

XII CONGRESO LATINOAMERICANO DE PERFORACION

OPTIMIZACION DE LA PERFORACION CON EL USO DEL LWD EN EL CAMPO CANTARELL

M.I. EDUARDO ANTONIO PEREZ AVILA



PETROLEOS MEXICANOS
MEXICO

CONTENIDO

1.- OBJETIVO

2.- INTRODUCCION

3.- ANTECEDENTES

4.- DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS

5.- CALIDAD DE LA INFORMACION

6.- CASOS REALES: CANTARELL 3089, CANTARELL 1046-D

7.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

8.- ANALISIS DE COSTOS

9.- CONCLUSIONES

10.- BIBLIOGRAFIA.

1.- OBJETIVO.

Demostrar la optimización de la perforación con el uso del LWD (Logging While Drilling - Registros durante la perforación) mediante la toma de decisiones en tiempo real y su beneficio económico con casos reales en el campo Cantarell.

2.-INTRODUCCION

Las compañías petroleras alrededor del mundo en su afán de ofrecer un beneficio económico al cliente y dada la competitividad actual, así como las demandas propias de la industria, están en constante investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías y herramientas que auxilien en la solución de los diversos problemas existentes durante la perforación de pozos petroleros.

Una de estas es la herramienta LWD (Logging While Drilling- Registros durante la perforación), que se utiliza para registrar el pozo mientras se esta perforando, esto es, se obtiene información a tiempo real. Esta herramienta, relativamente nueva, la cual inicio su comercialización en la década de los ochenta, ha incrementado su utilización alrededor del mundo con mucho éxito a tal grado que su uso es cada día mas común, haciendo posible la optimización de la perforación en diversos aspectos.

La Región Marina ubicada en el Sureste del país, dentro de la plataforma del Golfo de México, comprende la Sonda de Campeche en la cual se encuentra sus mejores yacimientos. Debido a la complejidad geológica de la zona se han presentado diversos problemas durante la perforación de los pozos. Uno de estos es la determinación de la profundidad óptima de asentamiento de las tuberías de revestimiento en áreas críticas que evitaría el sacrificios de tuberías, así como atrapamientos y/o la pérdida del pozo.

El campo Cantarell, siendo el principal de la Región Marina, y debido a su importancia estratégica y alta actividad en perforación, ha tenido el mayor uso del LWD. Uno de los primeros pozos donde se utilizo fue el Cantarell 1046 D en 1997 y debido a los buenos resultados obtenidos, se ha continuado su uso en otros más , tales como el caso del Cantarell 3089, Cantarell 99 D y Cantarell 1077 D, entre otros.

Del análisis realizado de los pozos del campo Cantarell donde ha sido introducido este equipo , se concluye que es de vital importancia contar con la información a tiempo real de los registros (RG/Resistividad) para el adecuado asentamiento de las tuberías de revestimiento, la toma oportuna de decisiones y el ahorro de tiempo y dinero.

Se llevo a cabo un estudio comparativo de tiempo y calidad de los registros obtenidos con el LWD contra los registros con cable , así como también un análisis de costos entre estas dos opciones.

Finalmente, se concluye que el uso de esta herramienta es de gran utilidad para la optimización de la perforación, ya que sirve para la evaluación de las formaciones, el asentamiento de tuberías de revestimiento en zonas críticas, entre otras aplicaciones, pero lo mas importante: la toma de decisiones oportunas a tiempo real en boca de pozo, en la oficina o en cualquier parte del mundo a través de Internet.

3.- ANTECEDENTES

Las herramientas LWD (registros durante la perforación) fueron introducidas en el mercado en los 80's, debido a los mercados competitivos y los crecientes retos para bajar costos, efectuar operaciones más seguras y obtener mayores rendimientos en la perforación de pozos, estas herramientas han ido evolucionando creando una nueva generación con mayor potencial para ayudar a optimizar la eficiencia de la perforación.

Actualmente se han desarrollado sistemas integrales que incluyen MWD(Measurement While Drilling – Mediciones durante la Perforación), LWD, Evaluación de la Formación durante la perforación; esto es, mediciones, registros y evaluación de la formación a tiempo real, en lo que se obtienen datos de inclinación , azimut, cara de la herramienta, registros de rayos gamma, resistividad , peso sobre barrena, vibración en la barrena, presión anular y muchos otros datos de direccional, mecánica de perforación e información petrofísica. Estos datos, en combinación con los de superficie y los registros de los pozos de correlación, permiten “navegar”, siguiendo la zona productora, precisar el ángulo y localización del pozo, y poder anticipar zonas de pérdida de circulación, pegaduras de tubería, brotes, e instalar alarmas para monitorear torque y arrastre, rotura de tuberías, anticollisión, etc.. Toda esta información puede ser desplegada simultáneamente en el piso de perforación, la oficina del supervisor o donde sea necesario para la toma de decisiones. Como resultado, los pozos pueden ser perforados con mayor eficiencia y precisión que anteriormente.

En la Región Marina se esta usando únicamente el LWD de rayos gamma/resistividad que en conjunto con los registros de correlación de pozos vecinos, así como muestras analizadas por los geólogos nos ha servido para la determinación del asentamiento óptimo de la tuberías de revestimiento en zonas críticas y la profundidad de corte de núcleos.

En el campo Cantarell cuando se perfora la etapa para el asentamiento de la tubería de revestimiento de 11 7/8” ó 9 5/8”, dependiendo de la geometría del pozo, existe el riesgo de encontrar un cambio brusco

de formación al llegar ya sea al cuerpo calcáreo del Eoceno inferior / Paleoceno Inferior o a la Brecha del Paleoceno. Si esto sucede antes de la profundidad programada a base de registros de correlación tomando al equipo de perforación por sorpresa puede potencialmente presentarse pérdida del lodo y como consecuencia el atrapamiento de la tubería. Por otro lado, si se trata de minimizar el riesgo anterior, asentando la tubería de revestimiento prematuramente, puede dejarse un intervalo arcilloso sin perforar que presentará un sinnúmero de problemas en la siguiente etapa. Esta problemática ha sido la causa de numerosos incidentes que han elevado la inversión en la perforación de los pozos de manera importante al tener que recurrir a diversas medidas de solución.

4.-DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS.

La tecnología LWD (registros durante la perforación) ha dado un gran paso en la precisión de la perforación. Estas herramientas están diseñadas para tomar numerosos datos durante la perforación y enviarlos a la superficie para que presentados en registros sirvan para tomar decisiones de gran importancia en la perforación del pozo. En otras palabras, las herramientas LWD son los ojos del ingeniero en el fondo del agujero.

Las herramientas LWD (ver figura 1) en forma general están compuestas básicamente por:

- a) Sección de sensores
- b) Sección de Interfase (Modulo de Control)
- c) Sección de Transmisión
- d) Equipo de superficie

Sección de Sensores - Incluye las antenas de transmisión y recepción de resistividad, al igual que el modulo de Rayos Gamma

Sección de Interfase (Modulo de Control) –Procesa los datos recibidos de la sección de sensores, convirtiéndolos a código binario o hexadecimal, dependiendo de tipo de herramienta o fabricante. Además, aquí se graban los datos en memoria, los cuales se recuperan en superficie. También incluye las baterías o turbina para su energía eléctrica.

Sección de Transmisión – Esta sección envía la señal codificada con los datos a través de la columna de lodo, al crear una variación en la presión de standpipe (incremento o decremento). Esta sección se conoce como el pulsador (pulser).

Equipo de superficie – Este consiste del sensor de variación de presión, el cual capta la señal en el standpipe, para enviarla al procesador, que decodifica la información, para su presentación en forma

convencional de registros geofísicos. Este equipo incluye además, los sensores de profundidad para correlacionar los datos recibidos.

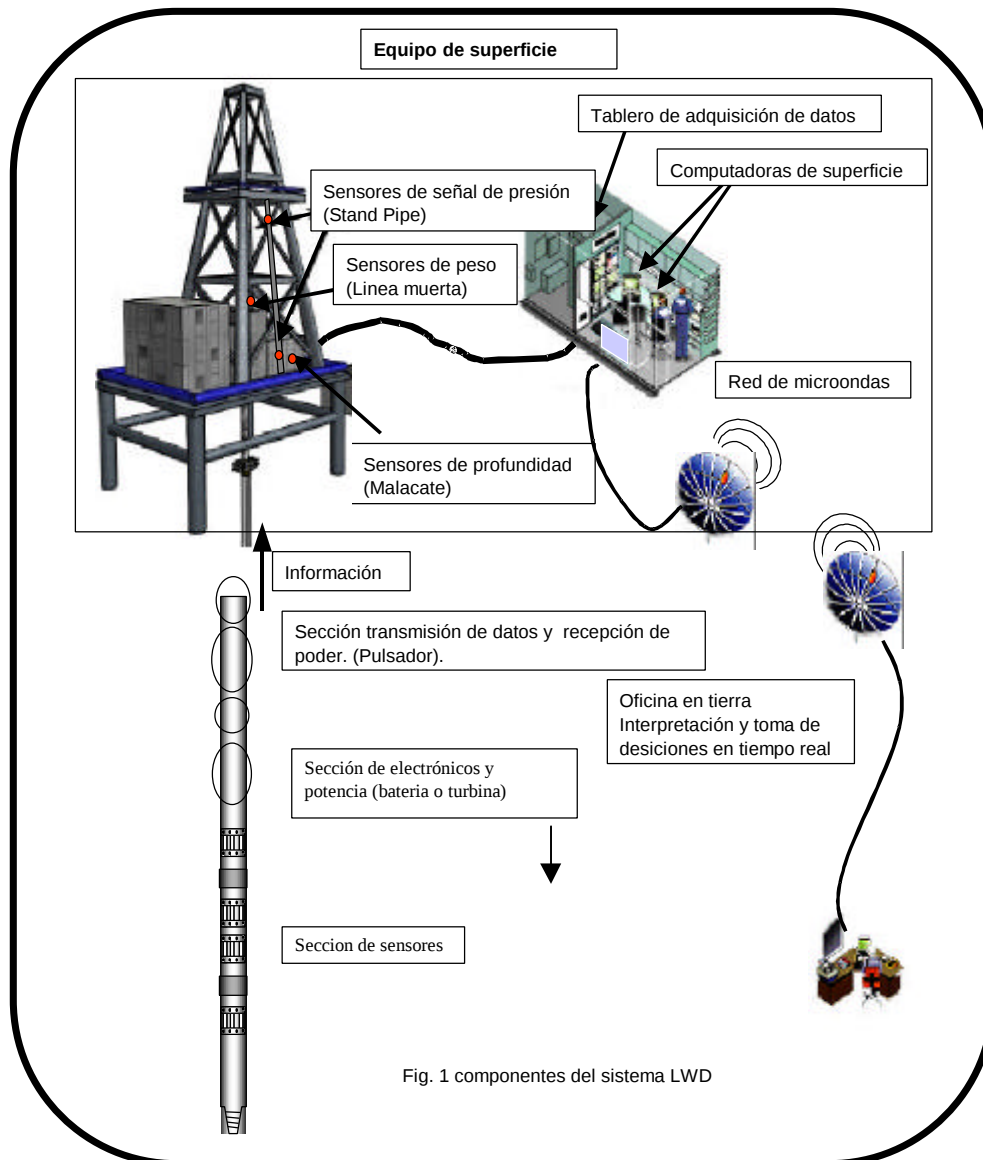


Fig. 1 componentes del sistema LWD

Dentro de las herramientas de LWD podemos mencionar los siguientes registros:

- a) Rayos gama natural y azimuthal
- b) Resistividad con múltiples profundidades de investigación
- c) Densidad neutrón compensada y azimuthal
- d) sónico
- e) imágenes
- f) calibración

La diferencia básica de estas herramientas además de los tipos de sensores radica en su sistema de transmisión de los datos del fondo del pozo a superficie, que puede ser uno de los cuatro diferentes sistemas de telemetría :

- Pulso Negativo – Comúnmente usado en diámetros de herramienta de 6 3/4" (171 mm), 8" (203 mm) y 9 1/2" (241 mm).
- Pulso Positivo – Comúnmente usado en diámetros de herramienta de 4 3/4" (121 mm) y 3 3/8" (86 mm) para pozos esbeltos.
- Electromagnético - Usado en situaciones donde el pulso del lodo no es posible como por ejemplo perforación bajo balance, o perforación con espumas o aire.
- Cambio de fase de Señal (Phase Shift) – Tipo de transmisión donde se envían los datos a través de cambios de fase en una corriente alterna.

La transmisión de datos a tiempo real es respaldado por registros en memoria en caso de falla y son recuperados cuando se saca la barrena a la superficie.

Estas herramientas están disponibles en diferentes mediadas (ver tabla 1) y son usadas de acuerdo a las necesidades y condiciones del agujero.

	DIAMETROS										
	pg	3 3/8	3 1/2	4 3/4	6 1/2	6 3/4	7 1/4	7 3/4	8	8 1/4	9 1/2
	MM	86	89	121	165	171	184	197	203	210	221
SENSORES											
RAYOS GAMMA NAT		X	X	X	X	X	X	X	X		X
RAYOS GAMMA AZIMUTAL				X		X			X		X
RESISTIVIDAD				X		X			X	X	X
DENSIDAD				X		X			X	X	
POROSIDAD NEUTRON				X		X			X		
CALIBRACION						X			X		
SONICO						X					
TELEMETRIA											
PULSO POSITIVO		X	X	X	X	X	X	X	X		X
PULSO NEGATIVO						X			X		X
ELECTROMAGNETICO			X	X	X						
PHASE SHIFT				X		X				X	X

TABLA 1. Herramientas y diámetros disponibles

En la tabla 2 se presenta un resumen de algunas características más relevantes de estas herramientas.

CARACTERISTICAS	
DIAMETROS DE HERRAMIENTA	3 3/8" - 9 1/2"
DISTANCIA DEL FONDO DEL POZO	3 A 100 PIES
TEMPERATURA MAXIMA	302 ° F (150 °C)
OBTURANTE	< 40 LB/BBL
DURACIÓN	500 Hrs CONTINUAS
VEL TRANSMISION DE DATOS	TIEMPO REAL
VEL INTRODUCCION	150 M/HORA
DIAMETROS DE AGUJERO	5 3/4" - 22"
TIPO LODO	B. AGUA- B.ACEITE
NUMERO DE CURVAS	HASTA 10
PROF. DE INVESTIGACION	HASTA 48 PG

Tabla 2. Características de las herramientas LWD

Las herramientas LWD de resistividad nos permiten efectuar una precisa correlación vertical y lateral a través de la resistividad real de la formación, definición de límites de estratos y detección de hidrocarburos en todo tipo de lodos y al contar con diferentes profundidades de investigación aseguran la detección de invasión de lodo, indican zonas permeables y contacto agua-aceite. En resumen, todas estas características ayudan a determinar la profundidad de asentamiento de las tuberías de revestimiento y de núcleos, pudiendo medir estratos tan pequeños como 6 pg (152 mm) antes que ocurra invasión.

APLICACIONES

- a) Perforación y evaluación de formaciones a tiempo real
- b) Costa afuera o en tierra
- c) Exploración, desarrollo y reentradas

5.- CALIDAD DE LA INFORMACION

Existen diferentes herramientas LWD con las cuales podemos obtener registros como: rayos gamma, densidad de la formación, sónico de porosidad y otros dependiendo de las necesidades que se tengan.

En el campo Cantarell se ha estado utilizando únicamente para registros de rayos gamma y resistividad para definir la profundidad de asentamiento de las tuberías de revestimiento en áreas críticas.

En un principio no existía mucha confianza en estas herramientas por falta de experiencia con ellas, ni se conocía el tipo de respuesta en cuanto a calidad de la información que podía obtenerse. De los primeros pozos donde se introdujo esta herramienta esta el Cantarell 1046 D, en el cual para corroborar la respuesta se tomó un registro similar pero con cable comparándolos, observándose que la respuesta es muy buena, que son prácticamente iguales tomando en cuenta que el LWD es a tiempo real sin

afectaciones de filtrado, como se puede ver en la figura 2 donde se hace la comparación de estos registros.

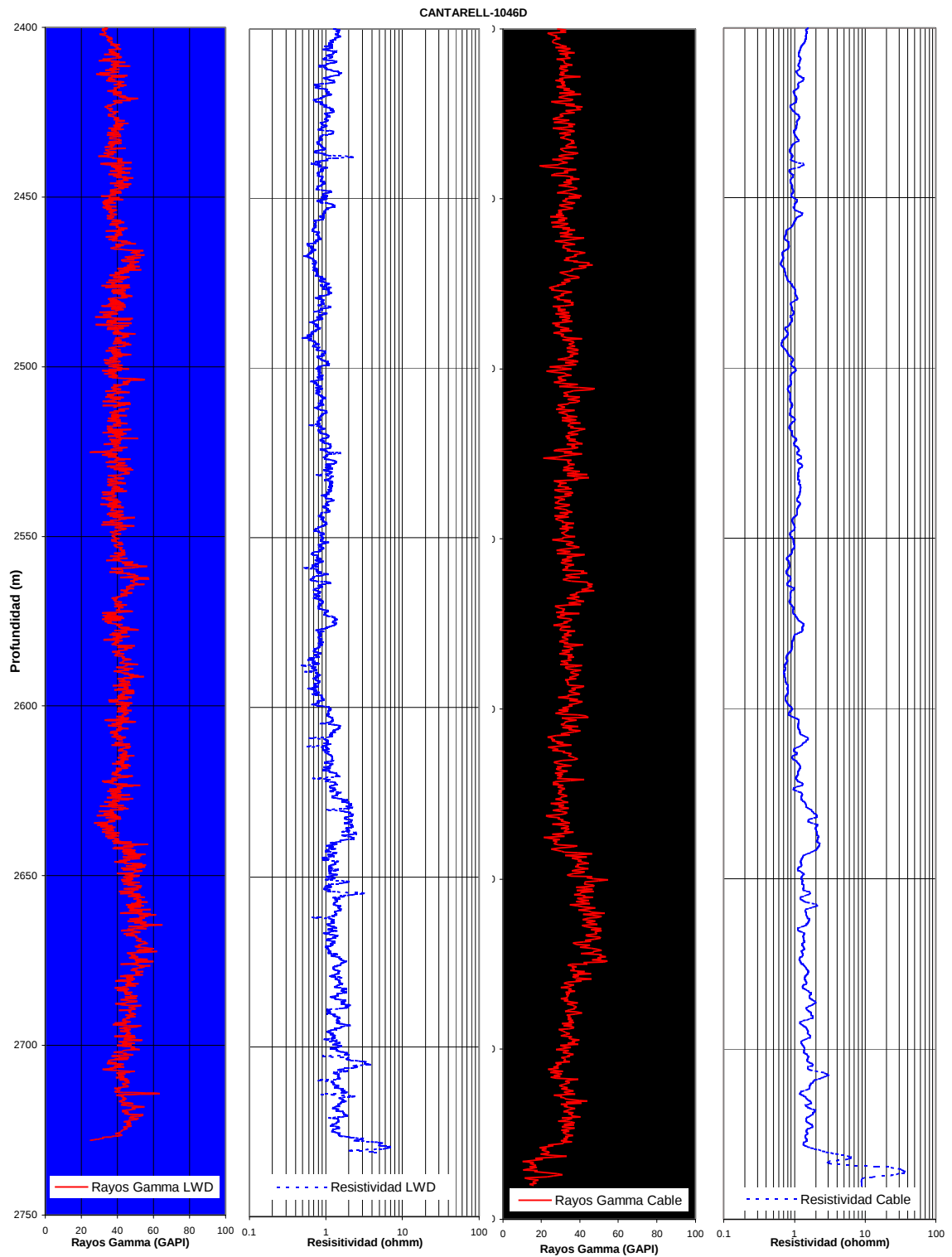


Fig. 2. Comparación de los registros obtenidos con LWD contra los de cable en el pozo Cantarell 1046 D

Otro pozo donde se llevó a cabo esta misma comparación, LWD contra Cable, es el Cantarell 99 D y lo podemos ver en la figura 3.

Se concluye que la información es 100% confiable y puede utilizarse sin reservas.

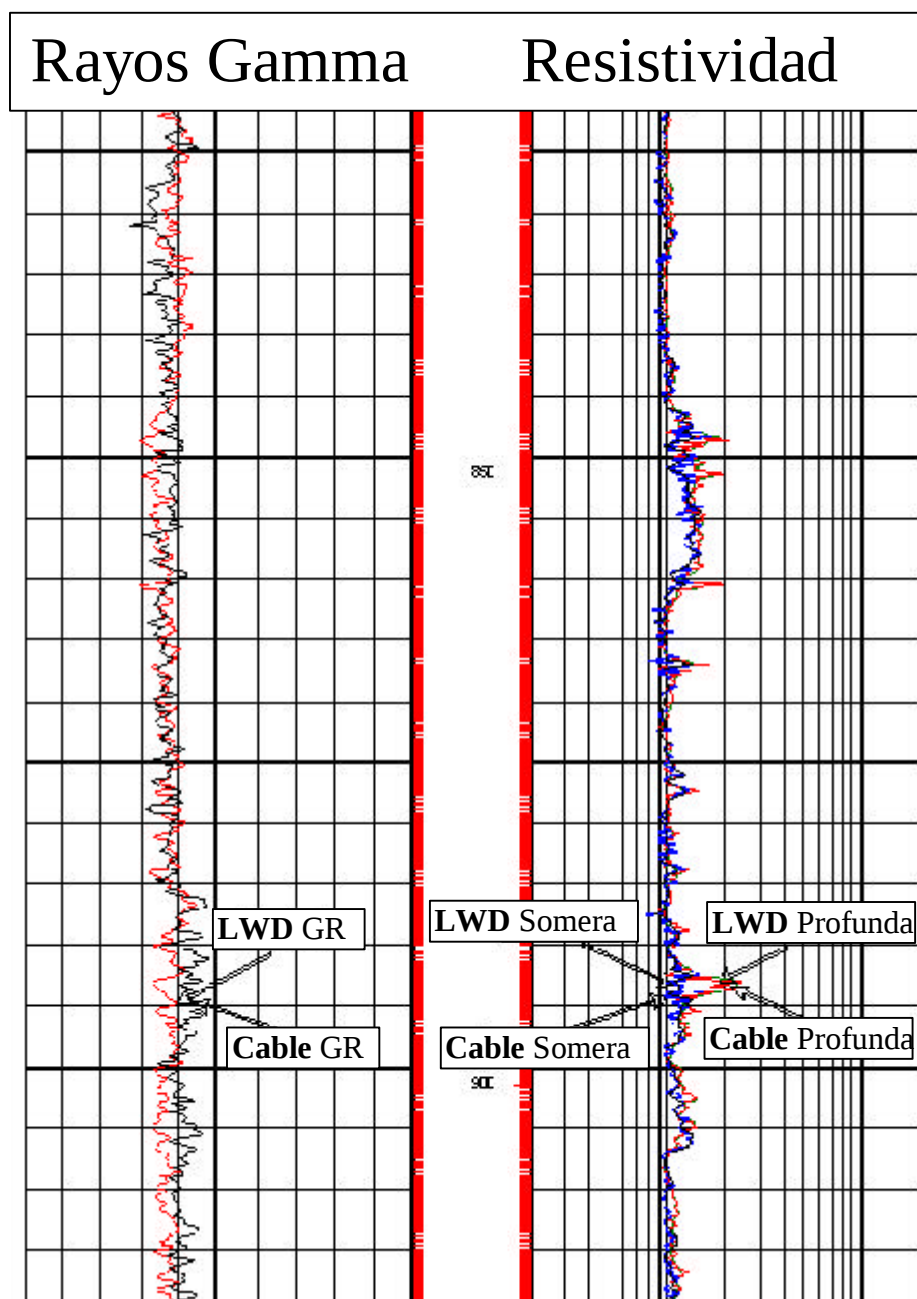


Fig. 3 Cantarell 99 D comparación reg. LWD contra Reg. Con cable

6. CASOS REALES: CANTARELL 3089, CANTARELL 1046-D.

Después de los primeros usos del LWD y verificada la calidad y confiabilidad de la información obtenida (Ver 5. Calidad de la información), su uso en el campo Cantarell se ha ido haciendo práctica común. A la fecha se ha introducido en más de 30 pozos, en la tabla 3 se presentan algunos de estos pozos , así como las condiciones bajo las cuales operó.

	BARRENA	LODO	CIRCULACION	FECHA	INTERVALO
POZO	pg	gr/cc		INTRODUCCION	m
CANTARELL 1067 D	14 3/4	E.I. 1.35	SI	16-Ene-00	802 - 2022
CANTARELL 1027 D	14 3/4	E.I. 1.35	SI	29-Nov-99	801 - 2060
CANTARELL 3006	14 3/4	E.I. 1.52	SI	11-Ene-98	2292 - 2607
CANTARELL 1086 D	14 3/4	E.I. 1.45	SI	11-Feb-00	805 - 2220
CANTARELL 1088	14 3/4	E.I. 1.46	SI	28-Sep-99	830 - 2351
CANTARELL 2298 D	14 3/4	E.I. 1.53	SI	30-Sep-99	1896 - 2590
CANTARELL 2293	10 5/8	E.I. 1.02	PPC	13-Jul-99	2663 - 2981
CANTARELL 4062	14 3/4	E.I. 1.30	PPC	9-Jul-99	1599 - 1845
CANTARELL 3089	14 3/4	E.I. 1.32	SI	22-Ago-99	1320 - 2137
CANTARELL 3089 D	14 3/4	E.I. 1.34	SI	28-Sep-99	802 - 2153
CANTARELL 99 D	14 3/4	E.I. 1.36	SI	6-Jun-99	800 - 2018
CANTARELL 436	14 3/4	E.I. 1.33	SI	16-Feb-99	800 - 1947
CANTARELL 9D	10 5/8	E.I. 1.46	SI	8-Mar-00	1537 - 2143
CANTARELL 55 D	14 3/4	E.I. 1.35	SI	20-Dic-99	800 - 2141
CANTARELL 77 D	14 3/4	E.I. 1.32	SI	4-Mar-99	803 - 2500

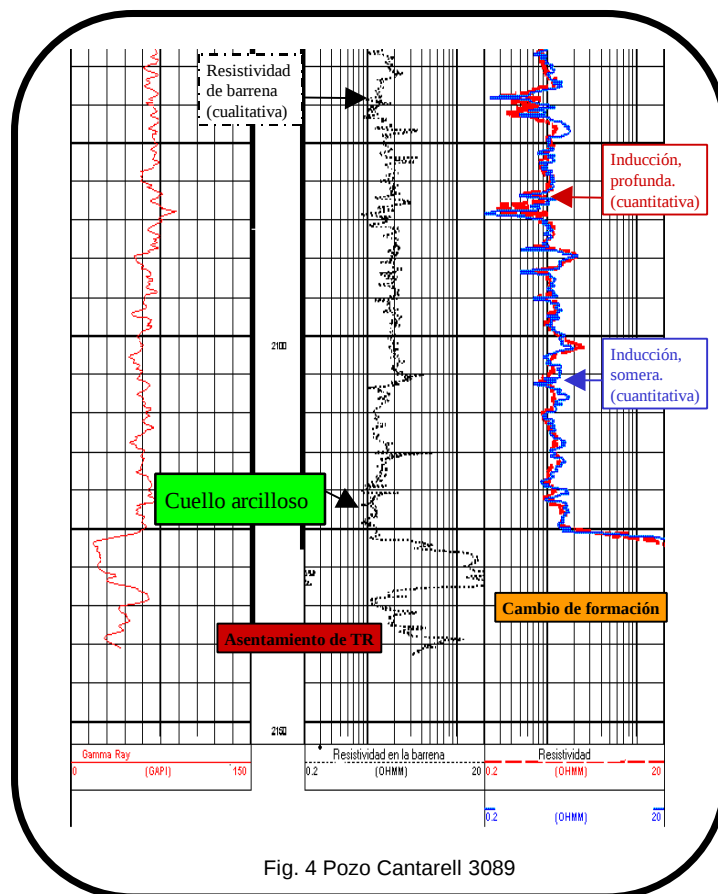
Tabla 3. Lista de pozos donde se ha usado el LWD

Cabe mencionar que en algunos de los pozos solo se bajo para registrar ya que no fue posible hacerlo con cable ni con tubería, siendo esta otra de sus aplicaciones que en condiciones severas se puede introducir para registrar al poder circular, rotar, repasar y tensionar.

CANTARELL 3089 AKAL DB

En el mes de agosto de 1999 en el pozo Cantarell 3089 de la plataforma Akal DB, se utilizó exitosamente el LWD, para tomar la decisión de para la perforación y meter la tubería de revestimiento con la máxima precisión posible en agujero de 14 ¾". (Ver Figura 4)

Este pozo fue programado para perforarse a una profundidad total de 2654 md (8707 pies) con un arreglo de tuberías de revestimiento 16", 11 7/8", 9 5/8" y 7 5/8", con una duración de 55 días. La TR de 11 7/8" fue programada a 2054 md (6739 pies) a cima de paleoceno inferior con una duración de la etapa de 19 días.



Operación. Al estar perforando a la profundidad de 1320 md (4331 pies) con barrena 14 ¾" PDC, lodo emulsión inversa de 1.30 gr/cc se decidió meter el LWD, monitoreando a tiempo real en el equipo de perforación, así como en la oficina donde los registros fueron enviados vía electrónica, de manera que justo cuando la barrena entro a la nueva formación, fue posible observarlo y tomar la decisión de parar la perforación a 2137 md(7009 pies) con una precisión excelente. La siguiente etapa se perforó con lodo baja densidad 0.89 gr/cc presentándose la pérdida total de circulación a 2142 md (7028 pies) , esto es 5 m después de donde se introdujo la TR. En esta misma etapa no se tuvieron problemas de tuberías pegadas ni de ninguna otra índole por el contrario se perforó hasta la profundidad total de 2710 md (8891 pies) terminándose el pozo en TR de 9 5/8" en lugar de 7 5/8" como estaba programado, con una duración total de 33 días y 15 días en la etapa de 14 ¾".

CANTARELL 1046 D

El Cantarell 1046 D estaba programado a una profundidad total de 3304 md (10 840 pies) con una geometría de 16", 11 7/8" y 9 5/8" en 79 días. La tubería de 11 7/8" se programo a 2875 md (9432 pies) en 40 días (25 m arriba de la Brecha del paleoceno.)

Operación. Con barrena 14 ¾", lodo emulsión inversa 1.50 gr/cc y LWD se perforó de 1779 md a 2747 md en 37 días, con un ahorro de 3 días en la etapa y 6 días con respecto a la duración total del pozo, que fue de 73 días.

Con apoyo del LWD se asentó la TR a 2747 m, 28 m antes de lo programado, lo cual fue una ventaja ya que de haber continuado perforando se hubiese presentado la pérdida total de circulación, con el posible atrapamiento de la sarta que en caso de no liberar se cortaría, se colocaría un TxC y se desviaría el pozo. Estas operaciones remediales toman en promedio alrededor de 8 días para recuperar la profundidad no siendo el caso aquí, ya que la siguiente etapa se perforó sin problemas.

7.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

VENTAJAS

- a) Reducción del tiempo de perforación
- b) Ahorro en los costos de operación
- c) Toma de decisiones a tiempo real
- d) Producción anticipada
- e) Mejora de productividad en pozos horizontales
- f) Sistemas modulares
- g) Datos de alta calidad
- h) Operaciones más seguras
- i) Minimización de riesgos potenciales durante la perforación

DESVENTAJAS

- a) Herramienta "cara" (en costo respecto al riesgo de quedarse en el pozo, no en costo de operación)
- b) Limitante de curvas a tiempo real, aunque en memoria se graban todas.

El costo elevado de la herramienta consiste en el riesgo de su pérdida, sin embargo este se minimiza, precisamente al contar con datos a tiempo real de la formación a perforar.

8.- ANALISIS DE COSTOS

La aplicación de herramientas de nueva tecnología tienen mayor valor cuando trae consigo operaciones más seguras con un ahorro en costos. Tal es el caso de las herramientas LWD que además de permitirnos eficientar la perforación con el asentamiento óptimo de las tuberías de revestimiento en zonas críticas, permitiéndonos perforar las siguientes etapas sin problemas, evitándonos sacrificios de tuberías, atrapamientos y/o pérdida del pozo nos proporciona una relación costo beneficio considerable.

Algunos de los datos que las herramientas LWD proveen son: rayos gamma, resistividad, porosidad y densidad de la formación . Todos estos datos y muchos otros no solo son de utilidad para el equipo encargado de la perforación, sino también para el personal encargado de evaluar las formaciones geológicas y obtener la mayor producción posible del yacimiento, por esta razón, si no se tienen herramientas LWD en el pozo; estos registros tendrán que ser tomados de cualquier forma con herramientas de cable de acero al final de las etapas de perforación, tal como se ha realizado desde hace décadas. En cambio si se utilizan las herramientas LWD además de ayudar a perfeccionar la perforación del pozo, se evita tener que utilizar herramientas de cable al final de la etapa de perforación ahorrando tiempo de operación y por lo tanto dinero.

Como ya se mencionó, en algunos pozos además de haber utilizado la herramienta LWD se llevó a cabo la toma de registros con cable para verificar la calidad de la información, a continuación se presenta un análisis de costos comparativo entre estas dos operaciones, esto es, registros con LWD contra registros con cable.

CANTARELL 3089.

El pozo Cantarell 3089 se perforó con LWD de 1320 md a 2137 md en 145.5 horas de operación y 22.5 horas de tiempo de espera de la herramienta, posteriormente se tomo el registro con cable resultando el siguiente análisis de costos:

LWD	VOLUMEN DE OBRA	COSTO UNITARIO M.N.	SUBTOTAL M.N.	SUBTOTAL DLL
Operación (días)	6.06	\$71,891.00	\$435,659.46	\$43,565.95
Espera (días)	0.94	\$33,375.00	\$3,1372.50	\$3,137.25
T O T A L			\$46,7031.96	\$46,703.20

REGISTROS CON CABLE	VOLUMEN DE OBRA	COSTO UNITARIO M.N.	SUBTOTAL M.N.	SUBTOTAL DLL
Cargo básico (operación)	1	\$29,525.30	\$29,525.30	\$2,952.53
Cargo por profundidad RG (m)	2137	\$27.72	\$59,237.64	\$5,923.76
Cargo por metro RG (m)	817	\$17.62	\$14,395.54	\$1,439.55
Cargo por prof. Resistividad (m)	2137	\$118.46	\$253,149.02	\$25,314.90
Cargo por metro resistividad (m)	817	\$59.63	\$48,717.71	\$4,871.77
Tiempo toma de registro (hrs)	8	\$15,814.17	\$126,513.36	\$12,651.34
Acondicionar agujero p/TR (hrs)	24	\$15,814.17	\$379,540.08	\$37,954.01
T O T A L			\$911,078.65	\$91,107.87

A H O R R O			
REGISTROS CON CABLE		\$911,078.65	\$91,107.87
LWD		\$467,031.96	\$46,703.20
DIFERENCIA		<u>\$444,046.69</u>	<u>\$44,404.67</u>
O T R O S			
DIAS DE AHORRO EN PERFORACION	4 DIAS	<u>\$1,518,160.00</u>	<u>\$151,816.00</u>
AHORRO TOTAL		<u>\$1,962,206.69</u>	<u>\$196,220.67</u>

* Tipo de cambio 10 pesos = 1 DLL

Este ahorro es sin considerar que de no haber utilizado LWD se hubiese tenido que tomar un registro parcial con cable a la profundidad de 2054 md que era la profundidad programada para esta etapa, además del beneficio de la producción anticipada del pozo que en promedio en el campo Cantarell es de 9000 bl/día.

CANTARELL 1046 D

En este pozo se utilizo el LWD en el intervalo 1779 md – 2747 md, 16.5 días de operación y 6 días de tiempo de espera, siendo los resultados del análisis económico los siguientes:

LWD	VOLUMEN DE OBRA	COSTO UNITARIO M.N.	SUBTOTAL M.N.	SUBTOTAL DLL
Operación (días)	16.50	\$55,000.00	\$907,500.00	\$90,750.00
Espera (días)	6.00	\$29,000.00	\$174,000.00	\$17,400.00
T O T A L			\$1,081,500.00	\$108,150.00

REGISTROS CON CABLE	VOLUMEN DE OBRA	COSTO UNITARIO M.N.	SUBTOTAL M.N.	SUBTOTAL DLL
Cargo básico (operación)	1	\$35,000.00	\$35,000.00	\$3,500.00
Cargo por profundidad RG (m)	2747	\$30.00	\$82,410.00	\$8,241.00
Cargo por metro RG (m)	968	\$17.62	\$17,056.16	\$1,705.62
Cargo por prof. Resistividad (m)	2747	\$118.46	\$325,409.62	\$32,540.96
Cargo por metro resistividad (m)	968	\$65.00	\$62,920.00	\$6,292.00
Tiempo toma de registro (hrs)	9	\$15,814.17	\$142,327.53	\$14,232.75
Acondicionar agujero p/TR	24	\$15,814.17	\$379,540.08	\$37,954.01
T O T A L			\$1,044,663.39	\$104,466.34

A H O R R O			
REGISTROS CON CABLE		\$1,044,663.39	\$104,466.34
LWD		\$1,081,500.00	\$108,150.00
DIFERENCIA		-\$36,836.61	-\$3,683.66
O T R O S			
DIAS DE AHORRO EN PERFORACION	3 DIAS	\$1,138,620.00	\$113,862.00
AHORRO TOTAL		\$1,101,783.39	\$110,178.34

Aparentemente en este pozo no se tuvo ningún ahorro en la operación en si, pero si consideramos que el tiempo de espera no fue imputable a la herramienta, sino a malas condiciones climatológicas y a fallas en el equipo de perforación entre otras, si resulta un ahorro positivo inmediato, además de la producción anticipada de este pozo. Además a lo anterior, lo mas importante fue el haber parado la perforación a 2747 md y no a 2875 md como se tenia programada, lo que hubiera traído un sin número de problemas por la perforación con la consecuente pérdida de tiempo y dinero.

9.- CONCLUSIONES

Del presente trabajo podemos concluir:

- No cerrarse al uso de nuevas herramientas por desconocimiento de las mismas
- Es de vital importancia el contar con información del pozo a tiempo real para la toma de decisiones.
- Con el LWD es posible parar la perforación con una excelente precisión.
- El LWD a pesar de ser una herramienta de alto costo por día proporciona ahorro económico y operaciones más seguras.
- El LWD proporciona una gran variedad de datos que no solo son de utilidad al equipo de perforación, sino también para el personal encargado de evaluar las formaciones geológicas y obtener la mayor producción posible del yacimiento.
- Como alternativa, puede también usarse para registrar después que se ha perforado, cuando no posible bajar las sondas de cable o los registros con tubería.
- El LWD proporciona información de alta calidad y confiabilidad.

10.- BIBLIOGRAFIA

- MWD/LWD systems. Sperry Sun. SL0056 rev A.
- MWD/LWD (Registros durante la perforación y equipo direccional) Anadrill. Información Técnica
- Expediente del pozo Cantarell 3089
- Expediente del pozo cantarell 1046 D
- Expediente del pozo 99 D
- Expedientes de varios pozos del Campo Cantarell
- S.I.O.P. Sistema de Información Operativa de Pozo de la Región Marina

CURRICULUM VITAE.

Eduardo Antonio Pérez Avila. Nació el 4 de julio de 1964 en Morelia Michoacán, obtuvo el título de Ingeniero Petrolero con mención Honorífica el 19 de Junio de 1987 en el Instituto Politécnico Nacional. Ingreso a Petróleos Mexicanos en el mismo año en la Región Marina en la división de perforación, ha laborado en diferentes áreas y participado en diversos proyectos de inversión: Campo Caan, Taratunich, Litoral de Tabasco entre otros. Obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería en perforación en 1995 en la Universidad Autónoma de México y actualmente se desempeña como Coordinador de Ingenieros de Proyecto en la área de Ingeniería y diseño de la Unidad Operativa Noreste en la Región Marina.