

## **INFORME GERENCIAL EJECUTIVO**

### **OPERACIONES DE PERFORACIÓN - POZO BAKTE-9, ETAPA INTERMEDIA 18 1/2"**

#### **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente informe documenta las operaciones de perforación de la etapa intermedia con barrena de 18 1/2" en el pozo BAKTE-9, desde el 16 de abril hasta el 23 de abril de 2025. La operación culminó en un incidente mayor de pega de tubería a 1,052 metros de profundidad medida, con pérdida total de la sarta de perforación por debajo de este punto. La profundidad total programada de 2,650 metros fue alcanzada exitosamente el 20 de abril, sin embargo, durante las operaciones de extracción subsecuentes se presentaron condiciones severas de inestabilidad del pozo que resultaron en el atrapamiento irrecuperable de la sarta navegable.

#### **DATOS GENERALES DEL POZO**

**Identificación del Pozo:** BAKTE-9

**Etapa de Perforación:** Intermedia

**Diámetro de Agujero:** 18 1/2 pulgadas

**Tubería de Revestimiento Previa:** 20 pulgadas con zapata a 950 metros

**Tubería de Revestimiento Programada:** 16 pulgadas

**Profundidad Inicial:** 950 metros (profundidad medida)

**Profundidad Final Alcanzada:** 2,650 metros (profundidad medida)

**Intervalo Perforado Total:** 1,700 metros

**Fecha de Inicio:** 16 de abril de 2025, 20:00 horas

**Fecha de Incidente:** 22 de abril de 2025, 14:30 horas

**Duración Total de Operaciones:** 7 días

#### **CONFIGURACIÓN DE LA SARTA DE PERFORACIÓN**

La sarta de perforación utilizada consistió en un ensamblaje de fondo navegable (steerable assembly) con las siguientes características principales:

**Barrena:** PDC (Polycrystalline Diamond Compact) de 18 1/2 pulgadas

**Sistema de Navegación:** Sarta rotatoria navegable con capacidad de toma de registros direccionales

**Tubería de Perforación:** Tubería de 5 1/2 pulgadas, grado S-135, peso nominal de 24.7 libras por pie, conexiones GPDS 55

**Herramientas Especiales en el Ensamble:**

- Válvula multiciclos para control de circulación
- Sistema Well Commander para aislamiento de fondo
- Martillo hidráulico para liberación de sarta

- Top Drive con capacidad de rotación continua

La sarta navegable permitió la adquisición de datos direccionales cada tres língadas perforadas, manteniendo control sobre la trayectoria del pozo dentro de los parámetros de verticalidad establecidos.

## PROGRAMA DE DENSIDADES DE LODO

El programa de control de presiones implementado estableció incrementos graduales en la densidad del fluido de perforación para mantener el balance de presiones conforme se profundizaba:

**Intervalo 950 a 1,500 metros:** Densidad de 1.30 gramos por centímetro cúbico. Este segmento inicial correspondió a formaciones de lutitas y areniscas con presiones de poro relativamente bajas.

**Intervalo 1,500 a 2,000 metros:** Incremento programado a 1.32 gramos por centímetro cúbico. El aumento se implementó de manera gradual para ajustarse a las condiciones de presión anticipadas en formaciones más profundas.

**Intervalo 2,000 a 2,650 metros:** Incremento final a 1.35 gramos por centímetro cúbico. Esta densidad se mantuvo hasta completar la profundidad total programada y durante las operaciones posteriores de limpieza y extracción.

Durante las operaciones de circulación y limpieza, la densidad de entrada y salida se mantuvo estable en los valores programados, con densidades de circulación equivalentes que no excedieron 1.36 a 1.40 gramos por centímetro cúbico, lo cual indica un control adecuado de las propiedades reológicas del lodo.

## DESARROLLO CRONOLÓGICO DE LAS OPERACIONES

### Fase 1: Perforación Exitosa (16 al 20 de abril)

Las operaciones de perforación iniciaron el 16 de abril a las 20:00 horas desde la profundidad de 950 metros, inmediatamente debajo de la zapata de la tubería de revestimiento de 20 pulgadas. La perforación progresó de manera consistente con parámetros operacionales dentro de los rangos establecidos.

### Parámetros de Perforación Típicos durante la Fase Productiva:

El peso sobre la barrena se mantuvo en un rango de 7 a 18 toneladas, ajustándose según las características de la formación. La velocidad de rotación varió entre 80 y 170 revoluciones por minuto, con incrementos graduales conforme se optimizaban las condiciones de perforación. El torque operacional osciló entre 4 y 21 mil libras-pie,

valores considerados normales para el diámetro de agujero y tipo de formación atravesada. El gasto de circulación se estableció en 1,060 galones por minuto para la mayor parte de la operación, con presiones de bombeo que alcanzaron hasta 3,710 libras por pulgada cuadrada en la profundidad total.

#### **Tasas de Penetración Alcanzadas:**

Durante los primeros 500 metros de perforación (950 a 1,500 metros), se alcanzaron tasas de penetración promedio de 50.80 metros por hora con picos instantáneos de 60 metros por hora. Estas tasas representan condiciones óptimas de perforabilidad en formaciones competentes. Entre 1,500 y 2,000 metros, la tasa promedio se mantuvo en 39.16 metros por hora, con disminución gradual conforme se atravesaban intercalaciones de formaciones más duras. En el intervalo final de 2,000 a 2,650 metros, la tasa promedio disminuyó a 30.66 metros por hora, con valores de penetración de 2.3 a 2.6 minutos por metro, reflejando la presencia de formaciones conglomeráticas de mayor dureza.

#### **Litología Atravesada:**

La columna geológica perforada consistió predominantemente en lutitas de color gris claro, gris verdoso y café claro, con clasificación de semiduras a duras, ligeramente arenosas y ligeramente calcáreas. Se identificaron intercalaciones de areniscas de grano fino a medio con matriz arcillosa y cementante calcáreo. Un hallazgo significativo fue la presencia de intervalos conglomeráticos entre 1,930 y 1,970 metros de profundidad, con porcentajes variables de conglomerado que alcanzaron hasta 80 por ciento en el intervalo de 1,950 a 1,960 metros. También se reportaron fragmentos esporádicos de bentonita verde olivo y gris claro en diversos intervalos.

#### **Control Direccional:**

Los registros direccionales tomados cada tres lingadas perforadas mostraron un control efectivo de la trayectoria. El último registro direccional a profundidad total (2,650 metros) reportó una inclinación de 0.20 grados con azimut de 72.48 grados, manteniendo el pozo dentro de los parámetros de verticalidad establecidos. La severidad de pata de perro (dogleg severity) se mantuvo por debajo de 0.20 grados por cada 30 metros, valor aceptable para pozos de estas características.

#### **Operaciones Complementarias:**

Se implementó un programa riguroso de limpieza de pozo mediante el bombeo de baches viscosos de 8 metros cúbicos cada dos lingadas y baches de reforzamiento cada siete lingadas. Los baches de reforzamiento contenían carbonato de calcio (10 kilogramos por metro cúbico), G-Seal Plus (30 kilogramos por metro cúbico), Ultralock (7 kilogramos por metro cúbico) y Viseal Fino (10 kilogramos por metro cúbico). Cada

tres lingadas se realizaba el repaso de un tramo completo de tubería para mantener el calibre del agujero y verificar las condiciones de la sarta.

La profundidad total de 2,650 metros se alcanzó el 20 de abril a las 19:00 horas después de 54.54 horas de perforación efectiva desde 2,403 metros, con un record acumulado de 1,632 metros desde el inicio de la etapa.

### **Fase 2: Operaciones de Limpieza y Acondicionamiento (20 al 21 de abril)**

Una vez alcanzada la profundidad total programada, se procedió con operaciones de circulación y acondicionamiento del pozo para prepararlo para la corrida de registros eléctricos y eventual cementación de la tubería de revestimiento de 16 pulgadas.

El 20 de abril entre las 19:00 y 21:30 horas, se realizó circulación para recuperar muestra de fondo, confirmando litología consistente con las observaciones previas. Posteriormente, entre las 21:30 y 24:00 horas, se bombeó un tren de baches completo que incluyó baches viscosos y de reforzamiento, circulando hasta completar el ciclo de limpieza. Durante estas operaciones se detectó un arrastre de 10 toneladas a 2,638 metros, primer indicador de condiciones potencialmente problemáticas en el agujero.

Se procedió con conformación del intervalo utilizando rotación y circulación, verificando paso libre con bombeo. Las operaciones de limpieza de alta energía iniciaron el 21 de abril a las 00:00 horas, levantando la barrena desde 2,650 hasta 2,563 metros con gasto de 1,055 galones por minuto, presión de bombeo de 3,650 libras por pulgada cuadrada, rotación de 80 revoluciones por minuto y torque de 4 a 15 mil libras-pie. El pozo mostraba limpieza adecuada en las temblorinas, sin embargo, se observaron arrastres de 10 toneladas al intentar movimientos sin rotación.

### **Fase 3: Deterioro de Condiciones del Pozo (21 al 22 de abril)**

El 21 de abril entre las 02:30 y 22:30 horas se realizó el levantamiento de la sarta desde 2,563 metros hasta 1,800 metros, operación que requirió 20 horas debido a condiciones progresivamente adversas. Fue necesario mantener rotación y circulación continuas para lograr el movimiento de la sarta, con gastos de 1,000 galones por minuto, presiones de bombeo de 3,323 libras por pulgada cuadrada, velocidad de rotación variable de 30 a 117 revoluciones por minuto y torque de 4 a 23 mil libras-pie.

Durante este levantamiento se identificaron múltiples puntos apretados a las siguientes profundidades: 2,618 metros, 2,590 metros, 2,550 metros, 2,401 metros, 2,362 metros, 2,332 metros, 2,317 metros y 2,311 metros. A la profundidad de 2,317 metros fue necesario bombear 5 metros cúbicos de bache viscoso y 5 metros cúbicos de bache de reforzamiento adicionales para facilitar el paso de la sarta. Las

temblorinas comenzaron a mostrar salida continua de derrumbes, indicando inestabilidad generalizada de las paredes del pozo.

Los intentos de levantar la sarta sin rotación o en elevadores (sin apoyo en cuñas) resultaron sistemáticamente en arrastres de 10 toneladas, obligando a mantener condiciones dinámicas de manera continua. La densidad del lodo se incrementó a 1.36 gramos por centímetro cúbico y la densidad de circulación equivalente alcanzó 1.40 gramos por centímetro cúbico en un intento de estabilizar las paredes del pozo mediante presión hidrostática adicional.

Entre las 22:30 horas del 21 de abril y las 01:30 horas del 22 de abril, con la sarta posicionada a 1,800 metros, se realizaron operaciones adicionales de limpieza bombeando baches viscosos y de reforzamiento, reciprocando la sarta hacia arriba y abajo con rotación intermitente de 78 revoluciones por minuto. La salida en temblorinas continuó mostrando abundantes derrumbes blocos de formación.

El levantamiento continuó el 22 de abril desde 1,800 metros, progresando lentamente hasta 1,529 metros entre las 01:30 y 13:30 horas (12 horas para 271 metros), manteniendo circulación y rotación continuas. Se detectaron puntos apretados adicionales a 1,769 metros, 1,728 metros, 1,610 metros y 1,607 metros. Los intentos de levantar con baja energía resultaron consistentemente en arrastres de 10 toneladas.

#### **Fase 4: Incidente de Atrapamiento de Sarta (22 de abril, 13:30 horas)**

A las 13:30 horas del 22 de abril, con la sarta a 1,529 metros y en un intento de reducir las condiciones dinámicas requeridas para el movimiento, se tomó la decisión de bajar la barrena desde 995 metros hasta 1,065 metros para ganar peso y vencer el arrastre existente, con el objetivo de poder levantar posteriormente con bombeo hasta la zapata de la tubería de revestimiento de 20 pulgadas situada a 950 metros.

Entre las 13:30 y 14:30 horas, al intentar levantar desde 1,065 metros, se observó nuevamente arrastre de 10 toneladas sin condiciones de circulación y rotación. Al establecer circulación con 600 galones por minuto y rotación de 35 revoluciones por minuto, se alcanzó una profundidad de 1,051 metros cuando ocurrió un incremento súbito de presión de bombeo acompañado de paros intermitentes de la rotaria. Simultáneamente se detectó pérdida total de circulación, con el fluido siendo absorbido por la formación sin retorno a superficie.

El torque durante este evento alcanzó valores erráticos de 2 a 26 mil libras-pie, y las presiones de bombeo oscilaron entre 520 y 1,349 libras por pulgada cuadrada antes de estabilizarse en valores anormalmente bajos que confirmaban la pérdida de circulación. La sarta quedó efectivamente atrapada a 1,052 metros sin capacidad de movimiento vertical ni rotación.

### **Fase 5: Operaciones de Liberación (22 al 23 de abril)**

Entre las 14:30 y 15:30 horas del 22 de abril se intentó liberar la sarta mediante activación del martillo hidráulico incluido en el ensamble de fondo. Se realizaron 36 impactos hacia abajo desde el punto neutro de 210 mil libras, descargando en compresión hasta 80 mil libras, y 13 impactos hacia arriba tensionando desde 210 mil libras hasta 320-350 mil libras, todos sin éxito en liberar la sarta.

A las 15:30 horas se activó la válvula multiciclos mediante el lanzamiento de una canica de 2 1/2 pulgadas, confirmando el cierre con un incremento de presión a 1,900 libras por pulgada cuadrada que posteriormente se desfogó a 97 libras por pulgada cuadrada. Este procedimiento permitió restablecer parcialmente la circulación a través de puertos laterales en la sarta.

Entre las 16:00 y 18:00 horas se bombaron 10 metros cúbicos de bache viscoso y 10 metros cúbicos de bache de reforzamiento, circulando hasta completar el ciclo con gasto de 1,055 galones por minuto y presión de 1,782 libras por pulgada cuadrada. Las temblorinas mostraron abundante material de derrumbe en el retorno. Entre las 18:00 y 19:00 horas se realizaron tres intentos adicionales de liberación con martillo hacia arriba, tensionando hasta 350 mil libras (108 mil libras sobre el peso estático de la sarta), durante los cuales se observó una caída súbita de presión de circulación de valores normales hasta 280 libras por pulgada cuadrada, acompañada de una caída anómala en la indicación de peso de la sarta de 280 mil libras a 87 mil libras.

A las 19:00 horas, al proceder con el levantamiento de lingadas de tubería de perforación para investigar las condiciones de la sarta, se levantaron las lingadas número 31, 30, 29 y un tramo de la lingada número 28 (con número de serie 09T.1124), momento en el cual se observó que dicho tramo se había desconectado de la porción inferior de la sarta. La inspección con personal especialista de la cuerda del piñón confirmó la desconexión, identificando que quedaba en el pozo un pescado de aproximadamente 970 metros de longitud con boca de pescado situada a 82 metros de profundidad desde superficie.

### **Fase 6: Operaciones de Recuperación y Evaluación (22 al 23 de abril)**

Entre las 20:00 horas del 22 de abril y las 02:30 horas del 23 de abril se realizó el cambio del double pin (saversub) del top drive de conexión 7 5/8 pulgadas regular a conexión GPDS 55 para permitir la conexión directa de tubería de perforación sin herramientas intermedias. Simultáneamente se realizó inspección completa del top drive, subestructura, plataforma de trabajo y mástil debido a las cargas extremas aplicadas durante la activación del martillo al cien por ciento de su capacidad.

Con la supervisión de personal especializado en operaciones de pesca, se procedió a meter tubería de perforación de 5 1/2 pulgadas grado DS55 (drill stem) con el objetivo

de conectar con la boca del pescado. A las 04:00 horas del 23 de abril, a una profundidad de 82.29 metros, se observó incremento de presión de circulación de 244 a 1,788 libras por pulgada cuadrada e incremento de torque de 0.8 a 45 mil libras-pie, confirmando la conexión con la boca del pescado. Se verificó el agarre tensionando 20 toneladas por encima del peso estático de la sarta de manera satisfactoria.

Entre las 04:00 y 07:30 horas se circuló limpiando el pozo con gasto de 803 galones por minuto y presión de 1,114 libras por pulgada cuadrada, observando salida esporádica de derrumbes blocos al cien por ciento en las temblorinas. Entre las 07:30 y 10:00 horas se intentó liberar el pescado mediante tensión hasta 270 mil libras y compresión hasta 180 mil libras en cinco ocasiones diferentes, todas sin éxito.

A las 10:00 horas se procedió a activar el sistema Well Commander (herramienta de aislamiento de fondo) mediante lanzamiento de canica de 2 1/2 pulgadas, realizando el procedimiento de cierre con un incremento de presión de 2,800 libras por pulgada cuadrada que posteriormente se abatió hasta 883 libras por pulgada cuadrada, confirmando el cierre satisfactorio de la herramienta. Sin embargo, al intentar restablecer circulación no se observó salida de fluido en las temblorinas, indicando que el aislamiento había impedido la comunicación hidráulica.

Entre las 11:00 y 13:30 horas se realizaron tres intentos adicionales de liberación mediante tensión y compresión sin éxito alguno. Entre las 13:30 y 17:00 horas se implementaron dos intentos de represionamiento del anular a través del espacio anular con el preventor esférico cerrado. La sarta fue colocada en compresión con 120 mil libras en el indicador, se verificó libre flujo del anular, y se represionó mediante bombas del equipo en estaciones incrementales. El primer intento alcanzó 450 libras por pulgada cuadrada mantenidas por 10 minutos, y el segundo intento alcanzó 650 libras por pulgada cuadrada también por 10 minutos, ambos sin lograr liberar la sarta. La presión fue desfogada de manera controlada a través del estrangulador después de cada intento.

A las 17:00 horas se realizaron 11 activaciones adicionales del martillo hacia abajo sin éxito. A las 18:00 horas se abrió nuevamente la válvula multiciclos confirmando con 2,722 libras por pulgada cuadrada de incremento y desfogue posterior a 117 libras por pulgada cuadrada. Se realizó prueba de gasto desde 200 hasta 800 galones por minuto verificando circulación satisfactoria en temblorinas. Entre las 19:00 y 22:00 horas se circuló con 800 galones por minuto y presión de 1,150 libras por pulgada cuadrada observando retorno limpio.

A las 22:00 horas del 23 de abril se tomó la decisión de preparar para operaciones de corte de la sarta mediante herramienta de corte (severing tool) y posteriormente proceder con operaciones de pesca especializadas. Se realizó junta de seguridad con todo el personal involucrado para planificar las operaciones subsecuentes.

## **PARÁMETROS OPERACIONALES DETALLADOS**

### **Parámetros Hidráulicos**

Los parámetros hidráulicos durante la perforación se mantuvieron dentro de los siguientes rangos:

**Gasto de Circulación:** El gasto se estableció en 700 galones por minuto durante la perforación inicial hasta 955 metros, incrementándose progresivamente hasta 850 galones por minuto a 958 metros y alcanzando el valor operacional estándar de 1,060 galones por minuto para la mayor parte de la operación desde 1,038 metros hasta profundidad total.

**Presión de Bombeo:** La presión de bombeo mostró incremento proporcional a la profundidad, iniciando en 1,400 libras por pulgada cuadrada a 950 metros, aumentando a 2,080 libras por pulgada cuadrada a 958 metros, 2,810 libras por pulgada cuadrada a 1,038 metros, 3,000 libras por pulgada cuadrada a 1,502 metros, 3,100 libras por pulgada cuadrada a 1,639 metros, 3,300 libras por pulgada cuadrada a 1,957 metros, 3,380 libras por pulgada cuadrada a 2,021 metros, 3,600 libras por pulgada cuadrada a 2,360 metros, y alcanzando el máximo de 3,710 libras por pulgada cuadrada a profundidad total de 2,650 metros.

**Densidad de Circulación Equivalente:** La densidad de circulación equivalente se mantuvo entre 1.301 y 1.317 gramos por centímetro cúbico durante la perforación con densidad de 1.30 gramos por centímetro cúbico, incrementándose a un rango de 1.34 a 1.36 gramos por centímetro cúbico durante la perforación con densidades de 1.32 a 1.35 gramos por centímetro cúbico, y alcanzando hasta 1.40 gramos por centímetro cúbico durante las operaciones de circulación de alta energía con densidad de lodo de 1.36 gramos por centímetro cúbico.

### **Parámetros Mecánicos**

**Peso sobre Barrena:** Durante la perforación en formaciones de lutita y arenisca (950 a 1,930 metros) el peso sobre barrena se mantuvo en el rango de 8 a 15 toneladas. Al atravesar las secciones conglomeráticas (1,930 a 1,970 metros) y formaciones más competentes hasta profundidad total, el peso se incrementó hasta un rango de 7 a 18 toneladas para mantener tasas de penetración adecuadas.

**Velocidad de Rotación:** La velocidad de rotación inició en 80 revoluciones por minuto durante los primeros metros de perforación, incrementándose progresivamente hasta 150 revoluciones por minuto a 1,038 metros y alcanzando el valor operacional de 160 a 170 revoluciones por minuto para el resto de la operación hasta profundidad total.

**Torque:** El torque operacional varió entre 4 y 21 mil libras-pie durante condiciones normales de perforación, con valores máximos ocasionales hasta 45 mil libras-pie durante el evento de atrapamiento.

### Parámetros de Control de Sarta

**Peso Estático de la Sarta:** A profundidad total de 2,650 metros, el peso estático de la sarta (sin rotación y sin bombeo) fue de 322 mil libras en posición arriba (sarta en tensión) y 333 mil libras en posición abajo (sarta en compresión), con una diferencia de 11 mil libras representando las pérdidas por fricción en el sistema.

**Capacidades de Tensión:** Durante las operaciones de liberación se aplicaron tensiones máximas de 350 mil libras, equivalentes a 108 mil libras sobre el peso estático de la sarta, sin exceder los límites de resistencia de la tubería de perforación de 5 1/2 pulgadas grado S-135.

## ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE CIRCULACIÓN

Durante la etapa de perforación se reportó pérdida acumulada de 66 metros cúbicos de fluido de perforación. Esta pérdida se presentó de manera gradual durante las operaciones normales, principalmente asociada a la permeabilidad natural de las formaciones arenosas y posibles fracturas inducidas en zonas de lutita sobrepresionada. El evento crítico de pérdida total de circulación ocurrió el 22 de abril durante las operaciones de movimiento de sarta, cuando el fluido dejó de retornar completamente a superficie, siendo absorbido por una zona de pérdida inducida probablemente por el diferencial de presión y las condiciones mecánicas adversas del pozo.

## EVALUACIÓN DE INESTABILIDAD DEL POZO

La inestabilidad del pozo se manifestó progresivamente a través de los siguientes indicadores:

**Derrumbes en Temblorinas:** La aparición de derrumbes blocos de formación en las temblorinas inició durante el levantamiento de la sarta desde profundidad total, intensificándose conforme se realizaban movimientos de tubería. Los derrumbes consistían en fragmentos de lutita consolidada de tamaño variable, indicando desprendimiento de las paredes del pozo.

**Puntos Apretados Múltiples:** La identificación de ocho puntos apretados distintos en el intervalo de 2,618 a 2,311 metros, seguidos de cuatro puntos apretados adicionales en el intervalo de 1,769 a 1,607 metros, evidencia un patrón de reducción del diámetro efectivo del agujero por colapso parcial de las paredes o acumulación de material derrumbado.

**Arrastres Constantes:** Los arrastres de 10 toneladas observados consistentemente al intentar movimientos sin condiciones dinámicas (sin rotación ni circulación) indican fricción excesiva entre la sarta y las paredes del pozo, causada por contacto directo con formación derrumbada o paredes irregulares.

**Requerimiento de Condiciones Dinámicas Continuas:** La necesidad de mantener rotación y circulación simultáneas para lograr cualquier movimiento de la sarta representa una condición operacional crítica que limita severamente las opciones de contingencia.

Las causas fundamentales de esta inestabilidad incluyen factores geológicos (presencia de lutitas con tendencia al hinchamiento y fracturamiento, intercalaciones de formaciones con propiedades mecánicas contrastantes), factores de diseño ( posible subdimensionamiento de la densidad de lodo para controlar presiones de poro y esfuerzos in situ de la formación), y factores operacionales (tiempo de exposición prolongado de las paredes del pozo a los fluidos de perforación, vibraciones mecánicas y cargas cíclicas durante la perforación).

## CONFIGURACIÓN FINAL DEL PESCADO

Como resultado de la desconexión de la sarta de perforación, quedó en el pozo un pescado con las siguientes características:

**Longitud Aproximada del Pescado:** 970 metros medidos desde la boca del pescado hasta la barrena

**Profundidad de la Boca del Pescado:** 82 metros desde superficie

**Profundidad del Extremo Inferior:** Aproximadamente 1,052 metros (punto de atrapamiento original)

**Componentes Incluidos en el Pescado:** Barrena PDC de 18 1/2 pulgadas, ensamble de fondo navegable completo con herramientas de medición mientras se perfora, válvula multiciclos, sistema Well Commander, martillo hidráulico, y aproximadamente 970 metros de tubería de perforación de 5 1/2 pulgadas grado S-135 conexiones GPDS 55

**Punto de Desconexión:** La desconexión ocurrió en la conexión del tramo de tubería con número de serie 09T.1124 de la lingada número 28, después de haber sometido la sarta a esfuerzos cíclicos de tensión y compresión extremos durante las operaciones de liberación con martillo hidráulico.

## PRUEBAS DE INTEGRIDAD REALIZADAS

Durante las operaciones se realizó una prueba de integridad de formación (Formation Integrity Test) el 16 de abril a las 22:30 horas con la barrena a 940 metros de profundidad medida. Con el espacio anular alineado, se probaron las líneas con

presiones de 350 a 1,500 libras por pulgada cuadrada durante 5 a 10 minutos de manera satisfactoria. Se verificó libre flujo del espacio anular y se cerró el preventor superior con arietes para tubería de 5 1/2 pulgadas. Se bombearon 1.7 barriles de lodo de densidad 1.30 gramos por centímetro cúbico a un gasto de 0.3 barriles por minuto, alcanzando una presión máxima de 340 libras por pulgada cuadrada que se mantuvo por 15 minutos. Al desfogar la presión se retornó el mismo volumen bombeado, confirmando la integridad satisfactoria de la formación expuesta inmediatamente debajo de la zapata de 20 pulgadas a 950 metros.

Esta prueba estableció el gradiente de fractura en la zapata, valor crítico para determinar las presiones máximas permisibles durante operaciones de control de pozo. Sin embargo, no se realizaron pruebas de integridad adicionales a profundidades mayores, por lo que el gradiente de fractura en el intervalo abierto más profundo quedó sin determinar.

## **IMPACTO OPERACIONAL Y COSTOS**

El incidente resultó en las siguientes consecuencias operacionales:

**Pérdida de Equipo de Fondo:** La totalidad del ensamblaje de fondo navegable quedó en el pozo, incluyendo barrena PDC de alto costo, herramientas de medición mientras se perfora, sistemas de navegación direccional, válvula multiciclos, sistema Well Commander, martillo hidráulico y aproximadamente 970 metros de tubería de perforación de especificaciones premium.

**Tiempo No Productivo:** Desde el inicio de las condiciones adversas el 21 de abril hasta la confirmación de la pérdida de la sarta el 22 de abril, se acumularon aproximadamente 31 horas de tiempo no productivo intentando extraer la sarta y posteriormente intentando liberarla. Las operaciones de conexión con el pescado y los intentos subsecuentes de liberación agregaron 24 horas adicionales de tiempo no productivo.

**Operaciones de Remediación Requeridas:** Será necesario realizar operaciones de pesca especializadas que pueden incluir corte de la sarta con herramienta de corte, fresado de componentes metálicos si no es posible la recuperación mediante operaciones convencionales de pesca, y posible abandono del pescado si las operaciones de recuperación resultan infructuosas técnica o económica mente.

**Impacto en Cronograma:** El cronograma original de perforación, corrida de registros eléctricos y cementación de tubería de revestimiento de 16 pulgadas ha sido severamente afectado, con retrasos estimados de varias semanas dependiendo de la complejidad de las operaciones de recuperación.

**Riesgo de Integridad del Pozo:** Mientras permanezca el pescado en el pozo con el intervalo abierto de 950 a 2,650 metros sin revestimiento, existe riesgo continuo de mayor deterioro de las paredes del pozo por el tiempo de exposición prolongado, potencialmente complicando las operaciones subsecuentes.

## CONCLUSIONES PRELIMINARES

El incidente de pérdida de sarta en el pozo BAKTE-9 resultó de una combinación de factores que incluyeron inestabilidad geológica inherente a las formaciones atravesadas, posible insuficiencia en el programa de densidades de lodo para controlar completamente los esfuerzos in situ de la formación, tiempo de exposición prolongado de las paredes del pozo, y la decisión operacional de intentar levantar la sarta con condiciones ya comprometidas de estabilidad del agujero.

Los indicadores tempranos de condiciones adversas (arrastres de 10 toneladas, puntos apretados múltiples, abundantes derrumbes en temblorinas) estuvieron presentes desde las primeras etapas del levantamiento desde profundidad total, sugiriendo que la ventana operacional para extraer la sarta de manera segura era limitada y se cerró progresivamente conforme se continuaban los intentos de movimiento.

La desconexión de la sarta durante las operaciones de liberación con martillo representa una falla mecánica adicional, posiblemente inducida por fatiga de la conexión bajo cargas cíclicas extremas o por defecto preexistente en la cuerda del piñón de la conexión afectada.

## RECOMENDACIONES PARA ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

Para el desarrollo del análisis de causa raíz se recomienda investigar los siguientes aspectos específicos:

**Análisis Geomecánico:** Realizar modelamiento geomecánico detallado del intervalo perforado utilizando registros de correlación de pozos cercanos, datos petrofísicos disponibles y muestras de formación recuperadas, para determinar los esfuerzos principales in situ, presiones de poro, gradientes de fractura y ventana operacional de densidades de lodo.

**Revisión del Diseño de Fluidos:** Evaluar la adecuación del programa de densidades de lodo implementado versus los requerimientos para mantener estabilidad de las paredes del pozo en formaciones de lutita sensibles al agua y con tendencia al hinchamiento. Considerar propiedades químicas y reológicas del sistema de lodo utilizado.

**Análisis de Tiempo de Exposición:** Cuantificar el tiempo acumulado de exposición de cada intervalo del agujero abierto a los fluidos de perforación, correlacionando con las profundidades donde se presentaron los puntos apretados y mayor intensidad de derrumbes.

**Evaluación de Decisiones Operacionales:** Revisar el árbol de decisiones operacionales desde el momento en que se detectaron los primeros arrastres hasta el evento de atrapamiento, identificando puntos donde decisiones alternativas pudieron haber evitado o mitigado el incidente.

**Inspección Metalúrgica:** Realizar inspección metalúrgica detallada de las conexiones recuperadas, particularmente la conexión del tramo 09T.1124 de la lingada 28 donde ocurrió la desconexión, para determinar si existía defecto preexistente, daño por desgaste, o falla por fatiga bajo cargas cíclicas.

**Análisis de Hidráulica:** Revisar los cálculos hidráulicos del pozo para verificar la adecuación del programa de limpieza de pozo, velocidades anulares, capacidad de transporte de recortes, y pérdidas de presión por fricción en el sistema.

**Protocolos de Contingencia:** Evaluar los protocolos de respuesta a condiciones de inestabilidad del pozo y procedimientos de contingencia para operaciones de liberación de sarta, identificando mejoras en los procedimientos operacionales estándar.

Este informe proporciona la documentación factual detallada necesaria como base para el desarrollo del análisis de causa raíz, permitiendo la identificación sistemática de causas fundamentales, causas contribuyentes y barreras de prevención que fallaron, así como el desarrollo de recomendaciones correctivas y preventivas para operaciones futuras.