

Artículo Científico

Desarrollo y evaluación de programas de abandono definitivo para dos pozos petroleros en cumplimiento de la normativa nacional e internacional

Development and assessment of permanent well abandonment programs for two oil wells in accordance with national and international standards

Yajhaira Isabel Velásquez Quinaluisa¹ , Jessica Estefanía Villacís Robles² ,
Javier Miranda Díaz³ 

¹ Universidad Central del Ecuador, yajhairavelasquez13@gmail.com, Quito - Ecuador

² Universidad Central del Ecuador, jessi.villacis.5915@gmail.com, Quito - Ecuador

³ Escuela Politécnica Nacional, guillermo.miranda@epn.edu.ec, Quito - Ecuador

Autor para correspondencia: guillermo.miranda@epn.edu.ec

RESUMEN

Durante la operación de abandono de pozos, las empresas petroleras y gasíferas se enfrentan a un marco regulatorio que, en muchos casos, es limitado y poco actualizado. En este estudio se compararon los requisitos técnicos de las regulaciones ecuatoriana, colombiana, peruana, argentina, canadiense y las normas ISO 16530-1, API RP 65-3 y Norsok D-010. Asimismo, se desarrolló y analizó programas operativos relacionados con el abandono definitivo de pozos de acuerdo con la normativa nacional e internacional y con su respectiva evaluación económica, en donde se seleccionaron dos pozos del Bloque X, JY-1 y JY-2, en función de las causas de su abandono. En los resultados obtenidos se evidenció que la norma Norsok D-010 cumple con el 87,5% de los requisitos técnicos establecidos, es por lo cual esta norma fue seleccionada para ser aplicada en los programas operativos, mientras la regulación nacional presenta vacíos de requisitos técnicos con un cumplimiento de 16,66% de los mismos. Por otro lado, la implementación de la norma Norsok D-010 no difiere significativamente de los costos estimados bajo la normativa ecuatoriana, lo que contempla la posibilidad de incorporar estándares técnicos internacionales más rigurosos a la normativa nacional sin que los costos se vean incrementados.

Palabras clave: Abandono definitivo; Norma Norsok D-010; Taponamiento y abandono.

ABSTRACT

During well abandonment operations, oil and gas companies face a regulatory framework that is, in many cases, limited and outdated. In this study, the technical requirements of Ecuadorian, Colombian, Peruvian, Argentinian, and Canadian regulations were compared, along with ISO 16530-1, API RP 65-3, and Norsok D-010 standards. In addition, operational programs related to permanent well abandonment were developed and analyzed in accordance with both national and international standards, including their corresponding economic evaluation. Two wells from Block X, JY-1 and JY-2, were selected based on the causes of their abandonment. The results showed that the Norsok D-010 standard complies with 87.5% of the established technical requirements, which is why this standard was selected for application in the operational programs, while the national regulation presented significant gaps, meeting only 16.66% of the requirements. Furthermore, the implementation of Norsok D-010 does not differ significantly from the estimated costs under Ecuadorian regulations, which suggests the possibility of incorporating more rigorous international technical standards into the national framework without increasing costs.

Keywords: Well abandonment; Norsok D-010 standard; Plugging and abandonment.

Derechos de Autor

Los originales publicados en las ediciones electrónicas bajo derechos de primera publicación de la revista son del Instituto Tecnológico Superior Universitario Rumiñahui, por ello, es necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total. Todos los contenidos de la revista electrónica se distribuyen bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).



Citas

Velásquez Quinaluisa, Y. I., Villacís Robles, J. E., & Miranda Díaz, J. (2026). Desarrollo y evaluación de programas de abandono definitivo para dos pozos petroleros en cumplimiento de la normativa nacional e internacional. *CONECTIVIDAD*, 7(1), 422-445. <https://doi.org/10.37431/conectividad.v7i1.402>

1. INTRODUCCIÓN

El abandono definitivo de pozos petroleros es un proceso fundamental en la industria hidrocarburífera, cuya correcta ejecución garantiza la seguridad ambiental y operativa. Las actividades de abandono son cada vez más frecuentes en yacimientos maduros que han sido explotados durante años y han alcanzado sus límites productivos o económicos. No obstante, estos procedimientos también pueden realizarse en yacimientos jóvenes o maduros cuando surgen inconvenientes operacionales (Carrillo, 2021).

El objetivo principal del abandono de un pozo es garantizar el aislamiento permanente de todas las formaciones del subsuelo atravesadas, evitando la migración de fluidos (Skorpa et al., 2025). Aunque el sellado de yacimientos es clave, también debe aislarse otras zonas, en algunos casos muchos sellos pueden ser defectuosos, lo que representa un riesgo ambiental y requieren reparaciones, aunque estas suelen ser costosas y complejas (Barclay et al., 2002; Carpenter, 2025).

Además, una vez finalizado el proceso de abandono, es crucial implementar un monitoreo post-abandono. Esta etapa permite identificar posibles fallas y garantizar la integridad de los pozos (Kirker, 2023). Estudios recientes estiman que existen hasta 1,1 millones de pozos huérfanos de petróleo y gas en el mundo, los cuales podrían estar emitiendo metano y otras sustancias tóxicas (Moms Clean Air Force, 2025).

Durante el proceso de abandono definitivo de pozos, las empresas petroleras y gasíferas se encuentran en una situación en la que deben navegar un laberinto regulatorio que, en muchos casos, es obsoleto y desconectado de las prácticas modernas (Fuentes, 2024). Además, con frecuencia se observan riesgos que están asociados a la infraestructura, al entorno o a los procesos operacionales, y en caso de que estos no se traten oportunamente, pueden acarrear problemas de índole legal y económico (Chipe del Pezo & Panchana, 2015).

En la actualidad, se plantea la posibilidad de que la normativa vigente en Ecuador relacionada con el abandono de pozos no refleje las exigencias técnicas y regulatorias. Esta situación ha despertado el interés por analizar hasta qué punto la normativa ecuatoriana se encuentra alineada con las prácticas internacionales y los estándares adoptados por otros países.

Al comparar el contexto nacional con las normativas internacionales podría observarse la

existencia de diferencias en los requisitos técnicos en el proceso de abandono.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio es de tipo analítico y comparativo, ya que tuvo como objetivo indagar y describir la regulación ecuatoriana, colombiana, peruana, argentina, canadiense y las normas ISO 16530-1, API RP 65-, y Norsok D-010, las cuales se describen brevemente a continuación:

2.1. Reglamento ecuatoriano

El procedimiento de taponamiento y abandono definitivo de pozos debe ejecutarse conforme a la normativa ecuatoriana establecida en el Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas (ARCERNNR, 2021), específicamente en el artículo 53, el cual establece:

Si como resultado de la perforación, análisis de registros eléctricos o pruebas de producción se determina que el comportamiento del pozo de petróleo o gas natural no es comercial, que no se pudiere terminar por problemas o fallas operacionales o por no ser productivo (seco), y si los mismos no van a ser utilizados en el futuro como pozos de re-entrada, reinyectores o inyectores, se debe proceder al taponamiento y abandono definitivo del pozo (ARCERNNR, 2021).

2.2. Norma API RP 65-3

La norma ofrece recomendaciones sobre cómo diseñar, instalar y verificar los tapones de cemento que se utilizan en pozos destinados a ser cerrados de forma temporal o definitiva. Asimismo, incluye asesoría sobre la remediación de pozos y la verificación de barreras anulares, el refuerzo de la protección de las aguas subterráneas, y la contención de emisiones (API, 2021).

2.3. Norma Norsok D-010

Es un estándar funcional que establece los requisitos mínimos para los equipos y soluciones que se utilizarán en un pozo; sin embargo, permite que las empresas seleccionen las soluciones que cumplan con los requisitos, por lo cual las operadoras tienen la plena responsabilidad de cumplir con la norma (Norwegian University, 2019).

2.4. Norma ISO 16530-1

Fue desarrollada para proporcionar orientación al operador sobre la gestión de la integridad de los pozos a lo largo del ciclo de vida del mismo (González, 2018).

Es aplicable a cualquier pozo, independientemente de su antigüedad, ubicación o tipo. Tiene

como objetivo ayudar a gestionar eficazmente la integridad del pozo durante su ciclo de vida, al proporcionar recomendaciones y técnicas que los operadores de pozos pueden aplicar de manera escalable, en función de las características de riesgo específicas de cada pozo (ISO, 2017).

2.5. Reglamento colombiano

En 2023, el Ministerio de Minas y Energía de Colombia emitió la Resolución 40230 (2023), la cual establece los criterios técnicos necesarios para realizar operaciones de abandono temporal y definitivo de pozos, tanto en áreas continentales como en aguas profundas (Legis, 2023).

El aspecto más relevante de la resolución es la exigencia a las empresas petroleras de presentar planes detallados para el abandono de los pozos. Estos planes deben ser aprobados por las autoridades competentes y deben incluir una serie de acciones técnicas, operacionales y financieras que garanticen que el proceso de abandono se realice de manera adecuada y segura (ANH, 2024).

2.6. Reglamento peruano

En los últimos años, Perú ha buscado reducir los riesgos asociados con el abandono de pozos mediante un avance de su normativa pertinente. La norma RPAAH-1 (2004) fue la primera en su sector, que impone la obligación al operador o responsable del proyecto de elaborar un plan para el abandono del área cuando se decide finalizar las actividades (Lizárraga, 2021).

2.7. Reglamento argentino

En lo que respecta al proceso de abandono de pozos, la Resolución N° 5/96 (1996), emitida por la Secretaría de Energía, Transporte y Comunicaciones de la Nación, establece pautas claras sobre el procedimiento que se debe seguir para el taponamiento de pozos cuando estos son abandonados, incluyendo en las normas y protocolos correspondientes (Valverde, n.d.).

La normativa otorga amplias facultades al concesionario para determinar el tipo de abandono que se llevará a cabo, respaldándose en consideraciones operativas, técnicas y comerciales. Además, sugiere metodologías específicas para el abandono, pero permite al concesionario optar por otras técnicas basadas en necesidades económicas y operativas adaptadas a las características particulares de cada pozo o área, siempre que se respeten las normas de seguridad y protección ambiental (Sciactaluga, 2018).

2.8. Reglamento canadiense

En Canadá, el taponamiento y abandono de pozos se realiza conforme a las normas del organismo regulador de la energía de Alberta, y está regulado por la Oficina del Regulador de las Operaciones de Petróleo y Gas en los territorios del noroeste (Chukwuemeka, 2023).

Los requisitos para el abandono de pozos están detallados por la Directiva 020, emitida bajo las Normas de Conservación de Petróleo y Gas. Asimismo, todos los abandonos de pozos abiertos y entubados deben llevarse a cabo conforme a los requisitos de esta directiva (AER, 2024). Por otro lado, se buscó desarrollar y comparar programas operativos relacionados con el abandono definitivo de pozos de acuerdo con la normativa nacional e internacional y su respectivo análisis técnico-económico aplicado a dos pozos del bloque X seleccionados en función de las causas que motivaron su abandono, entre las cuales se encuentran la declinación de producción y las características del fluido no compatibles con las facilidades de producción planificadas.

2.9. Datos técnicos del pozo JY-1

A partir del procesamiento de los datos del pozo JY-1, se obtuvo la información que se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Información del pozo JY-1 (EP Petroecuador, 2025)

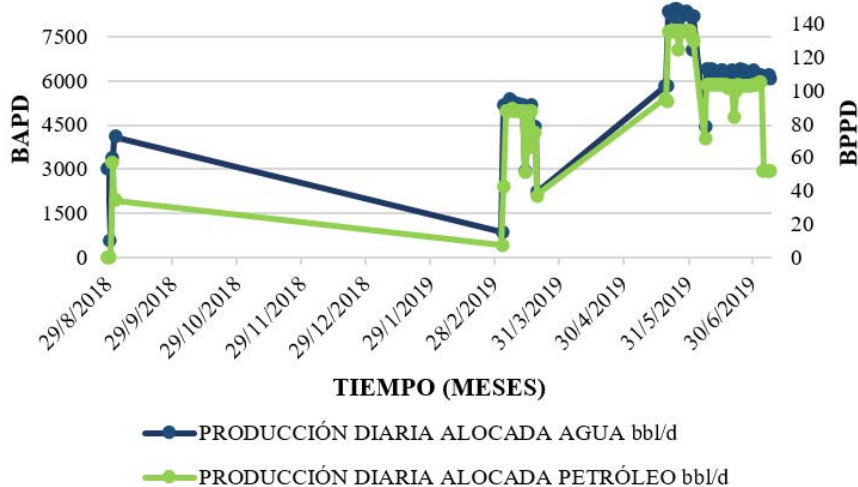
	Datos Técnicos
Nombre del pozo	JY-1
Tipo de pozo	Horizontal
Fecha de perforación	14/08/2018 – 24/08/2018
Profundidad	MD: 7244 ft TVD: 4683,14 ft
Max Ang Desv.	92,44° @ 6974,98ft MD
Max DLS	3,65°/100 ft @ 6881,60 ft MD
	Basal Tena
	Tope MD: 5687 / Base MD: 5697 Tope TVD: 4558,25 / Base TVD: 4560,82
	Basal Tena
Intervalos cañoneados (ft)	Tope MD: 6168 / Base MD: 6178 Tope TVD: 4636,35 / Base TVD: 4637,15
	Arena M1
	Tope MD: 6504 / Base MD: 6587 Tope TVD: 4667,36 / Base TVD: 4675,21

2.10. Producción del pozo JY-1

La Figura 1 muestra el histórico de producción del pozo, en donde se evidencia que la producción de petróleo es considerablemente baja en comparación con la del agua. Esta alta producción de

agua afectó la rentabilidad del pozo lo que conllevó a que no sea viable económicamente y se realice su abandono.

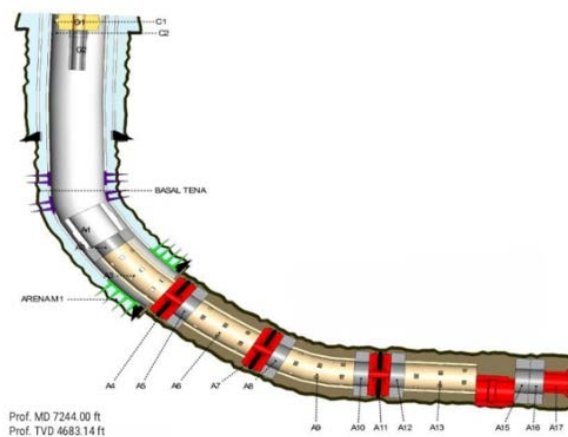
Figura 1. Producción de agua y petróleo del pozo JY-1



2.11. Estado mecánico actual del pozo JY-1

El estado mecánico actual del pozo JY-1 se presenta en la Figura 2, en donde se observa los distintos componentes instalados durante la completación.

Figura 2. Esquema mecánico actual del pozo JY-1 (EP Petroecuador, 2025)



En la Tabla 3 se especifican las características correspondientes de los casing presentes en el pozo.

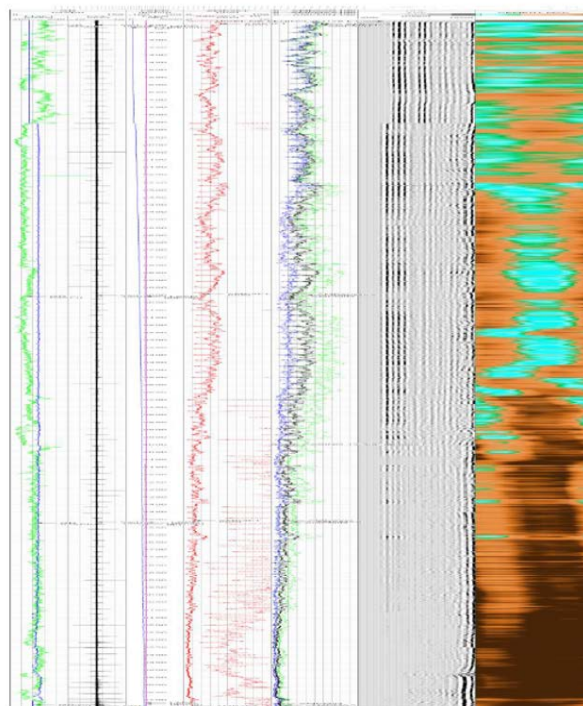
Tabla 3. Características del casing del pozo JY-1 (EP Petroecuador, 2025)

Casing	Base MD (ft)	OD (in)	ID (in)	Peso (lb/ft)
Casing superficial	3995	13,375	12,415	68
Casing intermedio	6596,5	9,625	8,681	47

Antes de realizar el proceso de abandono se analizaron los registros de cementación y corrosión.

Para el pozo JY-1, la evaluación de cemento fue realizada en la sección 9 5/8" en un intervalo de profundidad desde 1178 – 5780 ft, debido a que se presentó una restricción en el fondo del pozo (Figura 3).

Figura 3. Registro de cemento del pozo JY-1 (EP Petroecuador, 2025)



El registro de evaluación presentó una distribución variable de la calidad del cemento, dado que se observó hacia la base un cemento más homogéneo con valores de amplitud que oscilan entre 2 a 10 mV, y que a medida que alcanza profundidades más someras muestran la pobre adherencia tanto en el revestidor como en la formación señalando valores de amplitud incluso de 50 mV.

Lo mencionado anteriormente se confirma con el registro de VDL, que muestra la adherencia del cemento a la tubería y a la formación, principalmente hacia la base, a diferencia de la parte superficial en la que se muestra claros arribos de tubería que manifiestan la pobre adherencia del cemento tubería-formación.

Por otro lado, se analizó registros de corrosión para evaluar cualitativa y cuantitativamente las condiciones actuales del revestidor de 9 5/8" a una profundidad de 85 – 5772 ft, en dónde, fueron detectadas 150 juntas. La Tabla 4 y Tabla 5 muestran los resultados obtenidos en este registro.

Tabla 4. Datos de corrosión del pozo JY-1 (EP Petroecuador, 2025)

Nº de juntas	Clasificación	Porcentaje %
150	Clase 1	0-20 %
0	Clase 2	20-40 %
0	Clase 3	40-60 %
0	Clase 4	60-80 %
0	Clase 5	80-100 %

Tabla 5. Datos de ovalidad del pozo JY-1 (EP Petroecuador, 2025)

Nº de juntas	Clasificación	Porcentaje %
138	Clase 1	0-2 %
5	Clase 2	2-5 %
7	Clase 3	5-100 %

A través de la interpretación de los datos, se puede señalar que la tubería del intervalo registrado presenta desgaste y corrosión, principalmente de clase 1. No obstante, al considerar la clasificación según ovalidad, se identificaron juntas que corresponden a clase 3, lo que indica una deformación severa, especialmente en las 3 últimas juntas, donde se evidencia la posible presencia de un colapso.

2.12. Datos técnicos del pozo JY-2

A partir del procesamiento de los datos del pozo JY-2, se obtuvo la información que se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Información del pozo JY-2 (EP Petroecuador, 2025)

Datos Técnicos	
<i>Nombre del pozo</i>	JY-2
<i>Tipo de pozo</i>	Direccional
<i>Fecha de perforación</i>	26/11/2022 al 07/12/2022
<i>Profundidad</i>	MD: 7875 ft TVD: 5664,05 ft
<i>Max Ang Desv.</i>	54,77° @ 4819 ft MD
<i>Max DLS</i>	3,38°/100 ft @ 28291 ft MD
	<i>Arenisca T</i> Tope MD: 7730 / Base MD: 7780 Tope TVD: 5566,48 / Base TVD: 5600,06
	<i>Arenisca U</i> Tope MD: 7373 / Base MD: 7405 Tope TVD: 5333,51 / Base TVD: 5353,97
	<i>Arenisca U</i> Tope MD: 7415 / Base MD: 7495 Tope TVD: 5360,37 / Base TVD: 5412,01

Cabe señalar que el pozo presentó características de fluido que resultaron incompatibles con las facilidades de superficie inicialmente planificadas. Por tal motivo, se consideró la programación del abandono definitivo del pozo.

2.13. Estado mecánico actual del pozo JY-2

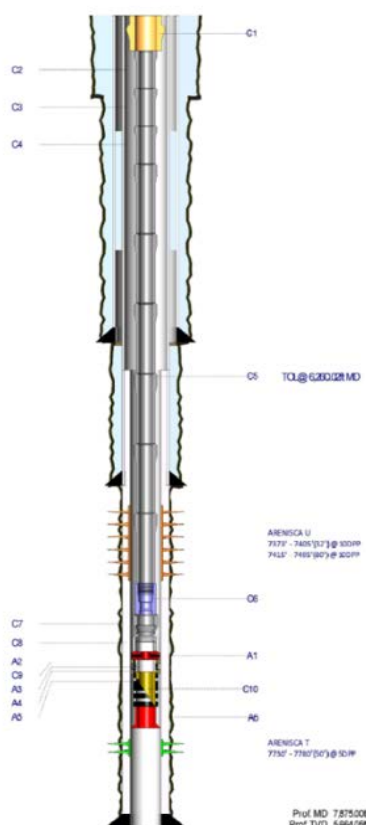
En la Tabla 7 se especifican las características correspondientes a los casing presentes en el pozo.

Tabla 7. Características del casing del pozo JY-2 (EP Petroecuador, 2025)

Casing	Base MD (ft)	OD (in)	ID (in)	Peso (lb/ft)
<i>Casing superficial</i>	4932	13,375	12,615/ 12,415	54,5 / 68
<i>Casing intermedio</i>	6422	9,625	8,681	47
<i>Liner</i>	7873	7	6,276	26

El estado mecánico actual del pozo JY-2 se presenta en la Figura 4, donde se muestra los diferentes componentes instalados, correspondientes a la completación del pozo.

Figura 4. Esquema mecánico actual del pozo JY-2 (EP Petroecuador, 2025)

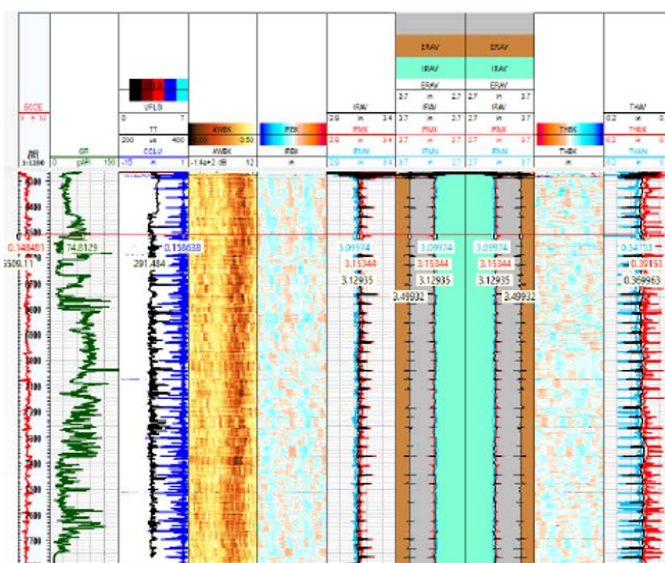


Se analizó únicamente el registro de cementación, debido a que el pozo no contaba con el registro de corrosión.

En el pozo JY-2, la evaluación de cemento se realizó en la sección 7" en un intervalo de

profundidad desde 5790 - 7790 ft (Figura 5).

Figura 5. Registro de cemento del pozo JY-2 (EP Petroecuador, 2025)



En la evaluación de cemento se evidencia una distribución homogénea, con un índice de cobertura de material sólido de aproximadamente 97% en los siguientes los intervalos: 6668 – 6711 ft: 6804 – 7260 ft y 7280 – 7786 ft.

En el caso del anular, se observa una eficiente distribución de cemento con un índice de cobertura de material sólido mayor al 95%, junto con leves degradaciones aisladas por cemento rígido, en los intervalos: 6426 – 6608 ft, 7285 – 7296 ft, 7436 – 7447 ft y 7569 – 7574 ft.

El registro USIT muestra degradaciones de cemento con un índice de cobertura no mayor al 72% en los intervalos 6608 – 6668 ft y 6711 – 6804 ft. Por otro lado, el registro sónico CBL-VDL, presenta amplitudes menores a 8 mV con arribos de formación, mostrando una mejora de adherencia del cemento hacia el casing.

En la zona de interés, el registro CBL-VDL muestra amplitudes entre 2-10 mV mostrando una buena adherencia del cemento al casing. Asimismo, el registro de evaluación USIT permite identificar degradaciones entre el intervalo 7437 – 7445 ft, las cuales están aisladas por cemento que presenta una buena adherencia y aislamiento hidráulico frente a las zonas de interés.

Finalmente, bajo las zonas de interés 7496 – 7515 ft, el registro CBL-VDL presenta amplitudes menores a 10 mV con arribos de formación. Así también, el mapa de amplitud ultrasónica muestra una homogénea distribución del cemento con un índice de cobertura cercano al 100%.

2.14. Cálculo de volúmenes

Para el desarrollo del proceso de colocación de tapones, es fundamental calcular de manera correcta el volumen de cemento que se bombeará en el pozo. En la Tabla 8 y la Tabla 9 se presentan los volúmenes estimados de cemento para el abandono de ambos pozos, de acuerdo con las exigencias de la normativa ecuatoriana y la norma Norsok D-010.

Tabla 8. Volúmenes estimados de cemento para el pozo JY-1

Tapones	Volumen total estimado (bbl)	
	N. Ecuatoriana	N. Norsok D-010
Tapón # 1	40,26	26,42
Tapón # 2	40,26	13,21
Tapón # 3	-	26,42
Total	80,52	66,05

Tabla 9. Volúmenes estimados de cemento para el pozo JY-2

Tapones	Volumen total estimado (bbl)	
	N. Ecuatoriana	N. Norsok D-010
Tapón # 1	21,04	15,80
Tapón # 2	40,26	6,90
Tapón # 3	-	26,42
Total	61,3	49,12

A los volúmenes calculados se les aplicó un factor de exceso del 10%. Este valor fue seleccionado dentro del rango recomendado, siendo el 10% adecuado acorde a las condiciones operativas, dado que permite asegurar la integridad de tapón y el volumen suficiente en caso de existir pérdidas de fluido.

2.15. Horas estimadas para la operación de abandono

Las Tabla 10 y Tabla 11 detallan las horas empleadas para las actividades de abandono del pozo JY-1 y pozo JY-2, en las que se evidencia cómo cada normativa distribuye el tiempo destinado a tareas clave, mostrando diferencias en la planificación y ejecución del abandono.

Tabla 10. Horas estimadas para la ejecución de las actividades en el pozo JY-1

Actividad / Material	Valor aproximado	Valor aproximado	Unidad
	N. Ecuatoriana	N. Norsok D-010	
Movilización y logística	8	8	Horas
Mano de obra y equipos	40	40	Horas
Unidad de Coiled tubing	10	13	Horas
Unidad de Wireline	8	14	Horas
Unidad de Slickline	4	4	Horas

Tabla 11. Horas estimadas para la ejecución de las actividades en el pozo JY-2

Actividad / Material	Valor aproximado	Valor aproximado	Unidad
	N. Ecuatoriana	N. Norsok D-010	
Movilización y logística	8	8	Horas
Mano de obra y equipos	40	40	Horas
Equipo de workover	72	76	Horas
Unidad de wireline	0	6	Horas
Unidad de limpieza	10	12	Horas
Unidad de cementación	12	16	Horas

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 12 se detallan las normas relacionadas con el abandono definitivo de pozos, señalando las variaciones en sus requisitos técnicos conforme a los criterios técnicos establecidos en cada norma.

Tabla 12. Porcentaje de cumplimiento según los criterios técnicos

Criterios técnicos	Norsok D-010	API RP 65-3	ISO 16530-1
Nº de barreras requeridas			
Longitud del tapón			
Materiales para sellado			
Evaluación de la integridad			
Corte y Sellado de Casing			
Monitoreo Post-Abandono			
Requisitos Ambientales			
Particularidades			
Porcentaje	87,5 %	50 %	50 %

Nota: Los colores indican el grado de alineación de cada norma con los criterios evaluados. Verde = Alto cumplimiento, Naranja=Cumplimiento medio, Rojo=Bajo cumplimiento. El porcentaje refleja el grado de coincidencia de cada criterio entre las normas analizadas.

La escala colores que indica el grado de alineación de cada norma con el criterio evaluado, mientras que el porcentaje evidencia el cumplimiento de los criterios evaluados de cada norma. De acuerdo con el análisis, la norma Norsok D-010 es la más completa y alineada con los criterios de abandono definitivo de pozos. La API RP 65-3 y la ISO 16530-1 presentan vacíos importantes, especialmente en el monitoreo post-abandono, requisitos ambientales y longitud del tapón.

La Tabla 13 compara las regulaciones específicas de distintos países aplicables al abandono definitivo de pozos, mostrando las diferencias en sus requisitos técnicos.

Tabla 13. Porcentaje de cumplimiento según los criterios técnicos

Criterios técnicos	Reglamento ecuatoriano	Reglamento peruano	Reglamento colombiano	Reglamento argentino	Reglamento canadiense
Número de barreras requeridas					
Longitud del tapón					
Materiales para sellado					
Evaluación de la integridad del pozo					
Monitoreo Post-Abandono					
Requisitos Ambientales					
Porcentaje	16,66 %	41,65 %	83,3 %	49,98 %	66,64%

Nota: Los colores indican el grado de alineación de cada norma con los criterios evaluados. Verde = Alto cumplimiento, Naranja=Cumplimiento medio, Rojo=Bajo cumplimiento. El porcentaje refleja el grado de coincidencia de cada criterio entre las normas analizadas.

En la Tabla 13, al igual que en el caso de las normas, se evaluó el grado de alineación de los reglamentos nacionales con seis criterios técnicos claves aplicables en el abandono de pozos, y el porcentaje final refleja el promedio de cumplimiento de los países para cada criterio. En la comparación, se observa que el país con menor nivel de cumplimiento es Ecuador, al registrar el porcentaje más bajo, mientras que Colombia presenta el mayor grado de alineación en relación con los demás países considerados en este estudio.

El análisis correspondiente a la comparativa de los requisitos técnicos de las normas y reglamentos establecidos se realizó mediante la evaluación de criterios operativos tales como número de tapones, longitud del tapón, materiales de sellado, evaluación de la integridad del pozo, corte y sellado del casing, monitoreo post-abandono y requisitos ambientales. Se evidenció que la norma Norsok D-010 cumple con el 87,5% de los requisitos técnicos establecidos, señalando que solo en los criterios de monitoreo post-abandono y requisitos ambientales presenta un cumplimiento parcial, es por lo cual esta norma fue seleccionada para ser aplicada en los programas de abandono en los pozos JY-1 y JY-2. Por otro lado, la norma ISO 16530-1 y API RP 65-3, presentan un 50% de cumplimiento de los criterios antes mencionados, entre las deficiencias que presentan estas normas se encuentra la falta de detalle en cuanto a la longitud, materiales y número de tapones, monitoreo post-abandono y requisitos ambientales.

En el análisis de las regulaciones de los países seleccionados en este estudio, se evidenció

que todos presentan niveles de cumplimiento de medio a bajo. Se puede señalar que en el criterio “número de tapones requeridos”, solo cumplen con este requisito los países Argentina y Colombia, mientras las regulaciones de los demás países no hacen mención a este criterio. Para el caso de “longitud del tapón”, presentan un cumplimiento casi total, a excepción de Ecuador, que no considera este parámetro. En el caso del criterio “de materiales para el sellado”, las regulaciones colombiana, argentina y canadiense mencionan materiales específicos para ser utilizados a diferencia del resto. En cuanto a “evaluación de integridad”, Colombia es el único país que contempla de forma clara este criterio en su reglamento, mientras que resto de países carecen de este requisito.

Para el “monitoreo post-abandono” el cumplimiento es muy bajo, debido a que ningún país incluye este criterio, a excepción de Canadá que menciona un monitoreo parcial. Y finalmente, para el criterio de “requisitos ambientales”, Colombia, Argentina y Perú, presentan un adecuado cumplimiento en comparación con los demás países.

En general, el análisis evidencia que aún existen vacíos en los criterios técnicos aplicados en el proceso de abandono sobre todo en Ecuador, debido a que es el país que cuenta con 16,66% de cumplimiento de dichos requisitos mencionados anteriormente.

3.1. Abandono definitivo del Pozo JY-1 y Pozo JY-2

La selección de la norma/normativa internacional para la elaboración de los programas operativos de abandono se basó en un análisis de los criterios de cumplimiento y exigencias mencionados en las matrices diferenciales. La norma elegida fue Norsok D-010, debido a que destaca en su enfoque técnico y en la rigidez de sus exigencias operativas. Esta norma se diferencia por proporcionar requisitos detallados, lo que permite una planificación más precisa de las actividades a ejecutarse.

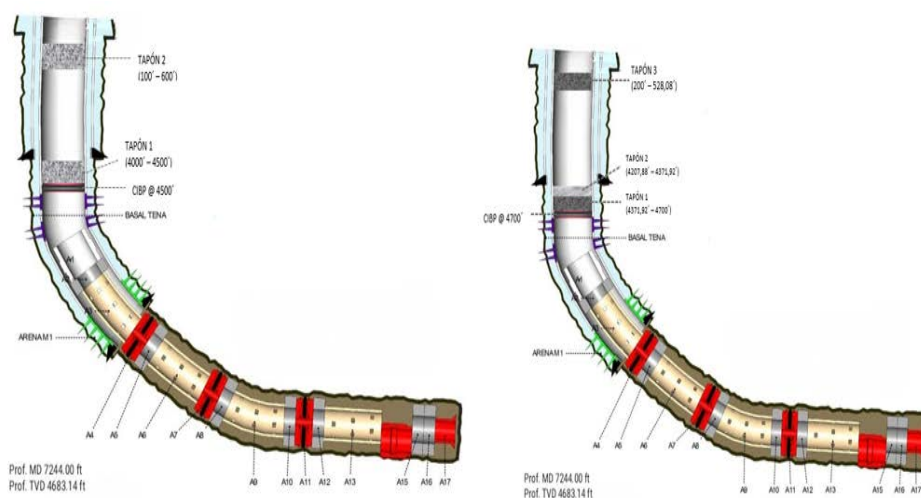
Con base en la información evaluada de los diferentes pozos, se realizaron los procedimientos de abandono definitivo conforme a las exigencias y requisitos establecidos en la normativa ecuatoriana y en la norma Norsok D-010.

Dentro de los programas operativos de los pozos, se identificaron diferencias en criterios técnicos como el número y la longitud de tapones, las pruebas de integridad y requisitos ambientales, así como en la cantidad de pasos ejecutados en cada programa.

El criterio clave dentro de las operaciones de abandono fue la colocación de tapones en los pozos; la ubicación y cantidad de los mismos se definió en función de las condiciones específicas de cada pozo, conforme lo establecido en la norma y reglamento. En los programas realizados bajo la regulación ecuatoriana, se colocaron dos tapones de 500 ft de longitud, a diferencia de la norma Norsok D-010 en el que se ubicaron tres tapones: dos de 328,08 ft y uno de 164,04 ft de longitud como lo establece dicha norma.

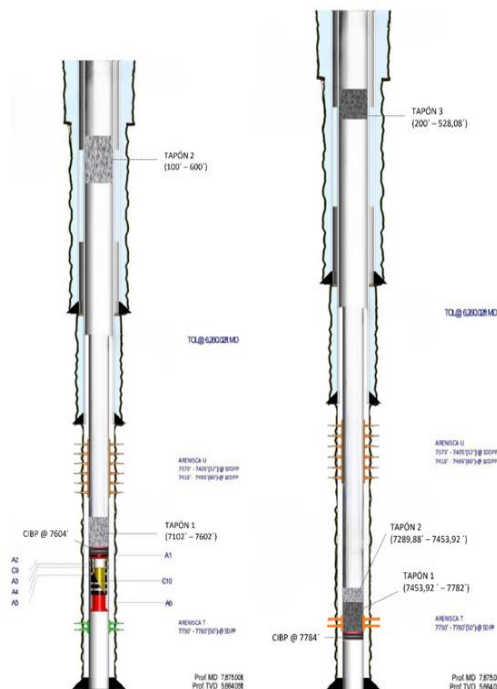
Se evidenciaron diferencias en el número de pasos incluidos en los programas operativos debido a que se incorporan etapas adicionales como la evaluación de la integridad de los tapones, debido a que en la normativa ecuatoriana no se detalla de manera explícita la realización de este requisito, en contraste con la norma Norsok D-010 en la que se exige la realización de estas pruebas luego de la colocación de cada tapón. Este criterio es importante, ya que permite verificar la integridad de las barreras previniendo posibles fugas a futuro. Otro de los aspectos fundamentales en los que se evidenció diferencias, se relaciona con los requisitos ambientales. En el contexto ecuatoriano, la aplicación de este requisito no se especifica dentro de la regulación, mientras que en la norma internacional se establece que después del proceso de abandono se debe realizar una restauración ambiental del sitio como parte de un correcto cierre del pozo. En la Figura 5 se observan los esquemas finales del pozo JY-1 bajo el cumplimiento del reglamento ecuatoriano y la norma Norsok D-010.

Figura 5. Esquema final del pozo JY-1 (reglamento ecuatoriano izquierda-norma Norsok D-010 derecha)



En la Figura 6 se observan los esquemas finales del pozo JY-2 bajo el cumplimiento del reglamento ecuatoriano y la norma Norsok D-010.

Figura 6. Esquema final del pozo JY-2 (reglamento ecuatoriano izquierda - norma Norsok D-010 derecha)

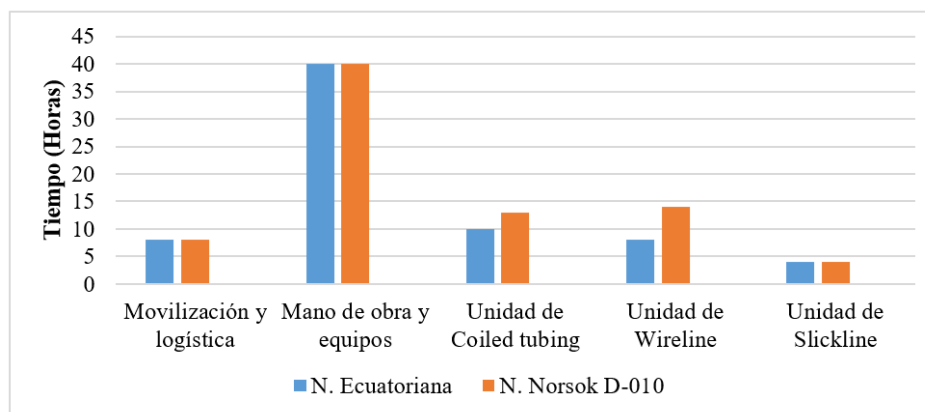


3.2. Análisis económico de los programas de abandono

El costo de abandono de pozos es función de variables como el tiempo de ejecución, equipos utilizados durante la operación, entre otros.

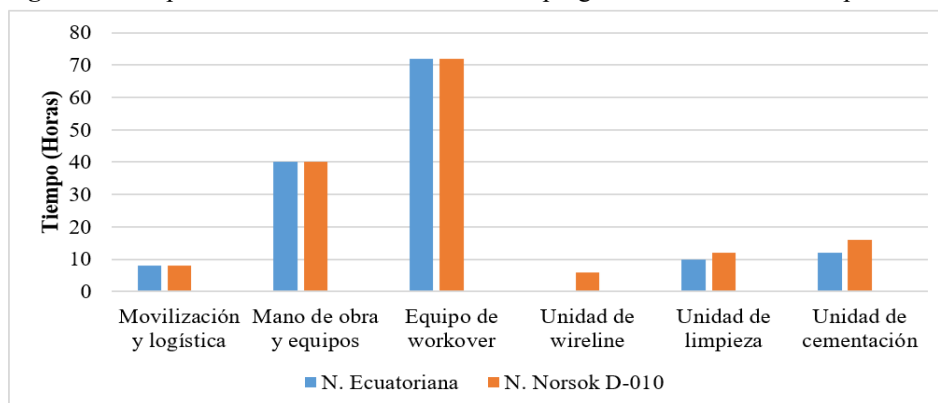
Durante el proceso de abandono se llevan a cabo diferentes actividades, cada una con un tiempo mínimo estimado según su operación. En la Figura 7 se presenta una comparación de las horas estimadas para cada actividad dentro de los programas de abandono del pozo JY-1, donde no se observan diferencias significativas en las horas totales de cada actividad entre los dos programas. Las variaciones de tiempo que se pueden destacar corresponden al uso de la unidad de wireline y la unidad de coiled tubing. En el caso de la unidad de wireline se emplea registros eléctricos de cemento, cumpliendo con las exigencias de la norma Norsok D-010; mientras que, con el uso de la unidad de coiled tubing se incrementa el tiempo de operación por la colocación de tapones: tres en el caso de la norma internacional y dos en el programa conforme a la normativa ecuatoriana.

Figura 7. Comparación de horas estimadas de programas de abandono del pozo JY-1



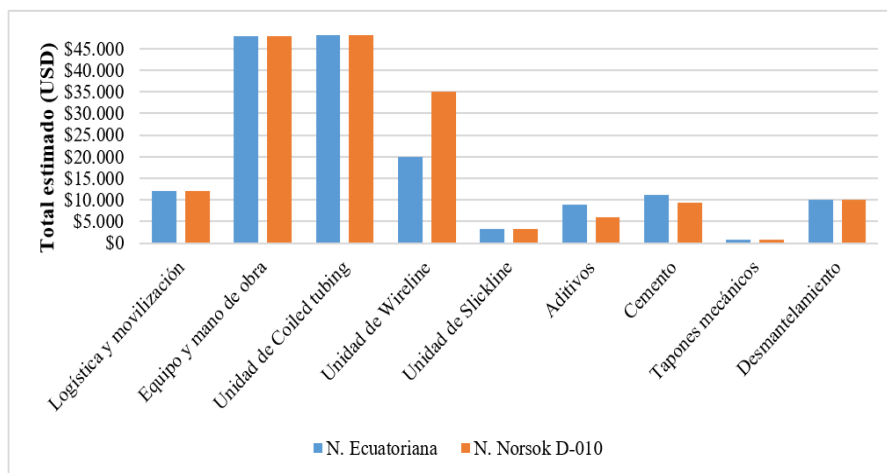
A diferencia del pozo JY-1, el abandono del pozo JY-2 se llevó a cabo utilizando equipo de workover. De igual manera, no se evidencian diferencias significativas en el tiempo estimado por actividad entre ambos programas, a excepción del uso de la unidad de cementación y wireline como se observa en la Figura 8. La diferencia en las operaciones de cementación se debe al número de tapones colocados en cada programa realizado bajo el cumplimiento ecuatoriano e internacional. En el caso de la unidad de wireline, el motivo fue la corrida de registro de cemento en cumplimiento a la normativa Norsok D-010.

Figura 8. Comparación de horas estimadas de los programas de abandono del pozo JY-2



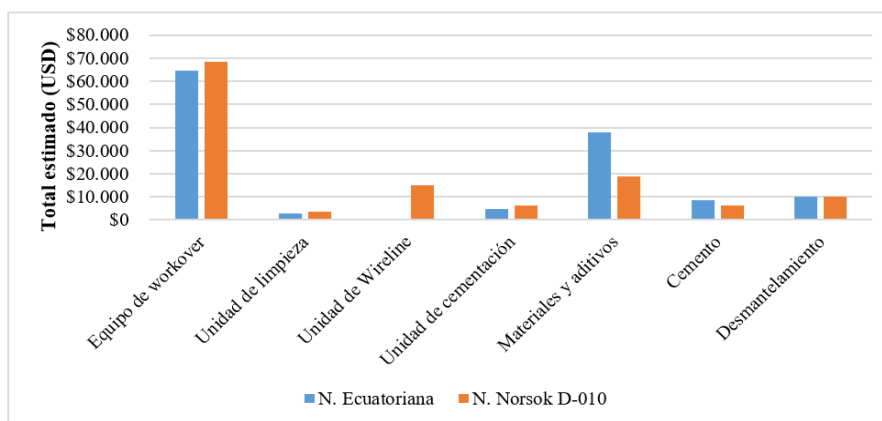
En la Figura 9 se muestra una comparación de los costos estimados para la operación de abandono del pozo JY-1. En términos generales, no se observan variaciones significativas entre ambos programas, exceptuando el costo asociado con la unidad de coiled tubing y wireline, en donde se señala una diferencia de \$15000 entre los programas, debido al mayor número de las horas requeridas para la ejecución de operación de abandono. En cuanto al cemento y los aditivos utilizados, la diferencia de costos es mínima, siendo una variación aproximada de \$2000 y \$3000 respectivamente, a causa de la distinta cantidad de barriles empleados en cada uno.

Figura 9. Comparación de costos estimados de los programas del pozo JY-1



En la Figura 10 se presentan los costos estimados para el pozo JY-2, en el que podemos observar una diferencia en los materiales y aditivos para cada programa. En lo que respecta a la unidad de cementación y el cemento, la diferencia aproximada de costos es de \$1600 y \$2400 respectivamente. Además, cabe señalar que en la normativa internacional se implementó un costo extra con la unidad de WL, para realizar la prueba de integridad del pozo como se observa en la gráfica mencionada.

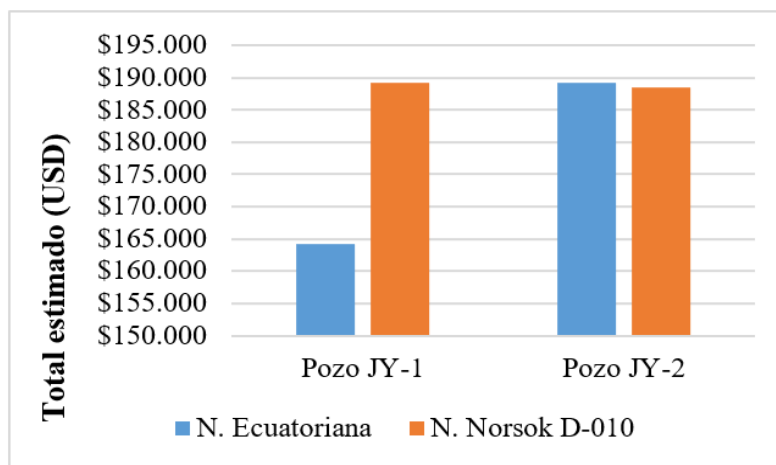
Figura 10. Comparación de costos estimados de los programas del pozo JY-2



En la Figura 11 se presentan los costos totales estimados para la operación de abandono de los pozos JY-1 y JY-2, considerando el cumplimiento de las dos normativas en cuestión. Para el pozo JY-1, donde se utilizó la unidad del coiled tubing, se evidencia una diferencia de alrededor de \$24 973 en los costos entre ambos programas. Sin embargo, en el caso del pozo JY-2, en el que se utilizó una torre de workover, se observa una diferencia en costos de aproximadamente de \$1000 entre los programas, siendo el más costoso el desarrollado bajo el reglamento ecuatoriano. Estas variaciones en los costos se deben principalmente al tiempo adicional de

operación establecidos por cada norma, a la evaluación de la integridad y al mayor número de tapones requeridos.

Figura 11. Costo total estimado para los programas de abandono



Desde el punto de vista económico, los costos asociados a la implementación de la norma Norsok D-010 no difieren significativamente de los estimados bajo la normativa ecuatoriana. Este resultado sugiere que la adopción de estándares internacionales más rigurosos no constituye un incremento representativo en la carga financiera, sino más bien una optimización de recursos orientada a garantizar la integridad de las barreras y la mitigación de riesgos ambientales a largo plazo.

La comparación de las normativas evidencia que, si bien existen similitudes en los procedimientos generales de abandono de pozos, la regulación nacional presenta vacíos de requisitos técnicos, entre los que destacan: el número de barreras, la falta de requisitos obligatorios para la verificación de la integridad de los tapones mediante pruebas de presión, registros de cementación de pozo, requisitos ambientales y un monitoreo post-abandono.

Estas limitaciones, si bien permiten el cumplimiento formal de los requisitos regulatorios, compromete la eficacia de los procesos de abandono definitivo. En este contexto, la implementación de la norma Norsok D-010 adaptada a la regulación ecuatoriana conlleva a una alternativa técnicamente viable para superar estas deficiencias. La propuesta de actualización regulatoria debería contemplar la incorporación de estándares técnicos internacionales, requerimientos más rigurosos y la implementación de sistemas de monitoreo post-abandono. Esto permitiría progresar desde un reglamento normativo básico hacia una operación más

segura de abandono, donde esta operación no se considere como una etapa final del pozo, sino como un proceso de control de riesgos a largo plazo.

4. CONCLUSIONES

La comparación entre normas técnicas y regulaciones establecidos en este estudio, evidenció la necesidad de complementar requisitos más exigentes en las regulaciones para asegurar un adecuado abandono de pozos.

La evaluación de normativas constató que la norma Norsok D-010 ofrece un marco técnico más completo y detallado para el abandono definitivo de pozos, con requisitos claros para el número y longitud de tapones, selección de materiales y procedimientos de verificación de la integridad del pozo.

La normativa ecuatoriana presenta criterios técnicos insuficientes, especialmente en la especificación del número y longitud de tapones, evaluación de integridad y monitoreo post-abandono, lo que podría conllevar en un abandono menos seguro y con mayores riesgos ambientales.

Los programas operativos de los pozos JY1 y JY-2 desarrollados en el presente estudio, bajo los requisitos de la normativa ecuatoriana, no cuentan con la ejecución de pruebas de integridad para los tapones, lo que puede inducir a fallos del tapón a largo plazo.

Los resultados sugieren que la adopción de la norma Norsok D-010 no constituye un incremento representativo en el costo, sino más bien una optimización de recursos orientada a garantizar la integridad de las barreras y la mitigación de riesgos ambientales a largo plazo.

La adopción de prácticas internacionales más rigurosas pone de manifiesto la necesidad de actualizar los requisitos técnicos en las regulaciones y estándares regionales para la mejora de las operaciones de abandono definitivo de pozos.

Contribución de los Autores (CRediT): YIVQ: Análisis formal, Investigación, Redacción-borrador original. JEV: Metodología, Visualización, Redacción-borrador original. GJMD: Conceptualización, Supervisión, Validación, Redacción-revisión y edición.

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en esta publicación.

REFERENCIAS

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (2021)

- Reglamento de Operaciones Hidrocarburífera*. Disponible en: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/07/Reglamento-de-Operaciones-Hidrocarbur%C3%ADfera-Resoluci%C3%B3n-Directorio-06-07...1.pdf>
- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2021). *Actualización de la información relacionada con pozos inactivos y de los cronogramas de reactivación o abandono*. Disponible en: https://www.anh.gov.co/documents/23453/CIRCULAR_NO._0002_DEL_16_DE_ENERO_DE_2024.pdf
- Alberta Energy Regulator. (2024). *Directive 020*. Disponible en: <https://static.aer.ca/prd/documents/directives/Directive020.pdf>
- API. (2021). *New API Standard Will Help Ensure Wells are Sealed Safely*. Disponible en: <https://www.api.org/news-policy-and-issues/news/2021/06/07/new-api-standard-will-help-ensure-wells-are-sealed-safely>
- Barclay, I., Pellenbarg, J. y Tettero, F. (2002). El principio del fin: Revisión de las prácticas de abandono y desmantelamiento. *Oilfield Review*, pp. 28-41. Disponible en: https://oilproduction.net/files/p28_41.pdf
- Baby, P., Rivadeneira, M., Barragán, R., editores científicos. (2014). *La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo*, 2.^a ed. Quito: IFEA.
- Carpenter, C. "Industrial Standard for Testing Well-Abandonment Materials Is Essential for Well Integrity." *J Pet Technol* 77(2025): 76–78. doi: <https://doi.org/10.2118/0125-0076-JPT>
- Carrillo, M. (2021) *Evaluación técnica de las alternativas de abandono para pozos ajustadas a la normativa colombiana* [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander] Repositorio institucional. Disponible en: <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/f49b8049-ae2f-4559-a0b7-47b29f25e992/content>
- Chipe del Pezo, L. y Panchana, F. (2015) *Estudio de los pozos productivos y abandonados como fuente de contaminación de hidrocarburos y su impacto ambiental en el sector de Santa Paula del cantón Salinas* [Trabajo de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena] Repositorio institucional. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2475>

- Chukwuemeka A, Oluyemi G, Mohammed AI, Njuguna J. (2023). Plug and abandonment of oil and gas wells – A comprehensive review of regulations, practices, and related impact of materials selection. *Geoenergy Science and Engineering*, 2023;226:211718. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.geoen.2023.211718>
- Fuertes, J. (2024b, 14 de mayo) *Gestión de riesgos en el abandono de pozos: Enfoque Bowtie y la importancia de las barreras*. LinkedIn Corporation. Disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/gesti%C3%B3n-de-riesgos-en-el-abandono-pozos-enfoque-bowtie-fuertes-qiqbe>
- González, M. (2018, 5 de octubre) *5 cosas que debe saber sobre el estándar ISO 16530-1 de integridad de pozos y como AssetWise ALIM de Bentley puede ayudarle a adoptarlo*. LinkedIn Corporation. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/5-cosas-que-debe-saber-sobre-el-est%C3%A1ndar-iso-16530-1-y-mario/>
- International Organization for Standardization. (2017). *ISO 16530-1:2017: Petroleum and natural gas industries – Well integrity – Part 1: Life cycle governance*. Ginebra: ISO; 2017. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/63192.html>
- Kirker, Christian, Krikke, Tom, and Frederik Rengers.(2023). Improving the Efficiency and Economics of Offshore Well Abandonment with Remote Well Monitoring Solutions. *Paper presented at the Offshore Technology Conference, Houston, Texas, USA, May 2023*. doi: <https://doi.org/10.4043/32435-MS>
- Legis (2023) *Establecen requisitos para la suspensión temporal y definitiva de pozos de hidrocarburos*. Disponible en: <https://www.ambitojuridico.com/noticias/general/establecen-requisitos-para-la-suspension-temporal-y-definitiva-de-pozos-de#:~:text=Para%20el%20abandono%20definitivo%20de,longitud%20en%20el%20espacio%20anular>
- Lizárraga, D. (2020). 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*, 2021; 217–57. Disponible en: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoadministrativo/article/view/24308>
- Ministerio de Energía y Minas. (2004). *Decreto Supremo N.º 032-2004-EM: Reglamento de*

- las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos*. Disponible en: https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/955b4dff-be31-4417-83ac-535afe766a03/4_Decreto_Supremo_032_2004_EM.pdf?MOD=AJPERES
- Ministerio de Minas y Energía. (2023). *Resolución 40230 de 2023: Por la cual se establecen los requisitos técnicos mínimos para llevar a cabo las operaciones de suspensión temporal, abandono temporal o definitivo de pozos*. Disponible en: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40622_2023.htm
- Moms Clean Air Force. (2025, febrero). *What you need to know about orphaned wells*. Disponible en: <https://www.momscleanairforce.org/resources/what-you-need-to-know-about-orphaned-wells/>
- Norwegian University. (2019). *Well Integrity. Oil Production*. Disponible en: <https://oilproduction.net/perforacion/item/3694-well-integrity>
- NORSOK. D-010. (2021). *Well integrity in drilling and well operations. Rev. 5. Stavanger: Standards Norway; 2021*. Disponible en: <https://www.standards.no/en/sectors/petroleum/norsok-standards/d-010/>
- Petroecuador. (2025). *Estadísticas, datos e información de producción del Bloque X* [Conjunto de datos]. Información sujeta a confidencialidad.
- Sciacaluga, E. (2018). *Abandono de pozos en la actividad hidrocarburífera*. MicroJuris. Disponible en: <https://aldiaargentina.microjuris.com/2018/03/22/abandono-de-pozos-en-la-actividad-hidrocarburifera/>
- Secretaría de Energía, Transporte y Comunicaciones. (1996). *Decreto N° 1631/06*. Disponible en: <http://hidrocarburos.energianeuquen.gov.ar/storage/uploads/gJljpQwCozgzDzsnXG5mawJXllgKg7c4mAFC6AF8.pdf>
- Skorpa, R., Opedal, N., Khalifeh, M., and P. Moreira. (2024). *Raising the Bar: Why an Industrial Standard for Testing Hydraulic Sealability of Well Abandonment Materials in Laboratory is Essential for Well Integrity. Paper presented at the IADC/SPE International Drilling Conference and Exhibition, Galveston, Texas, USA, March 2024*. doi: <https://doi.org/10.2118/217934-MS>
- Valverde, V. (s.f.). *Normas y procedimientos para regular el abandono de pozos hidrocarburíferos*

y el control de pozos inactivos en el desarrollo de la actividad hidrocarburífera en la Provincia de Mendoza. Honorable Cámara de Diputados Mendoza. Disponible en:
<https://www.hcdmza.gob.ar/eweb/E-82000/E-82809/E-82809.pdf>