

UNA LECTURA SOBRE EFECTOS DE LOS LODOS USADOS EN PERFORACIONES EN LAS ASOCIACIONES COCORNÁ Y NARE (ANTIOQUIA, COLOMBIA)

Miguel Ángel SIERRA* , Yuli MARÍN† y Robinson RAMOS† .

RESUMEN

Los lodos utilizados en la perforación de pozos exploratorios y en campos de desarrollo de hidrocarburos pueden afectar negativamente el ambiente. Se presenta aquí una aproximación a la evaluación de dicho impacto, en aguas y suelos de los campos correspondientes a las asociaciones Cocorná y Nare (Antioquia, Colombia), y una propuesta para un manejo más apropiado de los lodos empleados en estos campos.

ABSTRACT

Drilling muds used in wildcats and in the development of oil-well fields, may harm the environment. An evaluation of drilling muds impact on rivers and terrains in Cocorná-Nare fields is presented in this paper. A method is proposed for the proper handling of drilling muds so that environmental problems and possible harms can be reduced.

INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto de investigación “Uso de materiales poliméricos, producidos o comercializados en Colombia, en perforación de pozos de gas o aceite” se desarrolló el trabajo sobre impacto ambiental del cual se informa aquí. En este trabajo se evaluó (mediante análisis de laboratorio para caracterización de suelos y de aguas, pruebas de infiltración de fluidos en el suelo y conductividad hidráulica del suelo en muestras no alteradas) el daño ambiental causado por lodos de perforación utilizados en las asociaciones Cocorná y Nare (Antioquia, Colombia).

Los resultados arrojados por las pruebas de laboratorio permitieron la identificación de parámetros característicos de la fase líquida del lodo residual, de aguas superficiales, aguas del nivel freático, suelos no alterados y suelos alterados por efecto del lodo residual, para su posterior comparación con valores permisibles determinados por la normatividad legal vigente en Colombia.

Finalmente, se presenta una propuesta técnico-económica para el manejo de lodos residuales in-situ, basada en un sistema cerrado de tratamiento de lodos, que incluye procesos físico-químicos y mecánicos. Esta alternativa puede convertirse en una opción

* Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, A.A. 1027, Medellín. Email: masierra@perseus.unalmed.edu.co

† Ingeniero de Petróleos, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, A.A. 1027 Medellín.

viable para el tratamiento de lodos en futuras perforaciones en las asociaciones Cocorná y Nare.

RESEÑA HISTÓRICA DE LAS ASOCIACIONES COCORNÁ Y NARE

La asociación Cocorná está localizada sobre el margen occidental del Río Magdalena (ver la figura 1). La división de la Asociación Cocorná se encuentra en la Tabla 1.

TABLA 1. Áreas comerciales de la asociación Cocorná (Tomada de Omimex de Colombia, ECOPETROL, 1997)

Área	Extensión (Acres)	Aprobación de comercialidad por ECOPETROL
TECA	1,938	20-agosto-1981
TOCHE	150	5 mayo-1984
COCORNÁ SUR	700	11-febrero-1985

La Asociación Nare se localiza en la margen oriental del Río Magdalena. Las áreas comerciales aprobadas por ECOPETROL se pueden ver en la Tabla 2.

TABLA 2. Áreas comerciales de la asociación Nare (Op.cit.)

Área	Extensión (Acres)	Aprobación de comercialidad por ECOPETROL
NARE SUR	660	21-diciembre-1984
NARE NORTE	1,700	25-marzo-1987
MORICHE	1,085	6-febrero-1988
CHICALÁ	830	20-diciembre-1989

Las operaciones en las Asociaciones Cocorná y Nare comenzaron en mayo de 1963. En 1981, ya había 50 pozos con un espaciamento de cinco acres. Para septiembre 30 de 1994, en el Campo Teca se habían perforado 206 pozos, a 10 acres (acre=43560 pies cuadrados) y 77 pozos, a 5 acres; en el Campo Nare se tenían 49 pozos, a 10 acres, y 2, a 5 acres.

Todos los pozos son completados en hueco abierto, ensanchado, con tubería de revestimiento ranurado y empaquetamiento con grava, debido a que las arenas productoras son muy poco consolidadas. La producción diaria promedio de un pozo está entre los 80 y los 120 Bbbs de fluido (crudo + agua).

Para la producción de los campos de las Asociaciones se acostumbra utilizar bombeo mecánico, realizando estimulación al yacimiento por medio de inyección de vapor. Las Asociaciones Cocorná y Nare tienen tres módulos para el manejo de la producción, cada uno de los cuales consta de un sistema de tratamiento de aguas de producción, separador de

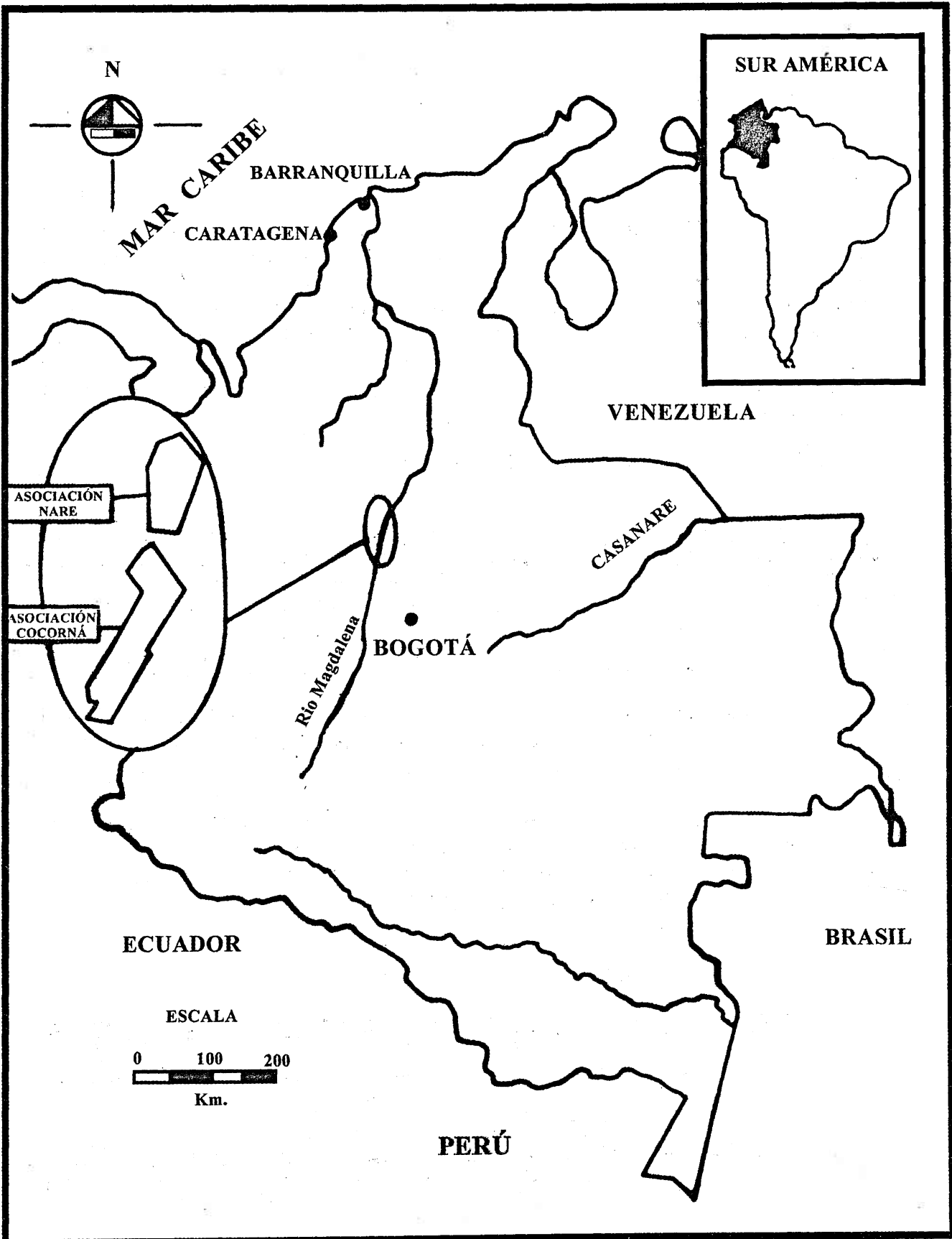


FIGURA 1. Localización de la zona de estudio

agua libre, dos tratadores electrostáticos, dos piscinas de óxido-reducción y un sistema de aireación y enfriamiento, por golpe y caída de agua, en un dissipador de energía. La producción diaria del campo es de unos 9000 barriles.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL YACIMIENTO

La estratigrafía del subsuelo de las Asociaciones Cocorná y Nare muestra una serie de intercalaciones de arcilla y arena de origen continental, depositadas en un basamento de rocas ígneas y metamórficas, que presenta una inclinación hacia el Este de cinco a siete grados. El espesor varía entre 2,000 y 3,000 pies (pie=30.48 centímetros). La sección superior (0-1,500 pies) está saturada con agua dulce y la sección inferior tiene dos zonas productoras de petróleo. En la figura 2 se presenta la columna estratigráfica correspondiente a las asociaciones Cocorná y Nare. En la tabla 3 se presentan datos sobre la estratigrafía de las asociaciones Cocorná y Nare.

TABLA 3. Estratigrafía de las asociaciones Cocorná y Nare. (Tomada de Marín, Ramos, Sierra, 1999)

CRONOESTRATIGRAFÍA	LITOESTRATIGRAFÍA
Cuaternario	Depósitos aluviales
Terciario	Formación diamante
	Terciario Indiferenciado
Basamento	Complejo Ígneo Metamórfico Indiferenciado

El mecanismo de entrapamiento del crudo consiste en una estructura disectada en bloques por fallas normales resultantes de una tectónica tensional, con bloque caído al Este. el hidrocarburo almacenado en esta formación es de 12.5 °API.

En cuanto a la petrografía, las rocas que conforman la sección sedimentaria son esencialmente depósitos formados por areniscas, conglomerados y arcillolitas, compuestas por material ígneo metamórfico, cuarzo, lidita y variedad de tipos de arcillas. La tabla 4 muestra algunas características petrofísicas de las zonas de interés para la producción de hidrocarburos.

TABLA 4. Características petrofísicas(Op.cit)

ZONA	INTERVALO(pies)	POROSIDAD %	PERMEABILIDAD ABSOLUTA
A	1600-1850	29	1080
B	2000-2200	28	1809
C	2200-2400		Baja permeabilidad

Los espesores de las zonas "A" y "B" pueden variar de pozo a pozo, debido a que estos cuerpos de arena se comportan como independientes, discontinuos, tanto lateral como verticalmente.

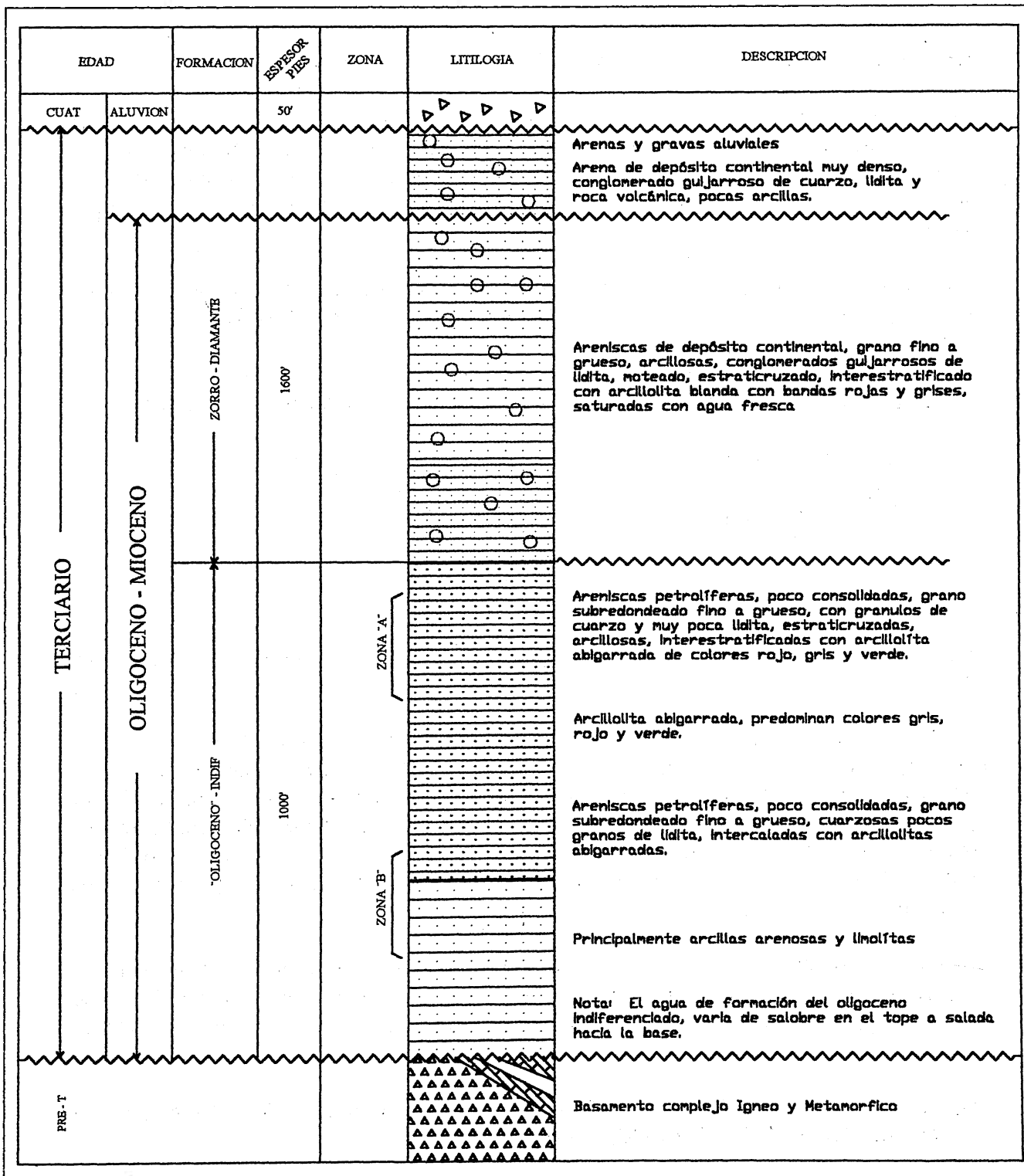


FIGURA 2. Columna estratigráfica generalizada de las Asociaciones Cocorná y Nare (Fuente: OMIMEX de Colombia).

DESCRIPCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE (FUNDEPESCA, 1996)

La topografía de la zona es quebrada, con cerros de poca altura, y fue aprovechada inicialmente para la construcción de piscinas para el almacenamiento de aguas de perforación y material lodoso. Esta práctica no se realiza actualmente por haber concluido en un 90% el período de perforación y por ir en contra de la normatividad ambiental vigente en Colombia.

La hidrología de la región identifica al Río Magdalena como el principal cuerpo hídrico superficial, seguido por el Río Cocorná, que atraviesa el área de la Asociación Cocorná en sentido Oeste-Este.

El clima de la región presenta cuatro períodos bien definidos por las precipitaciones:

- ✓ Dos períodos secos

enero-marzo:	80 mm de agua
julio-septiembre:	70mm de agua
- ✓ Dos períodos lluviosos

marzo-junio:	180 mm de agua
septiembre-diciembre:	280 mm de agua

La temperatura de la región se encuentra entre los 23-40°C y el índice promedio de humedad disponible es de 0.87.

Ecológicamente hablando, el área de estudio se ubica dentro de la zona de vida de bosque húmedo tropical. La vegetación natural ha estado constantemente intervenida por las operaciones del campo, reduciéndola a un bosque secundario heterogéneo, representado por rastrojos bajos o altos, que alterna con áreas de pastos naturales y manejados. En la zona de explotación se viene realizando un programa de reforestación, corrección, control y prevención de erosión. Se cuenta con un vivero que produce y permite la propagación de material vegetal para reforestar.

La fauna silvestre es muy variada, sin embargo algunas especies se han reducido considerablemente y otras están en peligro de extinguirse. Como respuesta al hecho de que se mantenga el bosque, se da el retorno de especies propias de la región y se encuentran aves típicas de pantano.

DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO DE LOS FLUIDOS RESIDUALES DE PERFORACIÓN (FUNAMBIENTE, 1998)

Las dos piscinas de tratamiento de lodos, ubicadas generalmente al lado derecho del lugar de la perforación, tienen forma rectangular, con paredes oblicuas para evitar derrumbes. Se encuentran dispuestas en serie para facilitar el tratamiento físico de los residuos líquidos. Para evitar la filtración de los líquidos residuales y una posible contaminación de las aguas subterráneas, se impermeabiliza con geomembrana toda el área de las piscinas y sus paredes.

Durante la perforación se está disminuyendo constantemente el nivel de fluido en las piscinas de lodos a través de un camión de vacío; este proceso continúa hasta eliminar la mayor parte de la fase líquida del lodo residual, constituida por aguas aceitosas generadas durante las operaciones diarias en el mantenimiento de equipos y recogidas por una red de canales que las dirige hasta las piscinas. El carro lleva las aguas con algunos residuos de hidrocarburos al desnatador del módulo más cercano donde, por diferencia de densidades, se logra un primer paso de descontaminación. Posteriormente, las aguas residuales pasan por una primera piscina de oxidación del módulo, donde, la nata de grasas y aceites es recogida a través de una flauta mecánica y por mantas recolectoras. Aquí el tiempo de residencia de los fluidos es de 24 horas, durante las cuales se estabiliza la temperatura y se sedimenta la mayoría de los sólidos suspendidos. Por un conducto tipo sifón, que utiliza mecanismo de rebose, las aguas de la primera piscina entran a una segunda, donde el tiempo de residencia es de 72 horas y se realiza un proceso de oxigenación. De esta última piscina pasa a los canales de vertimiento que poseen trampas de hidrocarburos constituidas por mallas y mantas que retienen las trazas de crudo resultante. Finalmente las aguas son vertidas a los drenajes naturales existentes.

Una vez concluidas las actividades de perforación se efectúa un tratamiento final a las piscinas; los residuos sólidos que quedan como resultado del proceso de achique son mezclados con material de cantera (balasto granular). Esta mezcla se esparce en la localización del pozo para dar paso a un secado natural; finalmente, este material es cargado por volquetas y llevado a la zona de canteras donde es apilado por un tractor; en este lugar es dejado a la intemperie para alcanzar la mayor eliminación de humedad posible.

El mantenimiento de las vías internas de las Asociaciones es una actividad permanente que permite tener acceso a todos los pozos en condiciones óptimas. Para este procedimiento se utilizan residuos sólidos constituidos por arcillas que quedan de la decantación de los líquidos de la piscina y/o una mezcla de recebo con petróleo crudo.

En cuanto a la recuperación de la localización, luego de que todos los residuos líquidos y sólidos han sido evacuados de la zona, se procede a rellenar con material de cantera y con una capa final de suelo orgánico para empezar a re-vegetar el área.

Características del fluido utilizado durante la perforación.

Actualmente se está empleando, en la actividad de perforación de pozos de desarrollo y en su completamiento, lodo base agua dulce – bentonita (montmorillonita), tipo gel cáustico.

Las condiciones técnicas que debe presentar el lodo son: densidad apropiada a las condiciones de perforación, características reológicas compatibles con las condiciones del pozo y rendimiento de las bombas, buen arrastre de cortes, favorecer la velocidad de avance, no afectarse en gran medida por los contaminantes, evitar daño en las formaciones productoras. En la tabla 5 se encuentra la formulación típica del fluido de perforación y completamiento utilizado en las Asociaciones Cocorná y Nare.

TABLA 5. Formulación del fluido de perforación y completamiento utilizado (ALVAREZ, 1998)

ADITIVO	FUNCIÓN	CONCENTRACIÓN lbs/Bbl
Bentonita	Viscosificante	23.5
Lignol	Adelgazante y control de filtrado	0.25
Soda cáustica	Control de pH	0.15
Bicarbonato de sodio	Control contaminación con cemento	0.4

Problemas técnicos (no ambientales) asociados con el fluido utilizado.

- Hidratación de zonas de arcillas hinchables, lo que ocasiona bloqueo en la bajada del revestimiento de producción. Es uno de los inconvenientes que se presenta con más frecuencia. Se soluciona con la realización de un viaje corto para reparar el hueco.
- Puenteo del hueco, por lo que durante el empaquetamiento, el pozo deja de recibir grava, haciéndose necesario reversar para reacomodar la grava bombeada. En ocasiones es necesario sacar el revestimiento ranurado y realizar un par de viajes con broca para corregir el hueco.
- Pérdidas de circulación. Esto se ha presentado al perforar la zona superficial, lo que ha significado aumento, en cinco veces, del costo promedio correspondiente al consumo de fluido.

Descripción y usos del suelo característico de las asociaciones Cocorná y Nare.

- Zona de pastos naturales. Corresponde a los suelos ubicados al interior del campo; allí se practica la ganadería, principalmente. En las zonas de orillares y meandros abandonados, que hacen parte del plano aluvial del Río Magdalena, se establecen áreas de pastos naturales, combinados con cultivos de maíz, plátano y yuca.

En la zona de colinas de relieve quebrado y fuertemente ondulado, se presentan problemas de erosión debido al sobrepastoreo, al tipo de material de los suelos, a la alta pluviosidad, la carencia de cobertura vegetal que garantice la protección a los mismos y las condiciones climáticas de la zona.

- Zona de rastrojos altos: son pequeños espacios o zonas boscosas, ubicados en áreas de bajos inundables o valles intercolinares, donde las condiciones hídricas y edáficas brindan un ambiente adecuado para el desarrollo de las especies vegetales de tipo arbóreo.

- Zona de rastrojos bajos. Aquí, la vegetación está más intervenida que la anterior, La calidad, cantidad y diversidad de especies vegetales es más pobre.
- Zona de bajos inundables-humedales. Se caracteriza por presentar relieve cóncavo a plano, con drenaje muy lento. La dificultad para evacuar el agua de estas zonas radica en el tipo de relieve y en la poca permeabilidad de los suelos, al estar dominados por materiales arcillosos. El agua de estas zonas es eliminada muy lentamente y el nivel freático permanece sobre la superficie durante la mayor parte del año. Estas áreas representan un alto valor ecológico y faunístico que contribuye al equilibrio del sistema natural.

Indicadores Hídricos y Bióticos.

La evaluación de impactos en el componente hídrico tendrá en cuenta la deforestación del área y los procesos erosivos causados por el sobrepastoreo, que alteran el flujo y la calidad del agua por efectos de escorrentía, aumentando la sedimentación de las corrientes de agua. Por esta misma razón, también las ciénegas y los bajos del área verían alterada la calidad del agua y disminuida su extensión.

Desde el punto de vista hídrico, se pueden presentar alteraciones en este sistema y la calidad de sus aguas, para lo cual se analiza la presencia de los siguientes indicadores.

- Patrón de drenaje. Alteración. Este indicador será afectado por la construcción de accesos y “localizaciones” nuevas en las áreas de bajos. Su efecto será directo, de probabilidad segura de efectos locales y/o puntuales, de intensidad media, de duración permanente, de implicaciones ecológicas e hídricas negativas. Este indicador se afectará además por el mantenimiento de canales, de manera segura, con intensidad baja a media, de influencia periódica y de implicaciones negativas para el ambiente.
- Flujo. Alteración. Se verá afectado por las mismas actividades que en el indicador patrón de drenaje.
- Calidad del agua, alteración y sedimentación. Estos indicadores pueden verse afectados por múltiples causas: construcción de vías de acceso, explanaciones nuevas, rellenos de áreas de bajos, perforación de pozos, mantenimiento de la red vial y canales de drenaje. Estas actividades pueden aumentar la contaminación física del agua (aportes de sedimentos), contaminación orgánica (aportes de material vegetal en la limpieza de los canales, aporte de grasas y aceites), contaminación química (sales).
- Usos del agua. Alteración. Se considera que no se alteran los usos del agua dentro del área de influencia.

Sistema cerrado de tratamiento de lodos.

La aplicación del concepto “localización seca” se utiliza en zonas donde se prohíbe la descarga de desechos líquidos y sólidos al medio ambiente. Sirve especialmente para operaciones que justifiquen económicamente la reutilización de la fase líquida del sistema activo.

El sistema puede remover hasta un 80 o 90% de los sólidos generados. Adicionalmente puede mantener (<5%) el volumen de sólidos de bajo peso específico y de esta manera minimizar los problemas del pozo. También surge como respuesta a los problemas de reposición de agua requerida para la preparación del lodo y/o disposición de aguas residuales. Además pretende evitar efectos de hinchamiento (debido a la destrucción mecánica provocada por la broca y al tiempo de contacto con agua) de partículas de arcilla, observados dentro de las piscinas de disposición de lodos.

El sistema cerrado combina el tratamiento físico-químico del agua, con un manejo convencional de sólidos mediante separación mecánica, lo que da como resultado el suministro continuo de agua limpia.

Dentro del tratamiento físico-químico se incluye la neutralización, coagulación y floculación para maximizar la separación con centrífuga. Se dispone, además, de un agitador en la piscina de reserva para mejorar las características homogéneas de la fase líquida.

Dentro de este tratamiento juega un papel importante el potencial zeta, dado que el líquido puede ser neutralizado, coagulado, floculado y subsecuentemente separado por centrifuga. Este potencial se basa en la aplicación de la teoría química y electroquímica, y se define como la medida de la carga eléctrica esférica que rodea el núcleo de una partícula coloidal. Con ayuda de la coagulación se reducen las fuerzas de repulsión, logrando la aglomeración de partículas para la creación de floculos, lo que incrementa la eficiencia de centrifugación.

El uso de una unidad de control de sólidos permite la recuperación de agua, y finalizar las operaciones de perforación con una piscina de emergencia seca. También logra la reducción de partículas de perforación a un mínimo. La figura 3 ilustra los componentes del sistema y su funcionamiento en conjunto.

Al finalizar las operaciones de perforación, las piscinas se pueden llenar, con una mezcla de material orgánico y sólidos removidos, para reforestación posterior. Los sólidos restantes pueden ser utilizados como material de carretera, después de mezclarlos con crudo.

En la tabla 6 se puede apreciar una comparación entre los costos ocasionados por el manejo actual de los lodos de perforación, en las asociaciones Cocorná y Nare, y el manejo mediante un sistema cerrado.

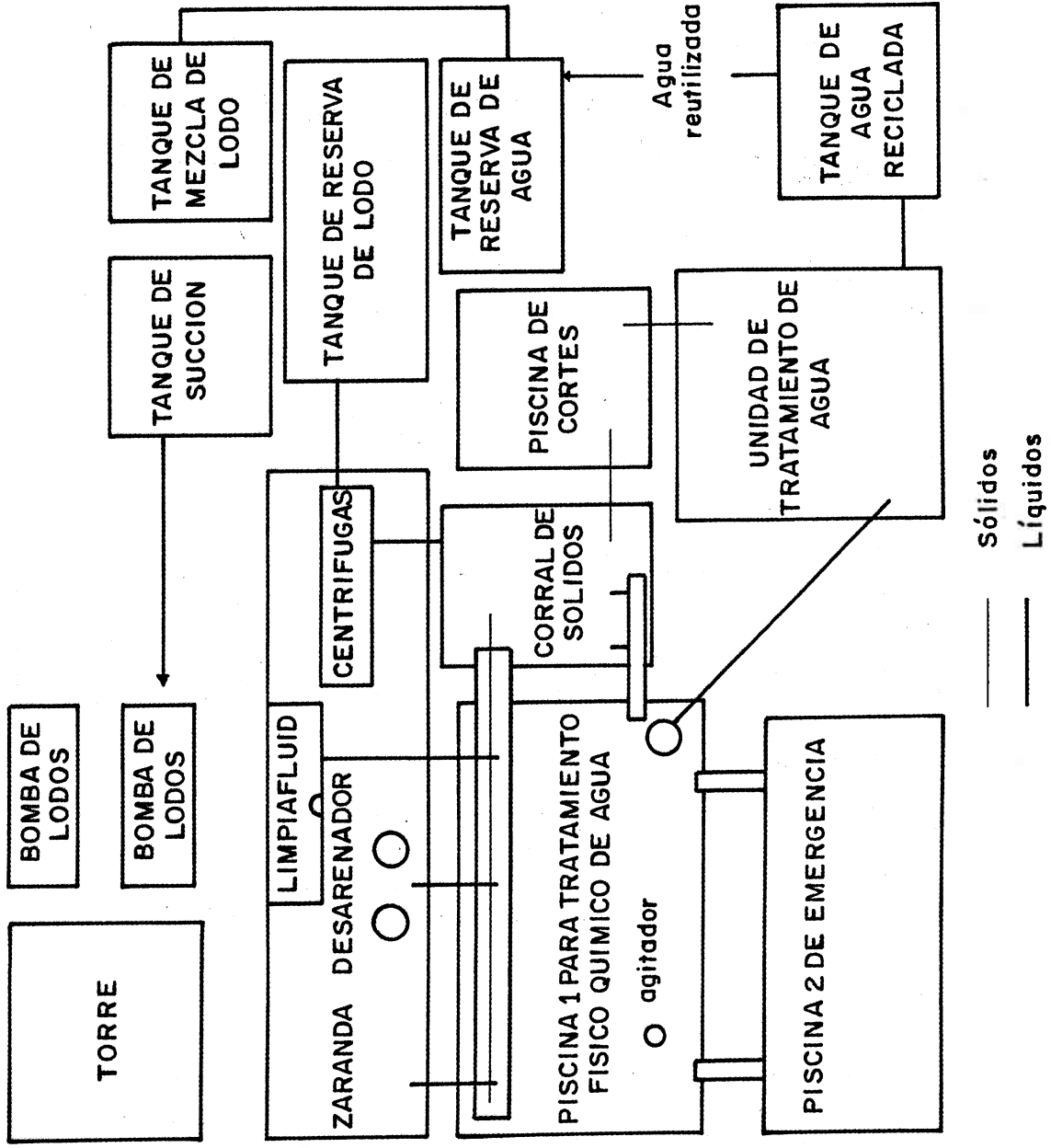


FIGURA 3. Esquema de sistema cerrado para manejo de lodos de perforación (Sierra et al., 1999 p.67).

TABLA 6. Comparación de costos entre el sistema actual de manejo de lodos de perforación y un sistema cerrado.

DESCRIPCIÓN	SISTEMA ACTUAL, COSTO (\$US)	SISTEMA CERRADO, COSTO (\$US)
Construcción de piscinas, retroexcavadora y volquetas	1140	570
Geomembrana (compra, instalación y anclaje)	1789.41	897.71
Compra y utilización de químicos	0	?
Contratación de servicios de tratamiento de fluidos, con sistema cerrado	0	10500
Achique de las piscinas, 96 hr de camión de vacío	3383.47	0
Tapado de las piscinas, retroexcavadora y volquetas	4266.67	2133.33
Disposición de lodos, retroexcavadora, tractor, volquetas, motoniveladora, vibroniveladora	3511.11	1755.56
Reforestación	420.22	422.22
TOTAL	14510.88	16276.82

CONCLUSIONES

- Tanto pruebas fisico-químicas de aguas como de suelos han permitido determinar que el tratamiento utilizado actualmente para los lodos de perforación en las asociaciones Cocorná y Nare está impactando nocivamente el ambiente.
- Las pruebas de suelos permiten concluir que aunque el lodo es simple, causa efectos nocivos sobre las características físico-químicas, disminuyendo su fertilidad.
- En términos generales las muestras tanto de las piscinas como del piezómetros no cumplen con los valores máximos permisibles para vertimiento de aguas industriales. Estos cuerpos de agua no están cumpliendo con los parámetros permitidos y no sirven para consumo humano ni doméstico; no pueden, entonces, ser empleados para la agricultura, ganadería o recreación.

- Aunque la tabla comparativa de costos (tabla 6) muestra un mayor gasto por concepto de manejo de lodos residuales mediante el sistema cerrado, es necesario tener en cuenta las ventajas de tipo ambiental y la posibilidad de recibir sanciones a causa de un manejo que no se ajuste a la normatividad ambiental.

NOMENCLATURA

A.A.	: Apartado aéreo.
Bbbs	: Barriles.
°C	: Grados Celsius o centígrados
ECOPETROL	: Empresa Colombiana de Petróleos.
FUNAMBIENTE	: Fundación salvemos al medio ambiente.
FUNDEPESCA	: Fundación para la pesca y la acuicultura.
Hr	: Horas.
Lbs	: Libras.
Ltda.	: Limitada
Md	: milidarcys.
Mm	: milímetros.
Op.cit	: Obra citada.
p.	: página.
pp.	: páginas
\$US	: Dólares de Estados Unidos de América.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, A. Evaluación y optimización de los fluidos de perforación y completamiento utilizados en pozos de desarrollo de los campos Teca y Nare. Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Santafé de Bogotá. 1998. 175pp.

FUNAMBIENTE. Documento de evaluación de impacto ambiental para diez pozos de desarrollo en locaciones existentes. 1998.

FUNDEPESCA. Estudio sobre caracterización de bióticos y abióticos. Informe final. Santafé de Bogotá. 1996. 101pp.

OMIMEX DE COLOMBIA, Ltda. Y ECOPETROL Informe Técnico Anual (1996). Asociación Cocorná. 1997.

SIERRA, M., MARÍN, Y. Y RAMOS, R. Evaluación del efecto de los lodos, usados durante la perforación de pozos someros en las asociaciones Cocorná y Nare, sobre cuerpos de aguas superficiales, aguas del nivel freático y suelos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Departamento de Recursos Minerales. Medellín, 1999. 148pp.