con fluidos de características no corrosivas.
Artículo 203 (Condiciones en superficie)	El pozo debe quedar identificado con su número en el cabezal. En caso de que este sea retirado, se deberá contar con la autorización de PERUPETRO y cortar mecánicamente la tubería de revestimiento. En este caso, se colocará una varilla de acero de dos (02) metros de altura, con el número del pozo soldado a la plancha que tapa el Pozo. Finalmente, el <i>celler</i> debe ser relleno y la locación será restaurada.

Nota: Adaptado del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2004.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Limpieza del pozo

A lo largo de la vida útil del pozo, se acumulan otros materiales como recortes de perforación, restos de cemento, barita, lodos endurecidos, residuos orgánicos o inorgánicos. Además, en ciertas formaciones productoras, es común que durante la extracción de hidrocarburos se arrastren partículas de sedimento, estas partículas, por su densidad, tienden a depositarse por gravedad en el fondo del pozo. Esta acumulación puede generar la obstrucción de los intervalos productores y la formación de tapones dentro de la tubería de revestimiento (García Hernández & Hernández Sánchez, 2022).

Ante este escenario, la limpieza del pozo representa una etapa fundamental dentro del proceso de abandono permanente, ya que tiene como finalidad la remoción de todos los residuos presentes en el interior del pozo para la colocación segura de las barreras de sellado duraderas. Esta operación se realiza mediante la circulación de un fluido especialmente formulado, cuya densidad controla la presión en el pozo y cuyas propiedades permitan suspender, desintegrar y transportar sólidos hacia la superficie sin dañar la formación. Para lograr resultados eficientes, es esencial mantener un caudal de circulación estable, lo cual garantiza una limpieza uniforme y continua, reduce los tiempos asociados a problemas de filtración y disminuye los costos operativos relacionados con una circulación prolongada (Bautista Balboa, 2023).

2.2.1.1 Circulación directa.

Proceso mediante el cual se circulan fluidos desde la sarta de trabajo hacia el espacio anular entre esta y la tubería de revestimiento, permitiendo observar el retorno por la válvula de la tubería de revestimiento (Guerrero Hernández, 2014).

2.2.1.2 Circulación inversa.

También conocida como reversa, es el proceso mediante el cual se circulan fluidos desde el espacio anular, comprendido entre la sarta de trabajo y la tubería de revestimiento, hacia el interior de la sarta de trabajo (Guerrero Hernández, 2014).

2.2.2 Pescados

En la industria de los hidrocarburos, el término pescado se refiere a cualquier componente mecánico atrapado accidentalmente dentro del pozo, cuya recuperación mediante operaciones de pesca ha resultado inviable. Estos elementos pueden pertenecer al conjunto de herramientas de fondo de trabajo (*Bottom Hole Assembly* - BHA), ubicadas en la parte inferior de la sarta de trabajo, o componentes de levantamiento artificial, como bombas, varillas u otros equipos. Las causas más comunes que dan origen a un pescado incluyen fallas mecánicas (roturas, desprendimientos, desgastes por fricción o fatiga), pegas diferenciales, colapsos de tubería de revestimiento o condiciones adversas de pozo. La presencia de pescados durante el abandono permanente representa una complicación técnica significativa, cuyo impacto se agrava cuando no están contemplados en el programa original, obligando a replantear tiempos de ejecución, costos y disponibilidad de herramientas de peca para garantizar el cierre definitivo del pozo (Carrillo Cataño, 2021).

2.2.3 Métodos de Taponamiento de Pozos

2.2.3.1 Tapón Balanceado.

El método del tapón balanceado, también conocido como técnica *bradenhead*, es el procedimiento más utilizado para la colocación de cemento en el abandono permanente de pozos. Consiste en posicionar la sarta de trabajo frente o por encima del intervalo a cementar, sin requerir aislamiento mecánico adicional, lo que permite colocar el cemento de manera controlada en el intervalo o intervalos a cementar dentro del pozo. La operación inicia con el bombeo de un espaciador, fluido formulado para ser compatible tanto con la lechada de cemento como con el fluido existente en el pozo, cuya función es evitar la contaminación de la lechada. Luego se bombea la lechada de cemento hasta alcanzar la altura deseada, y finalmente se introduce un fluido desplazador que empuja el cemento restante dentro de la sarta de trabajo hasta alcanzar el equilibrio hidrostático dentro y fuera de la tubería de trabajo (espacio anular de tubería de trabajo con tubería de revestimiento), favoreciendo su adecuada ubicación en el intervalo objetivo (Bautista Balboa, 2023).

El término balanceado hace referencia al equilibrio hidrostático, lo cual permite que la lechada de cemento, debido a su mayor densidad en comparación con los fluidos presentes en el pozo, permanezca en el fondo sin migrar hacia zonas no deseadas, asegurando una cementación efectiva. Para lograr una colocación precisa, es indispensable realizar cálculos volumétricos previos, considerando las dimensiones de la tubería de trabajo, de la tubería de revestimiento, de los hoyos perforados y la longitud requerida del tapón (Bautista Balboa, 2023).

2.2.3.2 Cementación Forzada.

La cementación forzada, también conocida como *squeeze*, es un procedimiento de cementación secundaria ampliamente utilizado en operaciones de abandono permanente de pozos. El término cementación forzada hace referencia a la inyección intencionada de lechada de cemento mediante la aplicación de presiones controladas, a través de perforaciones en la tubería de revestimiento (baleo), zonas ranuradas o fallas estructurales. Su propósito principal es inyectar lechada de cemento a presión controlada a zonas del pozo que no fueron selladas adecuadamente durante la cementación primaria, lo cual es especialmente relevante en pozos antiguos o con historiales operacionales prolongados, donde es común encontrar intervalos con cementaciones degradadas o inexistentes. (Dick Bernal & Ojeda Triana, 2017).

2.2.3.3 Tapón Mecánico.

El tapón mecánico es una herramienta de fondo utilizada para establecer un aislamiento físico dentro del pozo, ya sea de forma temporal o permanente. En el contexto de abandono permanente, se emplean tapones mecánicos permanentes, cuya función es sellar de forma definitiva zonas críticas del pozo, con el fin de impedir la migración de fluidos entre formaciones o hacia la superficie. Estos dispositivos son instalados mediante la sarta de trabajo y se activan mediante la aplicación controlada de presión desde la superficie, lo que permite su asentamiento firme en la tubería de revestimiento. Una vez posicionados, permanecen en el pozo como barrera de sellado duradera (Guerrero Hernández, 2014).

2.2.4 Tapón de cemento

2.2.4.1 Lechada de Cemento.

La lechada de cemento es una mezcla fluida compuesta principalmente por agua y cemento, a la que pueden incorporarse aditivos para modificar sus propiedades según las condiciones operativas del pozo. Esta mezcla, ampliamente utilizada en la industria petrolera, inicia un proceso de hidratación y fraguado al entrar en contacto con el agua, desarrollando resistencia mecánica, particularmente a la compresión, y transformarse en un sólido con baja permeabilidad e insolubilidad en agua. Estas propiedades son fundamentales para establecer barreras de sellado duraderas dentro del pozo. La Tabla 2 presenta las propiedades del cemento clase A, el cual será empleado en el desarrollo de esta investigación (Carrillo Cataño, 2021).

Tabla 2

Propiedades del cemento clase A

Clasificación API	Profundidad (ft)	Requerimiento de Agua (gl/sx)	Densidad (lb/gal)
Clase A	0 a 6,000	5,2	15,6

Nota: Adaptado de Carrillo Cataño, 2021.

2.2.4.2 Aditivos.

Los aditivos son sustancias en estado líquido o sólido que se añaden a la lechada de cemento con el propósito de modificar sus propiedades y adaptarlas a los requerimientos operacionales. Su incorporación permite ajustar parámetros como la densidad, viscosidad y tiempo de fraguado, así como controlar las pérdidas de circulación, lo que contribuye a una mayor eficiencia operativa y económica del proceso. La Tabla 3 muestra los aditivos comúnmente utilizados en las operaciones de abandono permanente de pozos, entre los que se incluyen aceleradores, retardantes, controladores de filtrado, dispersantes, antiespumantes y productos específicos para mitigar pérdidas de circulación, cuya selección se define en función del diseño del pozo y sus condiciones particulares (Dick Bernal & Ojeda Triana, 2017).

Tabla 3*Aditivos de lechada de cemento*

Tipo de aditivo	Función del aditivo
Acelerador	Disminuye el tiempo de fragüe de la lechada de cemento, desarrolla resistencia de compresión más rápido.
Retardador	Aumenta el tiempo de fragüe de la lechada de cemento, recomendado en pozos profundos.
Antiespumante	Eliminan o previenen la formación de espuma en la lechada de cemento, evitando espacios vacíos lo cual podría debilitar su capacidad de sellado y su integridad estructural.
Dispersante	Mejoran la fluidez de la lechada de cemento, facilitando su bombeo, recomendado en pozos profundos, ya que a mayores profundidades la lechada se hace viscosa.
Control de filtrado	Evita la pérdida agua antes de fraguar, impidiendo que la lechada se vuelva porosa ya que esta podría dejar comunicación por donde el gas o petróleo puedan salir a superficie
Control de pérdida de circulación (material obturante)	Disminuye o evita migración del fluido a zonas que presentan admisión o formaciones porosas, sirve para crear un sello en dichas zonas.

Nota: Adaptado de Dick Bernal & Ojeda Triana, 2017.

2.2.4.3 Fragüe.

El fraguado es el proceso mediante el cual una lechada de cemento pasa de un estado fluido a un estado sólido, adquiriendo gradualmente resistencia mecánica y transformándose en una estructura rígida y estable. Este fenómeno es fundamental en la conformación de barreras de sellado duraderas dentro del pozo, especialmente en el contexto de operaciones de abandono permanente, donde se requiere garantizar el cierre definitivo del pozo (Guerrero Hernández, 2014).

2.2.4.4 Tope de Cemento.

El tope de cemento (*Top of cement* - TOC) es la profundidad final alcanzada por la lechada de cemento una vez fraguada en una sección del pozo, y representa la cima del tapón colocado. Su verificación se realiza comúnmente mediante el descenso de la sarta de trabajo previamente medida. Su correcta determinación es fundamental en operaciones de abandono permanente de pozos, ya que permite asegurar que el volumen de cemento ha cubierto el intervalo requerido para establecer una efectiva barrera de sellado y lograr el cierre definitivo del pozo (Guerrero Hernández, 2014).

2.2.5 Cálculo del volumen de lechada de cemento

El cálculo del volumen de lechada de cemento es fundamental para asegurar la correcta colocación del tapón. Una estimación adecuada permite que la cementación cumpla su función como barrera de sellado duradera. Para evitar excesos o deficiencias de cemento, se emplean fórmulas geométricas que permiten calcular el volumen requerido según las dimensiones de la zona a cementar (Salcedo Bolaños , 2012).

2.2.5.1 Para tubería de revestimiento.

Cuando se requiere colocar un tapón de cemento dentro de la tubería de revestimiento (*casing o liner*), el volumen de la lechada de cemento necesaria se calcula utilizando la siguiente ecuación (Salcedo Bolaños , 2012).

$$V = \frac{ID^2}{1029.4} * H \quad (1)$$

Donde:

- V: Volumen de lechada de cemento (barriles, bls)
- ID: Diámetro interior de la tubería de revestimiento (pulgadas, in)
- H: Altura de la columna de cemento (pies, ft)

2.2.5.2 Para espacio anular.

Cuando se requiere colocar un tapón de cemento dentro del espacio anular, el volumen de lechada de cemento necesaria se calcula utilizando la siguiente ecuación (Salcedo Bolaños , 2012).

$$V = \frac{(OH^2 - OD^2)}{1029.4} * Altura \quad (2)$$

Donde:

- V: Volumen de lechada de cemento (barriles, bls)
- OH: Diámetro del hoyo perforado o diámetro interno de la tubería de revestimiento (pulgadas, in)
- ID: Diámetro exterior de la tubería de revestimiento (pulgadas, in)
- H: Altura de la columna de cemento (pies, ft)

2.2.6 Operaciones de baleo

Las operaciones de baleo, también conocidas como cañoneo o punzonamiento, emplean cargas explosivas para realizar perforaciones controladas en la tubería de revestimiento de un pozo. En el contexto de los abandonos permanentes, el baleo se emplea para efectuar tiros de circulación que permiten el flujo de fluidos hacia el espacio anular, con el fin de bombear o inyectar de manera controlada lechadas de cemento. Esta aplicación contribuye directamente a la formación de barreras de sellado duraderas dentro del espacio anular, asegurando el cierre definitivo del pozo (Chambilla Alarcon, 2020).

2.2.7 Pruebas durante las operaciones

2.2.7.1 Prueba de líneas.

La prueba de líneas es un procedimiento de presión que consiste en la aplicación controlada de un fluido a lo largo del sistema de tuberías, con el objetivo de verificar su hermeticidad. Esta prueba permite detectar caídas de presión y posibles fugas en las conexiones, los cuales deben ser identificados, evaluados y corregidos antes de continuar con las operaciones (Servicio Geológico Colombiano, 2020).

2.2.7.2 Prueba de inyectividad.

La prueba de inyectividad es una operación técnica que consiste en la inyección controlada de fluido en el pozo, con el objetivo de evaluar la admisión del pozo. Esta admisión se entiende como la capacidad de la formación geológica para aceptar fluidos bajo condiciones específicas de presión y caudal. Su finalidad principal es establecer los parámetros operativos que aseguren una colocación eficiente de los tapones de cemento, los cuales actúan como barreras de sellado duraderas en el abandono permanente de pozos (Servicio Geológico Colombiano, 2020).

2.2.7.3 Prueba de hermeticidad.

Este es un procedimiento técnico que consiste en la aplicación controlada de presión sobre un sistema cerrado, el cual puede incluir tuberías de revestimiento y tapones de cemento. En el contexto del abandono permanente de pozos, su objetivo principal es corroborar la hermeticidad de las barreras que conforman este sistema, es decir, la ausencia de flujo no deseado. Se lleva a cabo mediante el monitoreo de las variaciones de presión, con el fin de verificar que dichas barreras mantengan su efectividad a largo plazo y prevengan el flujo hacia formaciones no previstas (Servicio Geológico Colombiano, 2020).

2.2.7.4 Prueba de circulación.

Es una operación técnica que consiste en el bombeo controlado de fluido a través del sistema de tuberías del pozo, con el propósito de establecer comunicación entre las tuberías de revestimiento de producción y de superficie. Además de confirmar dicha comunicación, esta prueba permite verificar que no existan obstrucciones, pérdidas de circulación o restricciones que afecten la circulación de fluidos. En el contexto del abandono permanente de pozos, su correcta ejecución es esencial para la posterior colocación de lechadas de cemento en el espacio anular (Guerrero Hernández, 2014).

2.2.8 DTM

El término DTM (Desmontaje, Transporte y Montaje) se refiere a un conjunto de operaciones técnicas que incluyen el desarmado sistemático del equipo de perforación o de servicio de pozos, su traslado seguro de sus componentes y equipo entre locaciones, y su posterior armado del equipo de perforación o de servicio de pozos, para continuar las actividades operativas. Estas actividades deben realizarse siguiendo procedimientos estandarizados que garanticen la integridad del equipo, la seguridad del personal y el cumplimiento de normativas vigentes (CNPC Perú, 2012).

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

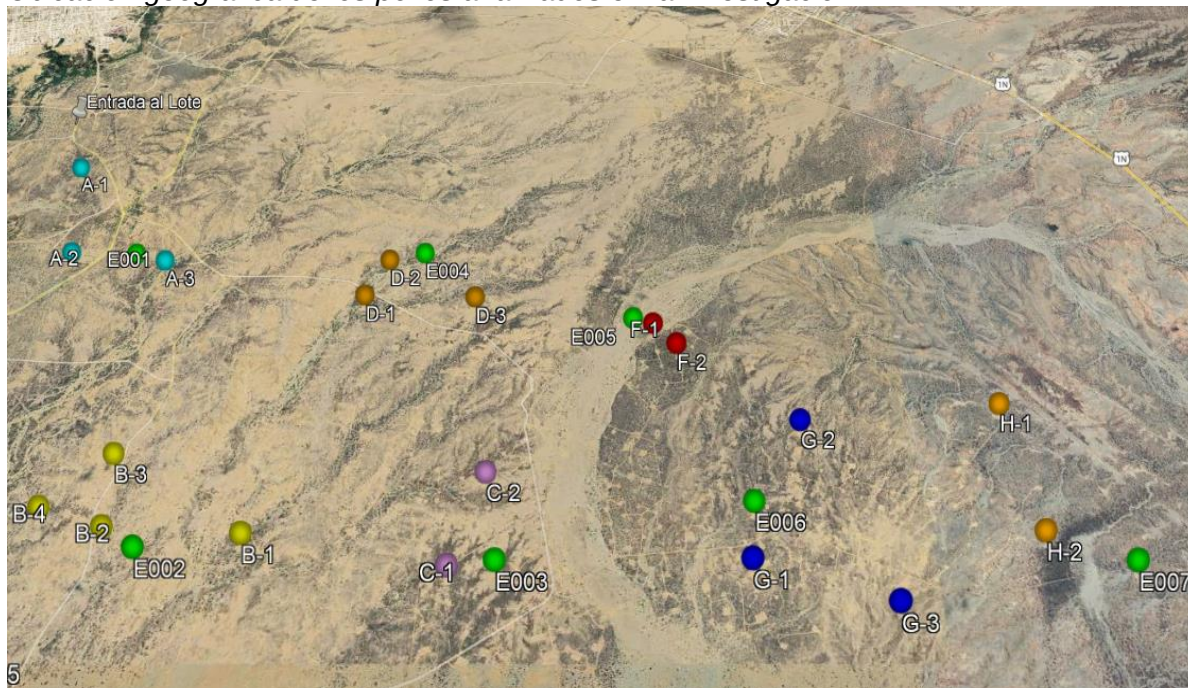
Este capítulo presenta el enfoque metodológico de la investigación, orientado a evaluar las prácticas operacionales implementadas en los procesos de abandono permanente de pozos, con el objetivo de identificar mejoras que permitan reducir los retrasos y costos operativos en el Noroeste Peruano. Para ello, se seleccionaron siete (07) pozos representativos, distribuidos en distintas zonas operativas de la región.

3.1 Ubicación de los pozos de estudio

La Figura 1 muestra la ubicación geográfica de los siete (07) pozos analizados en esta investigación, representados en color verde. Estos pozos pertenecen a diferentes áreas del Noroeste Peruano y fueron seleccionados por su relevancia como casos reales que presentaron complicaciones operativas durante su abandono permanente. El análisis de estos casos permite identificar los factores que afectan la eficiencia en la ejecución de dichas intervenciones, así como los sobre costos asociados a sus deficiencias operativas.

Figura 1

Ubicación geográfica de los pozos analizados en la investigación



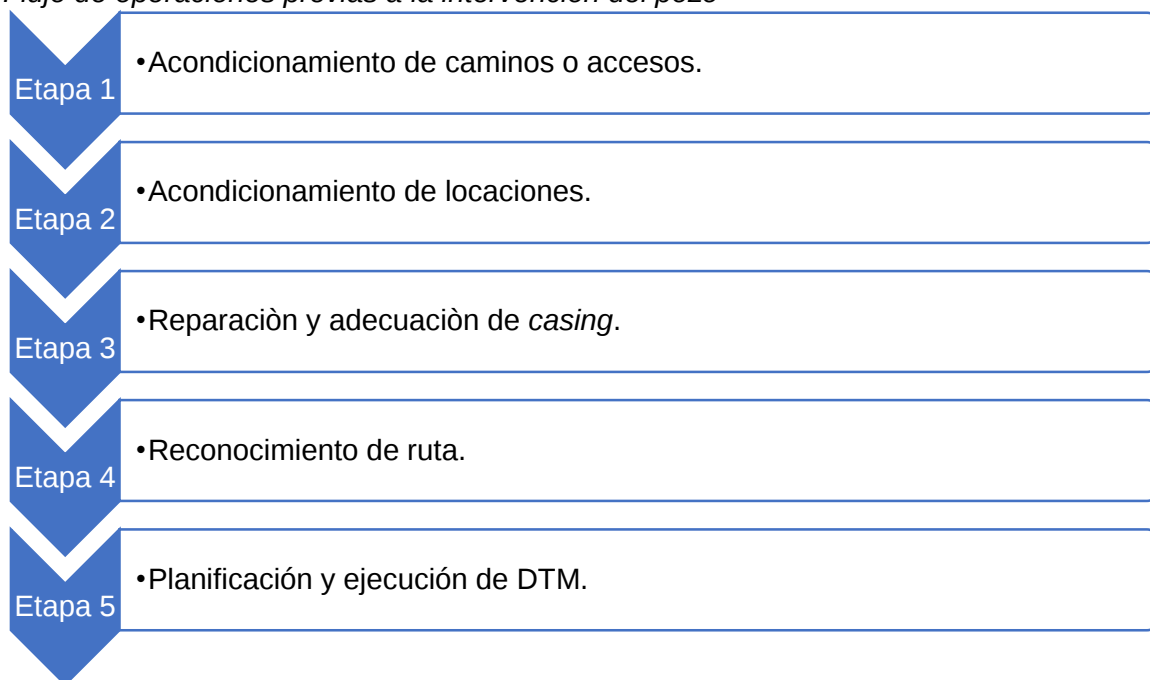
Nota: Elaboración propia sobre imagen de Google Earth, a partir de coordenadas de pozos proporcionadas una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.2 Operaciones antes de la intervención del pozo

Previo a la ejecución de cualquier operación directa sobre el pozo, se deben llevar a cabo una serie de actividades preparatorias que permitan asegurar las condiciones logísticas, técnicas y operativas necesarias. Aunque estas acciones no implican aún trabajos sobre el pozo propiamente dicho, son fundamentales para garantizar la eficiencia y continuidad del abandono permanente del pozo, así como para mitigar posibles contingencias operativas. Para efectos de esta investigación, se ha definido un flujo de trabajo compuesto por cinco (5) etapas principales, desarrolladas de manera secuencial. En la Figura 2 muestra el diagrama de flujo correspondiente a estas actividades preliminares del abandono permanente de pozos.

Figura 2

Flujo de operaciones previas a la intervención del pozo



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.2.1 Acondicionamiento de accesos

Como primera etapa del flujo de operaciones previas a la intervención del pozo, se ejecuta el acondicionamiento de accesos, actividad que garantiza la viabilidad logística para la movilización de equipos y personal. Esta etapa incluye tanto la mejora de caminos existentes como la construcción de accesos auxiliares. En la Figura 3 muestra el uso de maquinaria pesada empleada para las labores de movimiento de tierra, nivelación y compactación del terreno, realizadas durante esta etapa.

Figura 3

Maquinaria para movimiento de tierra, nivelación y compactación de suelos.



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.2.1.1 Reparación de accesos existentes.

Antes de ejecutar la reparación de los accesos, se realiza una inspección técnica con el objetivo de determinar su estado actual y definir la necesidad de intervención. Esta evaluación considera aspectos como erosión, acumulación de sedimentos, deterioro de la superficie, desniveles o cualquier condición que puedan restringir el tránsito seguro de equipos pesados. En función del diagnóstico, se procede con las acciones necesarias para restablecer la operatividad del acceso. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de la reparación de un acceso existente.

Figura 4

Reparación de acceso principal hacia una locación



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.2.1.2 Construcción de accesos auxiliares.

Cuando las condiciones del terreno o la inexistencia de vías hacen inviable la reparación o el uso de accesos existentes, se procede con la planificación y ejecución de accesos auxiliares. Esta situación puede presentarse en áreas con afectaciones geotécnicas severas, rutas obstruidas de forma permanente o zonas donde los accesos originales han desaparecido. Estas rutas, de carácter temporales o semipermanentes, deben cumplir con criterios mínimos de estabilidad y dimensiones, adecuados para el transporte de maquinaria pesada. La Figura 5 se ilustra el desarrollo de uno de estos accesos auxiliares hacia la locación de un pozo.

Figura 5

Construcción de acceso auxiliar hacia una locación



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.2.2 Acondicionamiento de locación

Una vez concluidas las labores de acceso, se da paso a la segunda etapa del flujo operativo, correspondiente al acondicionamiento de la locación, es decir, el área donde se ejecutará la intervención del pozo. Esta etapa tiene como finalidad preparar el terreno donde se instalará el equipo de servicio de pozos y sus componentes, garantizando condiciones adecuadas de nivelación, compactación y soporte para una operación eficiente. Para estos trabajos se emplea la maquinaria pesada utilizada en la etapa anterior (Figura 3), lo cual permite aprovechar los recursos disponibles y mantener la continuidad operativa. La Figura 6 presenta una vista general del acondicionamiento de una locación.

Figura 6

Acondicionamiento de locación



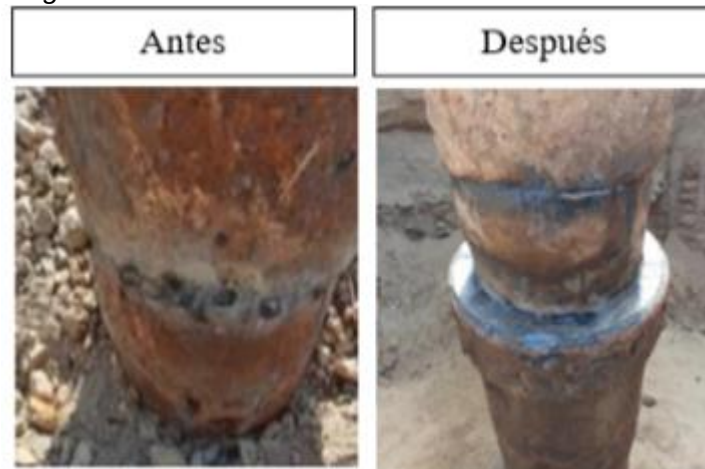
Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.2.3 Reparación y adecuación de casing

Superado el acondicionamiento de la locación, se avanza hacia la tercera etapa del flujo de operaciones, correspondiente a la reparación y adecuación del *casing* del pozo. Esta actividad es clave para asegurar la integridad estructural del pozo y su adecuada preparación para las operaciones de abandono permanente. Es importante destacar que la reparación del *casing* no es una intervención estándar, sino que se ejecuta únicamente cuando se detectan daños estructurales específicos, como rupturas ocasionadas por corrosión o fatiga mecánica. La Figura 7 presenta un ejemplo de reparación de *casing*.

Figura 7

Reparación de casing roto



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Posteriormente a la reparación, se realiza la adecuación del *casing*. Lo cual implica la instalación de una conexión, comúnmente denominada reducción, que adapta la medida del *casing* existente a la del cabezal, el cual se utiliza durante el abandono permanente del pozo. Adicionalmente, se confeccionan o instalan válvulas laterales del *casing*. Estas válvulas son esenciales, ya que permiten diversas operaciones, como la circulación e inyección controlada de fluidos, así como el monitoreo y control de la presión. La Figura 8 presenta el proceso de adecuación del *casing*.

Figura 8

Confección de reducción y válvulas laterales del casing



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.2.4 Reconocimiento de ruta

Con el *casing* debidamente reparado y adecuado, se ejecuta la cuarta etapa del flujo operativo, correspondiente al reconocimiento de ruta. Esta etapa tiene como propósito verificar las condiciones del trayecto por el cual se movilizará el equipo de servicio de pozos y componentes hacia la locación del pozo. La actividad se realiza de forma conjunta entre el ingeniero de turno de la empresa operadora y el personal de la contratista de servicio de pozos. Durante la inspección, se identifican zonas críticas y restricciones geométricas (como giros cerrados, pendientes, puentes), así como condiciones que puedan comprometer el ingreso de equipos pesados, tales como líneas de alta tensión o tuberías de hidrocarburos. El objetivo es mitigar estos contratiempos y facilitar la planificación y ejecución del DTM. La Figura 9 muestra un reconocimiento de ruta hacia la locación de un pozo.

Figura 9

Reconocimiento de ruta hacia una locación



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.2.5 Planificación y ejecución de DTM

Finalmente, tras haberse verificado la ruta de acceso, se desarrolla la quinta y última etapa del flujo previo antes de la intervención del pozo, el cual consiste en el transporte del equipo de servicio de pozos y sus componentes hacia la locación del pozo. Esta etapa tiene como objetivo trasladar de manera eficiente todos los equipos necesarios hacia la locación para el abandono permanente del pozo.

El transporte debe ejecutarse conforme a los protocolos de seguridad establecidos, respetando las normativas de tránsito y asegurando la integridad de los equipos como del personal. La comunicación y coordinación entre la empresa operadora y las contratistas de transporte correspondientes es esencial para el éxito de esta etapa y para que se desarrolle sin contratiempos. En la Figura 10 muestra el traslado del equipo de servicio de pozos, mientras que la Figura 11 presenta el traslado de componentes complementarios como la tina, tuberías y caballetes.

Figura 10

Traslado del equipo de servicio de pozos hacia la locación



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 11

Transporte de la tina, tuberías y caballetes hacia la locación



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3 Casos de estudio

Para el presente trabajo de investigación se han seleccionado siete (07) pozos ubicados en el Noroeste Peruano. Estos pozos representan casos particulares de abandonos permanentes y han sido elegidos por su valor representativo, dado que concentran una variedad de escenarios operativos. Esta diversidad permite analizar, de forma integral, las prácticas y desafíos inherentes al proceso de abandono permanente en cada uno de ellos.

3.3.1 Pozo E001

3.3.1.1 Historial cronológico del pozo.

Tabla 4

Historial cronológico disponible del pozo E001

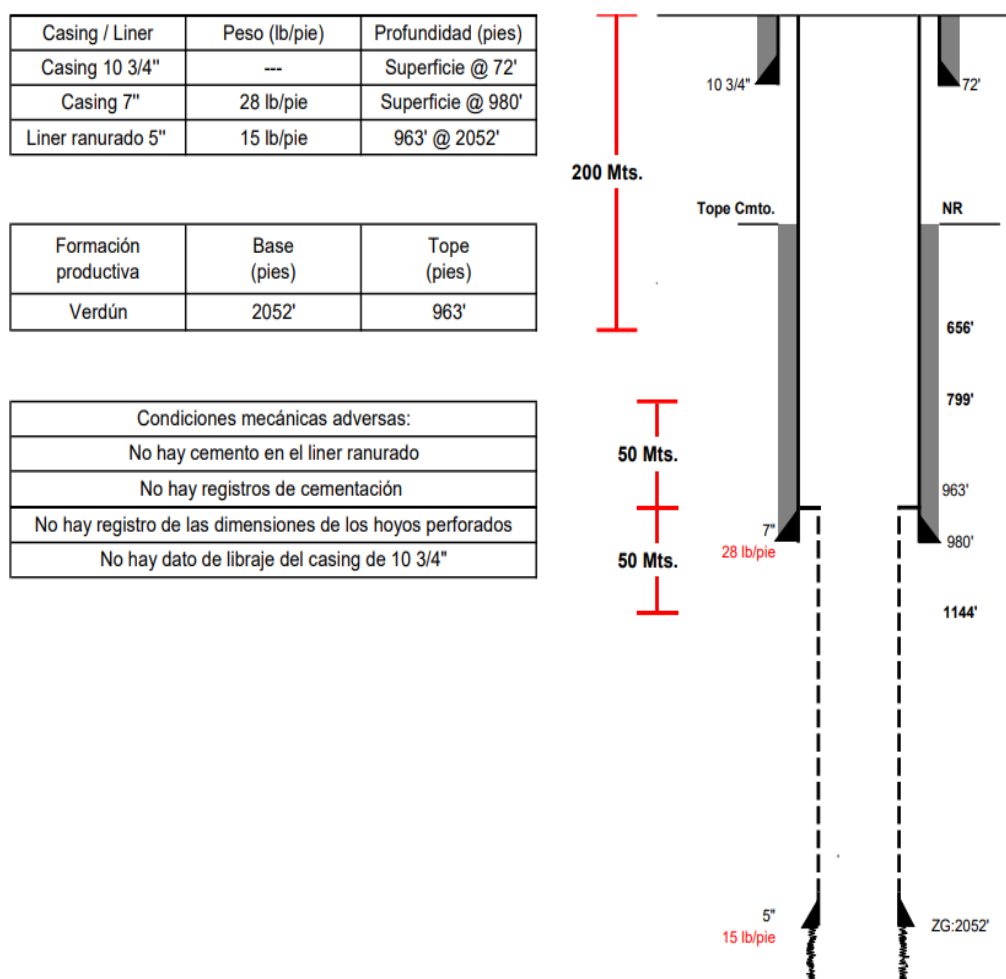
Pozo	Historial del Pozo	Fecha
E001	Año de perforación	15/09/1945
	Revisar Instalación - Swab	25/09/1998
	Pozo ATA	01/08/2001

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.1.2 Configuración mecánica del pozo.

Figura 12

Configuración mecánica del pozo E001



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.1.3 Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo.

Durante las operaciones de limpieza del pozo se realizó un corte de tubería, una situación no prevista en el programa original. Este evento, representado en la Figura 13, se ejecutó debido a condiciones mecánicas adversas que generaron incrementos de tensiones, los cuales derivaron en el atascamiento de la sarta. La Tabla 5 presenta una síntesis de los eventos operacionales más relevantes ocurridos durante la limpieza del pozo, incluyendo las profundidades correspondientes a cada operación.

Tabla 5

Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E001

Descripción de la operación	Profundidad (ft)
Realizó charla de seguridad.	0
Armó líneas de desfogue, desfogó pozo. Armó equipo.	0
Realizó prueba de <i>crown-o-matic</i> (prueba al bloque viajero).	0
Excavó <i>celler</i> , se verificó válvulas de <i>casing</i> . Instaló cabezal, Instaló BOP.	0
Armó líneas de circulación, probó líneas con 1500 psi.	0
Trabajó con cople dentado 2 7/8" + tubería 2 7/8"	27
Trabajó con broca 3 3/4" + 3 DC 3 1/2" + tubería 2 7/8".	
Se observó incrementos de tensión.	2052
Se observó retorno por <i>casing</i> de superficie	
Desmonto equipo. Esperó herramienta de corte de tubería. DTM a siguiente pozo.	2052
Reingresó al pozo. Realizó charla de seguridad. Armó equipo.	2052
Realizó prueba de <i>crown-o-matic</i> (prueba al bloque viajero).	2052
Armó líneas de circulación, probó líneas con 1500 psi	2052
Realizó corte de tubería	1410
Durante las operaciones de limpieza, se utilizó 1150 bls de WOF	1410

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 13

Tubería después del corte



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.1.4 Tapones de cemento.

Tras la limpieza en el pozo E001, se procedió con la determinación del volumen de la lechada de cemento requerido para cada tapón. Para la ejecución de estos cálculos, se emplearon las ecuaciones (1) y (2) previamente detalladas en la sección 2.2.5. Se realizó dos tapones de cemento, el primer tapón de 1410 pies a 653 pies esperó fragüe, luego se realizó la prueba de hermeticidad, lo cual se aprecia en la Figura 14, se continuo con el segundo tapón de 653 pies a superficie, estas cantidades de lechada al igual que los demás materiales utilizados en cada tapón se pueden ver en la Tabla 6. Finalmente, el estado del pozo tras las operaciones de abandono permanente se representa en la Figura 15.

Tabla 6

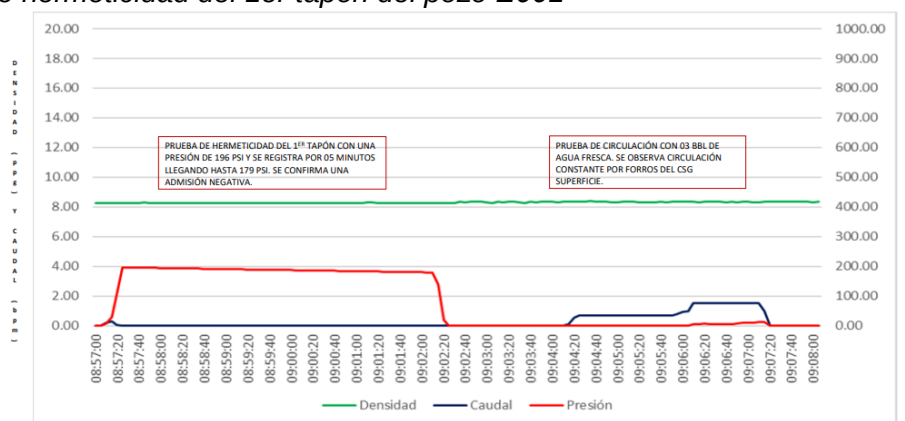
Materiales utilizados durante la cementación del pozo E001

Materiales de cementación	1er Tapón (1410 a 653 pies)	2do Tapón (653 pies a superficie) + Anular	Total
Lechada de cemento real (Bls)	27.00	51.00	78.00
Lechada de cemento teórico (Bls)	+/- 27.00	+/- 48.00	+/- 75.00
Nitrato de calcio (Acelerador - Lb)	121.00	227	348.00
DF-7011 (Antiespumante - Gln)	2.00	4.00	6.00
Material Obturante (Lb)	27.00	00.00	27.00

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 14

Prueba de hermeticidad del 1er tapón del pozo E001

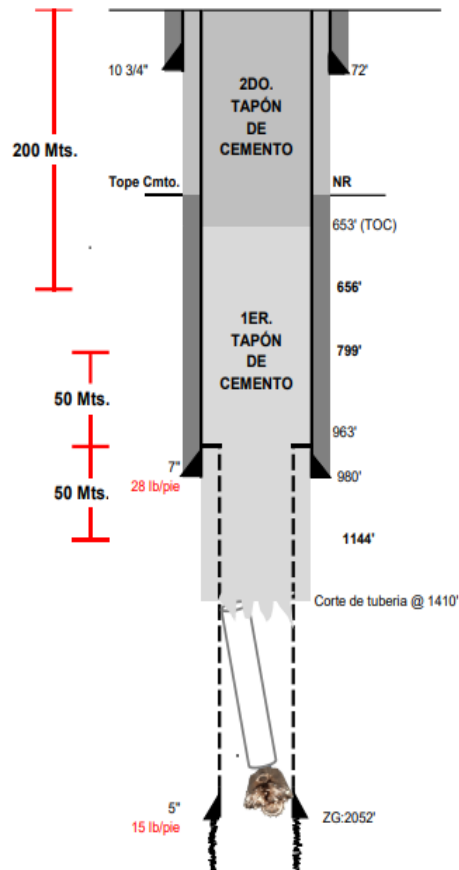


Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.1.5 Diagrama del pozo luego de la cementación.

Figura 15

Diagrama del pozo E001 luego de la cementación



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.1.6 Condiciones finales en superficie.

Figura 16

Letrero del pozo E001 y locación restaurada



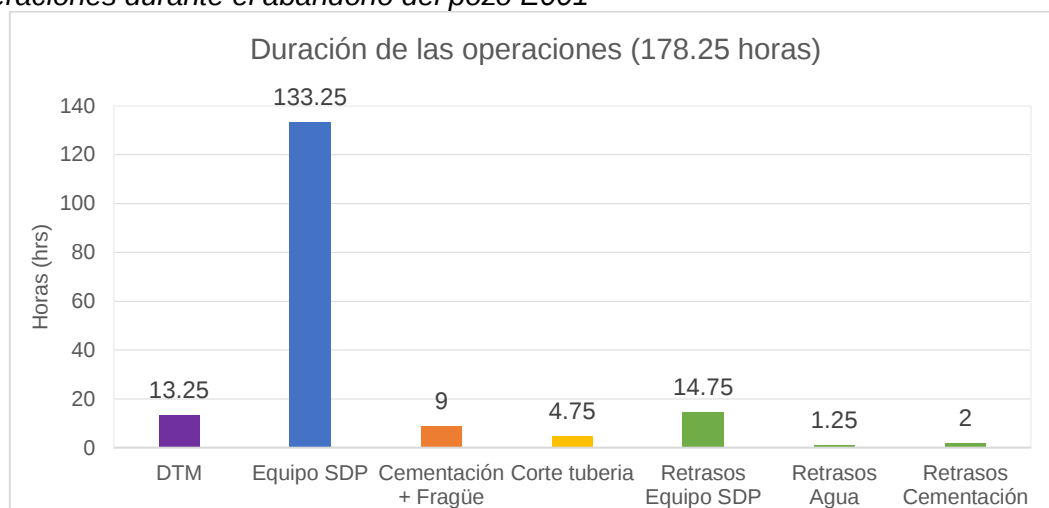
Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.1.7 Resumen de actividades del abandono permanente.

Durante el abandono permanente del pozo E001 se registraron un total de 178.25 horas, de las cuales se pueden observar la duración de cada operación como los retrasos ocurridos en el pozo a través de la Figura 17.

Figura 17

Operaciones durante el abandono del pozo E001



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.1.8 Costo del abandono del pozo.

La ejecución del abandono permanente del pozo E001 implicó un costo total de \$54,730.29. Los costos de los servicios ejecutados durante la intervención del pozo, detallando el valor global y el desglose por cada servicio, se aprecian en la Tabla 7.

Tabla 7

Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E001

Servicio	Costo (\$)
Equipo servicio de pozos	\$20,902.50
Cementación	\$18,753.69
Corte de tubería	\$9,725.32
Herramientas (promedio)	\$929.88
Agua	\$2,608.20
Limpieza de tuberías (promedio)	\$1,126.85
Transporte de tuberías	\$683.85
Total(\$)	\$54,730.29

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.1.9 Cumplimiento de la normativa.

La evaluación final del proceso de abandono permanente del pozo E001 incluyó una verificación del cumplimiento con la normativa peruana vigente. La Tabla 8 presenta una selección de artículos del DS 032-2004, detallando cómo el abandono del pozo E001 cumplió con sus disposiciones.

Tabla 8:

Abandono del pozo E001 conforme a normativa peruana

Número del artículo	Descripción del cumplimiento
Artículo 194 (Cambios del programa)	Debido al corte de tubería (no contemplado en el programa del pozo) se realizó cambio del programa informar y justificando esta decisión a PERUPETRO, con copia a OSINERG, a la brevedad posible.
Artículo 198 (Liner)	Se cemento cubriendo cincuenta (50) metros encima y debajo del punto de suspensión del <i>liner</i> .
Artículo 199 (Zona productiva)	Detrás de tubería de revestimiento (espació anular) se cubrió con cemento hasta superficie, cubriendo más de cien (100) metros.
Artículo 200 (Tapón de superficie)	Se cemento cubriendo (200) metros de profundidad hasta la superficie.
Artículo 203 (Condiciones en superficie)	Se colocó una varilla de acero de dos (02) metros de altura, con el número del pozo soldado a la plancha que tapa el Pozo. Finalmente, el <i>celler</i> fue rellenado y la locación fue restaurada.

Nota: Elaboración propia a partir del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2004.

3.3.2 Pozo E002

3.3.2.1 Historial cronológico del pozo.

Tabla 9

Historial cronológico disponible del pozo E002

Pozo	Historial del Pozo	Fecha
E002	Año de perforación	8/05/1986
	Pozo ATA	1/12/1997

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.2.2 Configuración mecánica del pozo.

Figura 18

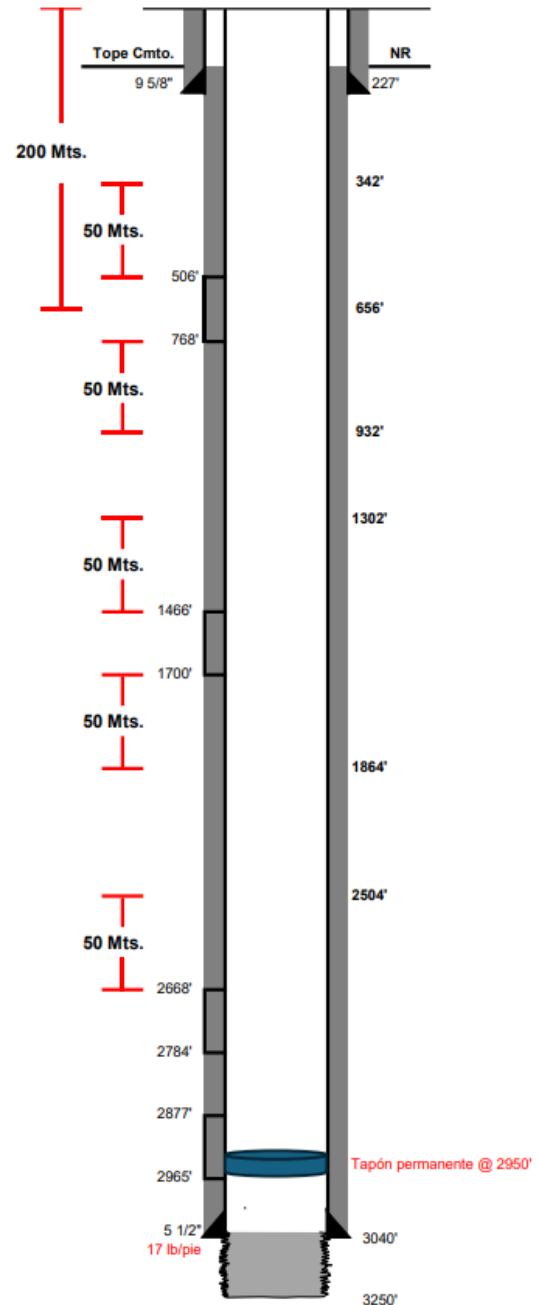
Configuración mecánica del pozo E002

Casing / Liner	Peso (lb/pie)	Profundidad (pies)
Casing 9 5/8"	---	Superficie @ 227'
Casing 5 1/2"	17 lb/pie	Superficie @ 3040'

Formación productiva	Base (pies)	Tope (pies)
Mirador	506'	768'
Verdún	1466'	1700'
Salina	2668'	2695'

Heeamientas	Profundidad (pies)
Tapón permanente	2950'

Condiciones mecánicas adversas:
No hay registros de cementación
No hay registro de la dimensión del hoyo perforado
No hay dato de libraje del casing de 9 5/8"



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.2.3 Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo.

Durante las operaciones de limpieza del pozo se realizaron labores de pesca, una situación no contemplada en el programa original. Esta actividad fue consecuencia directa de la falta de información en el historial del pozo, ya que en una intervención anterior se dejó un pescado dentro del pozo. Ante la falta de avance en la limpieza, se bajó una estampa para verificar la obstrucción, llegándose a observar marca de tubería 2 3/8", tal como se muestra en la Figura 19. La Tabla 10 presenta una síntesis de los eventos operacionales más relevantes ocurridos durante la limpieza del pozo, incluyendo las profundidades correspondientes a cada operación.

Tabla 10

Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E002

Descripción de la operación	Profundidad (ft)
Realizó charla de seguridad.	0
Armó líneas de desfogue, desfogó pozo. Armó equipo.	0
Realizó prueba de <i>crown-o-matic</i> (prueba al bloque viajero).	0
Excavó <i>celler</i> , se verificó válvulas de <i>casing</i> . Instaló cabezal, Instaló BOP.	0
Armó líneas de circulación, probó líneas con 1500 psi.	0
Trabajó con Broca 4 3/4" + tubería 2 7/8", se observó en retorno limaduras de metal	123
Bajó Estampa 4 1/2", se observó con marca una marca clara de Pin de Tbg 2 3/8"	123
Realizó operaciones de pesca, recuperó tubería Tbg 2 3/8" (pescados). Se transportó los pescados al almacén de materiales.	123
Trabajó con Cople Dentado 2 7/8" + tubería 2 7/8"	1902
Bajó Tapón permanente con Packer, realizó prueba de hermeticidad, prueba OK.	1874
Sentó Tapón permanente	1874
Bajó Packer, realizó prueba de hermeticidad del tapón con 400 psi.	1800 - 350
Durante las operaciones de limpieza, se utilizó 100 bls de WOF	1874

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 19

Estampa con marca de tubería



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.2.4 Tapones de cemento.

Tras la limpieza en el pozo E002, se procedió con la determinación del volumen de la lechada de cemento requerido para cada tapón. Para la ejecución de estos cálculos, se emplearon las ecuaciones (1) y (2) previamente detalladas en la sección 2.2.5. Se realizó dos tapones de cemento, el primer tapón de 1874 pies a 252 pies, esperó fragüe, luego se realizó la prueba de hermeticidad del tapón y del revestimiento, lo cual se aprecia en la Figura 20 y la Figura 21 respectivamente, finalmente se bombeo un segundo tapón de 252 pies a superficie, estas cantidades de lechada al igual que los demás materiales utilizados en cada tapón se pueden ver en la Tabla 11. Finalmente, el estado del pozo tras las operaciones de abandono permanente se representa en la Figura 22.

Tabla 11

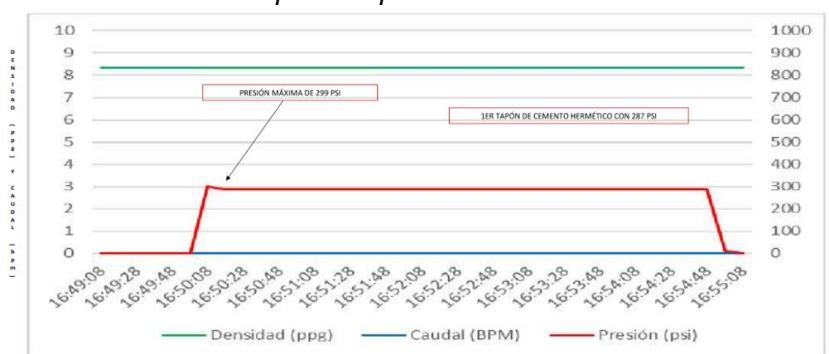
Materiales utilizados durante la cementación del pozo E002

Materiales de cementación	1er Tapón (1874 a 252 pies)	2do Tapón (252 pies a superficie)	Total
Lechada de cemento real (Bls)	38.00	10.00	48.00
Lechada de cemento teórico (Bls)	+/- 38.00	+/- 6.00	+/- 42.00
Nitrato de calcio (Acelerador - Lb)	160.00	54.00	214.00
DF-7011 (Antiespumante - Gln)	3.00	1.00	4.00
Material Obturante (Lb)	0.00	0.00	0.00

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 20

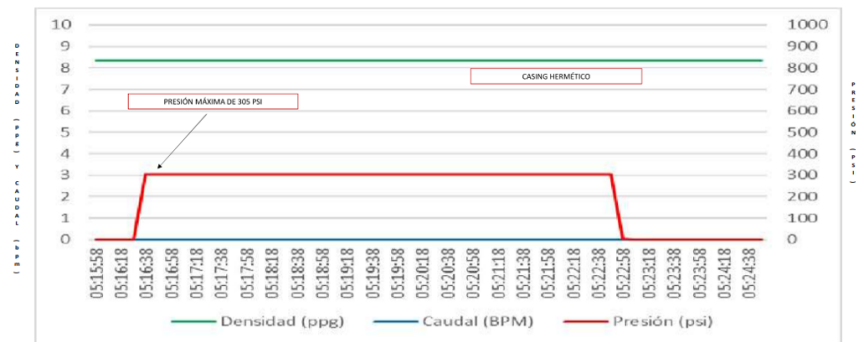
Prueba de hermeticidad del 1er tapón del pozo E002



Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 21

Prueba de hermeticidad del casing del pozo E002

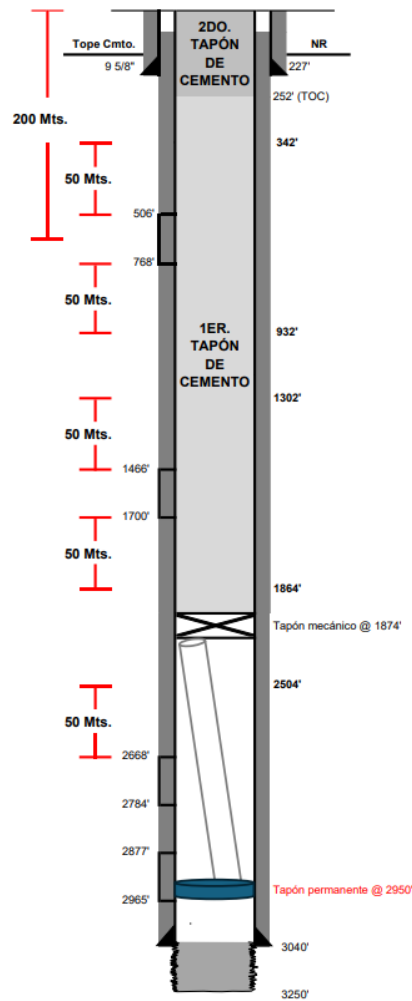


Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.2.5 Diagrama del pozo luego de la cementación.

Figura 22

Diagrama del pozo E002 luego de la cementación



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.2.6 Condiciones finales en superficie.

Figura 23

Letrero del pozo E002 y locación restaurada



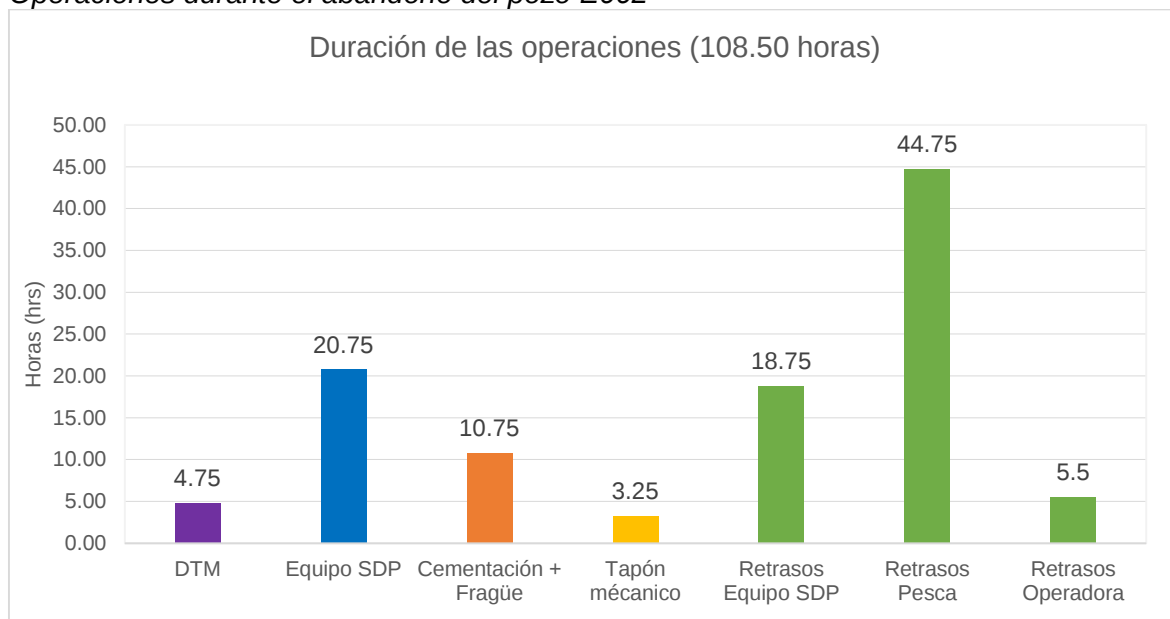
Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.2.7 Resumen de actividades del abandono permanente.

Durante el abandono permanente del pozo E002 se registraron un total de 108.50 horas, de las cuales se pueden observar la duración de cada operación como los retrasos ocurridos en el pozo a través de la Figura 24.

Figura 24

Operaciones durante el abandono del pozo E002



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.2.8 Costo del abandono del pozo.

La ejecución del abandono permanente del pozo E002 implicó un costo total de \$32,958.31. Los costos de los servicios ejecutados durante la intervención del pozo, detallando el valor global y el desglose por cada servicio, se aprecian en la Tabla 12.

Tabla 12

Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E002

Servicio	Costo (\$)
Equipo servicio de pozos	\$11,497.50
Cementación	\$12,020.92
Tapón mecánico	\$5,410.36
Herramientas (promedio)	\$929.88
Agua	\$1,449.00
Limpieza de tuberías (promedio)	\$1,126.85
Transporte de tuberías	\$523.80
Total(\$)	\$32,958.31

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.2.9 Cumplimiento de la normativa.

La evaluación final del proceso de abandono permanente del pozo E002 incluyó una verificación del cumplimiento con la normativa peruana vigente. La Tabla 12 presenta una selección de artículos del DS 032-2004, detallando cómo el abandono del pozo E002 cumplió con sus disposiciones.

Tabla 13:

Abandono del pozo E002 conforme a normativa peruana

Número del artículo	Descripción del artículo
Artículo 194 (Cambios del programa)	Debido a la tubería en el interior del pozo (pescado, no contemplado en el programa del pozo) se realizó cambio del programa informar y justificando esta decisión a PERUPETRO, con copia a OSINERG, a la brevedad posible.
Artículo 199 (Zona productiva)	Pozo tiene columna de cemento detrás del revestimiento (espacio anular) cubriendo cien (100) metros sobre la zona productiva.
Artículo 200 (Tapón de superficie)	Se cemento cubriendo (200) metros de profundidad hasta la superficie.
Artículo 203 (Condiciones en superficie)	Se colocó una varilla de acero de dos (02) metros de altura, con el número del pozo soldado a la plancha que tapa el Pozo. Finalmente, el <i>celler</i> fue rellenado y la locación fue restaurada.

Nota: Elaboración propia a partir del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2004.

3.3.3 Pozo E003

3.3.3.1 Historial cronológico del pozo.

Tabla 14

Historial cronológico disponible del pozo E003

Pozo	Historial del Pozo	Fecha
E003	Año de perforación	25/09/1946
	Pozo ATA	1/12/1994

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.3.2 Configuración mecánica del pozo.

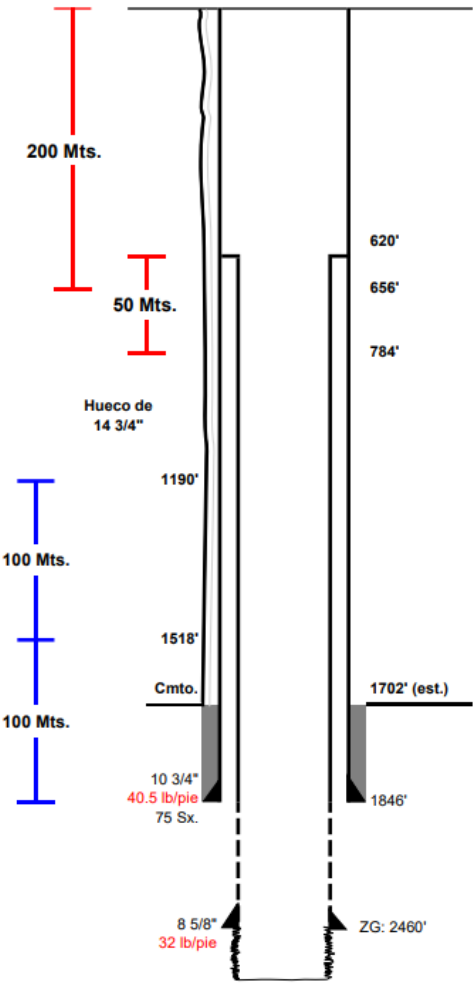
Figura 25

Configuración mecánica del pozo E003

Casing / Liner	Peso (lb/pie)	Profundidad (pies)
Casing 10 3/4"	40.5 lb/pie	Superficie @ 1846'
Liner ranurado 8 5/8"	32 lb/pie	620' @ 2460'

Formación productiva	Tope (pies)	Base (pies)
Salina	1846'	2460'

Condiciones mecánicas adversas:
No hay cemento en el liner ranurado
No hay registros de cementación
No hay registro de las dimensiones de los hoyos perforados
Profundidad incorrecta del anclaje del liner



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.3.3 Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo.

Durante las operaciones de limpieza del pozo se evidenció un retorno excesivo de arena en la tina de circulación, como se muestra en la Figura 26, la cual tuvo que ser removida para poder continuar con las actividades de abandono permanente. La Tabla 15 presenta una síntesis de los eventos operacionales más relevantes ocurridos durante la limpieza del pozo, incluyendo las profundidades correspondientes a cada operación.

Tabla 15

Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E003

Descripción de la operación	Profundidad (ft)
Realizó charla de seguridad.	0
Armó líneas de desfogue, desfogó pozo. Armó equipo.	0
Realizó prueba de <i>crown-o-matic</i> (prueba al bloque viajero).	0
Excavó <i>celler</i> , se verificó válvulas de <i>casing</i> . Instaló cabezal, Instaló BOP.	0
Armó líneas de circulación, probó líneas con 1500 psi.	0
Trabajó con Cople dentado 2 7/8" + tubería 2 7/8".	
Se observó retorno por <i>casing</i> de superficie	591
Se observó en el retorno abundante arena.	
Se tuvo información actualizada del diagrama del pozo	
Retiró abundante arena de la tina de circulación	591
Durante las operaciones de limpieza, se utilizó 315 bls de WOF	591

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 26:

Retorno de abundante arena en tina de circulación



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.3.4 Tapones de cemento.

Tras la limpieza en el pozo E003, se procedió con la determinación del volumen de la lechada de cemento requerido para cada tapón. Para la ejecución de estos cálculos, se emplearon las ecuaciones (1) y (2) previamente detalladas en la sección 2.2.5. Se realizó dos tapones de cemento, el primer tapón de 591 pies a 202 pies esperó fragüe, luego se realizó la prueba de hermeticidad, lo cual se observa en la Figura 27, se continuo con el segundo tapón de 202 pies a superficie, estas cantidades de lechada al igual que los demás materiales utilizados en cada tapón se pueden ver en la Tabla 16. Finalmente, el estado del pozo tras las operaciones de abandono permanente se representa en la Figura 28.

Tabla 16

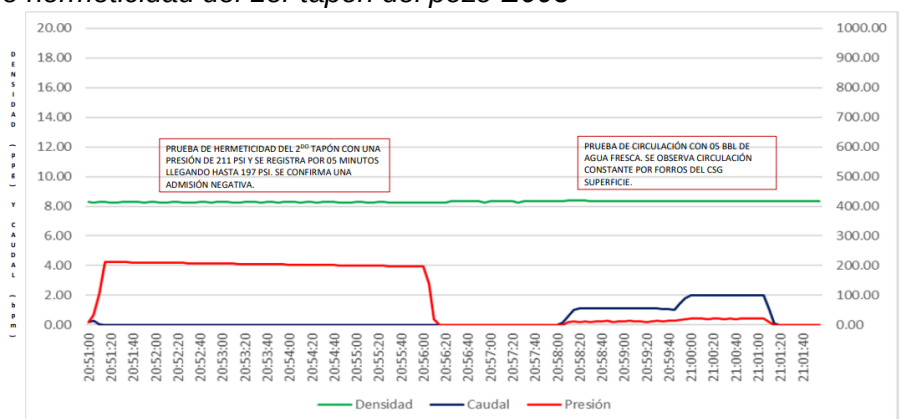
Materiales utilizados durante la cementación del pozo E003

Materiales de cementación	1er Tapón (591 a 202 pies)	2do Tapón (202 pies a superficie) + Anular	Total
Lechada de cemento real (Bls)	36.00	41.00	77.00
Lechada de cemento teórico (Bls)	+/- 38.00	+/- 40.00	+/- 78.00
Nitrato de calcio (Acelerador - Lb)	160.00	183.00	343.00
DF-7011 (Antiespumante - Gln)	3.00	3.00	6.00
Material Obturante (Lb)	18.00	0.00	18.00

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 27

Prueba de hermeticidad del 1er tapón del pozo E003

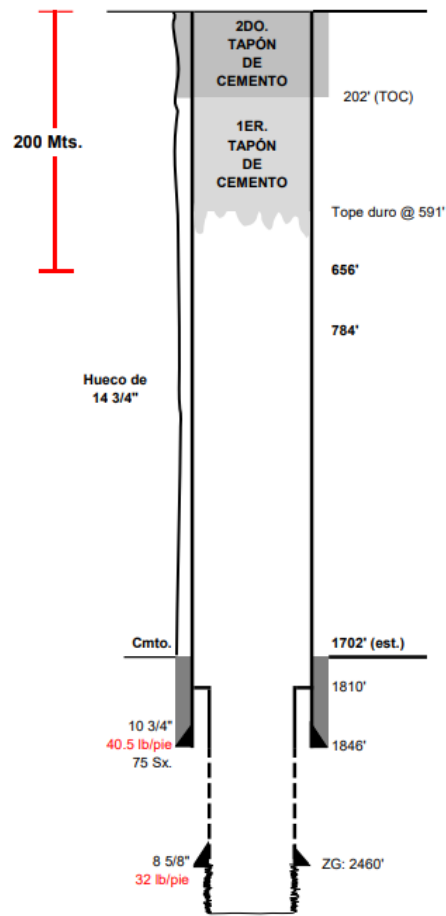


Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.3.5 Diagrama del pozo luego de la cementación.

Figura 28

Diagrama del pozo E003 luego de la cementación



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.3.6 Condiciones finales en superficie.

Figura 29

Letrero del pozo E003 y locación restaurada



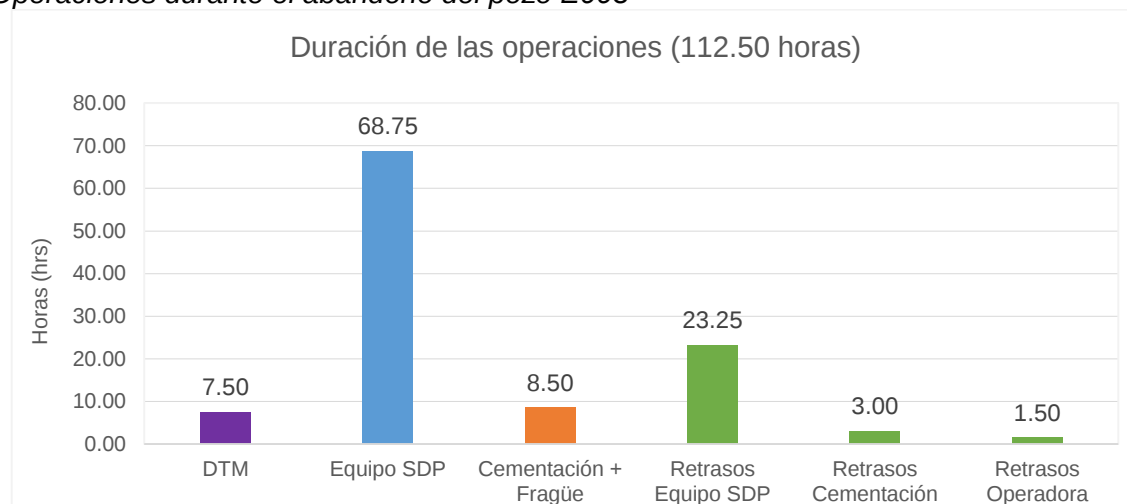
Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.3.7 Resumen de actividades del abandono permanente.

Durante el abandono permanente del pozo E003 se registraron un total de 112.50 horas, de las cuales se pueden observar la duración de cada operación como los retrasos ocurridos en el pozo a través de la Figura 30.

Figura 30

Operaciones durante el abandono del pozo E003



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.3.8 Costo del abandono del pozo.

La ejecución del abandono permanente del pozo E003 implicó un costo total de \$30,079.92. Los costos de los servicios ejecutados durante la intervención del pozo, detallando el valor global y el desglose por cada servicio, se aprecian en la Tabla 17.

Tabla 17

Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E003

Servicio	Costo (\$)
Equipo servicio de pozos	\$12,072.50
Cementación	\$14,688.44
Herramientas (promedio)	\$929.88
Agua	\$869.40
Limpieza de tuberías (promedio)	\$1,126.85
Transporte de tuberías	\$392.85
Total(\$)	\$30,079.92

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.3.9 Cumplimiento de la normativa.

La evaluación final del proceso de abandono permanente del pozo E003 incluyó una verificación del cumplimiento con la normativa peruana vigente. La Tabla 18 presenta una selección de artículos del DS 032-2004, detallando cómo el abandono del pozo E003 cumplió con sus disposiciones.

Tabla 18

Abandono del pozo E003 conforme a normativa peruana

Número del artículo	Descripción del artículo
Artículo 194 (Cambios del programa)	Debido a la actualización del diagrama mecánico del pozo, no poder limpiar hasta el fondo se realizó cambio del programa informar y justificando esta decisión a PERUPETRO, con copia a OSINERG, a la brevedad posible.
Artículo 200 (Tapón de superficie)	Por dificultades operativas no se alcanzó profundidad de doscientos (200) metros, los tapones se colocaron desde la profundidad alcanzada hasta superficie.
Artículo 203 (Condiciones en superficie)	Se colocó una varilla de acero de dos (02) metros de altura, con el número del pozo soldado a la plancha que tapa el Pozo. Finalmente, el <i>celler</i> fue rellenado y la locación fue restaurada.

Nota: Elaboración propia a partir del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2004.

3.3.4 Pozo E004

3.3.4.1 Historial cronológico del pozo.

Tabla 19

Historial cronológico disponible del pozo E004

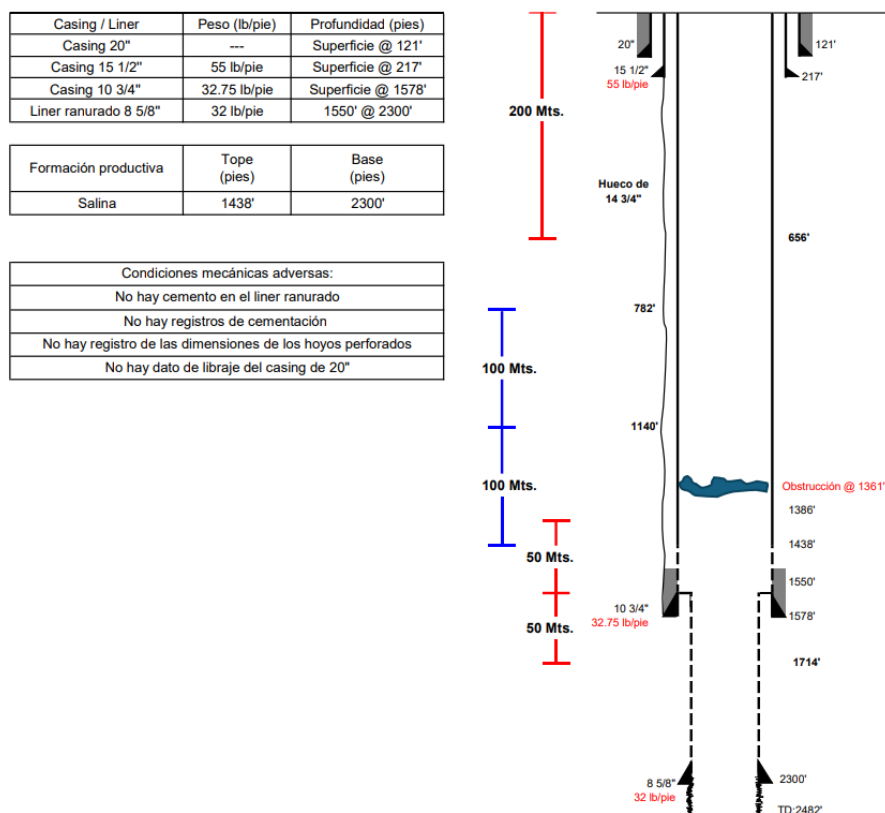
Pozo	Historial del Pozo	Fecha
E004	Año de perforación	11/11/1927
	Pozo ATA	1/02/1989
	ATA ~ Pozo con obstrucción @ 1361' ~ ATA.	12/07/11

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.4.2 Configuración mecánica del pozo.

Figura 31

Configuración mecánica del pozo E004



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.4.3 Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo.

La Tabla 20 presenta una síntesis de los eventos operacionales relevantes durante la limpieza del pozo, incluyendo las profundidades correspondientes a cada operación.

Tabla 20

Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E004

Descripción de la operación	Profundidad (ft)
Realizó charla de seguridad.	0
Armó líneas de desfogue, desfogó pozo. Armó equipo.	0
Realizó prueba de <i>crown-o-matic</i> (prueba al bloque viajero).	0
Excavó <i>celler</i> , se verificó válvulas de <i>casing</i> . Instaló cabezal, Instaló BOP.	0
Confecionó válvulas de <i>casing</i> .	0
Armó líneas de circulación, probó líneas con 1500 psi.	0
Trabajó con Cople dentado nuevo de 2 7/8" + tubería 2 7/8" (pasó obstrucción)	2300
Durante las operaciones de limpieza, se utilizó 180 bls de WOF	2300

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.4.4 Tapones de cemento.

Tras la limpieza en el pozo E004, se procedió con la determinación del volumen de la lechada de cemento requerido para cada tapón. Para la ejecución de estos cálculos, se emplearon las ecuaciones (1) y (2) previamente detalladas en la sección 2.2.5. Se realizó tres tapones de cemento, el primer tapón de 2300 pies a 1270 pies, esperó fragüe, realizó su prueba de hermeticidad, lo cual se aprecia en la Figura 32, realizó tiros de circulación, continuo con el segundo tapón de 1270 pies a 355 pies, esperó fragüe, realizó su prueba de hermeticidad, lo cual se aprecia en la Figura 33, realizó tiros de circulación, finalmente se bombeo un tercer tapón de 355 pies a superficie, estas cantidades de lechada al igual que los demás materiales utilizados en cada tapón se pueden ver en la Tabla 21.

Tabla 21

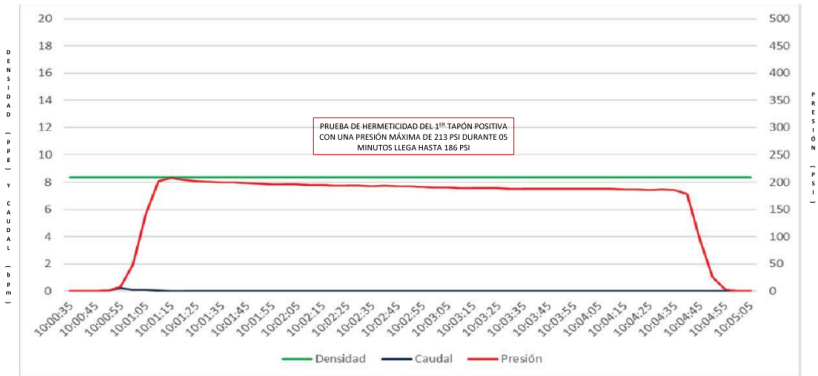
Materiales utilizados durante la cementación del pozo E004

Materiales de cementación	1er Tapón (2300 a 1270 pies)	2do Tapón (1270 a 355 pies)	3er Tapón (355 pies a superficie)	Total
Lechada de cemento real (Bls)	82.00	89.00	31.00	202.00
Lechada de cemento teórico (Bls)	+/- 82.00	+/- 93.00	+/- 35.00	+/- 210.00
Nitrato de calcio (Acelerador - Lb)	400.00	426.00	138.00	964.00
DF-7011 (Antiespumante - Gln)	6.00	7.00	3.00	16.00
Material Obturante (Lb)	20.00	0.00	0.00	20.00

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 32

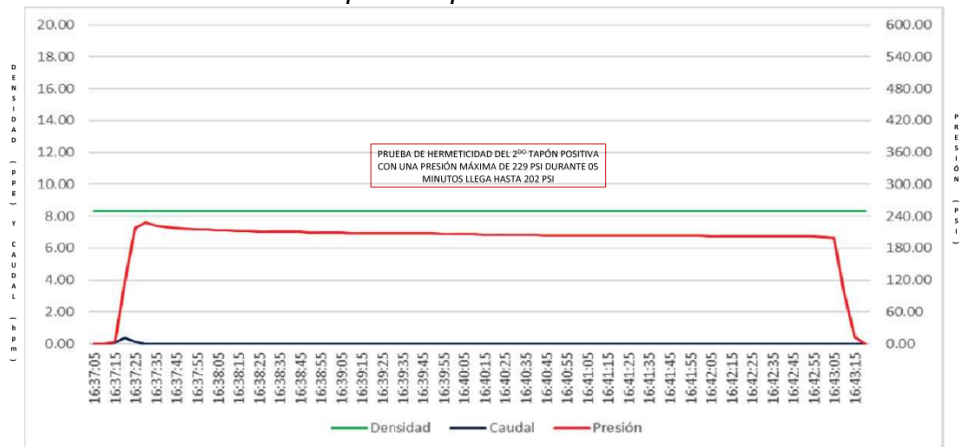
Prueba de hermeticidad del 1er tapón del pozo E004



Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 33

Prueba de hermeticidad del 2do tapón del pozo E004



Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.4.5 Tiros de circulación.

Tras obtener los resultados positivos de las pruebas de hermeticidad, se procedió con la ejecución del servicio de baleo con el objetivo de cementar adecuadamente el espacio anular. Las profundidades en las que se llevaron a cabo estas actividades se detallan en la Tabla 22.

Tabla 22

Tiros de circulación del pozo E004

Servicios	Desde (pies)	Hasta (pies)
Tiros de circulación (1er servicio)	1260	1258
Tiros de circulación (2do servicio)	345	343

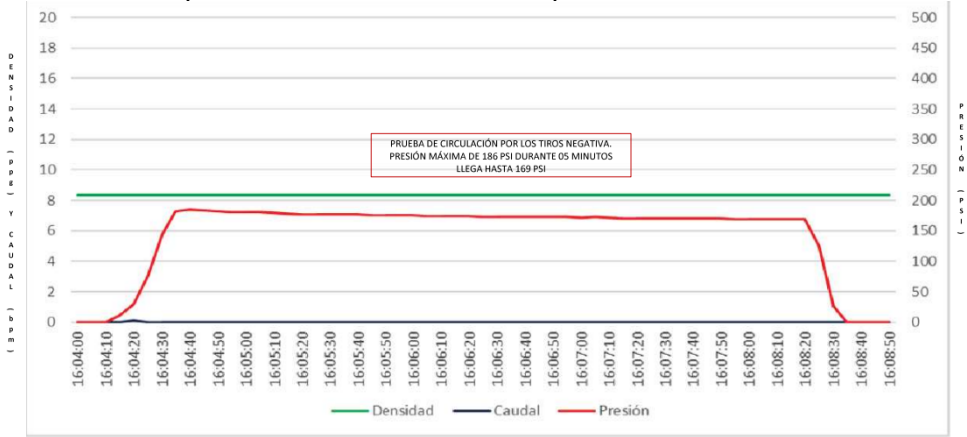
Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Luego del primer servicio de baleo, se realizó su prueba de circulación, la cual resultó negativa, como se muestra en la Figura 34. Ante este resultado, se colocó un segundo tapón de cemento, seguido por la ejecución de un nuevo servicio de baleo, se realizó su prueba de circulación, resultando esta también negativa, como se observa en la Figura 35, al igual que del primer servicio.

Tras el primer servicio, el equipo fue retirado de locación, y al momento de ejecutar el segundo servicio, el equipo de baleo no se encontraba disponible, lo que generó retrasos operativos significativos. Los equipos utilizados durante estas operaciones se muestran en la Figura 36. Finalmente, el estado del pozo tras las culminar las operaciones de abandono permanente se representa en la Figura 37.

Figura 34

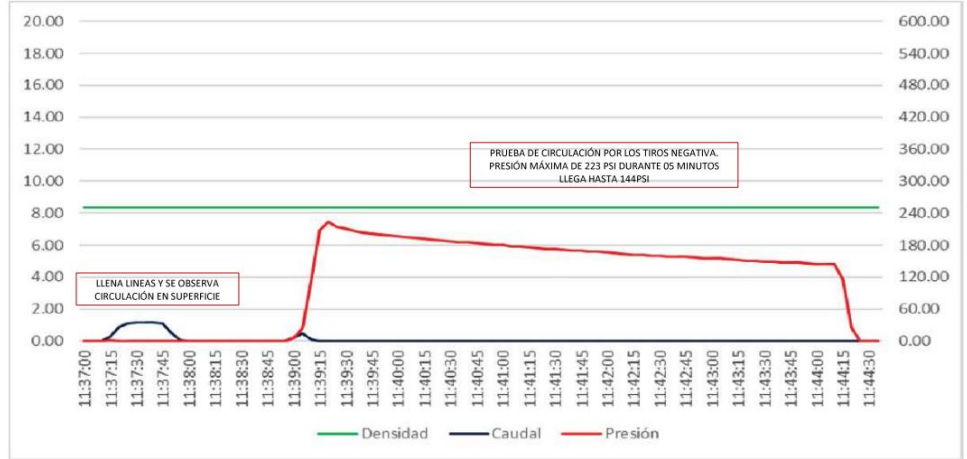
Prueba de circulación del primer servicio de baleo del pozo E004



Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 35

Prueba de circulación del segundo servicio de baleo del pozo E004



Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 36

Equipos utilizados para realizar tiros de circulación

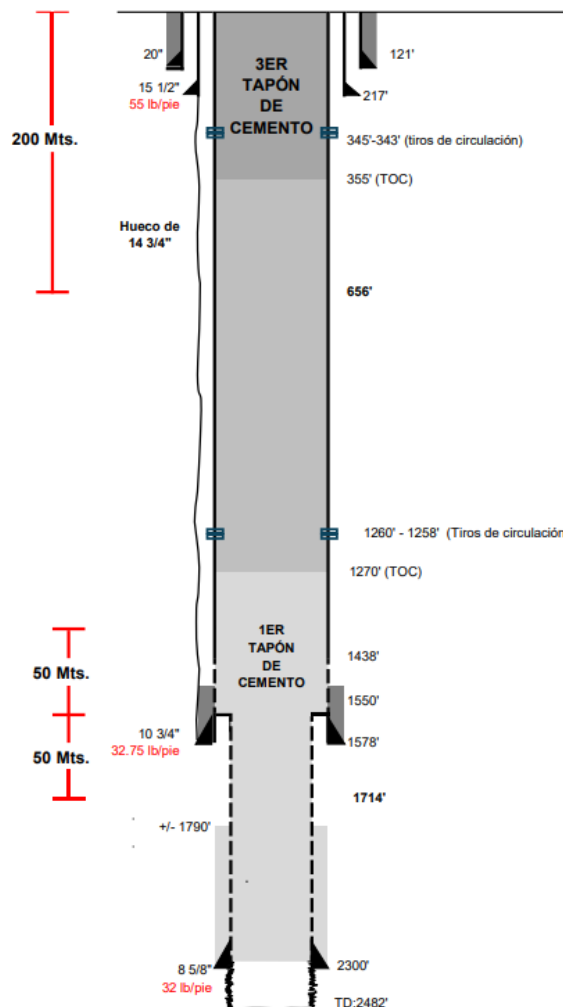


Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.4.6 Diagrama del pozo luego de la cementación.

Figura 37

Diagrama del pozo E004 luego de la cementación



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.4.7 Condiciones finales en superficie.

Figura 38

Letrero del pozo E004 y locación restaurada



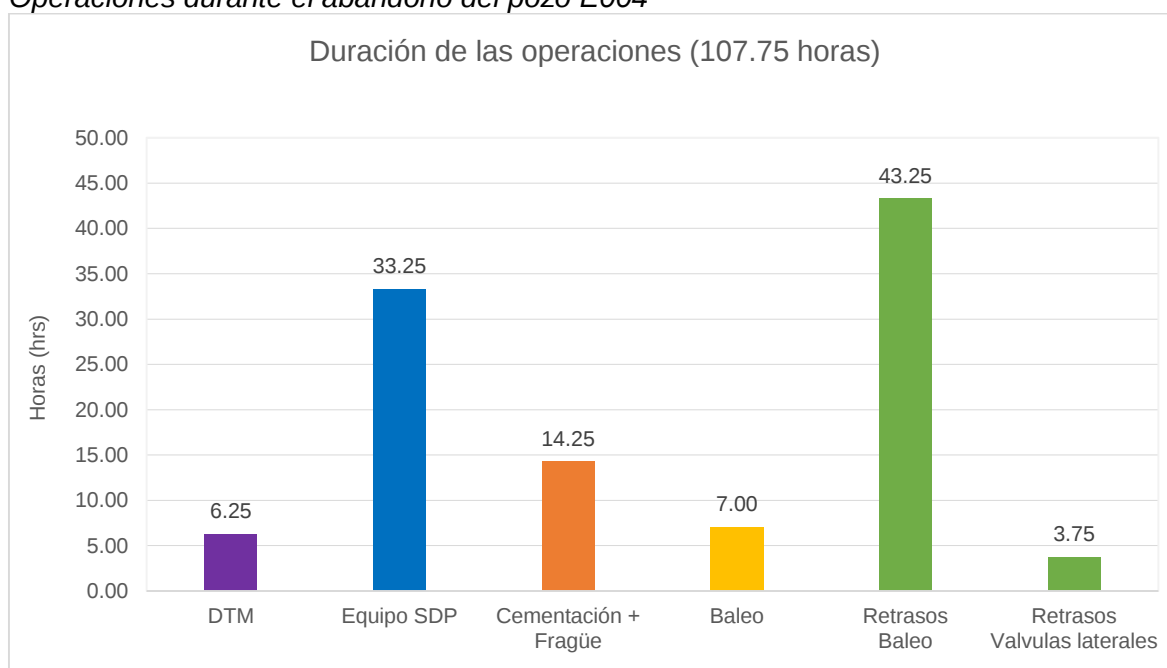
Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.4.8 Resumen de actividades del abandono permanente.

Durante el abandono permanente del pozo E004 se registraron un total de 107.75 horas, de las cuales se pueden observar la duración de cada operación como los retrasos ocurridos en el pozo a través de la Figura 39.

Figura 39

Operaciones durante el abandono del pozo E004



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.4.9 Costo del abandono del pozo.

La ejecución del abandono permanente del pozo E004 implicó un costo total de \$46,677.28. Los costos de los servicios ejecutados durante la intervención del pozo, detallando el valor global y el desglose por cada servicio, se aprecian en la Tabla 23.

Tabla 23

Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E004

Servicio	Costo (\$)
Equipo servicio de pozos	\$7,277.50
Cementación	\$24,927.00
Baleo	\$11,226.55
Herramientas (promedio)	\$929.88
Agua	\$869.40
Limpieza de tuberías (promedio)	\$1,126.85
Transporte de tuberías	\$320.10
Total(\$)	\$46,677.28

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.4.10 Cumplimiento de la normativa.

La evaluación final del proceso de abandono permanente del pozo E004 incluyó una verificación del cumplimiento con la normativa peruana vigente. La Tabla 24 presenta una selección de artículos del DS 032-2004, detallando cómo el abandono del pozo E004 cumplió con sus disposiciones.

Tabla 24

Abandono del pozo E004 conforme a normativa peruana

Número del artículo	Descripción del artículo
Artículo 194 (Cambios del programa)	Debido a los dos servicios de tiros de circulación para intentar llenar el espacio anular se realizó cambio del programa informar y justificando esta decisión a PERUPETRO, con copia a OSINERG, a la brevedad posible.
Artículo 198 (Liner)	Se cemento cubriendo cincuenta (50) metros encima y debajo del punto de suspensión del <i>liner</i> .
Artículo 200 (Tapón de superficie)	Se cemento cubriendo (200) metros de profundidad hasta la superficie.
Artículo 203 (Condiciones en superficie)	Se colocó una varilla de acero de dos (02) metros de altura, con el número del pozo soldado a la plancha que tapa el Pozo. Finalmente, el <i>celler</i> fue rellenado y la locación fue restaurada.

Nota: Elaboración propia a partir del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2004.

3.3.5 Pozo E005

3.3.5.1 Historial cronológico del pozo.

Tabla 25

Historial cronológico disponible del pozo E005

Pozo	Historial del Pozo	Fecha
E005	Año de perforación	26/04/1939
	Recuperó bomba y tubería. Pozo ATA	21/12/1995

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.5.2 Configuración mecánica del pozo.

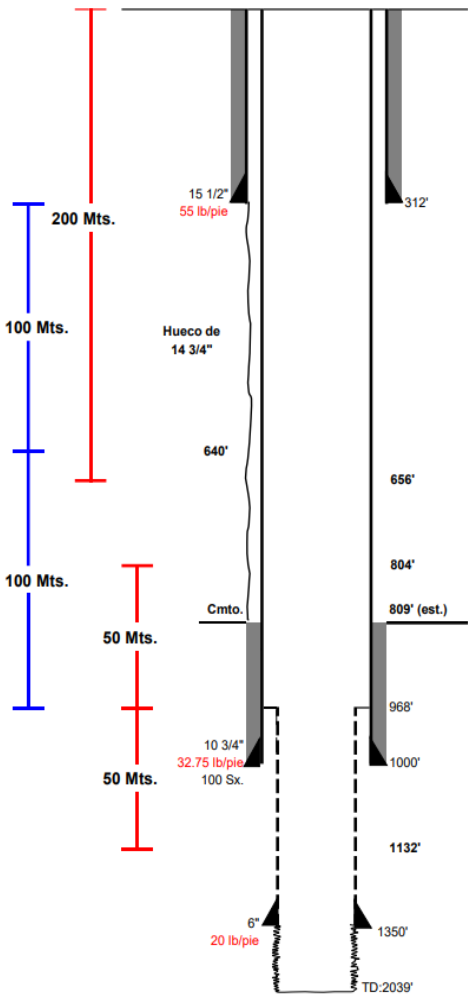
Figura 40

Configuración mecánica del pozo E005

Casing / Liner	Peso (lb/pie)	Profundidad (pies)
Casing 15 1/2"	55 lb/pie	Superficie @ 312'
Casing 10 3/4"	32.75 lb/pie	Superficie @ 1000'
Liner ranurado 6"	20 lb/pie	968' @ 1350'

Formación productiva	Tope (pies)	Base (pies)
Salina	968'	1350'

Condiciones mecánicas adversas:
No hay cemento en el liner ranurado
No hay registros de cementación
No hay registro de las dimensiones de los hoyos perforados



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.5.3 Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo.

Durante las operaciones de limpieza del pozo se evidenció un fallo mecánico en la bomba de circulación, por lo que se realizó mantenimiento a la bomba de circulación, como se muestra en la Figura 41, la cual tuvo que ser reparada para poder continuar con las actividades de abandono permanente. La Tabla 26 presenta una síntesis de los eventos operacionales más relevantes ocurridos durante la limpieza del pozo, incluyendo las profundidades correspondientes a cada operación.

Tabla 26

Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E005

Descripción de la operación	Profundidad (ft)
Realizó charla de seguridad.	0
Armó líneas de desfogue, desfogó pozo. Armó equipo.	0
Realizó prueba de <i>crown-o-matic</i> (prueba al bloque viajero).	0
Excavó <i>celler</i> , se verificó válvulas de <i>casing</i> . Instaló cabezal, Instaló BOP.	0
Armó líneas de circulación, probó líneas con 1500 psi.	0
Trabajó con Cople dentado de 2 7/8" + tubería 2 7/8"	442
Trabajó con <i>Junk mill</i> 4 3/4" + tubería 2 7/8"	633
Realizó mantenimiento correctivo a la bomba de circulación.	0
Trabajó con Cople dentado de 2 7/8" + tubería 2 7/8"	1350
Fluido utilizado durante la limpieza del pozo: 381 bls de WOF	1350

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el

Noroeste Peruano, 2025.

Figura 41

Mantenimiento correctivo de la bomba de circulación



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.5.4 Tapones de cemento.

Tras la limpieza en el pozo E005, se procedió con la determinación del volumen de la lechada de cemento requerido para cada tapón. Para la ejecución de estos cálculos, se emplearon las ecuaciones (1) y (2) previamente detalladas en la sección 2.2.5. Se realizó tres tapones de cemento, el primer tapón de 1350 pies a 950 pies, esperó fragüe, luego se realizó su prueba de hermeticidad, lo cual se aprecia en la Figura 42, se continuo con el segundo tapón de 950 pies a 804 pies, esperó fragüe, luego se realizó su prueba de hermeticidad, lo cual se aprecia en la Figura 43, realizó tiros de circulación, finalmente se bombeo un tercer tapón de 804 pies a superficie, estas cantidades de lechada al igual que los demás materiales utilizados en cada tapón se pueden ver en la Tabla 27.

Tabla 27

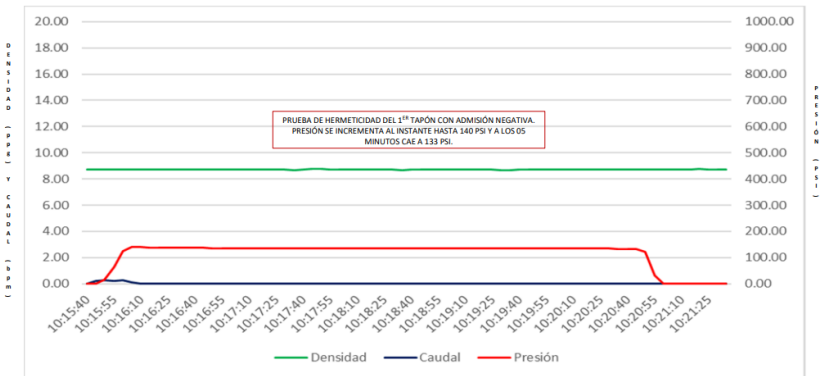
Materiales utilizados durante la cementación del pozo E005

Materiales de cementación	1er Tapón (1350 a 950 pies) + Anular	2do Tapón (950 a 804 pies)	3er Tapón (804 pies a superficie) + Anular	Total
Lechada de cemento real (Bls)	36.00	31.00	95.00	162.00
Lechada de cemento teórico (Bls)	+/- 33.00	+/- 30.00	+/- 98	+/- 161.00
Nitrato de calcio (Acelerador - Lb)	156.00	195.00	369.00	720.00
DF-7011 (Antiespumante - Gln)	3.00	3.00	6.00	12.00
Material Obturante (Lb)	40.00	0.00	0.00	40.00

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 42

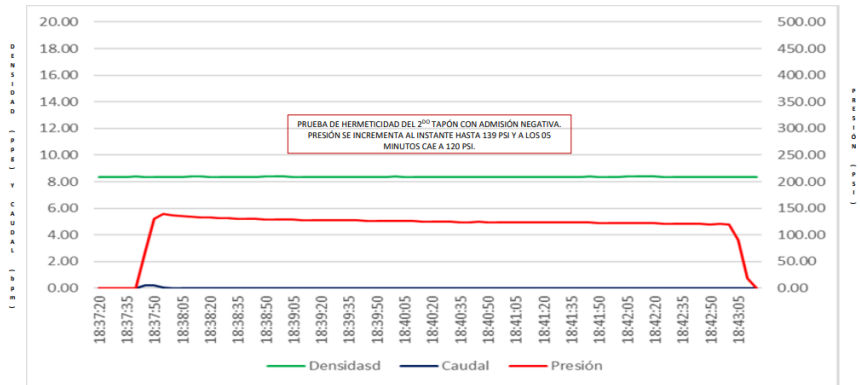
Prueba de hermeticidad del 1er tapón del pozo E005



Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 43

Prueba de hermeticidad del 2do tapón del pozo E005



Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.5.5 Tiros de circulación.

La profundidad de los tiros de circulación se detalla en la Tabla 28. Tras el servicio de baleo, se realizó su prueba de circulación, la cual resultó positiva, como se muestra en la Figura 44. Finalmente, el estado del pozo tras las culminar las operaciones de abandono permanente se representa en la Figura 45.

Tabla 28

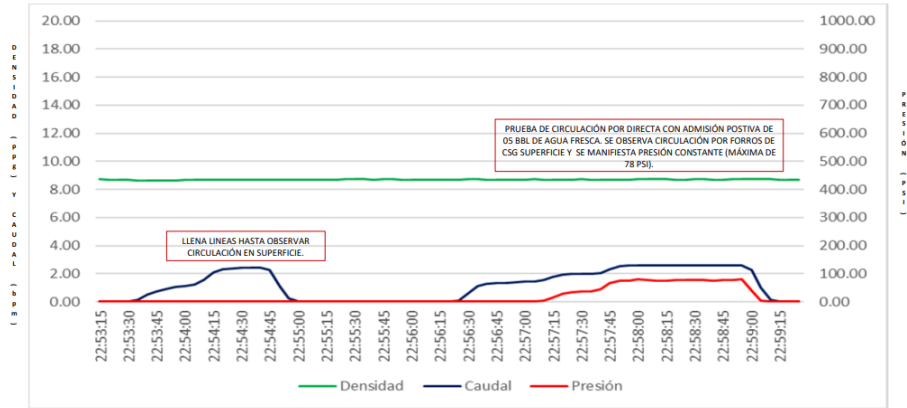
Tiros de circulación del pozo E005

Servicio	Desde (pies)	Hasta (pies)
Tiros de circulación	640	638

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 44

Prueba de circulación del primer servicio de baleo del pozo E005

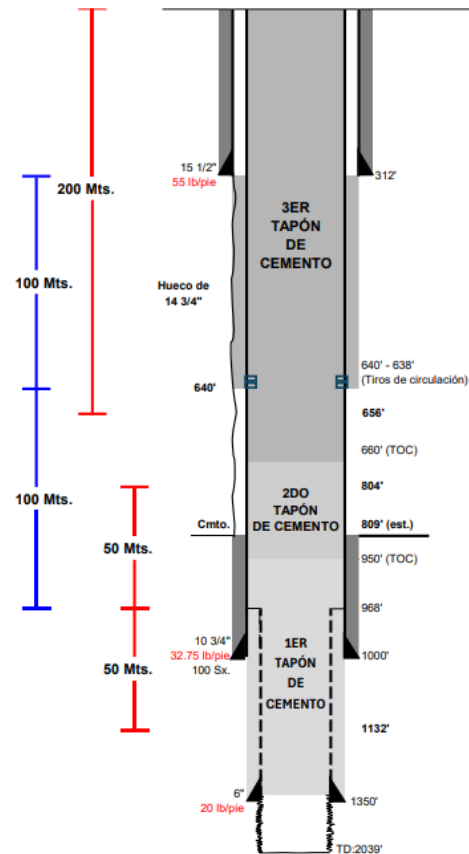


Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.5.6 Diagrama del pozo luego de la cementación.

Figura 45

Diagrama del pozo E005 luego de la cementación



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.5.7 Condiciones finales en superficie.

Figura 46

Letrero del pozo E005 y locación restaurada



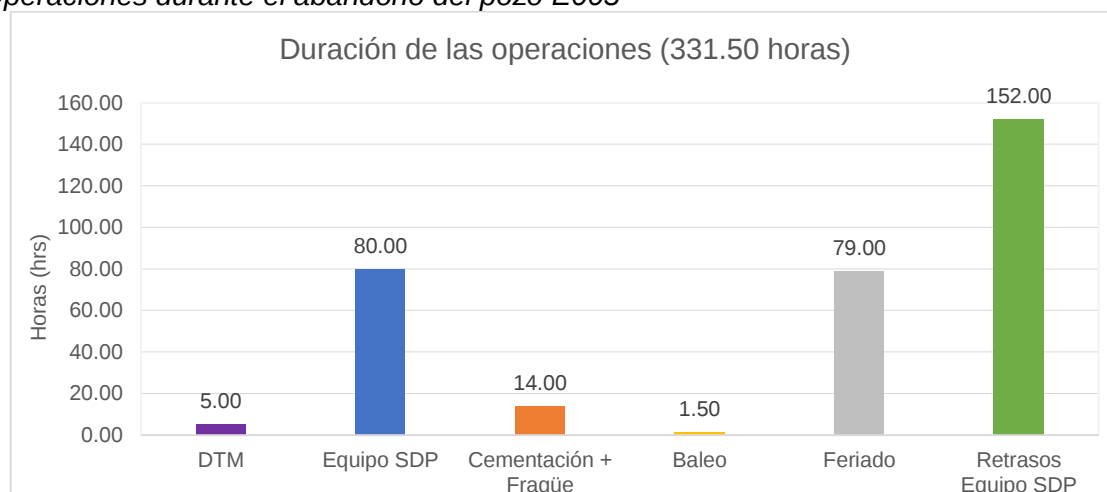
Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.5.8 Resumen de actividades del abandono permanente.

Durante el abandono permanente del pozo E005 se registraron un total de 331.50 horas, de las cuales se pueden observar la duración de cada operación como los retrasos ocurridos en el pozo a través de la Figura 47.

Figura 47

Operaciones durante el abandono del pozo E005



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.5.9 Costo del abandono del pozo.

La ejecución del abandono permanente del pozo E005 implicó un costo total de \$61,389.48. Los costos de los servicios ejecutados durante la intervención del pozo, detallando el valor global y el desglose por cada servicio, se aprecian en la Tabla 29.

Tabla 29

Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E005

Servicio	Costo (\$)
Equipo servicio de pozos	\$29,856.25
Cementación	\$21,948.72
Baleo	\$5,541.63
Herramientas (promedio)	\$929.88
Agua	\$1,738.80
Limpieza de tuberías (promedio)	\$1,126.85
Transporte de tuberías	\$247.35
Total(\$)	\$61,389.48

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.5.10 Cumplimiento de la normativa.

La evaluación final del proceso de abandono permanente del pozo E005 incluyó una verificación del cumplimiento con la normativa peruana vigente. La Tabla 30 presenta una selección de artículos del DS 032-2004, detallando cómo el abandono del pozo E005 cumplió con sus disposiciones.

Tabla 30

Abandono del pozo E005 conforme a normativa peruana

Número del artículo	Descripción del artículo
Artículo 194 (Cambios del programa)	Se bombeó un tapón adicional para las operaciones de abandono permanente, se realizó cambio del programa informar y justificando esta decisión a PERUPETRO, con copia a OSINERG, a la brevedad posible.
Artículo 195 (Tapones adicionales por zonas productivas o estratos de agua)	Debido a la admisión de las zonas productivas, el tope del primer tapón resultó a una profundidad mayor de la estimada, por lo cual se realizó un segundo tapón adicional para continuar operaciones según la normativa.
Artículo 197 (Zonas punzonadas)	Se cemento cubriendo cincuenta (50) metros por encima y por debajo de la zona punzonada.
Artículo 198 (<i>Liner</i>)	Se cemento cubriendo cincuenta (50) metros encima y debajo del punto de suspensión del <i>liner</i> .
Artículo 199 (Zona productiva)	El espacio anular no cubría los cien (100) metros sobre la zona productiva, por lo que se punzono la tubería cien (100) metros por encima de dicha zona y cementó cubriendo una columna con cien (100) metros adicionales en el espacio anular.
Artículo 200 (Tapón de superficie)	Se cemento cubriendo (200) metros de profundidad hasta la superficie.
Artículo 203 (Condiciones en superficie)	Se colocó una varilla de acero de dos (02) metros de altura, con el número del pozo soldado a la plancha que tapa el Pozo. Finalmente, el <i>celler</i> fue relleno y la locación fue restaurada.

Nota: Elaboración propia a partir del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2004.

3.3.6 Pozo E006

3.3.6.1 Historial cronológico del pozo.

Tabla 31

Historial cronológico disponible del pozo E006

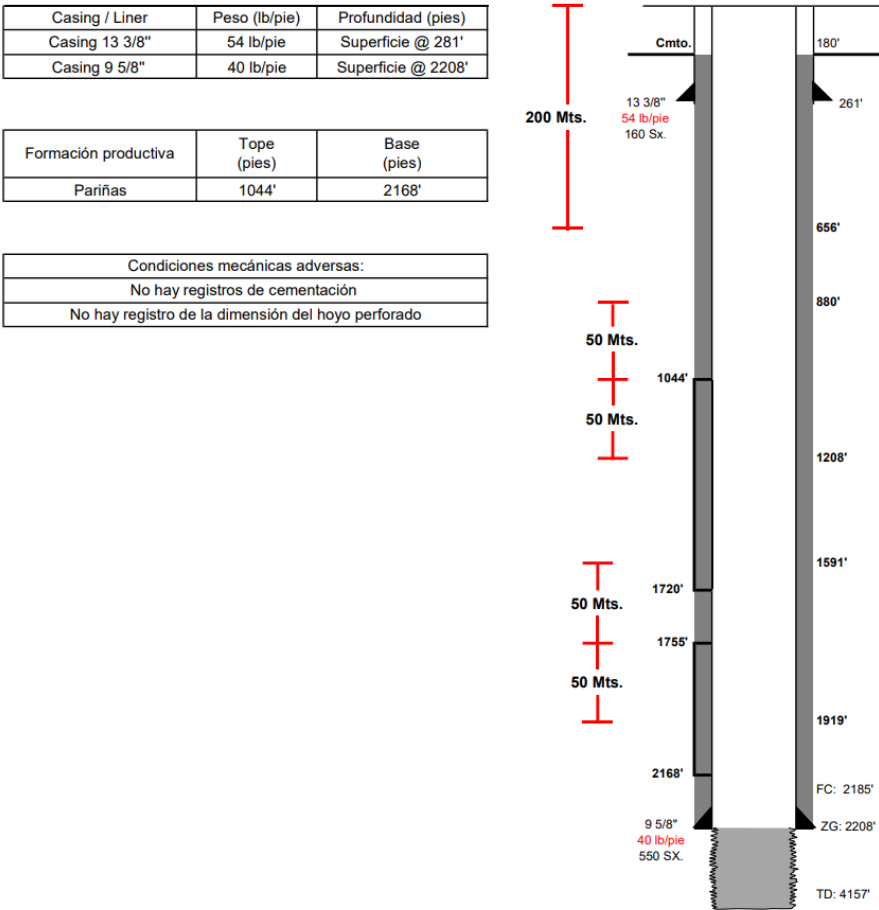
Pozo	Historial del Pozo	Fecha
E006	Año de perforación	20/03/1947
	Revisar instalaciones de Swab	13/10/1998
	Tbg Swab – Pozo ATA	06/05/12

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.6.2 Configuración mecánica del pozo.

Figura 48

Configuración mecánica del pozo E006



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.6.3 Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo

Durante las operaciones de limpieza del pozo se presentó desabastecimiento de agua, lo que generó retrasos en la ejecución de las actividades correspondientes al abandono permanente. Esta situación forma parte de una problemática recurrente en la región, tal como se evidencia en una noticia incluida en el Anexo 1. La Tabla 32 presenta una síntesis de los eventos operacionales más relevantes ocurridos durante la limpieza del pozo, incluyendo las profundidades correspondientes a cada operación.

Tabla 32

Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E006

Descripción de la operación	Profundidad (ft)
Realizó charla de seguridad.	0
Armó líneas de desfogue, desfogó pozo. Armó equipo.	0
Realizó prueba de <i>crown-o-matic</i> (prueba al bloque viajero).	0
Excavó <i>celler</i> , se verificó válvulas de <i>casing</i> . Instaló cabezal, Instaló BOP.	0
Armó líneas de circulación, probó líneas con 1500 psi.	0
Trabajó con Cople dentado de 2 7/8" + tubería 2 7/8"	2185
Falta de agua durante las operaciones (desabastecimiento de agua en la zona)	2185
Fluido utilizado durante la limpieza del pozo: 120 bls de WOF	2185

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.6.4 Tapones de cemento.

Tras la limpieza en el pozo E006, se procedió con la determinación del volumen de la lechada de cemento requerido para cada tapón. Para la ejecución de estos cálculos, se emplearon las ecuaciones (1) y (2) previamente detalladas en la sección 2.2.5. Se realizó tres tapones de cemento, el primer tapón de 2185 pies a 816 pies, espero fragüe, luego se realizó su prueba de hermeticidad, lo cual se aprecia en la Figura 49, se continuo con el segundo tapón de 816 pies a 180 pies, espero fragüe, luego se realizó su prueba de hermeticidad, lo cual se aprecia en la Figura 50, finalmente se bombeo un tercer tapón de 180 pies a superficie, estas cantidades de lechada al igual que los demás materiales utilizados en cada tapón se pueden ver en la Tabla 33. Finalmente, el estado del pozo tras las culminar las operaciones de abandono permanente se representa en la Figura 51.

Tabla 33

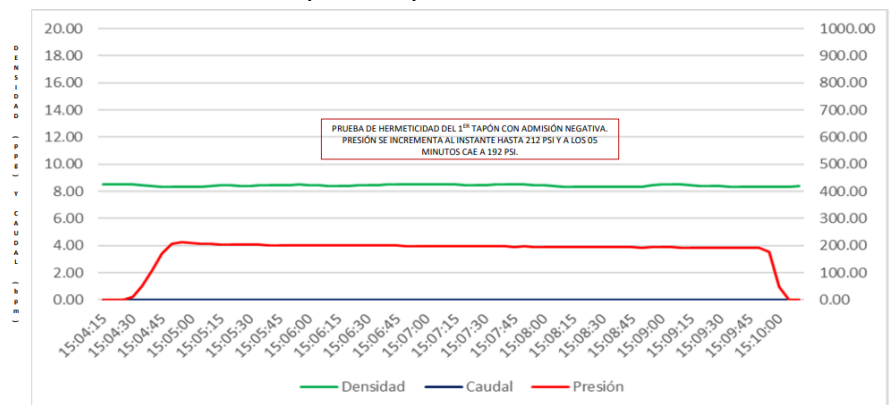
Materiales utilizados durante la cementación del pozo E006

Materiales de cementación	1er Tapón (2185 a 816 pies)	2do Tapón (816 a 180 pies)	3er Tapón (180 pies a superficie) + Anular	Total
Lechada de cemento real (Bls)	98.00	48.00	25.00	171.00
Lechada de cemento teórico (Bls)	+/- 103.00	+/- 48.00	+/- 25.00	+/- 176.00
Nitrato de calcio (Acelerador - Lb)	422.00	213.00	111.00	746.00
DF-7011 (Antiespumante - Gln)	7.00	4.00	2.00	13.00
Material Obturante (Lb)	30.00	0.00	0.00	30.00

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 49

Prueba de hermeticidad del 1er tapón del pozo E006



Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 50

Prueba de hermeticidad del 2do tapón del pozo E006

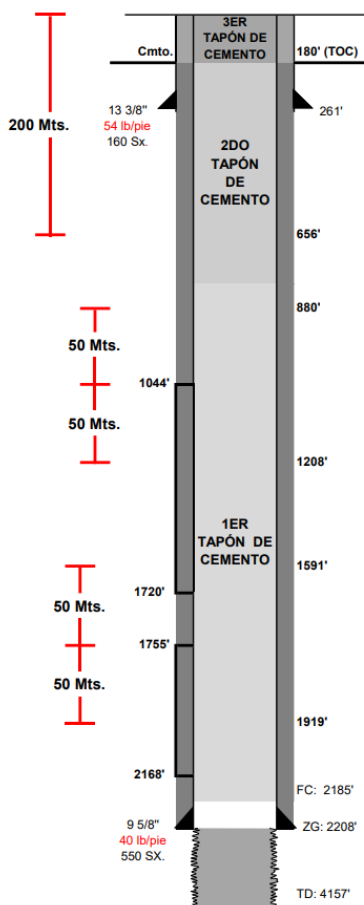


Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.6.5 Diagrama del pozo luego de la cementación.

Figura 51

Diagrama del pozo E006 luego de la cementación



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.6.6 Condiciones finales en superficie.

Figura 52

Letrero del pozo E006 y locación restaurada



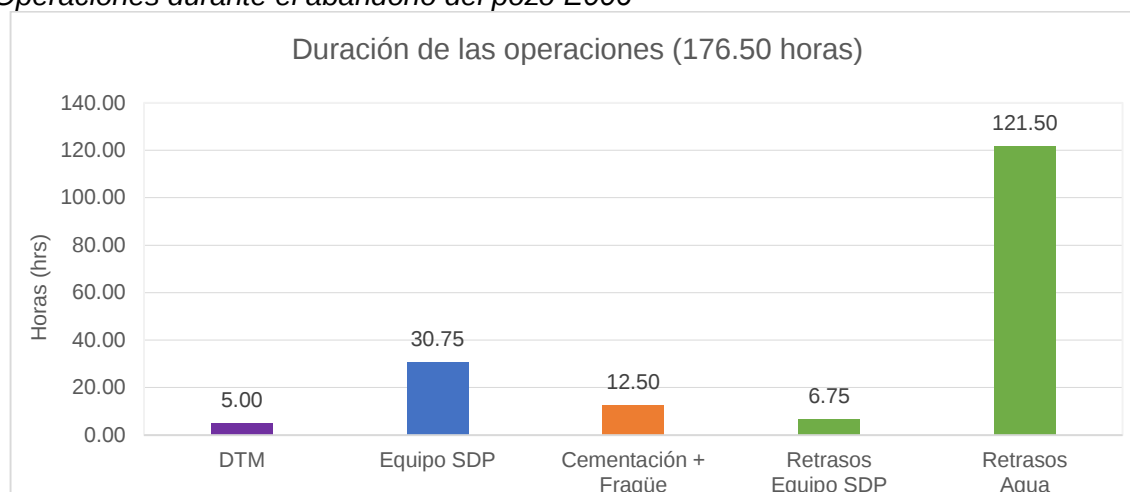
Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.6.7 Resumen de actividades del abandono permanente.

Durante el abandono permanente del pozo E006 se registraron un total de 176.50 horas, de las cuales se pueden observar la duración de cada operación como los retrasos ocurridos en el pozo a través de la Figura 53.

Figura 53

Operaciones durante el abandono del pozo E006



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.6.8 Costo del abandono del pozo.

La ejecución del abandono permanente del pozo E006 implicó un costo total de \$35,149.39. Los costos de los servicios ejecutados durante la intervención del pozo, detallando el valor global y el desglose por cada servicio, se aprecian en la Tabla 34.

Tabla 34

Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E006

Servicio	Costo (\$)
Equipo servicio de pozos	\$9,416.25
Cementación	\$22,269.86
Herramientas (promedio)	\$929.88
Agua	\$1,159.20
Limpieza de tuberías (promedio)	\$1,126.85
Transporte de tuberías	\$247.35
Total(\$)	\$35,149.39

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.6.9 Cumplimiento de la normativa.

La evaluación final del proceso de abandono permanente del pozo E006 incluyó una verificación del cumplimiento con la normativa peruana vigente. La Tabla 35 presenta una selección de artículos del DS 032-2004, detallando cómo el abandono del pozo E006 cumplió con sus disposiciones.

Tabla 35

Abandono del pozo E006 conforme a normativa peruana

Número del artículo	Descripción del artículo
Artículo 194 (Cambios del programa)	Se bombeó un tapón adicional por las condiciones operativas que se presentó en el pozo, se realizó cambio del programa informar y justificando esta decisión a PERUPETRO, con copia a OSINERG, a la brevedad posible.
Artículo 199 (Zona productiva)	El espacio anular cubría los cien (100), como adicional se bombeó lechada de cementar por el espacio anular hasta observar por <i>casing</i> de superficie.
Artículo 200 (Tapón de superficie)	Se cemento cubriendo (200) metros de profundidad hasta la superficie.
Artículo 203 (Condiciones en superficie)	Se colocó una varilla de acero de dos (02) metros de altura, con el número del pozo soldado a la plancha que tapa el Pozo. Finalmente, el <i>celler</i> fue rellenado y la locación fue restaurada.

Nota: Elaboración propia a partir del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2004.

3.3.7 Pozo E007

3.3.7.1 Historial cronológico del pozo.

Tabla 36

Historial cronológico disponible del pozo E007

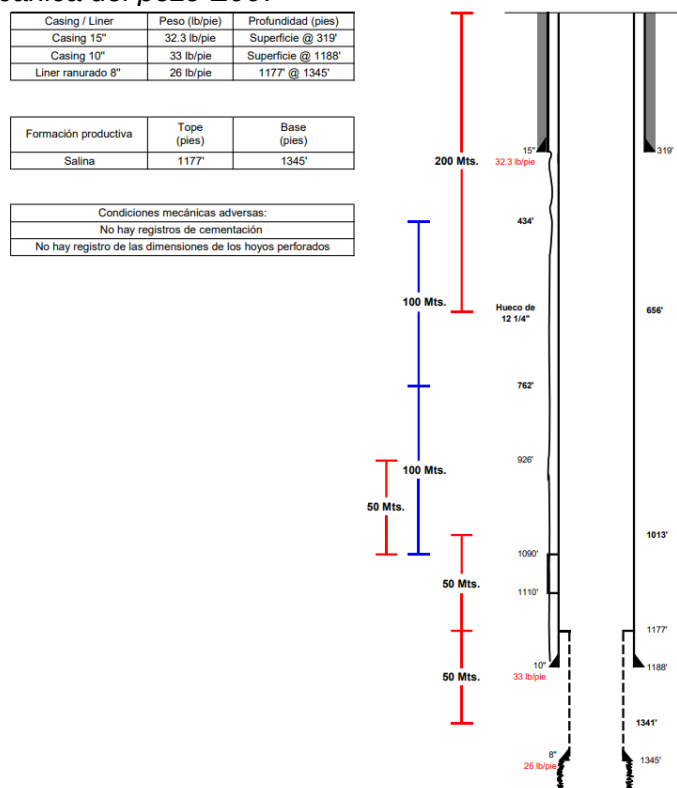
Pozo	Historial del Pozo	Fecha
E007	Año de perforación	22/04/1921
	Cambio bomba	1/07/1995
	Pozo ATA	1/06/1995

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.7.2 Configuración mecánica del pozo.

Figura 54

Configuración mecánica del pozo E007



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.7.3 Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo.

La Tabla 37 presenta una síntesis de los eventos operacionales más relevantes durante la limpieza del pozo, incluyendo sus respectivas profundidades.

Tabla 37

Operaciones relevantes durante la limpieza del pozo del pozo E007

Descripción de la operación	Profundidad (ft)
Realizó charla de seguridad.	0
Armó líneas de desfogue, desfogó pozo. Armó equipo.	0
Realizó prueba de <i>crown-o-matic</i> (prueba al bloque viajero).	0
Excavó <i>celler</i> , se verificó válvulas de <i>casing</i> . Instaló cabezal, Instaló BOP.	0
Armó líneas de circulación, probó líneas con 1500 psi.	0
Trabajó con Cople dentado de 2 7/8" + tubería 2 7/8"	1345
Fluido utilizado durante la limpieza del pozo: 80 bls de WOF	1345

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.7.4 Tapones de cemento.

Tras la limpieza en el pozo E007, se procedió con la determinación del volumen de la lechada de cemento requerido para cada tapón. Para la ejecución de estos cálculos, se emplearon las ecuaciones (1) y (2) previamente detalladas en la sección 2.2.5. Se realizó cuatro tapones de cemento, en la Tabla 38 se detallan los materiales utilizados durante la cementación, junto con sus respectivas cantidades, así como las profundidades estimadas para cada tapón y las profundidades reales finalmente alcanzadas.

Tabla 38

Materiales utilizados durante la cementación del pozo E007

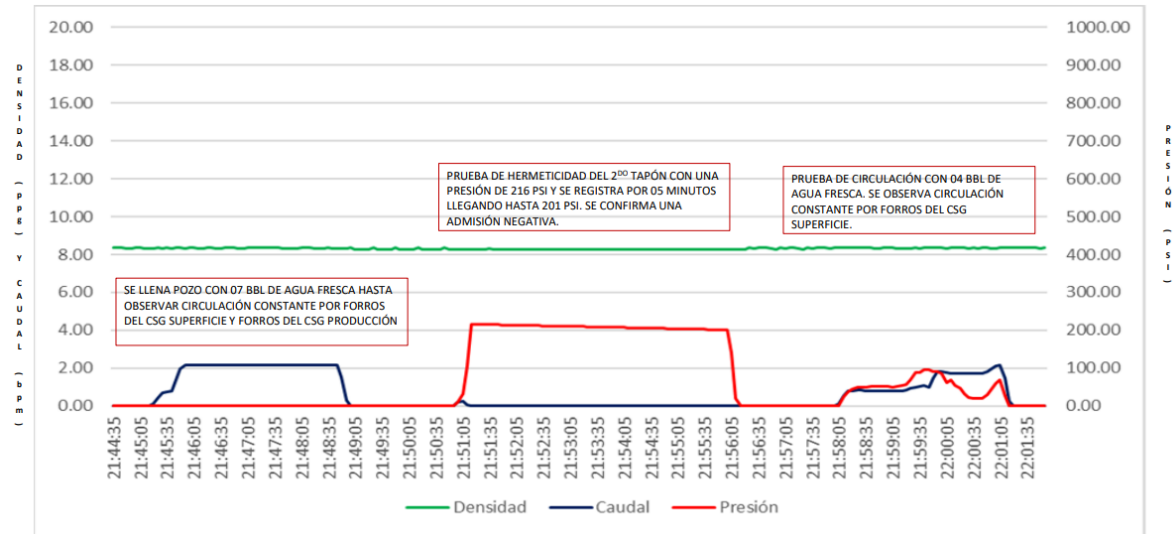
Materiales de cementación	1er Tapón	2do Tapón	3er Tapón	4to Tapón	Total
Profundidades estimadas (pies)	1345 a 770 + Anular	1306 a 500	814 a 393 + Anular	393 a superficie	---
Profundidades reales (pies)	1345 a 1306 + Anular	1306 a 814 + Anular	814 a 393 + Anular	393 a superficie	---
Lechada de cemento real (Bls)	46.00	88.00	52.00	37.00	223.00
Nitrato de calcio (Acelerador - Lb)	210.00	380.00	231.00	170.00	991.00
DF-7011 (Antiespumante - Gln)	3.00	6.00	4.00	3.00	16.00
Material Obturante (Lb)	10.00	20.00	0.00	0.00	30.00

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

La ejecución del primer tapón se realizó en el intervalo de 1345 pies a 1306 pies, esperó fragüe, no se realizó prueba de hermeticidad debido que tope se encuentra en zona de liner ranurado. Posteriormente, se procedió con el bombeo del segundo tapón entre 1306 pies y 814 pies, esperó fragüe, se realizó su prueba de hermeticidad, el cual se observa en la Figura 55. A continuación, se ejecutó el tercer tapón, posicionado desde los 814 pies hasta los 393 pies, esperó fragüe, se realizó su prueba de hermeticidad, como se aprecia la Figura 56. Finalmente, el cuarto tapón se bombeó desde los 393 pies hasta la superficie. El estado final del pozo, luego de concluir las operaciones de abandono permanente, se representa en la Figura 57.

Figura 55

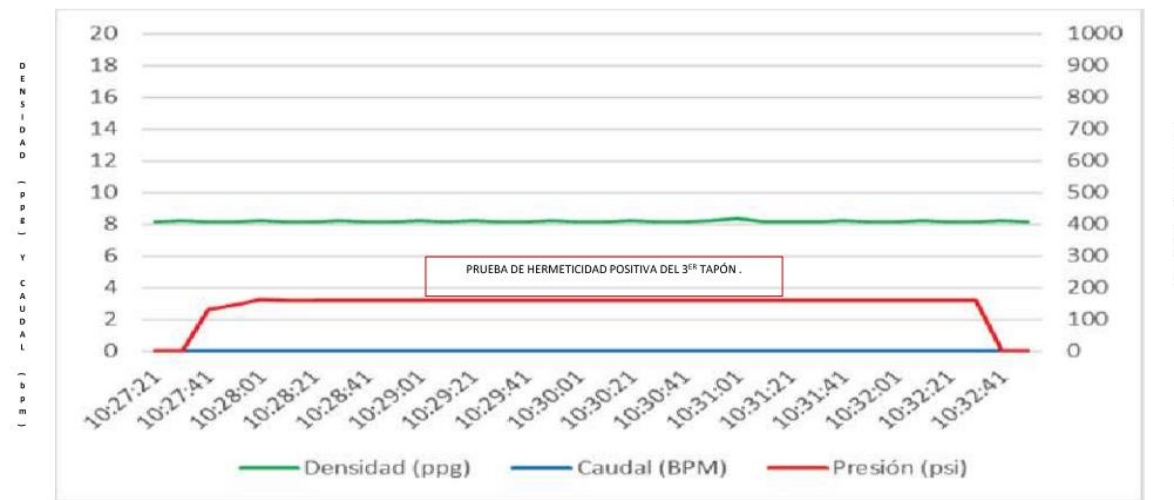
Prueba de hermeticidad del 2do tapón del pozo E007



Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Figura 56

Prueba de hermeticidad del 3er tapón del pozo E007

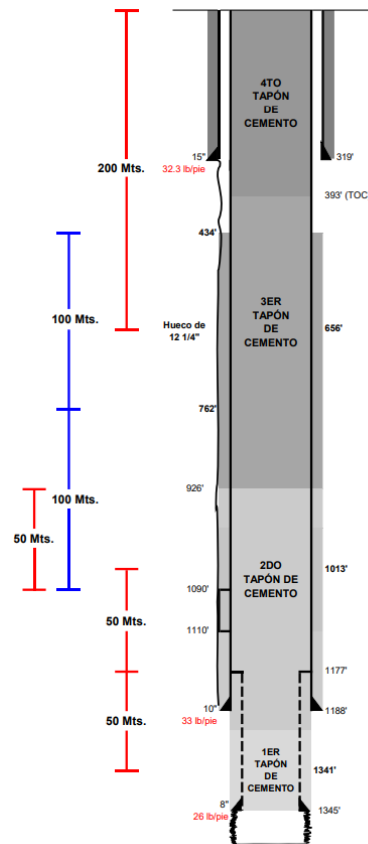


Nota: Gráfico proporcionado por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.7.5 Diagrama del pozo luego de la cementación.

Figura 57

Diagrama del pozo E007 luego de la cementación



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.7.6 Condiciones finales en superficie.

Figura 58

Letrero del pozo E007 y locación restaurada



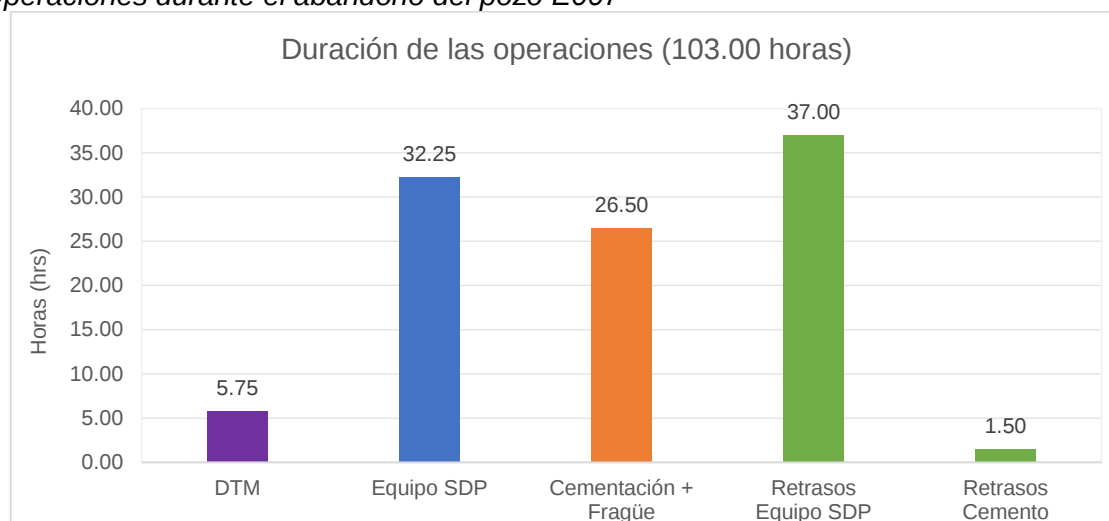
Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.7.7 Resumen de actividades del abandono permanente.

Durante el abandono permanente del pozo E007 se registraron un total de 103.00 horas, de las cuales se pueden observar la duración de cada operación como los retrasos ocurridos en el pozo a través de la Figura 59.

Figura 59

Operaciones durante el abandono del pozo E007



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.7.8 Costo del abandono del pozo.

La ejecución del abandono permanente del pozo E007 implicó un costo total de \$38,320.79. Los costos de los servicios ejecutados durante la intervención del pozo, detallando el valor global y el desglose por cada servicio, se aprecian en la Tabla 39.

Tabla 39

Costos de los servicios del abandono permanente del pozo E007

Servicio	Costo (\$)
Equipo servicio de pozos	\$8,745.00
Cementación	\$26,677.56
Herramientas (promedio)	\$929.88
Agua	\$579.60
Limpieza de tuberías (promedio)	\$1,126.85
Transporte de tuberías	\$261.90
Total(\$)	\$38,320.79

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

3.3.7.9 Cumplimiento de la normativa.

La evaluación final del proceso de abandono permanente del pozo E007 incluyó una verificación del cumplimiento con la normativa peruana vigente. La Tabla 40 presenta una selección de artículos del DS 032-2004, detallando cómo el abandono del pozo E007 cumplió con sus disposiciones.

Tabla 40

Abandono del pozo E007 conforme a normativa peruana

Número del artículo	Descripción del artículo
Artículo 194 (Cambios del programa)	Se bombeó un tapón adicional por las condiciones operativas que se presentó en el pozo, se realizó cambio del programa informar y justificando esta decisión a PERUPETRO, con copia a OSINERG, a la brevedad posible.
Artículo 195 (Tapones adicionales por zonas productivas o estratos de agua)	Debido a la admisión de la zona productiva, el tope del primer tapón resultó a una profundidad mayor de la estimada, por lo cual se realizó un segundo tapón adicional para continuar operaciones según la normativa.
Artículo 198 (Liner)	Se cemento cubriendo cincuenta (50) metros encima y debajo del punto de suspensión del liner.
Artículo 199 (Zona productiva)	Se cemento los cien (100) metros detrás del revestimiento sobre la zona productiva, adicional se cemento una columna con otros cien (100) metros en el espacio anular, debido a las condiciones del pozo.
Artículo 200 (Tapón de superficie)	Se cemento cubriendo (200) metros de profundidad hasta la superficie.
Artículo 203 (Condiciones en superficie)	Se colocó una varilla de acero de dos (02) metros de altura, con el número del pozo soldado a la plancha que tapa el Pozo. Finalmente, el <i>celler</i> fue rellenado y la locación fue restaurada.

Nota: Elaboración propia a partir del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2004.

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

Este capítulo evalúa las prácticas de abandono permanente en siete pozos del Noroeste Peruano. Se analiza cómo la configuración mecánica y la historia cronológica del pozo impactaron su planificación y ejecución, y cómo la eficiencia de la limpieza y la hermeticidad afectaron los tiempos y costos operativos. A partir de ello, se discuten las causas operacionales de impactos negativos y se proponen mejoras para futuras intervenciones en la región.

4.1 Análisis de la configuración mecánica de los pozos evaluados

Esta sección examina la configuración mecánica de los siete pozos evaluados para identificar las tipologías predominantes y comprender su influencia directa en la complejidad y los desafíos inherentes al abandono permanente. La Tabla 41 resume la configuración mecánica de los pozos estudiados.

Tabla 41

Tipo de configuraciones de los siete pozos evaluados

# Pozo	Configuración mecánica del pozo			Tipo de configuración
	Tubería de revestimiento	Peso (lb/pie)	Profundidades	
Pozo E001	Casing 10 ¾"	---	Superficie @ 72'	Convencional / No convencional
	Casing 7"	28 lb/pie	Superficie @ 980'	
	Liner ranurado 5"	15 lb/pie	963' @ 2052'	
Pozo E002	Casing 9 5/8"	---	Superficie @ 227'	Convencional
	Casing 5 ½"	17 lb/pie	Superficie @ 3040'	
Pozo E003	Casing 10 ¾"	40.5 lb/pie	Superficie @ 1846'	No convencional
	Liner ranurado 8 5/8"	32 lb/pie	620' @ 2460'	
	Casing 20"	---	Superficie @ 121'	
Pozo E004	Casing 15 ½"	55 lb/pie	Superficie @ 217'	No convencional
	Casing 10 ¾"	32.75 lb/pie	Superficie @ 1578'	
	Liner ranurado 8 5/8"	32 lb/pie	1550' @ 2300'	
Pozo E005	Casing 15 ½"	55 lb/pie	Superficie @ 312'	No convencional
	Casing 10 ¾"	32.75 lb/pie	Superficie @ 1000'	
	Liner ranurado 6"	20 lb/pie	968' @ 1350'	
Pozo E006	Casing 13 3/8"	54 lb/pie	Superficie @ 281'	No convencional
	Casing 9 5/8"	40 lb/pie	Superficie @ 2208'	
Pozo E007	Casing 15"	32.3 lb/pie	Superficie @ 319'	No convencional
	Casing 10"	33 lb/pie	Superficie @ 1188'	
	Liner ranurado 8"	26 lb/pie	1177' @ 1345'	

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el

Noroeste Peruano, 2025.

La Tabla 41 muestra que gran parte de los pozos evaluados presentan una configuración mecánica no convencional. Este tipo de configuraciones como se ha observado ha generado operaciones especiales, como corte de tubería y la dificultad en la gestión de los volúmenes de lechada, que puede resultar en excedentes de cemento. Estos factores impactan directamente en la complejidad de la planificación y la eficiencia de la ejecución de los abandonos permanentes.

4.2 Análisis de los historiales de los pozos evaluados

Complementando el análisis de la configuración mecánica, la disponibilidad y completitud del historial cronológico de cada pozo es igualmente crítico. Una historia documentada de eventos desde la perforación, incluyendo problemas específicos, es fundamental para una planificación precisa y para anticipar y mitigar desafíos durante su abandono permanente. La disponibilidad del historial e impacto de este en la ejecución de los abandonos permanentes de los siete pozos se detalla en la Tabla 42.

Tabla 42

Disponibilidad de historial e impacto en el abandono permanente

# Pozo	Historial del pozo abandonado	Disponibilidad de historial	Impacto de la falta de historial completo en la operación
Pozo E001	Año de perforación (1945) Revisar Instalación Swab (1998) Pozo ATA (2001)	Historial disponible, pero cronológicamente incompleto.	Corte de tubería. Indicio de herramientas no adecuadas en el liner ranurado de 5".
Pozo E002	Año de perforación (1986) Pozo ATA (1997)	Historial disponible, pero cronológicamente incompleto.	Presencia de tubería 2 3/8" (pescado) dentro del pozo.
Pozo E003	Año de perforación (1946) Pozo ATA (1994)	Historial disponible, pero cronológicamente incompleto.	Excesiva de arena dentro del pozo.
Pozo E004	Año de perforación (1927) Pozo ATA (1989) ATA ~ Obstrucción @ 1361' ~ ATA. (2011)	Historial disponible, pero cronológicamente incompleto.	La falta de un historial cronológico del pozo no influencio en el abandono permanente.
Pozo E005	Año de perforación (1939) Recuperó bomba y tubería. Pozo ATA (1995)	Historial disponible, pero cronológicamente incompleto.	La falta de un historial cronológico del pozo no influencio en el abandono permanente.
Pozo E006	Año de perforación (1947) Revisar instalaciones de Swab (1998) Tbg Swab – Pozo ATA (2012)	Historial disponible, pero cronológicamente incompleto.	La falta de un historial cronológico del pozo no influencio en el abandono permanente.
Pozo E007	Año de perforación (1921) Cambio bomba (1995) Pozo ATA (1995)	Historial disponible, pero cronológicamente incompleto.	La falta de un historial cronológico del pozo no influencio en el abandono permanente.

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

La Tabla 42 evidencia que la incompletitud del historial cronológico es una constante en todos los pozos evaluados, lo cual impacta directamente la planificación y ejecución de los abandonos permanentes. Esta deficiencia limita significativamente la capacidad para diseñar programas detallados y anticipar posibles problemas, conduciendo durante la ejecución a la necesidad de modificaciones en las operaciones y decisiones no previstas. En síntesis, la ausencia de un historial completo compromete la correcta gestión en el abandono permanente de pozos.

4.3 Análisis de la ineficiencia de la limpieza de los pozos evaluados

La inadecuada limpieza del pozo es un problema clave en abandonos permanentes, ya que no permite una correcta colocación de los tapones, lo cual contribuye a no garantizar la efectividad de las barreras de sellado, lo que contribuye al aumento de los tiempos de ejecución y los costos operativos. En la Tabla 43 se muestra la eficiencia de limpieza alcanzada en los siete pozos evaluados con las ocurrencias sucedidas en esta etapa.

Tabla 43

Eficiencia de limpieza de los pozos evaluados

# Pozo	Tipo de configuración	Profundidad de limpieza (pies)	Profundidad efectiva (pies)	Eficiencia de limpieza	Ocurrencias relacionadas a la efectividad de la limpieza
Pozo E001	Convencional / No convencional	2052	2052	100%	Corte de tubería.
Pozo E002	Convencional	1902	2950	64%	Operaciones de pesca.
Pozo E003	No Convencional	591	2940	20%	Excesiva suciedad del pozo.
Pozo E004	No Convencional	2300	2300	100%	No se presentaron eventos imprevistos relacionados con la limpieza del pozo.
Pozo E005	No Convencional	1350	1350	100%	No se presentaron eventos imprevistos relacionados con la limpieza del pozo
Pozo E006	No Convencional	2185	2185	100%	No se presentaron eventos imprevistos relacionados con la limpieza del pozo
Pozo E007	No Convencional	1345	1345	100%	No se presentaron eventos imprevistos relacionados con la limpieza del pozo

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

La Tabla 43 se observa que los pozos E002 y E003 evidencian una limpieza ineficiente, teniendo un impacto directo con tiempos de ejecución y costos. Los pozos E002 y E003 generaron incrementos sustanciales en los tiempos de ejecución y costos por una operación de pesca no contemplada y una excesiva suciedad respectivamente. Ambos casos pudieron gestionarse mejor con un historial cronológico completo que ofreciera una visión integral del estado actual del pozo en base a los servicios previos realizados.

En contraste, los pozos E001, E004, E005, E006 y E007 alcanzaron una limpieza eficiente del 100 %, pero los incrementos en los tiempos de ejecución y costos fueron variables. Para los pozos E004, E005, E006 y E007, estos se atribuyeron a factores externos a la limpieza, como logística o fallas mecánicas. En el caso del pozo E001, experimentó un incremento en tiempos de ejecución y costos debido al corte de tubería. Esto evidencia que ciertas complejidades estructurales pueden afectar los resultados, incluso con una limpieza exitosa.

Una ineficiente limpieza (inferior al 100 %) afecta en algunos casos los tiempos de ejecución y en otros los costos operativos, especialmente cuando no se dispone de un historial cronológico completo. Además, en un caso donde la limpieza fue eficiente, se registraron aumentos en tiempos y costos debido a situaciones relacionadas con su configuración no convencional. Por ello, es fundamental complementar la limpieza con un historial completo y herramientas adecuadas para estas configuraciones.

4.4 Análisis de la hermeticidad de los pozos evaluados

En esta sección evalúa cómo los resultados de las pruebas de hermeticidad en los pozos de abandono permanente afectan los tiempos de ejecución y los costos operativos. La hermeticidad de estas barreras constituye un paso crítico, siendo la garantía para asegurar la integridad del pozo post - abandono. Una hermeticidad deficiente puede requerir retrabajos para corregir la situación, lo que impacta directamente en la ejecución y el costo de las operaciones. En la Tabla 44 se presentan los resultados de la evaluación de hermeticidad realizada en los pozos de estudio.

Tabla 44

Resultados de la evaluación de hermeticidad

# Pozo	Numero de Tapones	Hermeticidad luego del 1er tapón	Hermeticidad luego del 2do tapón	Hermeticidad luego del 3er tapón	Observaciones operativas tras las pruebas de hermeticidad
Pozo E001	2	Tapón hermético <i>Casing</i> no hermético	No hubo	No hubo	El anterior atascamiento de sarta impidió determinar la profundidad de la ruptura en el <i>casing</i> , conocimiento indispensable para evitar el exceso de lechada innecesario.
Pozo E002	2	Tapón hermético <i>Casing</i> hermético	No hubo	No hubo	La hermeticidad del pozo permite realizar operaciones de cemento sin excesos de lechada significativos
Pozo E003	2	Tapón hermético <i>Casing</i> no hermético	No hubo	No hubo	Debido a la ineficiente limpieza y a la no hermeticidad del <i>casing</i> , se cementó el espacio anular hasta superficie.
Pozo E004	3	Tapón hermético <i>Casing</i> hermético	Tapón hermético <i>Casing</i> hermético	No hubo	La hermeticidad del pozo permite realizar operaciones de cemento sin excesos de lechada significativos.
Pozo E005	3	Tapón hermético <i>Casing</i> hermético	Tapón hermético <i>Casing</i> hermético	No hubo	La hermeticidad del pozo permite realizar operaciones de cemento sin excesos de lechada significativos.
Pozo E006	3	Tapón hermético <i>Casing</i> hermético	Tapón hermético <i>Casing</i> no hermético	No hubo	Debido a la no hermeticidad del <i>casing</i> , se cementó el espacio anular hasta superficie, generando un exceso de lechada innecesario.
Pozo E007	4	No se realizó (zona de <i>liner</i> ranurado)	Tapón hermético <i>Casing</i> no hermético	Tapón hermético <i>Casing</i> hermético	Debido a la no hermeticidad del <i>casing</i> , se cementó el espacio anular, generando un exceso de lechada innecesario.

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

En la Tabla 44 se presentan los resultados de las pruebas de hermeticidad realizada en los pozos de estudio. Todos los tapones de cemento evidenciaron una prueba positiva, confirmando su hermeticidad. No obstante, las pruebas aplicadas a la tubería de revestimiento evidenciaron variabilidad en los resultados, identificándose en algunos casos zonas no herméticas, asociadas principalmente a rupturas estructurales.

La detección de zonas no herméticas es fundamental para garantizar el cierre definitivo del pozo y evitar excedentes de lechada que incrementen los costos operativos. Los resultados de las pruebas de hermeticidad de las tuberías de revestimiento permiten identificar rupturas y definir con precisión la profundidad de cementado en el espacio anular. No obstante, en la mayoría de los pozos evaluados no se utilizó herramientas especializadas por riesgo de atasco o configuraciones no convencionales, lo que dificultó la planificación del abandono permanente.

4.5 Evaluación de retrasos operativos

4.5.1 Identificación de retrasos operativos del pozo E001

En el abandono permanente del pozo E001 se identificaron varios factores que generaron retrasos. El más relevante fue el corte de tubería, no contemplado en el programa inicial. Ante la falta de equipos para esta operación, se optó por realizar DTM al siguiente pozo para continuar con los abandonos planificados. Esto conllevó en una segunda intervención en el pozo E001, incrementando el tiempo operativo total.

Además, se presentaron demoras por parte de las contratistas de cementación y de servicio de pozos, relacionadas con la llegada tardía de su personal, así como fallas mecánicas en el *power swivel* y *rams*. Estos eventos, junto con su impacto en los retrasos operativos, se presentan en la Tabla 45, donde además se identifican sus causas raíz y se proponen acciones de mejora orientadas a mitigar su recurrencia y reducir los tiempos de retraso en futuras operaciones de abandono permanente.

Tabla 45

Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E001

Evento	Causa raíz	Retrasos (horas)	Propuesta de mejora
Segunda intervención	Indisponibilidad de equipos adecuados para operaciones de corte de tubería	6.5 horas	Asegurar la disponibilidad de equipos adecuados para las operaciones de corte de tubería.
Corte de tubería	Dimensiones de herramientas inadecuadas Falta de historial cronológico completo	4.75 horas	Usar herramientas menores a 2 7/8" en tuberías de revestimiento de 5". Asegurar la disponibilidad y uso de un historial de pozo completo y actualizado, mediante la consulta interdepartamental de la empresa.
Demora de la contratista abastecimiento de agua	Falla en la coordinación para la movilización y llegada a tiempo al pozo de la cisterna a la locación	1.25 horas	Reforzar la coordinación y comunicación con la contratista de abastecimiento de agua para asegurar la llegada puntual de agua a locación.
Demora de la contratista de servicio de pozos	Falla en la coordinación para la movilización y llegada a tiempo a la locación del personal de la contratista de servicio de pozos	14.75 horas	Reforzar la coordinación y comunicación con la contratista de servicio de pozos para asegurar la llegada puntual del personal requerido a locación.
Fallas mecánicas del <i>power swivel</i> y <i>rams</i>	Mantenimiento deficiente o no programado de equipos críticos (<i>power swivel</i> y <i>rams</i>)		Implementar mantenimiento preventivo riguroso (<i>power swivel</i> y <i>rams</i>). Tener repuestos en locación.
Demora de la contratista de cementación	Falla en la coordinación para la movilización y llegada a tiempo a la locación del personal de cementación	2 horas	Reforzar la coordinación y comunicación con la contratista de cementación para asegurar la llegada puntual del personal requerido a locación.

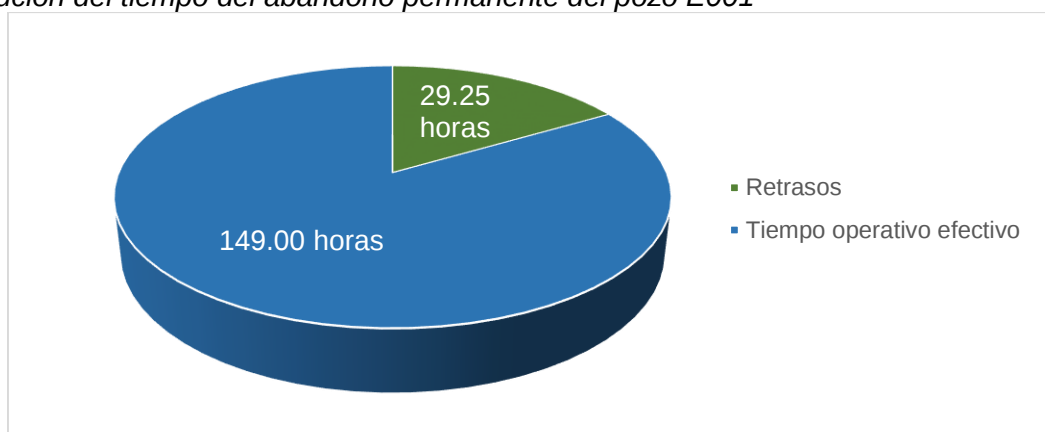
Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el

Noroeste Peruano, 2025.

Para comprender la relevancia de estos retrasos y sus posibles mitigaciones, la Figura 60 ilustra la composición actual del tiempo total del abandono permanente del pozo E001, mostrando la distribución entre el tiempo operativo efectivo, dedicado directamente al abandono permanente del pozo y los retrasos incurridos que afectaron la eficiencia en los tiempos de ejecución.

Figura 60

Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E001



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

4.5.2 Identificación de retrasos operativos del pozo E002

En el abandono permanente del pozo E002 se identificaron varios factores que generaron retrasos. El más relevante fue la operación de pesca, la cual no estaba contemplada en el programa operativo inicial. Esta situación imprevista obligó a ejecutar maniobras adicionales y destinar recursos específicos, lo que conllevó a horas de operación no planificadas para el retiro de la tubería dentro del pozo.

Adicionalmente, se presentaron demoras atribuibles a la contratista de servicio de pozos, relacionadas con la llegada tardía de su personal y fallas mecánicas en las válvulas del *manifold* y en la bomba de circulación. Estos eventos, junto con su impacto en los retrasos operativos, se presentan en la Tabla 46, donde además se identifican sus causas raíz y se proponen acciones de mejora orientadas a mitigar su recurrencia y reducir los tiempos de retraso en futuras operaciones de abandono permanente.

Tabla 46

Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E002

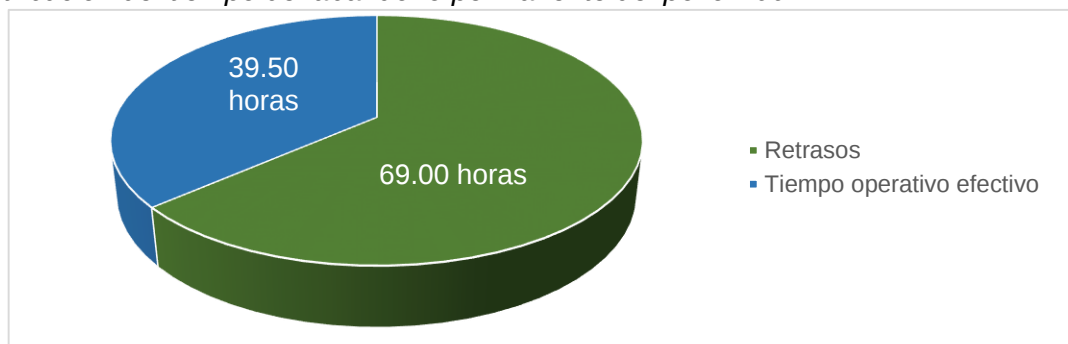
Evento	Causa raíz	Retrasos (horas)	Propuesta de mejora
Pesca	Falta de historial cronológico completo	44.75 horas	Asegurar la disponibilidad y uso de un historial de pozo completo y actualizado, mediante la consulta interdepartamental de la empresa.
Espera por gestión y llegada de herramientas de pesca a la locación	Indisponibilidad de herramientas de pesca adecuadas en la locación	5.50 horas	Establecer protocolo de revisión de inventario y plan de contingencia rápido para operaciones especiales.
Demora de contratista de servicio de pozos	Falla en la coordinación para la movilización y llegada a tiempo a la locación del personal de la contratista de servicio de pozos	18.75 horas	Reforzar la coordinación y comunicación con la contratista de servicio de pozos para asegurar la llegada puntual del personal requerido a locación.
Fallas mecánicas en válvulas del <i>manifold</i> y de la bomba de circulación	Mantenimiento deficiente o no programado de equipos críticos (válvulas del <i>manifold</i> y de la bomba de circulación)		Implementar mantenimiento preventivo riguroso (válvulas del <i>manifold</i> y de la bomba de circulación). Tener repuestos en locación.

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Para comprender la relevancia de estos retrasos y sus posibles mitigaciones, la Figura 61 ilustra la composición actual del tiempo total del abandono permanente del pozo E002, mostrando la distribución entre el tiempo operativo efectivo, dedicado directamente al abandono permanente del pozo y los retrasos incurridos que afectaron la eficiencia en los tiempos de ejecución.

Figura 61

Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E002



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

4.5.3 Identificación de retrasos operativos del pozo E003

En el abandono permanente del pozo E003 se identificaron varios factores que generaron retrasos. El más relevante fue el retorno de excesiva arena en la tina de circulación, lo cual implicó la interrupción de las operaciones para proceder con la limpieza de la tina y permitir la continuidad de las operaciones.

Adicionalmente, se presentaron demoras atribuibles a la demora en la actualización del diagrama mecánico del pozo como a la demora de contratista de cementación, relacionadas con la llegada tardía de su personal. Estos eventos, junto con su impacto en los retrasos operativos, se presentan en la Tabla 47, donde además se identifican sus causas raíz y se proponen acciones de mejora orientadas a mitigar su recurrencia y reducir los tiempos de retraso en futuras operaciones de abandono permanente.

Tabla 47

Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E003

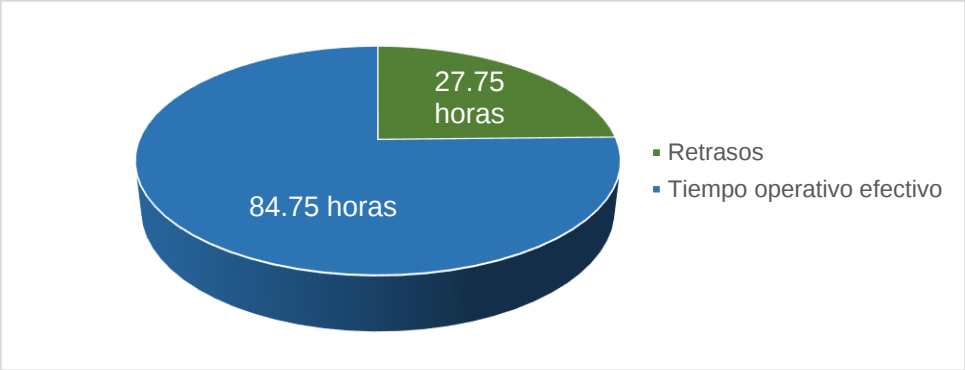
Evento	Causa raíz	Retrasos (horas)	Propuesta de mejora
Limpieza de excesiva arena en tina de circulación	Abundante arena en el interior del pozo, falta de un control de sólidos en el sistema de circulación	23.25 horas	Implementar y monitorear un protocolo de control de sólidos, como el uso de mallas y filtros. Personal de retiro de residuos presente en locación.
Información desactualizada del diagrama mecánico del pozo	Falta de verificación y corroboración interdepartamental de la información del diagrama mecánico del pozo	1.50 horas	Establecer un protocolo de verificación cruzada de la información técnica del pozo (diagramas, historiales) con múltiples departamentos antes de iniciar operaciones.
Demora de la contratista de cementación	Falla en la coordinación para la movilización y llegada a tiempo a la locación del personal de cementación	3.00 horas	Reforzar la coordinación y comunicación con la contratista de cementación para asegurar la llegada puntual del personal requerido a locación.

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Para comprender la relevancia de estos retrasos y sus posibles mitigaciones, la Figura 62 ilustra la composición actual del tiempo total del abandono permanente del pozo E003, mostrando la distribución entre el tiempo operativo efectivo, dedicado directamente al abandono permanente del pozo y los retrasos incurridos que afectaron la eficiencia en los tiempos de ejecución.

Figura 62

Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E003



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

4.5.4 Identificación de retrasos operativos del pozo E004

En el abandono permanente del pozo E004 se identificaron varios factores que generaron retrasos. El más relevante fue la indisponibilidad del equipo de baleo para realizar un segundo servicio, requerido como medida correctiva tras el resultado negativo de la prueba de circulación del primer servicio.

Adicionalmente, hubo demoras porque las válvulas laterales del casing no se confeccionaron antes de la intervención del pozo. Estos eventos, junto con su impacto en los retrasos operativos, se presentan en la Tabla 48, donde además se identifican sus causas raíz y se proponen acciones de mejora orientadas a mitigar su recurrencia y reducir los tiempos de retraso en futuras operaciones de abandono permanente.

Tabla 48

Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E004

Evento	Causa raíz	Retrasos (horas)	Propuesta de mejora
Indisponibilidad del equipo de baleo para un segundo servicio	El equipo ya se había retirado de la locación, y no estaba disponible para un segundo servicio.	43.25 horas	Mantener el equipo de baleo en locación hasta realizar la prueba de circulación. Coordinar con disponibilidad anticipadamente antes de una intervención. Gestionar licitación con una segunda contratista de baleo.
Ausencia de válvulas laterales del casing	No se confeccionaron válvulas de casing antes de intervenir el pozo	3.75 horas	Validar información con la empresa responsable del diseño y confección de las válvulas del casing antes de iniciar operaciones.

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Para comprender la relevancia de estos retrasos y sus posibles mitigaciones, la Figura 63 ilustra la composición actual del tiempo total del abandono permanente del pozo E004, mostrando la distribución entre el tiempo operativo efectivo, dedicado directamente al abandono permanente del pozo y los retrasos incurridos que afectaron la eficiencia en los tiempos de ejecución.

Figura 63

Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E004



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

4.5.5 Identificación de retrasos operativos del pozo E005

En el abandono permanente del pozo E005 se registró un retraso operativo debido a una falla mecánica en la bomba de circulación. Este evento, junto con su impacto en los retrasos operativos, se presenta en la Tabla 49, donde además se identifican sus causas raíz y se proponen acciones de mejora orientadas a mitigar su recurrencia y reducir los tiempos de retraso en futuras operaciones de abandono permanente.

Tabla 49

Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E005

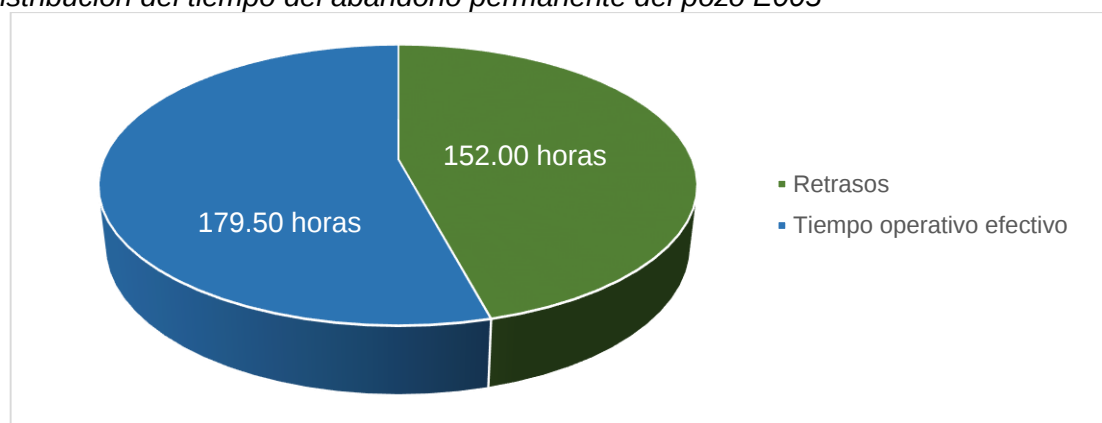
Evento	Causa raíz	Retrasos (horas)	Propuesta de mejora
Falla mecánica de la bomba de circulación.	Mantenimiento deficiente o no programado de la bomba de circulación.	152 horas	Implementar mantenimiento preventivo riguroso para la bomba de circulación. Tener repuestos en locación.

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Para comprender la relevancia de estos retrasos y sus posibles mitigaciones, la Figura 64 ilustra la composición actual del tiempo total del abandono permanente del pozo E005, mostrando la distribución entre el tiempo operativo efectivo, dedicado directamente al abandono permanente del pozo y los retrasos incurridos que afectaron la eficiencia en los tiempos de ejecución.

Figura 64

Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E005



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

4.5.6 Identificación de retrasos operativos del pozo E006

En el abandono permanente del pozo E006 se identificaron varios factores que generaron retrasos. El más relevante fue la indisponibilidad del servicio de abastecimiento de agua, atribuida a una problemática recurrente en la región.

Adicionalmente, se presentaron demoras atribuibles por fallas mecánicas en el manguerote y la tenaza, así como por el olvido de sacos de cemento por parte de la contratista de cementación, lo que obligó a realizar un tercer tapón. Este último incidente generó un retraso estimado de 5.00 horas, debido a la espera del fragüe luego del segundo tapón. Este cálculo se basa en los reportes diarios del abandono permanente del pozo.

Estos eventos, junto con su impacto en los retrasos operativos se presentan en la Tabla 50, donde además se identifican sus causas raíz y se proponen acciones de mejora orientadas a mitigar su recurrencia y reducir los tiempos de retraso en futuras operaciones de abandono permanente.

Tabla 50

Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E006

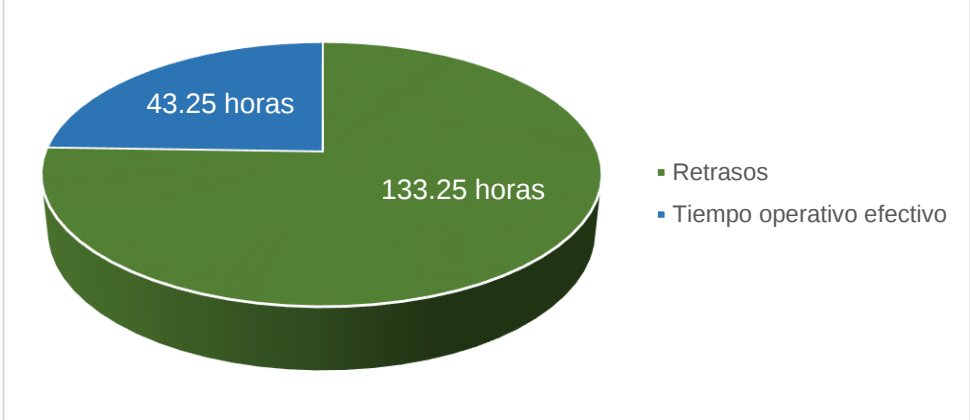
Evento	Causa raíz	Retrasos (horas)	Propuesta de mejora
Indisponibilidad de cisternas de agua hacia la locación del pozo	Desabastecimiento de agua en la zona	121.50 horas	Añadir una cláusula al contrato de abastecimiento de agua existente que permita la provisión desde zonas alternativas y cercanas en caso de desabastecimiento local. Almacenar agua en tinas según lo requerido
Fallas mecánicas del manguerote y tenaza	Mantenimiento deficiente o no programado de equipos críticos (manguerote y tenaza).	6.75 horas	Implementar mantenimiento preventivo riguroso (manguerote y tenaza). Tener repuestos en locación.
Olvido de sacos requeridos para el tapón de cemento	Falta de un protocolo de revisión o <i>checklist</i> por la contratista de cemento	5.00 horas	Implementar un protocolo de verificación y <i>checklist</i> de materiales con base en los cálculos y requerimientos específicos del tapón de cemento, a ejecutar previo al traslado a locación

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Para comprender la relevancia de estos retrasos y sus posibles mitigaciones, la Figura 65 ilustra la composición actual del tiempo total del abandono permanente del pozo E006, mostrando la distribución entre el tiempo operativo efectivo, dedicado directamente al abandono permanente del pozo y los retrasos incurridos que afectaron la eficiencia en los tiempos de ejecución.

Figura 65

Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E006



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

4.5.7 Identificación de retrasos operativos del pozo E007

En el proceso de abandono permanente del pozo E007 se identificaron diversos factores que provocaron retrasos operativos significativos. Entre ellos, se registraron demoras atribuibles a las contratistas de cementación y de servicios de pozos, principalmente por la llegada tardía de su personal. Adicionalmente, se registraron fallas mecánicas del control stripper y el BOP. Estos eventos, junto con su impacto en los retrasos operativos se presentan en la Tabla 51, donde además se identifican sus causas raíz y se proponen acciones de mejora orientadas a mitigar su recurrencia y reducir los tiempos de retraso en futuras operaciones de abandono permanente.

Tabla 51

Eventos y propuestas para disminuir retrasos operacionales en el pozo E007

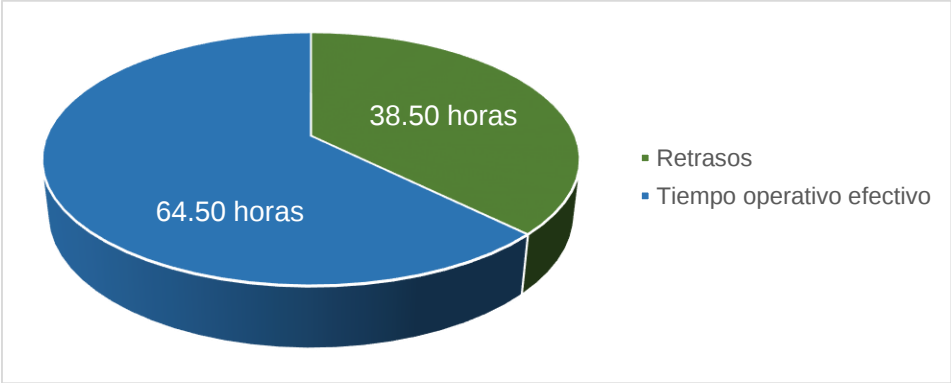
Evento	Causa raíz	Retrasos (horas)	Propuesta de mejora
Demora de la contratista de servicio de pozos	Falla en la coordinación para la movilización y llegada a tiempo a la locación del personal de cementación	37.00 horas	Reforzar la coordinación y comunicación con la contratista de servicio de pozos para asegurar la llegada puntual del personal requerido a locación
Fallas mecánicas del control <i>stripper</i> y BOP	Mantenimiento deficiente o no programado de equipos críticos (control <i>stripper</i> y BOP).		Implementar mantenimiento preventivo riguroso (control <i>stripper</i> y BOP). Tener repuestos en locación.
Demora de la contratista de cementación	Falla en la coordinación para la movilización y llegada a tiempo a la locación del personal de cementación	1.50 horas	Reforzar la coordinación y comunicación con la contratista de cementación para asegurar la llegada puntual del personal requerido a locación

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Para comprender la relevancia de estos retrasos y sus posibles mitigaciones, la Figura 66 presenta la composición actual del tiempo total empleado en el abandono permanente del pozo E007. En esta figura muestra la distribución entre el tiempo operativo efectivo, dedicado directamente al abandono permanente del pozo y los retrasos incurridos que afectaron la eficiencia en los tiempos de ejecución.

Figura 66

Distribución del tiempo del abandono permanente del pozo E007



Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

4.5.8 Retrasos operativos de los pozos evaluados

Como parte de la evaluación de las prácticas operacionales aplicadas en los trabajos de abandono permanente de siete (7) pozos ubicados en el Noroeste Peruano, se identificaron los principales factores que contribuyeron al incremento de los retrasos operativos, con el propósito de proponer medidas que permitan disminuir su ocurrencia. La Tabla 52 se presenta el consolidado de los tiempos de ejecución, las horas de retraso y el porcentaje de retraso por pozo en las operaciones de abandono permanente.

Tabla 52

Disminución de retrasos operativos de los pozos evaluados

# Pozo	Tiempo de ejecución (horas)	Retrasos (horas)	% Retrasos
Pozo E001	178.25	29.25	16.41%
Pozo E002	108.50	69.00	63.59%
Pozo E003	112.50	27.75	24.67%
Pozo E004	107.75	47.00	43.62%
Pozo E005	331.50	152.00	45.85%
Pozo E006	176.50	133.25	75.50%
Pozo E007	103.00	38.50	37.38%
Total	1118.00	496.75	44.43%

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

4.6 Evaluación de costos operativos

4.6.1 Identificación de costos evitables en el pozo E001

Durante las operaciones de abandono permanente del pozo E001 se presentaron diversos eventos que generaron costos operativos no previstos. La Tabla 45 muestra estos eventos, los cuales ocasionaron costos adicionales debido tanto a operaciones no programadas, así como a demoras y fallas mecánicas. Estas últimas se tradujeron específicamente en horas no operativas del equipo de servicio de pozos. Asimismo, se generó un costo por la cancelación momentánea del servicio de cementación, ya que al llegar el equipo a locación se evidenció el atascamiento de la sarta, lo que obligó a priorizar el corte de tubería y suspender la cementación programada.

La Tabla 53 presenta un resumen de los impactos económicos derivados de estos eventos, detallando los costos que podrían haberse evitado. Este análisis permite evidenciar cómo la aplicación de prácticas operacionales adecuadas impacta directamente en la disminución de los costos asociados al abandono permanente del pozo.

Tabla 53

Costos evitables del abandono permanente del pozo E001

Descripción del evento	Unidad de medida	Cantidad	Costos evitables
DTM (Transporte)	Horas	6.5	\$378.30
DTM (Armado del equipo de servicio de pozos)	Servicio	1	\$1,200.00
Tiempo no operativo del equipo servicio de pozos	Horas	22.75	\$1,820.00
Corte de tubería	Servicio	1	\$9,725.32
Operación cancelada cementación	Servicio	1	\$3,822.00
Total			\$16,945.62

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

La Tabla 53 demuestra que la aplicación de mejores prácticas operacionales habría evitado \$16,945.62 en costos. Esto resalta el impacto económico positivo derivado de una planificación adecuada y una respuesta oportuna ante contingencias operativas, contribuyendo a la disminución de los costos del abandono permanente del pozo E001.

4.6.2 Identificación de costos evitables en el pozo E002

Durante las operaciones de abandono permanente del pozo E002 se presentaron diversos eventos que generaron costos operativos no previstos. La Tabla 46 muestra estos eventos, los cuales ocasionaron costos adicionales debido tanto a operaciones no programadas, así como a demoras y fallas mecánicas. Estas últimas se tradujeron específicamente en horas no operativas del equipo de servicio de pozos. En cuanto a la operación de pesca, al no estar contemplada en el programa inicial, se desarrolló sin planificación específica. De haberse contado con registros de intervenciones previas, habría sido posible elaborar un plan detallado que permitiera reducir su duración, estimándose una mitigación de 16.00 horas, según los reportes diarios de sus operaciones.

La Tabla 54 presenta un resumen de los impactos económicos derivados de estos eventos, detallando los costos que podrían haberse evitado. Este análisis permite evidenciar cómo la aplicación de prácticas operacionales adecuadas impacta directamente en la disminución de los costos asociados al abandono permanente del pozo.

Tabla 54

Costos evitables del abandono permanente del pozo E002

Descripción del evento	Unidad de medida	Cantidad	Costos evitables
Tiempo estimado de operaciones de pesca mitigable	Horas	16.00	\$2,560.00
Tiempo no operativo del equipo servicio de pozos	Horas	24.25	\$1,940.00
Total			\$4,500.00

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

La Tabla 54 demuestra que la aplicación de mejores prácticas operacionales habría evitado \$4,500.00 en costos. Esto resalta el impacto económico positivo derivado de una planificación adecuada y una respuesta oportuna ante contingencias operativas, contribuyendo a la disminución de los costos del abandono permanente del pozo E002.

4.6.3 Identificación de costos evitables en el pozo E003

Durante las operaciones de abandono permanente del pozo E003 se presentaron diversos eventos que generaron costos operativos no previstos. La Tabla 47 muestra estos eventos, los cuales ocasionaron costos adicionales. Estos retrasos se tradujeron específicamente en horas no operativas del equipo de servicio de pozos.

La Tabla 55 presenta el impacto económico del tiempo no operativo del equipo de servicio de pozos, detallando el costo que podría haberse evitado. Este análisis permite evidenciar cómo la aplicación de prácticas operacionales adecuadas impacta directamente en la disminución de los costos asociados al abandono permanente del pozo.

Tabla 55

Costos evitables del abandono permanente del pozo E003

Descripción del evento	Unidad de medida	Cantidad	Costos evitables
Tiempo no operativo del equipo servicio de pozos	Horas	27.75	\$2,220.00
Total			\$2,220.00

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

La Tabla 55 demuestra que la aplicación de mejores prácticas operacionales habría evitado \$2,220.00 en costos. Esto resalta el impacto económico positivo derivado de una planificación adecuada y una respuesta oportuna ante contingencias operativas, contribuyendo a la disminución de los costos del abandono permanente del pozo E003.

4.6.4 Identificación de costos evitables en el pozo E004

Durante las operaciones de abandono permanente del pozo E004 se presentaron diversos eventos que generaron costos operativos no previstos. La Tabla 48 muestra estos eventos, los cuales ocasionaron costos adicionales por la indisponibilidad del equipo de baleo y la ausencia de válvulas del casing. Respecto a la indisponibilidad del equipo de baleo, una mitigación de 24 horas (al no requerir personal de la contratista de servicio de pozos por dos turnos nocturnos) redujo el costo generado por este retraso, equivalente a 19.25 horas de equipo no operativo. En conjunto, todos estos retrasos se tradujeron en horas no operativas del equipo de servicio de pozos.

La Tabla 56 presenta el impacto económico del tiempo no operativo del equipo de servicio de pozos, detallando el costo que podría haberse evitado. Este análisis permite evidenciar cómo la aplicación de prácticas operacionales adecuadas impacta directamente en la disminución de los costos asociados al abandono permanente del pozo.

Tabla 56

Costos evitables del abandono permanente del pozo E004

Descripción del evento	Unidad de medida	Cantidad	Costos evitables
Tiempo no operativo del equipo servicio de pozos	Horas	23.00	\$1,840.00
Total			\$1,840.00

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

La Tabla 56 demuestra que la aplicación de mejores prácticas operacionales habría evitado \$1,840.00 en costos. Esto resalta el impacto económico positivo derivado de una planificación adecuada y una respuesta oportuna ante contingencias operativas, contribuyendo a la disminución de los costos del abandono permanente del pozo E004.

4.6.5 Identificación de costos evitables en el pozo E005

Durante las operaciones de abandono permanente del pozo E005 se presentó un evento que generó costos operativos no previstos. La Tabla 49 muestra la falla mecánica de la bomba de circulación, el cual ocasionó costos adicionales. Este evento, una mitigación de 72 horas (al no requerir personal de la contratista de servicio de pozos por seis turnos nocturnos) redujo el costo generado por este retraso, equivalente a 80.00 horas de equipo no operativas del equipo de servicio de pozos.

La Tabla 57 presenta el impacto económico del tiempo no operativo del equipo de servicio de pozos, detallando el costo que podría haberse evitado. Este análisis permite evidenciar cómo la aplicación de prácticas operacionales adecuadas impacta directamente en la disminución de los costos asociados al abandono permanente del pozo.

Tabla 57*Costos evitables del abandono permanente del pozo E005*

Descripción del evento	Unidad de medida	Cantidad	Costos evitables
Tiempo no operativo del equipo servicio de pozos	Horas	80.00	\$6,400.00
Total			\$6,400.00

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

La Tabla 57 demuestra que la aplicación de mejores prácticas operacionales habría evitado \$6,400.00 en costos. Esto resalta el impacto económico positivo derivado de una planificación adecuada y una respuesta oportuna ante contingencias operativas, contribuyendo a la disminución de los costos del abandono permanente del pozo E005.

4.6.6 Identificación de costos evitables en el pozo E006

Durante las operaciones de abandono permanente del pozo E006 se presentaron diversos eventos que generaron costos operativos no previstos. La Tabla 50 muestra estos eventos, los cuales ocasionaron costos adicionales por el desabastecimiento de agua en la zona como a olvido de materiales en la cementación y fallas mecánicas. Respecto al desabastecimiento de agua en la zona, una mitigación de 60 horas (al no requerir personal de la contratista de servicio de pozos por cinco turnos nocturnos) redujo el costo generado por este retraso, equivalente a 73.25 horas de equipo no operativo. En conjunto, todos estos retrasos se tradujeron en horas no operativas del equipo de servicio de pozos.

La Tabla 58 presenta el impacto económico del tiempo no operativo del equipo de servicio de pozos, detallando el costo que podría haberse evitado. Este análisis permite evidenciar cómo la aplicación de prácticas operacionales adecuadas impacta directamente en la disminución de los costos asociados al abandono permanente del pozo.

Tabla 58*Costos evitables del abandono permanente del pozo E006*

Descripción del evento	Unidad de medida	Cantidad	Costos evitables
Tiempo no operativo del equipo servicio de pozos	Horas	73.25	\$5,860.00
Total			\$5,860.00

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

La Tabla 58 demuestra que la aplicación de mejores prácticas operacionales habría evitado \$5,860.00 en costos. Esto resalta el impacto económico positivo derivado de una planificación adecuada y una respuesta oportuna ante contingencias operativas, contribuyendo a la disminución de los costos del abandono permanente del pozo E006.

4.6.7 Identificación de costos evitables en el pozo E007

Durante las operaciones de abandono permanente del pozo E007 se presentaron diversos eventos que generaron costos operativos no previstos. La Tabla 51 muestra estos eventos, los cuales ocasionaron costos adicionales. Estos retrasos se tradujeron específicamente en horas no operativas del equipo de servicio de pozos.

Adicionalmente, se observa que las profundidades reales de los topes de los tapones de cemento resultaron ser mayores a las estimadas, mostradas en la Tabla 38. Esta discrepancia causada principalmente por el exceso de cemento en la operación original generó costos adicionales. Con base en ese resultado, y como mejora operacional, se propone el diseño de un programa de cementación alternativo con la finalidad de evitar el exceso de cemento y, por consiguiente, mitigar los costos en esta operación.

Este programa alternativo contempla la cementación mediante columnas de lechada de cemento de menor altura en zonas de formaciones con admisión de fluido, integrando, en comparación con lo aplicado en el programa original. La Tabla 59 muestra el programa de cementación alternativo.

Tabla 59*Materiales del programa alternativo de cementación del pozo E007*

Materiales de cementación	1er Tapón (1345 a 1150 pies) + Anular	2do Tapón (1150 a 814 pies) + Anular	3er Tapón (814 a 393 pies) + Anular	4to Tapón (393 pies a superficie)	Total
Lechada de cemento (Bls)	15.00	47.00	52.00	35.00	149.00
Nitrato de calcio (Acelerador - Lb)	85.00	210.00	231.00	187.00	713.00
DF-7011 (Antiespumante - Gln)	1.00	3.00	4.00	3.00	11.00
Material Obturante (Lb)	25.00	65.00	0.00	0.00	90.00

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

El costo de cementación del programa original ascendió a \$26,677.56. En contraste, el costo de los materiales para la aplicación del programa alternativo de cementación, mostrado en la Tabla 59, se estima en \$21,867.12. Esto representa una reducción de costos de \$4,810.44, en caso se hubieran implementado estas prácticas desde la elaboración del programa de cementación.

La Tabla 60 resume estos impactos económicos positivos, detallando los montos que se hubieran podido evitar. Este análisis permite evidenciar cómo la aplicación de prácticas operacionales adecuadas y diseños de ingeniería eficientes impactan directamente en la disminución de los costos asociados al abandono permanente del pozo.

Tabla 60*Costos evitables del abandono permanente del pozo E007*

Descripción del evento	Unidad de medida	Horas	Costos evitables
Equipo servicio de pozos en retrasos	Horas	38.5	\$3,080.00
Rediseño del programa de cementación			\$4,810.44
Total			\$7,890.44

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

La Tabla 60 demuestra que la aplicación de mejores prácticas operacionales habría evitado \$7,890.44 en costos. Esto resalta el impacto económico positivo derivado de una planificación adecuada y una respuesta oportuna ante contingencias operativas, contribuyendo a la disminución de los costos del abandono permanente del pozo E007.

4.6.8 Costos operativos de los pozos evaluados

La evaluación de las prácticas operacionales de abandono permanente en los siete (7) pozos analizados en el Noroeste Peruano permitió identificar los principales factores que incidieron en el aumento de sus costos operativos. La Tabla 61 presenta el consolidado de los costos de abandono permanentes, la cuantificación de los costos operativos evitables lograda tras la implementación de mejoras operacionales, y el porcentaje de esta reducción con relación al costo total de abandono permanente por pozo.

Tabla 61

Disminución de costos operativos de los pozos evaluados

# Pozo	Costos del abandono (\$)	Costos operativos evitables (\$)	% Costos evitables
Pozo E001	\$54,730.29	\$16,945.62	30.96%
Pozo E002	\$32,958.31	\$4,500.00	13.65%
Pozo E003	\$30,079.92	\$2,220.00	7.38%
Pozo E004	\$46,677.28	\$1,840.00	3.94%
Pozo E005	\$61,389.48	\$6,400.00	10.43%
Pozo E006	\$35,149.39	\$5,860.00	16.67%
Pozo E007	\$38,320.79	\$7,890.44	20.59%
Total	\$299,305.46	\$45,656.06	15.25%

Nota: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Conclusiones

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar las prácticas operacionales implementadas en los procesos de abandono permanente de pozos en el Noroeste Peruano, con el fin de identificar mejoras que permitan reducir los retrasos y costos operativos. A partir del análisis detallado de siete (7) pozos representativos, se han logrado las siguientes conclusiones clave:

El análisis de la configuración mecánica de los pozos evidenció la predominancia de diseños no convencionales, lo que incrementa la complejidad en las operaciones. Esta condición dificulta además la estimación precisa de los volúmenes de lechada de cemento, generando excedentes en diversos casos. Asimismo, la frecuente ausencia de un historial cronológico completo limita la elaboración de programas detallados, afecta la planificación logística y dificulta la identificación de condiciones críticas del pozo, lo que obliga a ejecutar modificaciones operacionales y toma de decisiones no planificadas (*Management of Change* - MOC). En conjunto, estos factores comprometen significativamente la correcta planificación y ejecución de los abandonos permanentes en el Noroeste Peruano.

La ineficiencia de la limpieza del pozo, agravada por el conocimiento limitado de las condiciones internas del mismo, influye directamente en desarrollo de las operaciones de abandono permanente y dificulta el cumplimiento de los objetivos técnicos establecidos. En cuanto a los resultados de las pruebas de la hermeticidad, el resultado negativo representa un desafío crítico para la integridad del cierre del pozo, ya que, las limitaciones técnicas y configuraciones no convencionales, dificulta la determinación precisa del volumen requerido de lechada de cemento, lo que puede derivar en un uso excesivo de materiales y recursos. Considerando ambos aspectos, estas deficiencias operativas repercuten en la prolongación de los tiempos de ejecución y el aumento de los costos asociados a los abandonos permanentes en el Noroeste Peruano.

La interdependencia de los servicios en el abandono permanente de pozos implica que una demora en cualquiera de ellos paralice la cadena operativa. La ausencia de seguimiento y gestión integral de estas actividades ha derivado en retrasos y costos operativos significativos, comprometiendo tanto la planificación como la ejecución de los trabajos. Por tanto, para disminuir los retrasos y costos operativos en el Noroeste Peruano, es imprescindible evaluar con rigor las prácticas operacionales y fortalecer estrategias de supervisión y coordinación más estrictas entre la empresa operadora y las contratistas, asegurando así una ejecución eficiente y económica.

La evaluación de las prácticas operacionales de abandono permanente de pozos en el Noroeste Peruano, llevada a cabo mediante el análisis de su configuración mecánica, la disponibilidad de la historia cronológica del pozo, la eficiencia de la limpieza y la evaluación de la hermeticidad, han permitido demostrar que la implementación de las propuestas de mejora identificadas en estos abandonos es fundamental para disminuir los retrasos y los costos operativos. Los hallazgos de este estudio evidencian que dicha implementación resulta en una disminución significativa del 44.43% en los retrasos operativos, equivalente a un ahorro de 496.75 horas, y una reducción del 15.25 % en los costos operativos, representando un ahorro potencial de \$45,656.06.

Recomendaciones

Con base en los resultados y conclusiones de esta investigación, se presentan las siguientes recomendaciones para mejorar la ejecución del abandono permanente de pozos en el Noroeste Peruano, con el objetivo de disminuir los retrasos y costos operativos:

Establecer un protocolo de verificación integral previo a la ejecución del pozo, que incluya la revisión documental del historial del pozo y la inspección física de sus componentes clave. La revisión documental, coordinada entre áreas técnicas de la operadora, debe consolidar registros relevantes de perforación, completación y servicios previos. La inspección en campo, con apoyo de contratistas especializadas, enfocada en identificar posibles fallas para aplicar medidas correctivas. Esta verificación es fundamental para una planificación precisa y una ejecución eficiente del abandono permanente.

Elaborar programas para la limpieza y cementación, considerando intervenciones no previstas, como corte de tubería o pesca, incluyendo protocolos para verificar materiales, herramientas y equipos. Estos programas deben diseñarse antes de cada intervención y ajustarse según las condiciones reales del pozo. Cada contratista debe validar, mediante *checklist* documentado y estandarizado, la cantidad, disponibilidad y operatividad funcional de sus recursos antes de ingresar a locación. Además, el operador debe exigir pruebas en locación que certifiquen las propiedades y desempeño de los materiales de las contratistas. Una planificación flexible, respaldada por control técnico y logístico riguroso, permitirá reducir retrasos y costos en los abandonos permanentes.

Fortalecer la coordinación y comunicación entre la empresa operadora y las contratistas mediante reuniones preoperacionales, seguimiento en campo y canales de comunicación activos. Estas acciones deben asegurar la llegada puntual del personal requerido a locación, garantizar que todas las partes tengan claridad sobre sus responsabilidades y la secuencia de actividades planificadas, así como la capacidad de responder con rapidez ante situaciones imprevistas, promoviendo una ejecución eficiente y colaborativa del abandono permanente del pozo.

Implementar un programa integral de mantenimiento preventivo para los equipos utilizados en los abandonos permanentes, complementado con mantenimiento predictivo enfocado en aquellos con mayor incidencia de fallas mecánicas. Este programa debe incluir inspecciones sistemáticas, análisis de condición y planificación de reemplazos, asegurando además la disponibilidad oportuna de repuestos en campo. Una gestión adecuada del mantenimiento permitirá disminuir retrasos y costos operativos.

Incorporar el uso de registros de cementación como CBL VDL, GR y CCL para verificar la presencia y profundidad del cemento en el espacio anular. Esta práctica es crucial para definir con precisión el intervalo de los tapones de cemento, evitando el uso excesivo de lechada de cemento y operaciones adicionales innecesarias, como tiros de circulación. Incluir esta verificación en la etapa de planificación operativa mejora la toma de decisiones durante la ejecución del abandono.

Incorporar un protocolo riguroso de control de sólidos que incluya el uso de mallas y filtros en el sistema de circulación. Asimismo, garantizar la disponibilidad de personal capacitado para la remoción continua de residuos en locación cuando se anticipe o detecte una alta acumulación de suciedad en el pozo, con el fin de mitigar retrasos operativos ocasionados por la remoción tardía y más compleja de dichos residuos.

Gestionar procesos de licitación que permitan contar con al menos una segunda contratista calificada por cada servicio involucrado en las operaciones de abandono permanente de pozos, a fin de evitar retrasos operativos derivados de la dependencia de un único proveedor.

Coordinar la disponibilidad de una cisterna o tanque de almacenamiento de agua en locación o en los almacenes de la empresa operadora de hidrocarburos, a fin de garantizar un suministro constante ante eventuales interrupciones en el abastecimiento de agua, problemática recurrente en la zona de estudio, y así mitigar retrasos operativos durante el abandono permanente de pozos.

Establecer un protocolo de coordinación con Perupetro S.A. para asegurar el acceso a los registros técnicos históricos de los pozos, como datos de cementación y servicios previos. La formalización de este protocolo bajo el marco del Decreto Supremo N° 032-2004-EM es crucial para que la empresa operadora pueda complementar los historiales incompletos, un problema recurrente debido a la sucesión de diferentes compañías en un mismo campo. Contar con estos datos permitirá una planificación más precisa, lo que evitará el uso excesivo de materiales y operaciones adicionales, lo que se traduce en una reducción de tiempos no productivos y costos operativos.

Implementar un proceso sistemático y riguroso de análisis post - operacional en las prácticas de abandono permanente de pozos, que incluya la documentación de eventos no deseados, la identificación de causas raíz y el registro de las soluciones aplicadas. Los resultados deben integrarse en una base de datos centralizada y accesible, que facilite su consulta y aplicación en futuras operaciones, permitiendo la detección y corrección oportuna de problemas y fomentando la mejora continua, contribuyendo así a disminuir los retrasos y costos operativos en la región.

Referencias bibliográficas

- Bautista Balboa, V. L. (2023). *Propuesta técnica de abandono de pozos para minimizar el impacto ambiental aplicado a los pozos TOR-X20, TOR-X22 Y TOR-X32 del campo el Toro*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés].
- Carrillo Cataño, M. J. (2021). *Evaluación técnica de las alternativas de abandono para pozos ajustadas a la normativa colombiana*. [Tesis de especialización, Universidad Industrial de Santander].
- Chambilla Alarcon, E. E. (2020). *Estudio de las causas de abandono y analisis de reapertura de los pozos petroliferos en Bolivia*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés].
- CNPC Perú. (2012). *Montaje, desmontaje y transporte de equipo de perforación (DTM)*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/568367329/Pe-5ir-00004-0-Montaje-Desmontaje-y-Transporte-de-Equipo-De>.
- Córdoba Medina, D. E., & Rodríguez González, C. M. (2016). *Análisis técnico de las operaciones de abandono de pozos rigless desarrolladas en el campo Caño Limón*. [Tesis de pregrado, Universidad Surcolombiana].
- Dick Bernal, L. E., & Ojeda Triana, P. C. (2017). *Diseño de un plan de reabandono de un pozo tipo en el campo La Cira Infantas*. [Tesis de pregrado, Fundación Universidad de América].
- Epsgrau S.A. (2025). *Ptap el arenal opera al 50% de su capacidad total por fallas en equipo de bombeo N° 2*. Obtenido de Epsgrau S.A.: <https://epsgrau.pe/webpage/desktop/views/noticias.html?im=109>.
- García Hernández, J., & Hernández Sánchez, N. (2022). *Estudio técnico de las operaciones del pozo errestre Jujo 16 al efectuar reparación mayor*. [Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico Superior de Misantla].

- Guerrero Benavides, J. A. (2022). *Implementación del sistema de gestión de integridad de pozos*. [Tesis de especialización, Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia].
- Guerrero Hernández, J. M. (2014). *Operaciones de taponamiento para abandonos de pozos petroleros*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Lizárraga Sánchez, D. (2021). Todo tiene su final: riesgos, regulación y alternativas para garantizar el abandono de proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos en Perú. *Revista de Derecho Administrativo*.
- Ministerio de Energía y Minas. (1993). *Decreto Supremo N° 046-93-EM. Reglamento para la protección ambiental de las actividades de hidrocarburos*.
- Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Decreto Supremo N.° 033-2020-EM. Ministerio de Energía y Minas*.
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2004). *Decreto Supremo N° 032-2004-EM. Reglamento de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos*.
- Salcedo Bolaños , V. A. (2012). *Estudio de las propiedades mecánicas de los cementos usados para cementación de zonas productivas en pozos del bloque 15 operado por Petroamazonas*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional].
- Servicio Geológico Colombiano. (2020). *Anexo técnico n.º 2: operaciones de pozos*.

Anexos

Anexo 1: Noticia de desabastecimiento de agua en la región.....	101
Anexo 2: Charla de seguridad previa al inicio de operaciones con empresas contratistas	101
Anexo 3: Equipo de servicio de pozos armado.....	102
Anexo 4: Equipo de cementación.....	102
Anexo 5: Verificación de la densidad de la lechada de cemento	103
Anexo 6: Muestra de lechada de cemento para evaluación del fragüe.....	103
Anexo 7: Retorno de lechada de cemento en superficie.....	104
Anexo 8: Equipo de baleo/ corte de tubería.....	104
Anexo 9: Cisterna de la contratista de abastecimiento de agua.....	105
Anexo 10: Tina de circulación	105

Anexo 1

Noticia de desabastecimiento de agua en la región

NOTA DE PRENSA N° 010 – V
07 de enero del 2025



Debido a fallas fortuitas en el equipo de bombeo N° 2 de la estación de agua cruda de la Planta El Arenal, la EPS Grau informa que actualmente dicha infraestructura viene operando al 50% de su capacidad total; por lo cual se viene registrando un abastecimiento restringido de agua potable en las localidades de Talara, Paita y anexos.

Según explicó la Jefatura de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) El Arenal, tras las fallas presentadas, se procedió al desmontaje del equipo de bombeo N° 2; ello con el fin de realizar trabajos de mantenimiento correctivo que permitan restablecer su normal funcionamiento.

Por ello se recalca a los usuarios que, durante el tiempo que demanden estas labores de mantenimiento, la PTAP El Arenal producirá y enviará un estimado de 320 litros por segundo (lps) de agua potable a las provincias antes mencionadas; con lo cual se registrarán incidencias en cuanto a la presión y continuidad del servicio, principalmente en las zonas geográficamente más altas y/o alejadas.

“Se estima que los trabajos se prolonguen por un plazo de cuatro (4) días a partir de hoy martes. Durante estas acciones -y en función a la disponibilidad de recursos de la EPS Grau- se enviarán camiones cisterna a los puntos más críticos en materia de desabastecimiento temporal, lo cual será informado oportunamente”, puntualizó la Jefatura de la PTAP El Arenal.

Nota: Adaptado de Epsgrau S.A., 2025.

Anexo 2

Charla de seguridad previa al inicio de operaciones con empresas contratistas



Nota: Fotografía del equipo de contratistas en operaciones de abandono permanente de un pozo, proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Anexo 3

Equipo de servicio de pozos armado



Nota: Fotografía del equipo de la contratista de servicio de pozos, proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Anexo 4

Equipo de cementación



Nota: Fotografía del equipo de cementación, proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Anexo 5

Verificación de la densidad de la lechada de cemento



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Anexo 6

Muestra de lechada de cemento para evaluación del fragüe



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Anexo 7

Retorno de lechada de cemento en superficie



Nota: Fotografía proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Anexo 8

Equipo de baleo/corte de tubería



Nota: Fotografía del equipo de baleo/corte de tubería, proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Anexo 9

Cisterna de la contratista de abastecimiento de agua



Nota: Fotografía de la cisterna de la contratista de abastecimiento de agua, proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.

Anexo 10

Tina de circulación



Nota: Fotografía de la tina de circulación de la contratista de servicio de pozos, proporcionada por una empresa de hidrocarburos en el Noroeste Peruano, 2025.