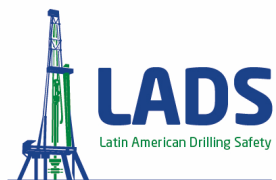


LADS

Latin American Drilling Safety



1



GUILLELMO LOGRONO
GENERAL DIRECTIONAL DILLER

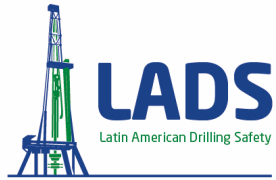
ANGELA LEGUIZAMON
TEAM LEADER GEOSERVICE

Introducción a la perforación y geonavegación de pozos horizontales y ERD.

Ecuador Mayo 2020

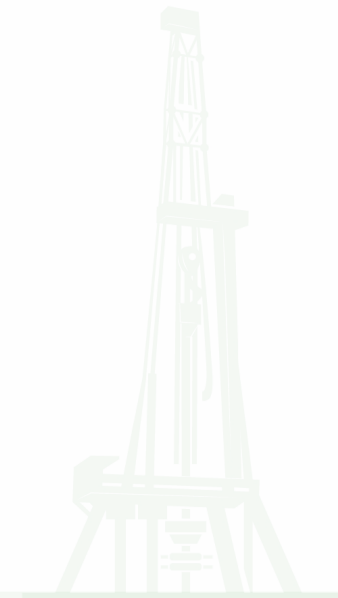


All rights reserved. The information contained in this document is company confidential and affiliates. It is to be used only for the benefit of Baker Hughes and may not be distributed, transmitted, without the express written consent of Baker Hughes.

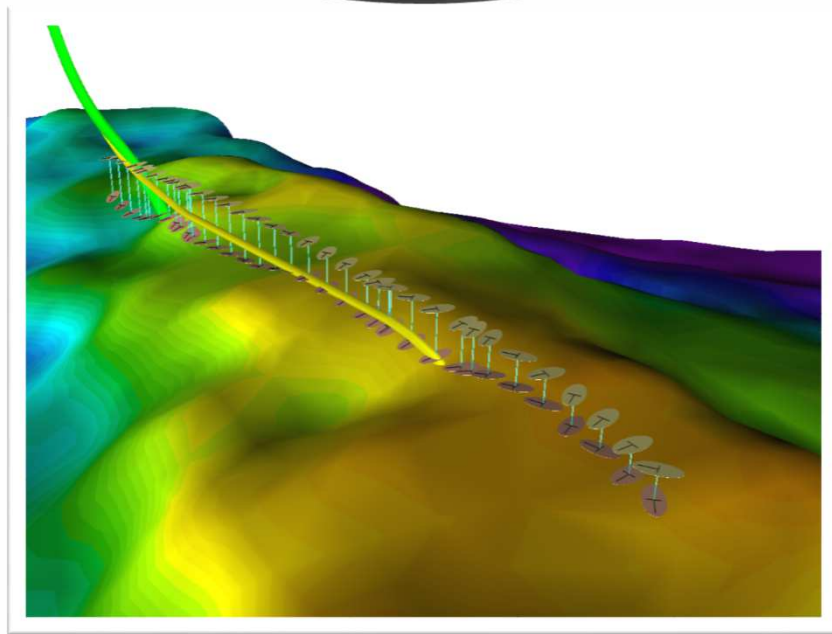
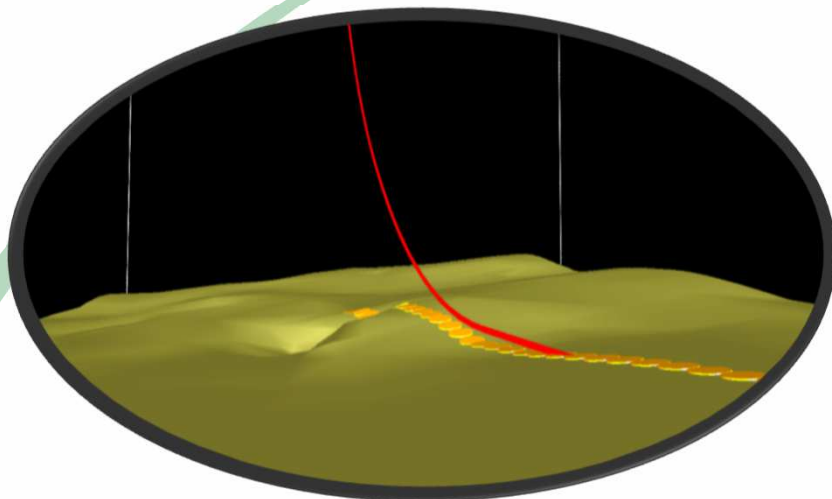


Guía del curso

1. Pozos horizontales y ERD
2. Pozos no convencionales
3. Formas de perforar un pozo horizontal
4. Planificación de trayectorias
5. BHA's y herramientas direccionales
6. Hidráulicas y Torque / Arrastre
7. Estrategias Direccionales
8. Navegación en la sección lateral
9. Comentarios



Porque pozos Horizontales y ERD



- Aumentar la productividad de la capa como consecuencia del aumento del área de drenaje.

- Locaciones inaccesibles

- Para minimizar la perforación de pozos en un campo.

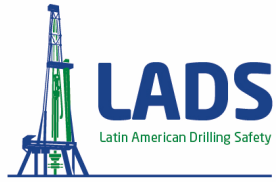
- Permite desarrollar campos costa afuera

- Un ERD se define como la relación entre la profundidad total Vs la profundidad vertical sea mas de 2. Mientras mas grande es la relación mas complejos son los pozos.

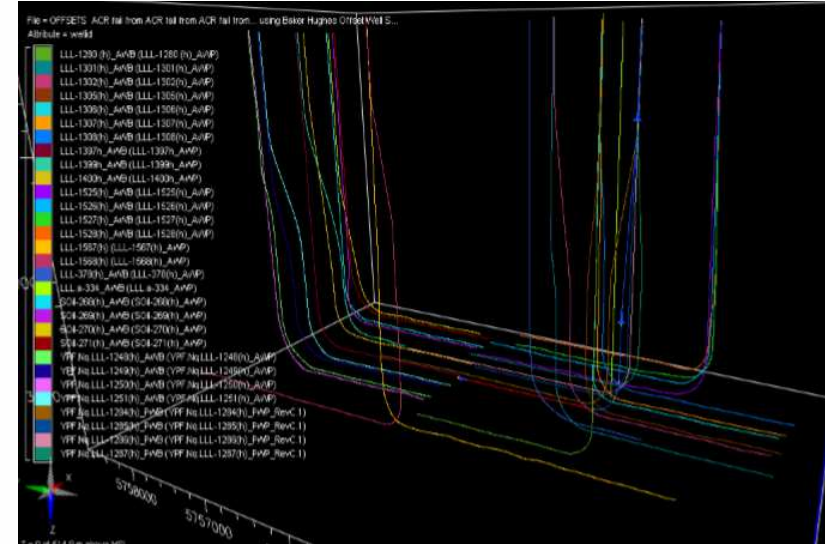
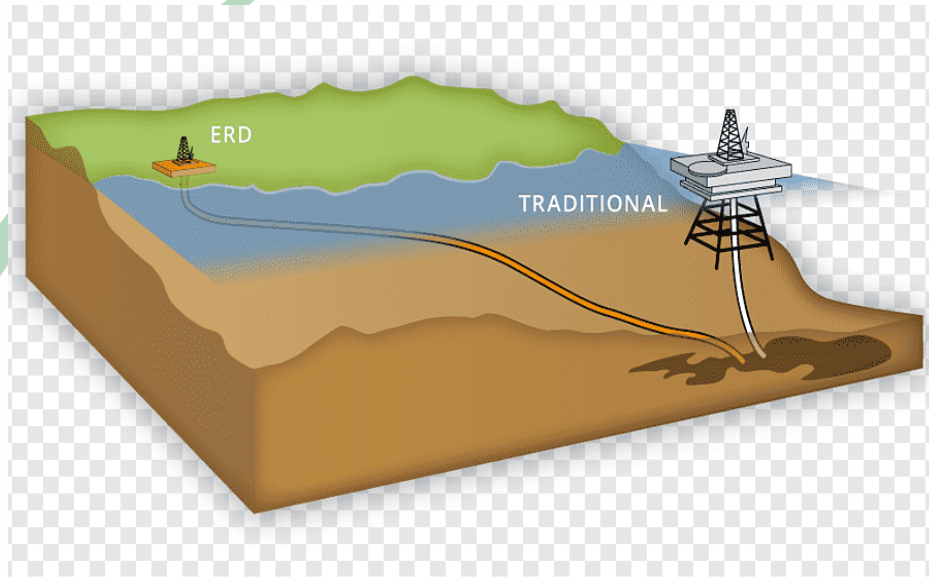
- Como se tiene mas área de drenaje también la producción es mayor.

- Para drenar diferentes bloques o yacimientos

- Se aplica a pozos de baja permeabilidad, a yacimientos con fluidos de alta viscosidad.



Pozos tipo ERD

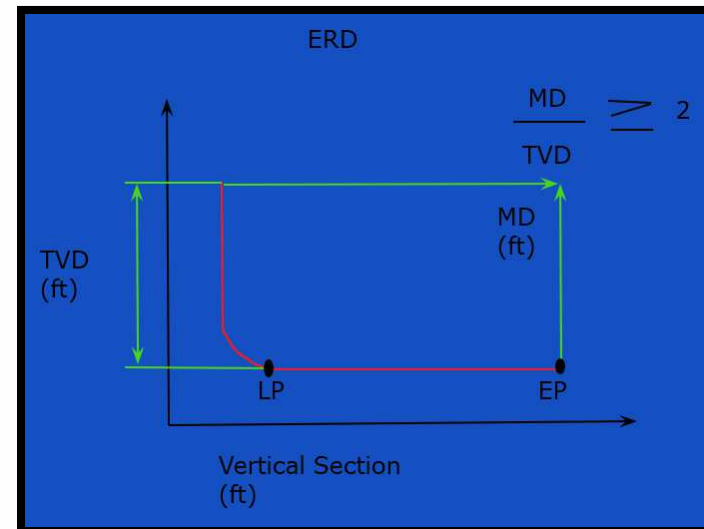


Perforación de alcance extendido Perforación de pozos petroleros entidad direccional: modelo de relación plataforma de perforación, perforar, La plataforma de

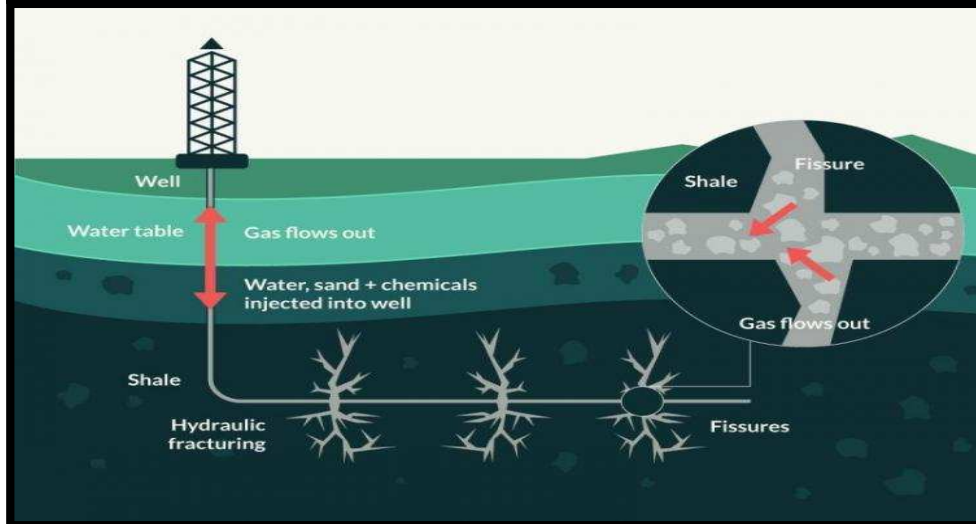
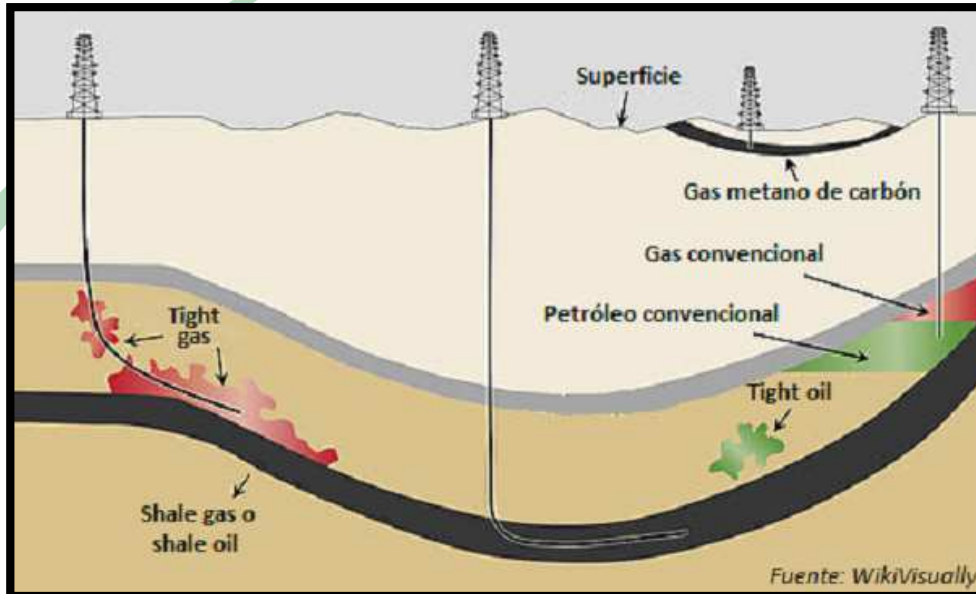
Un **pozo de alcance extendido** (ERD por sus siglas en ingles de Extended Reach Drilling) se define como aquél que posee una relación desviación horizontal-profundidad vertical verdadera (MD/TVD) de más de 2,0

BP perforo un pozo de sección horizontal 10km en 1997.

Exxon con el Pozo OP'11 en Rusia establecio el record mundial con 12343m MD y 11475m de alcance horizontal



Pozos no convencionales



- ✿ Es la perforación de pozos en formaciones poco permeables (shale oil y shale gas)
- ✿ Formaciones apretadas (tight).
- ✿ Son formaciones ricas en gas y en crudo que necesitan de un estímulo (fractura) para poder producir.
- ✿ Se utiliza técnicas diferentes a los pozos convencionales.
- ✿ Es ir a buscar los hidrocarburos en las rocas donde se generaron y que se quedaron sin migrar a formaciones permeables o yacimientos convencionales.

Cada pozo planificado ERD debe ser tratado individualmente entre todos los grupos de trabajo que intervienen en el proyecto.

Formas de perforar pozos horizontales

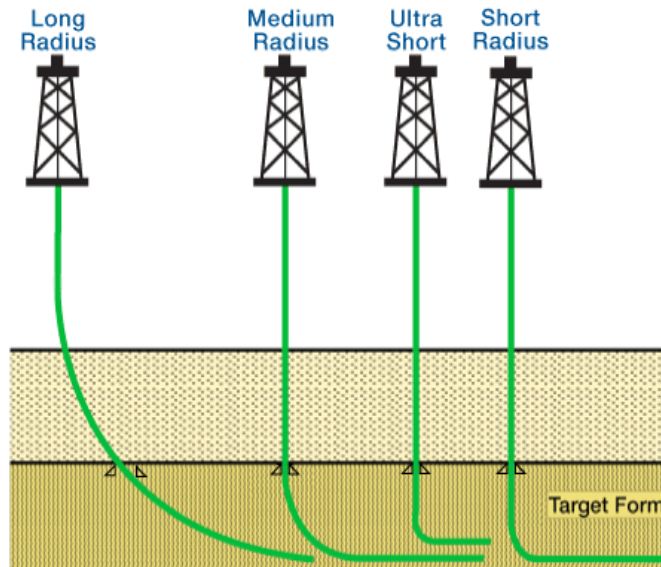
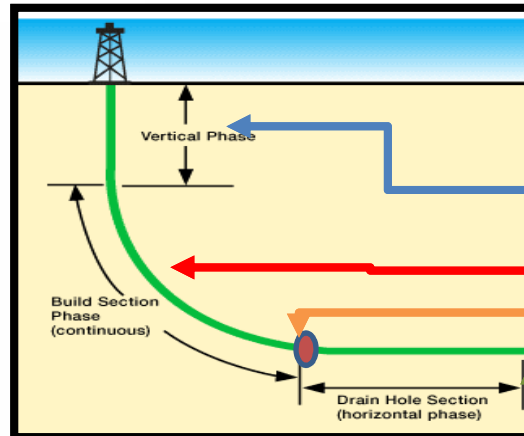
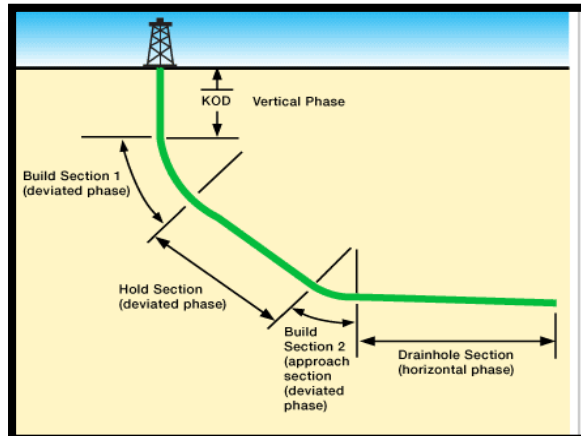


Table 1: Comparative Characteristics of Horizontal Drilling Methods (Mitchell, 2006)

	Long Radius	Medium Radius	Short Radius
Build rate	2° to 6° per 100 ft	6° – 35° per 100 ft	5° – 10° per three feet
Build radius (ft)	1000 - 3000	160 - 1000	20 - 40
Hole size (in)	No limits	4 3/4, 6 1/8, 6 1/2, 8 1/2, 9 7/8	4 3/4, 6 1/2
Drilling Method	Rotary or steerable motor systems for curve and horizontal sections	Specially designed motor systems for angle build section; rotary or steerable motor systems for horizontal sections.	Specially designed deflection tools or articulated motors for angle build section; rotary tools and special drill pipe for horizontal sections.
Tubulars used	Conventional tubulars.	Heavy wall drill pipe for build rates of up to 15° per 100 ft; special service drill pipe for higher build rates.	Special articulated tubulars; special drill pipe with short articulated motors.
Drill bit	No limits	No limits	Rotary: No limits Motor: Diamond or PDC
Drilling fluids	No limits	> No limits	No limits
Surveying	No limits	MWD capabilities limited for hole sizes smaller than 6 1/8 - inches	Special



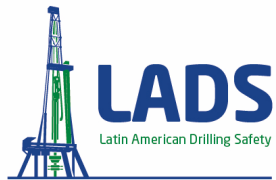
Etapas en la perforación:

1.- Perfora la parte vertical

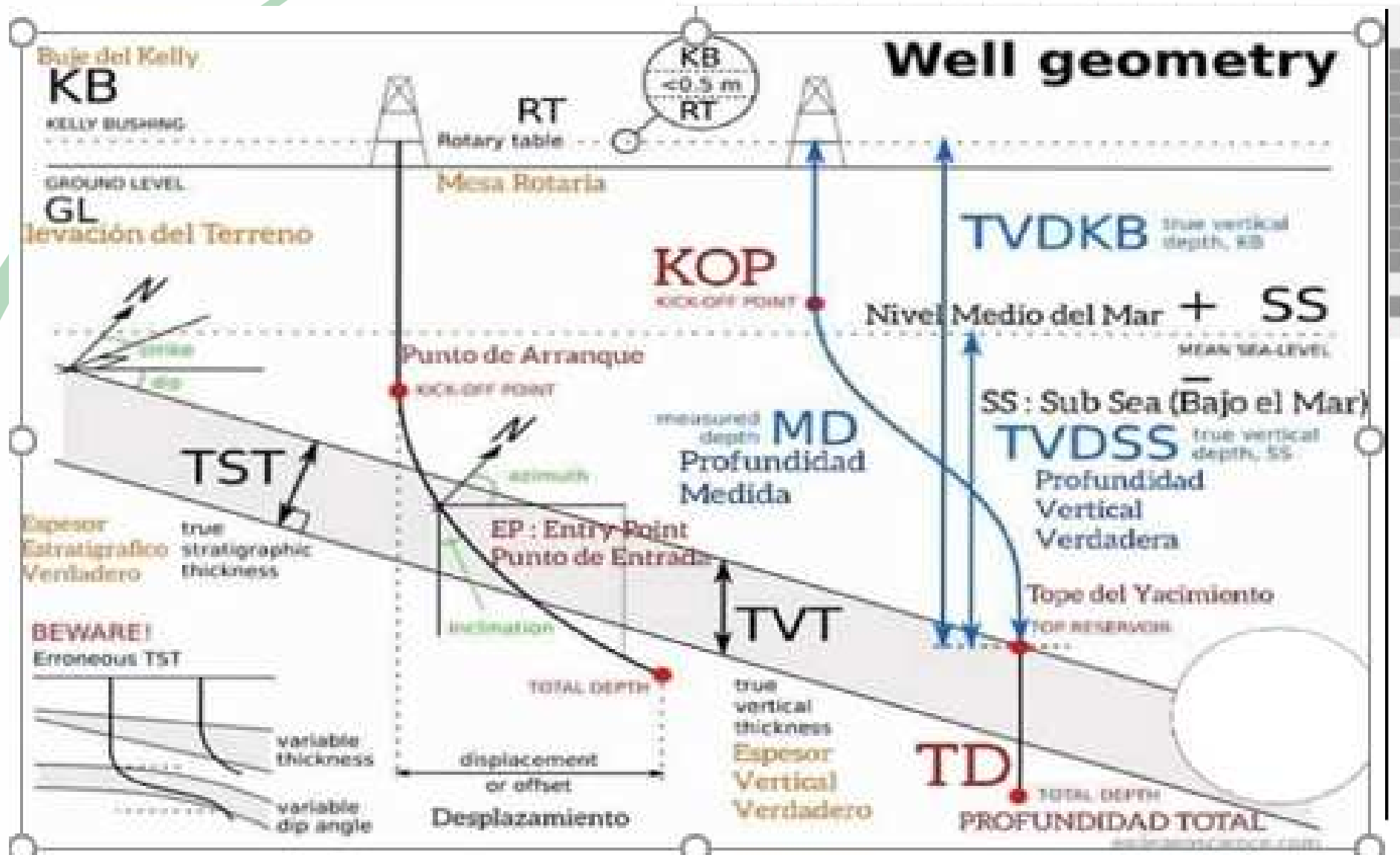
2.- Perfora la curva

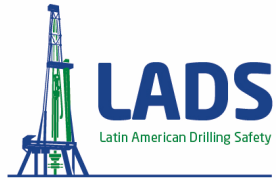
3.- Llegada al LP

4.- Perforar la sección lateral



Planificación de la trayectoria direccional





BHA y herramientas direccionales

✿ Con motor de fondo.

AKO del motor, cantidad de HW, agitador, roller reamer, etc.

✿ Con RSS y Motor modular.

Seteo del motor AKO, sensores direccionales mas alejados de la broca.

✿ Solo RSS.

Sensores direccionales mas cercanos a la broca. Selección de trepado (gauge, aletas, cortadores)

Los pozos ERD tienen una particularidad que los BHA quedan expuestos más tiempo en el fondo del pozo. Por este fenómeno debemos analizar los parámetros de tq y arrastre para no tener una pega, este fenómeno nos limita la transmisión de peso para liberar la tubería y resulta difícil poder transmitir peso para activar el martillo sea en tensión o en compresión.

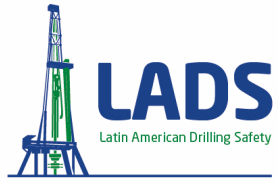
#	Descripción	Compañía	Cantidad
18	DP 4 "S-135 14#	YPF	256
17	HWDP	YPF	45
16	DP 4 "S-135 14#	YPF	345
15	HWDP	YPF	2
14	DLR	NOV	1
13	HWDP	YPF	1
12	Combinación	YPF	1
11	Filtro de Fondo	Baker Hughes	1
10	Prensa	YPF	1
9	Float Valve	YPF	1
8	Prensa	YPF	1
7	Float Valve	YPF	1
6	Combinación NC38 - T2	Baker Hughes	1
5	BCPM- Telemetría	Baker Hughes	1
4	Modular Stab	Baker Hughes	1
3	OnTrak -M/L/PWD	Baker Hughes	1
2	AutoTrak eXact	Baker Hughes	1
1	Trepado PDC	Baker Hughes	1

Motores de fondo

- ✦ **Seccion de potencia:** Constituida por el rotor y estator, los cuales tiene lobulos elicoidales. Cuando entra el fluido las cavidades obligan al rotor a girar.
- ✦ **Seccion de transmisi3n:** Es una junta flexible encarga de transmitir el torque rotacional al eje conductor . La articulaci3n permite ajustar el motor a una curvatura.
- ✦ **Seccion de rodamientos:** El eje conductor esta cubierto por rodamientos que permite soportar los cambios de velocidad y torque, sin alterar la transmisi3n de la carga axial (WOB)

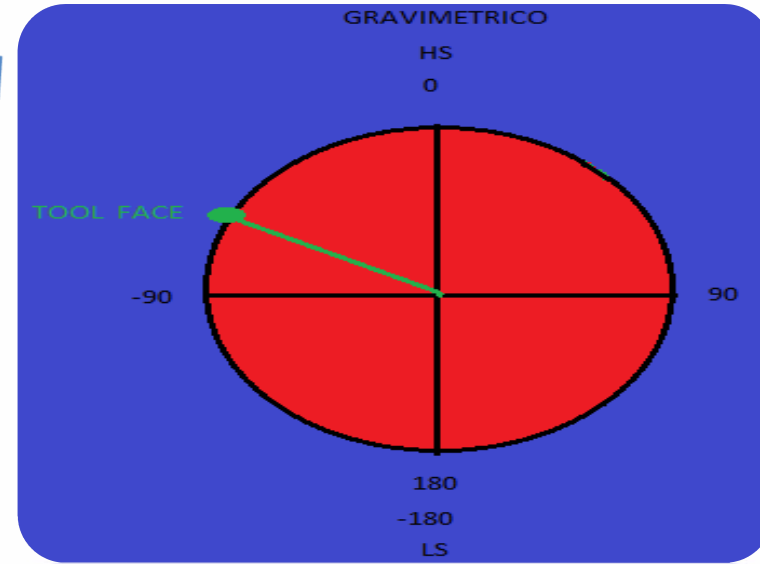


Que chequear en un motor:
 gap del motor, bearing de la secci3n de potencia, camisa del motor, AKO, tipo de motor (secci3n de potencia), tipo de elast3mero, fit del motor y valvula



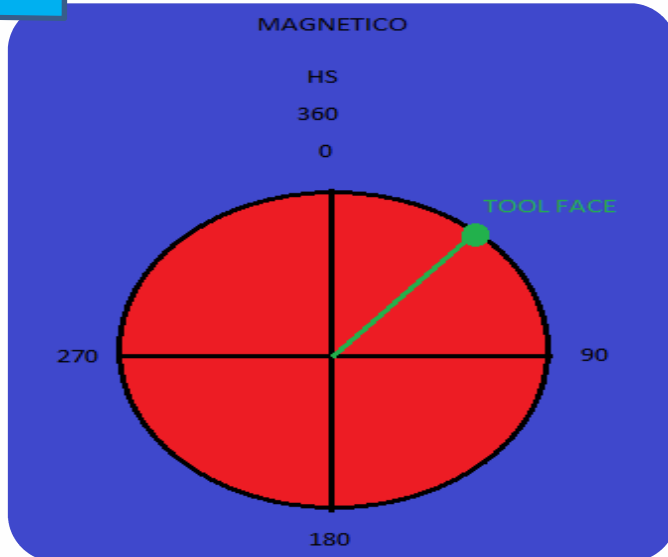
Sistema Magnético y Gravitacional

Por debajo a 3° de Inc



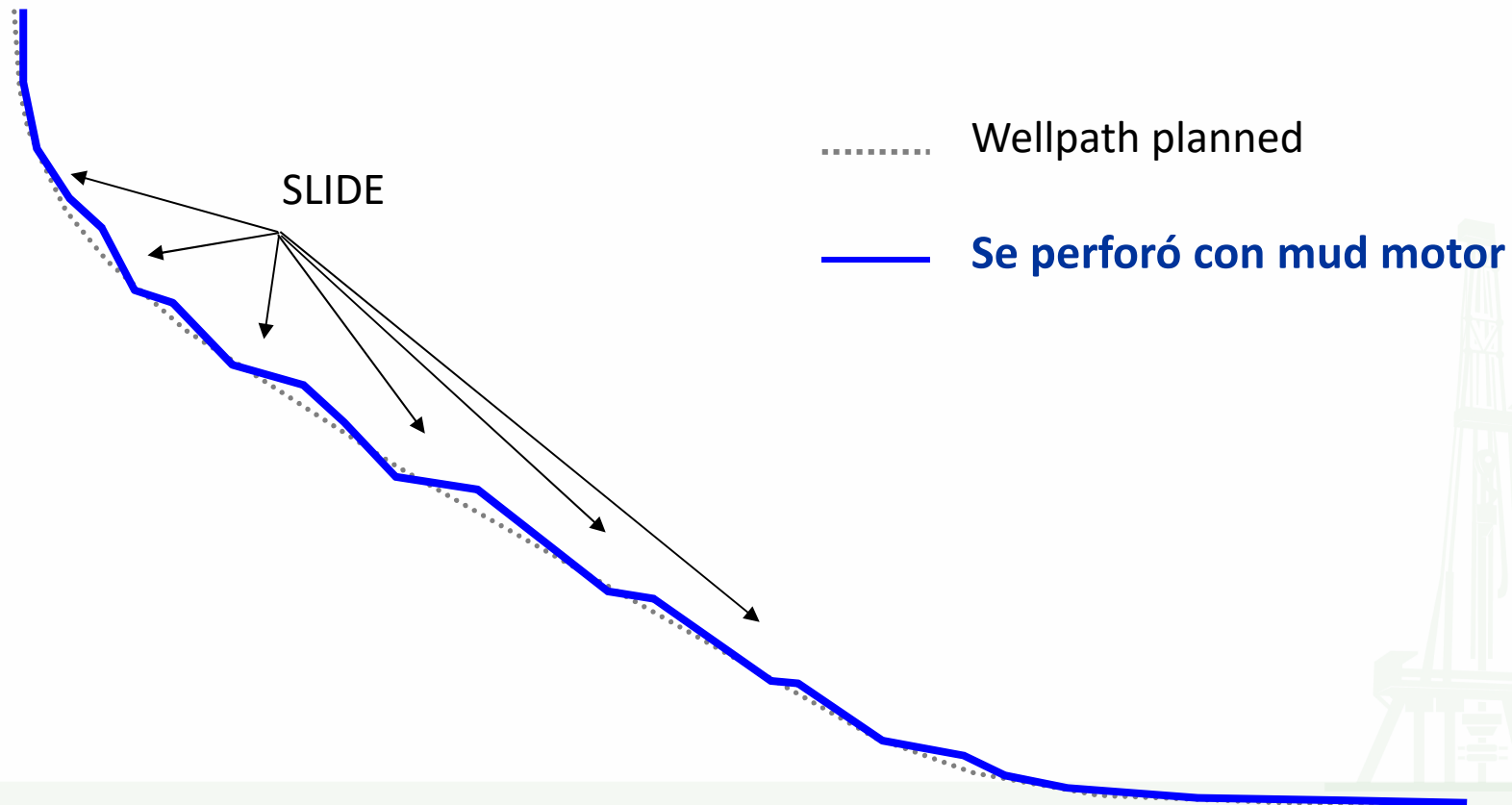
Superior a 3° de Inc

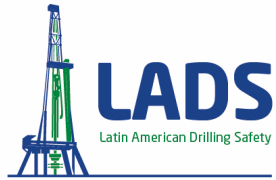
Interferencia Magnética



Motores

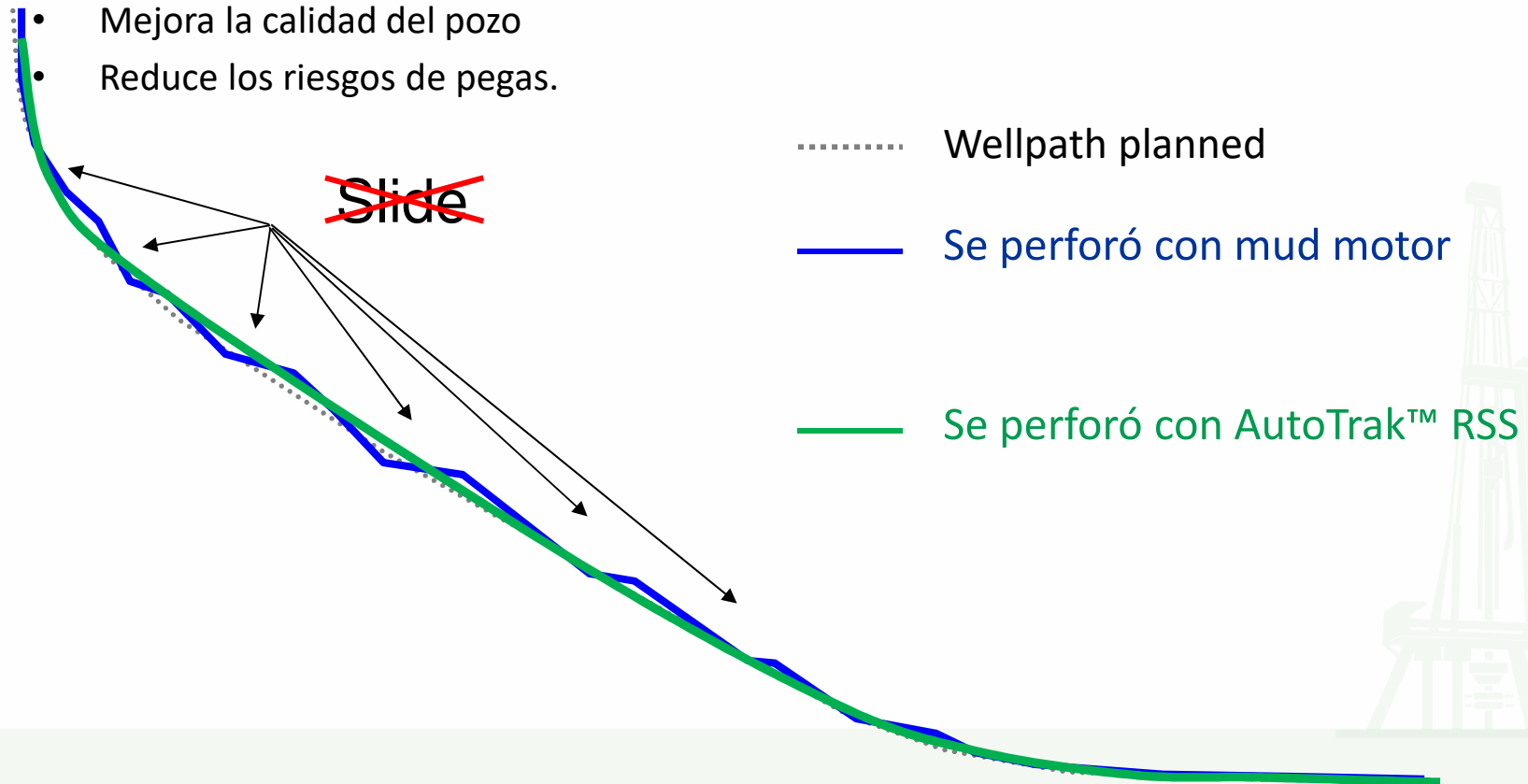
- El motor nos permite transmitir la potencia hidráulica a la broca.
- La potencia hidráulica es esencial para realizar trabajo direccional.
- Eficiencia de un motor $T \cdot \text{RPM}$ vs $\text{PSI Diff} \cdot \text{GPM}$

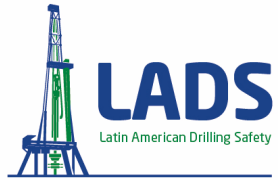




Sistema rotatorio

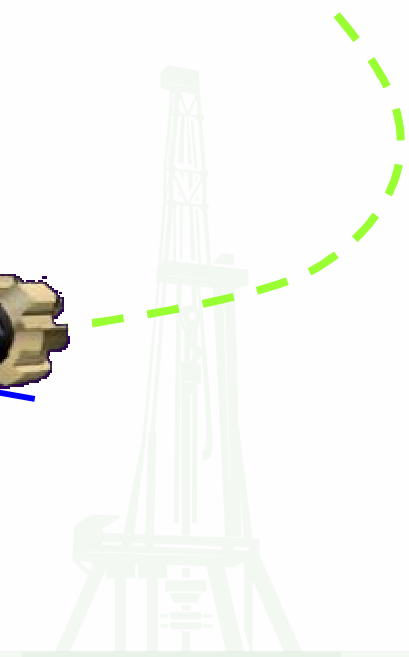
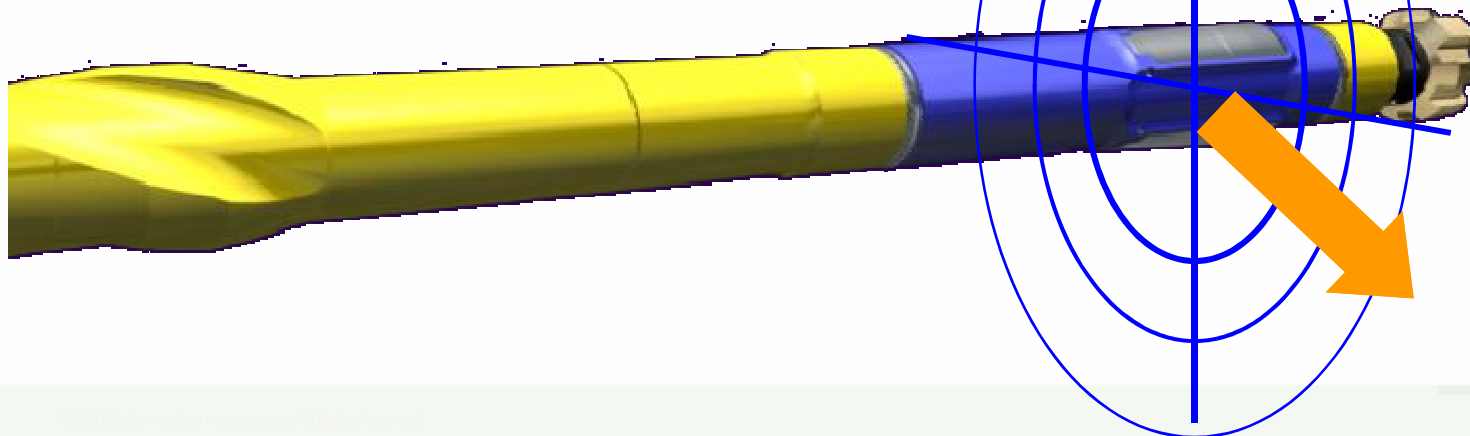
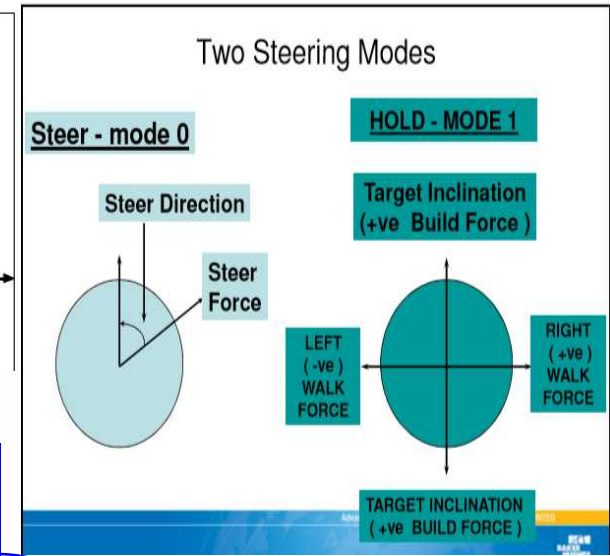
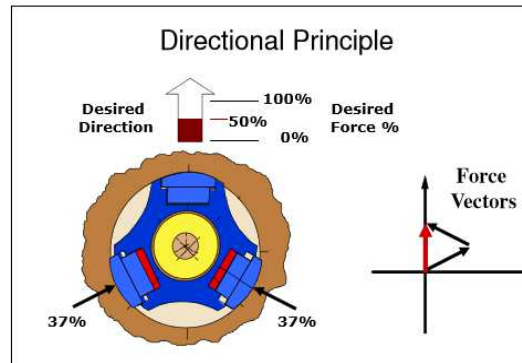
- AutoTrak RSS permite un ajuste continuo de la dirección e inclinación de navegación sin deslizar ni orientar.
- Sensores de Inc y az estan mas cercanos a la broca
- Mejora la limpieza del pozo.
- Incrementa la ROP.
- Mejora la calidad del pozo
- Reduce los riesgos de pegas.

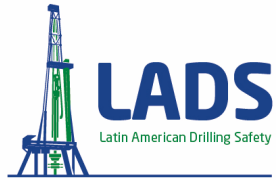




Modos de trabajo del RSS

- Ribs off
- 2D
- 3D
- Hold Mode
 - (TI, BF 0-100%, WF 0-100%)
- Steer Mode
 - (Se establece un vector y una fuerza)
- Otros factores que afectan el control de dirección del AutoTrak
 - WOB, Torque, RPMs, Vibraciones



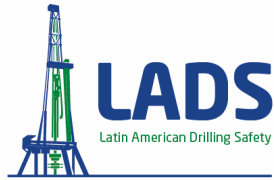


Factores dentro del análisis de la Hidráulica

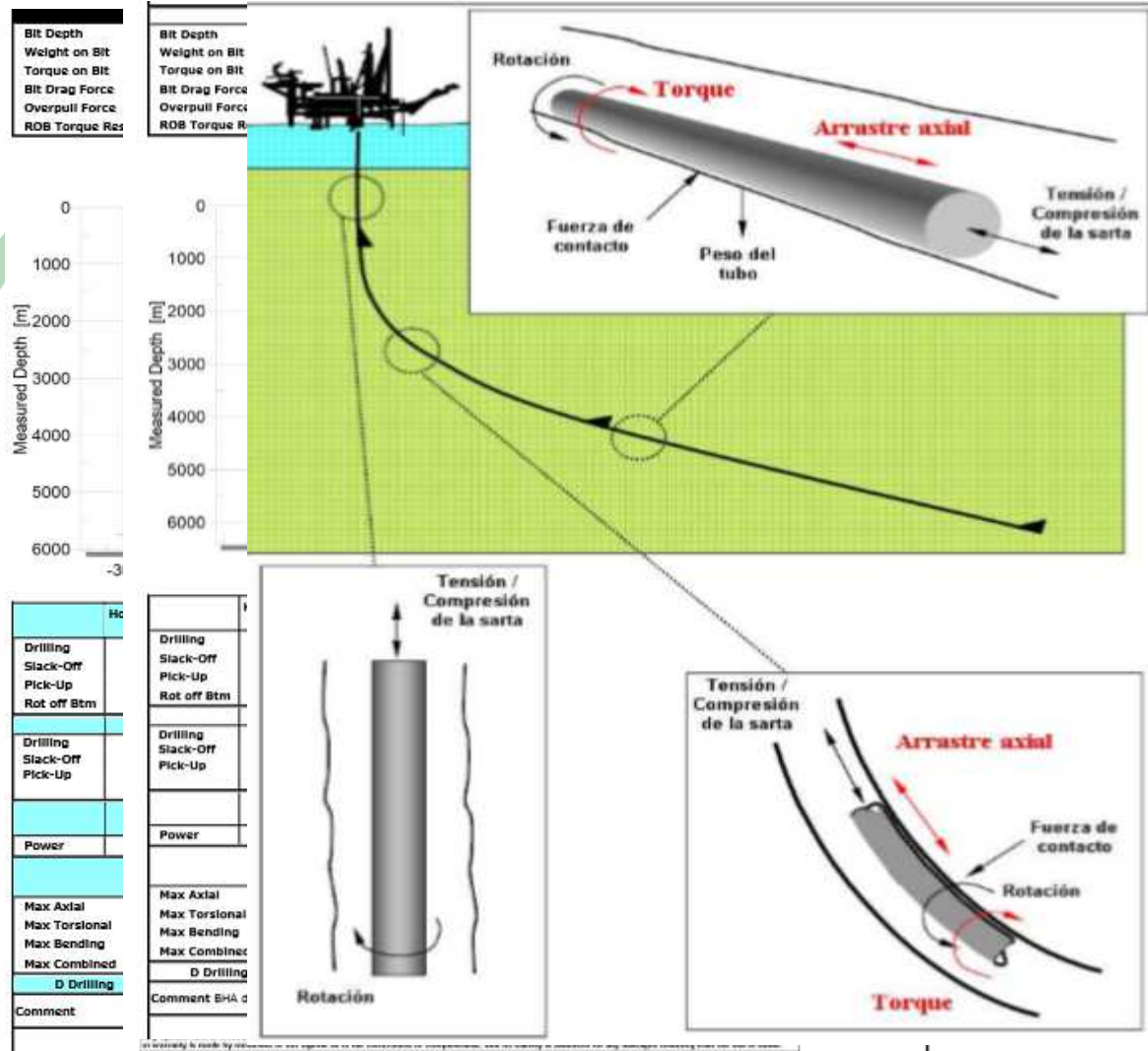
Hole Size		6 1/8 in		Bit Depth (MD)		4000.00 m		Bit Depth (TVD)		2953.38 m	
General				Drill String				Numerical Data			
Max Allw.SPP		4500 psi		Type		Type		Length		OD	
Surface Equip.		Type 4		Type		Length		OD		ID	
Bit Depth		6120.00		Bit TVD		2945.98 m		DP - XT39 /S-135		2407.18	
Bit Nozzles in/32		5x12		TFA		0.5522 in^2		HWDP-XT39 /HW-55		423.00	
ROP		20.00 m/hr		RPM		140 RPM		DP - XT39 /S-135		3240.00	
Drilling Fluid				Drill String				Numerical Data			
Mud System		Oil Based		Sub - X/O		0.66		4 3/4		2 7/8	
Mud Weight		1.7700 g/cc		Sub - filter		1.65		4 3/4		2 3/4	
PV \ YP		29.00 cP \ 8.00 lbf/100ft^2		Sub - other		0.73		4 3/4		2	
Gel Strength, 10s\10min		7 \ 13 lbf/100ft^2		Sub - float		0.90		4 3/4		2 1/4	
Rheological Model		Robertson-Stiff		Sub - other		0.72		4 3/4		2	
k		0.095[=sec^n/100ft^2] N 0.941[-] sri 84.845[1/s]		Sub - float		0.67		4,744		2 1/4	
Casing / Open Hole				Sub - float				NM Sub - stop			
Type		OD		ID		Bottom MD		BCPM HP 50mm /INTEQ		3.38	
Casing		7		6.276		2152.00		Stab - NB		1.36	
Openhole		6 1/8		6120.00				ONTRAK /INTEQ		6.20	
Volumes bbl				AutoTrak eXact				Bit - TD505 /BH			
Annulus Volume		424.470		Hole Volume		744.590		2.93		5.024	
String Displacement		113.670		String Volume		206.450		0.27		6 1/8	
Flowrate		USgal/min		220		210		200		190	
										180	
										170	
										160	
										150	
										140	
										130	
Bit Hydraulics											
SPP		psi		4463		4119		3795		3505	
Surface HP		HP		572.4		504.2		442.4		388.2	
Bit DeltaP		psi		195		178		161		145	
%SPP		%		4.36		4.31		4.24		4.15	
Jet Velocity		ft/sec		127.8		122.0		116.2		110.4	
Impact Force		lbf/in^2		7.3		6.7		6.0		5.4	
HSI		HP/in^2		0.86		0.75		0.65		0.55	
System Pressure Loss - W/ Cutting Effect											
Surf Equip		psi		12		11		10		9	
DP,CSG,LNR,TBG		psi		1710		1583		1460		1341	
HWDP/CSDP		psi		442		408		376		345	
MWD		psi		850		776		707		641	
Additional Tools		psi		28		25		23		21	
Annulus		psi		1228		1138		1058		1003	
ECD w/ Cut- CSG Shoe g/cc		g/cc		1.8943		1.8857		1.8795		1.8756	
ECD w/ Cut - BH		g/cc		2.0629		2.0416		2.0225		2.0092	
Annular Velocities ft/min Flow Regime											
Hole ID in		String OD in		230.55 T		220.07 T		209.59 L		199.11 L	
6.276		4		188.63 L		178.15 L		167.67 L		157.19 L	
6 1/8		4		146.71 L		136.23 L		125.75 L		115.27 L	
				250.62 T		239.22 T		227.83 T		216.44 L	
				205.05 L		193.66 L		182.27 L		170.87 L	
				159.48 L		148.09 L		136.70 L		125.31 L	
Fluid Circulation Times											
Surface to Bit		hr		0.7		0.7		0.7		0.8	
Bottom Up		hr		1.4		1.4		1.5		1.6	

- Diametro de la tubería ID
- ID del CSG
- Jets de la broca
- Caudal
- Profundidad del trepanteo
- Caídas de presión del MWD
- Caída de presión del motor
- Presión diferencial del motor
- Del lodo: peso, PV/YP, gels

La lucha contra los efectos del incremento de ECD es una cuestión de reducir la densidad de lodo, la tasa de flujo o la velocidad de penetración.



Factores dentro análisis de torque y arrastre



• OD tool joint de la tubería

• Factores de fricción

• Peso sobre la broca

• Agresividad de la broca

• Cambios bruscos de Inc y Az

• RPM

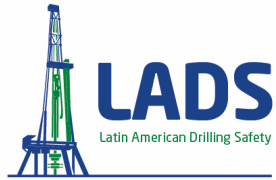
• ROP

• Velocidad de sacada y bajada

• % de lubricante en el lodo

• Profundidad del revestidor

En este tipo de pozos la fricción tiene un valor muy importante, por el contacto que sufre la tubería contra las paredes del pozo. El torque es generado por la broca y por la fricción de la tubería. El arrastre es provocado por varios factores: Tensión y compresión de la tubería de perforación, DLGS, Cambio de AZ, tamaño del pozo y de la tubería, peso de la sarta, inclinación.



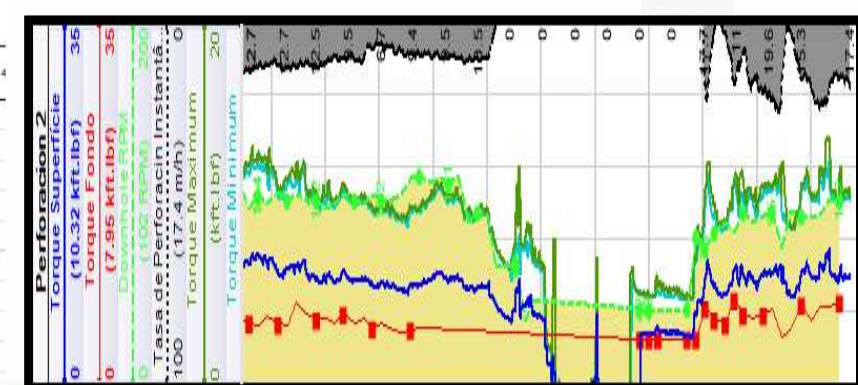
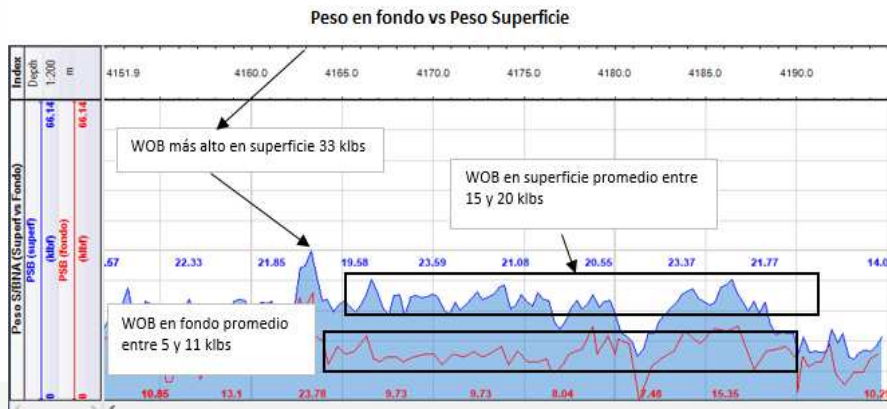
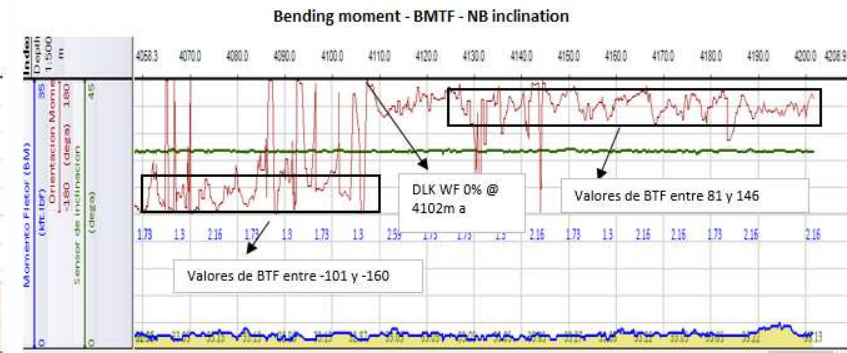
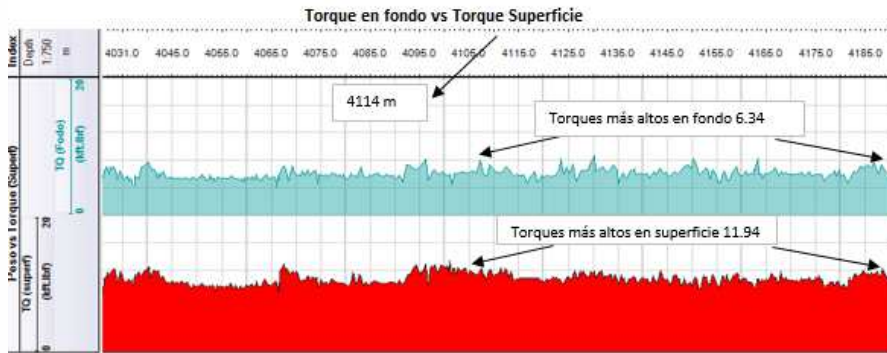
Copilot

- Es una herramienta que se utiliza para la optimización de la perforación en tiempo real.
- Copilot provee:

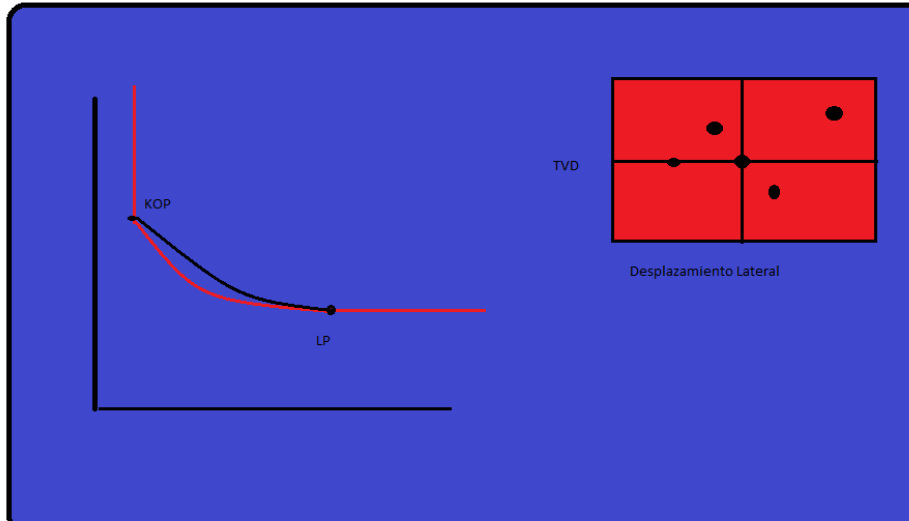
Ventaja dinámica: vibraciones, bit bounce motion

Ventaja de optimización: Torque en fondo, peso en fondo, RPM de fondo, ECD.

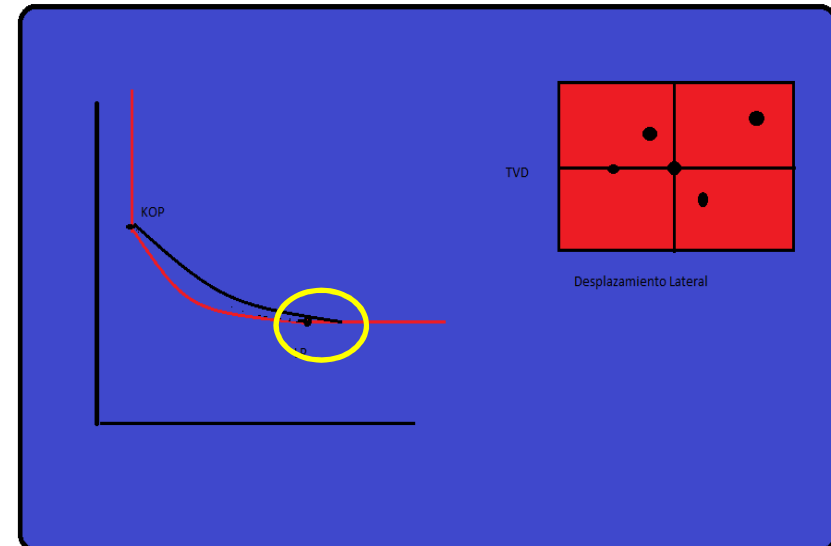
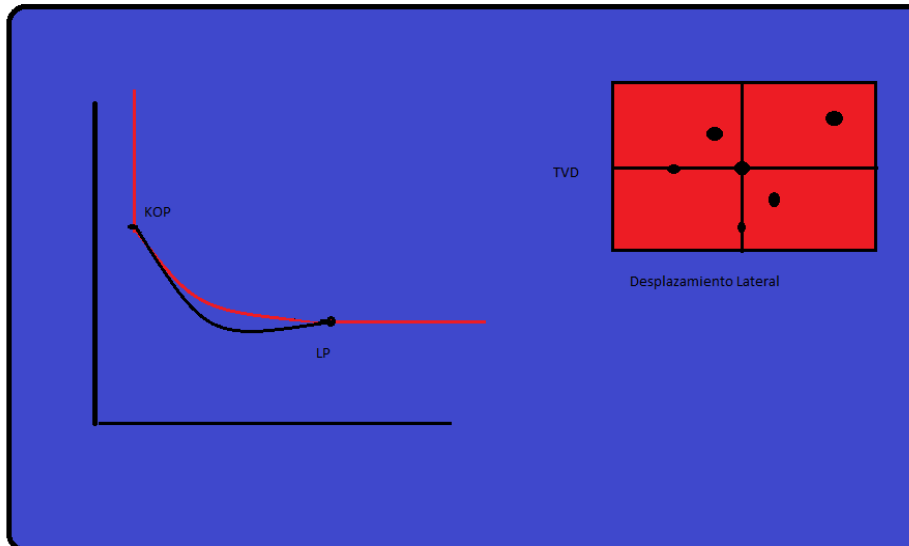
Ventaja en la perforación: Calidad del pozo, localización de DLG, post drilling, survey prediction, un valor de azimuth mas cercano al trepamo.



Estrategias direccionales



- Posicionar el pozo en la vertical
- Arrancar antes el KOP
- Posicionar el pozo sobre el plan
- Ajustar proyecciones al TVD
- Proyecciones al LP analizando TVD, coordenadas y VS.
- Monitoreo constante del BUR metro a metro.
- Analizar la venta del target LP para maximizar la ROP



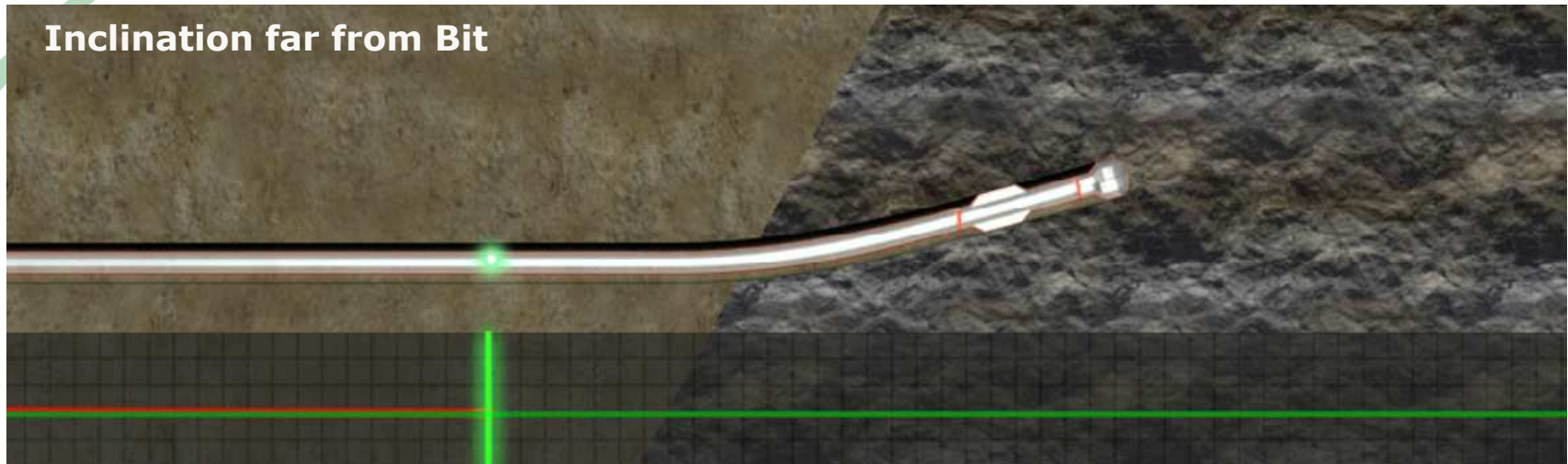
Las Tasas de construcción en este tipo de pozos van a variar a medida que se incrementa la inclinación.

RSS ATK

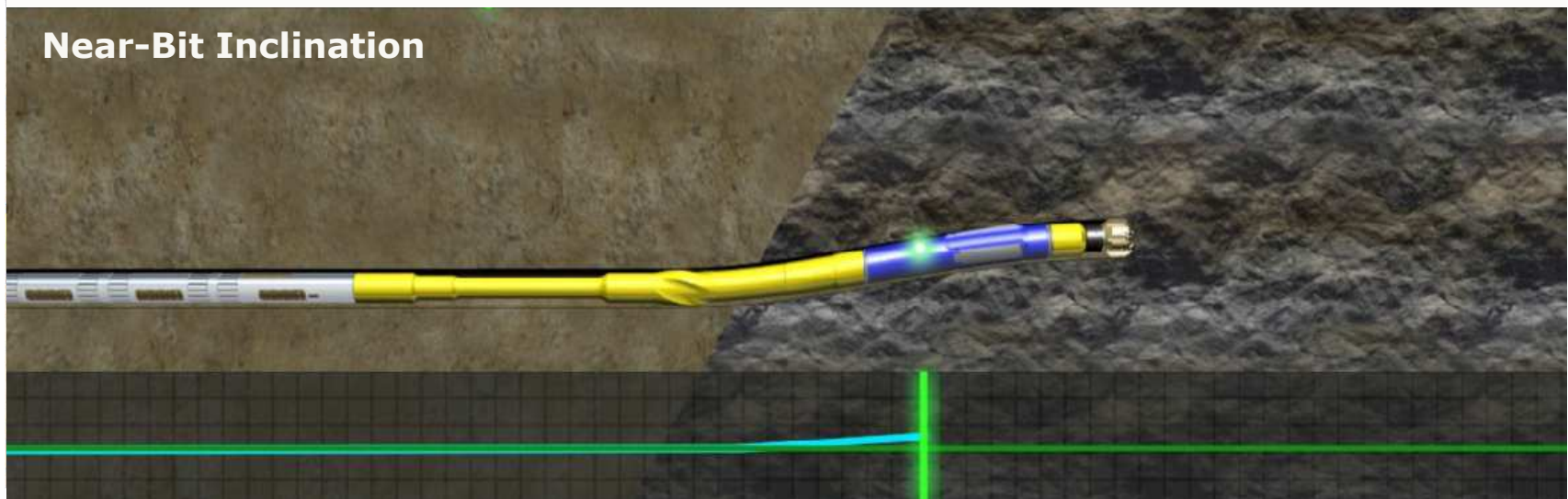


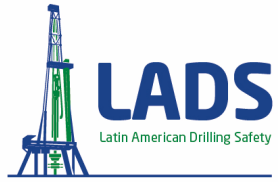
Navegación

Inclination far from Bit

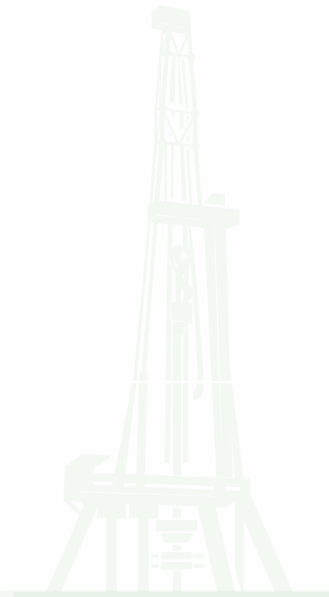


Near-Bit Inclination





Geonavegación



Elementos del Posicionamiento en pozos Horizontales

Uso en RT de los datos de perforación y evaluación

- Para aterrizar el pozo en el horizonte objetivo asegurando una entrada óptima
- Para mantener el pozo en la zona de máximo interés / predecir y evitar la salida del yacimiento



• **Compuesto de cuatro elementos necesarios para optimizar el posicionamiento del pozo**

Sistemas de Perforación Flexibles: Motor & RSS

- Rotary closed loop steerable systems
 - 3D drilling capability



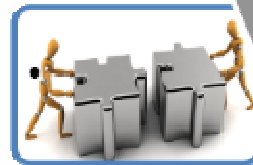
Sistemas LWD adecuados para el propósito

- Múltiples profundidades de investigación
- **Mediciones cerca al trépano**



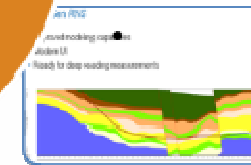
Personal con Experiencia

- Asesores de confianza que brindan respuestas RT durante la perforación



Software Interactivo Dinámico

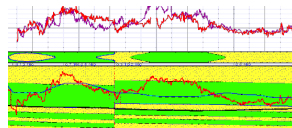
- Modelado de respuesta predictiva actualizaciones en tiempo real
- Visualización 3D y planificación bien actualizaciones en tiempo real



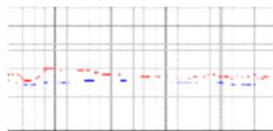
Valor \$\$\$

Servicios de Geonavegación

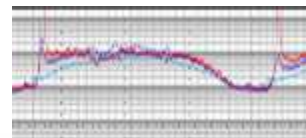
Evolución LWD



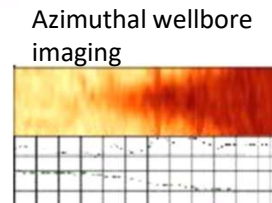
Gamma Ray 2 quadrant (up/down)



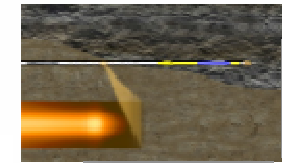
Omnidirectional sensors – single frequency



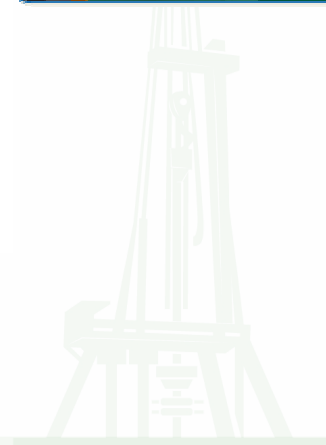
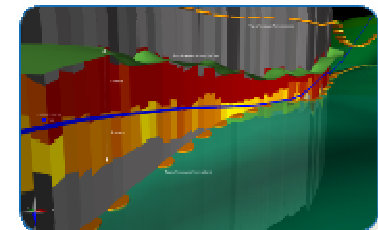
Omnidirectional sensors – multiple frequencies

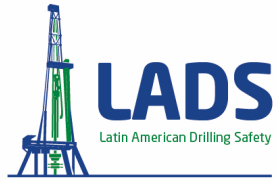


Azimuthal wellbore imaging



Deep and Extra Deep Azimuthal Resistivity – Distance/direction to boundary and multi-layer inversion





Etapas en el proceso de Geonavegación

Pre-Well

- Modelo 3D a partir de pozos offset, superficies,
- Modelado de respuesta de las herramientas
 - Análisis de tecnología adecuada
 - Diferentes escenarios son modelados
- *En Tiempo Real*

Aterrizaje

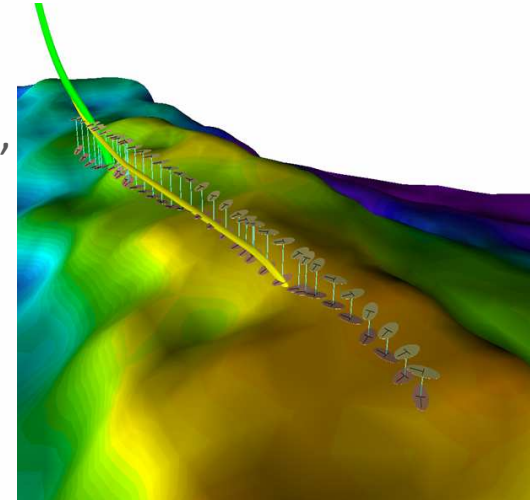
- Correlación estratigráfica con pozos vecinos / prognosis

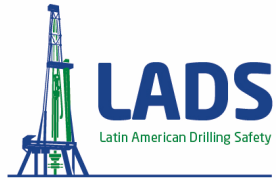
Navegación

- Actualización del modelo
- Remodelamiento con datos de LWD
- Cambios de trayectoria

Post-Job

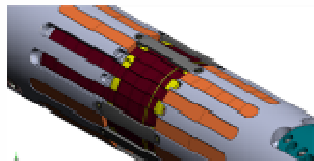
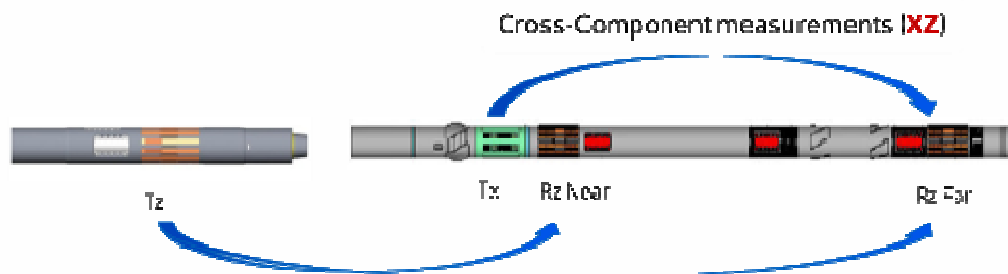
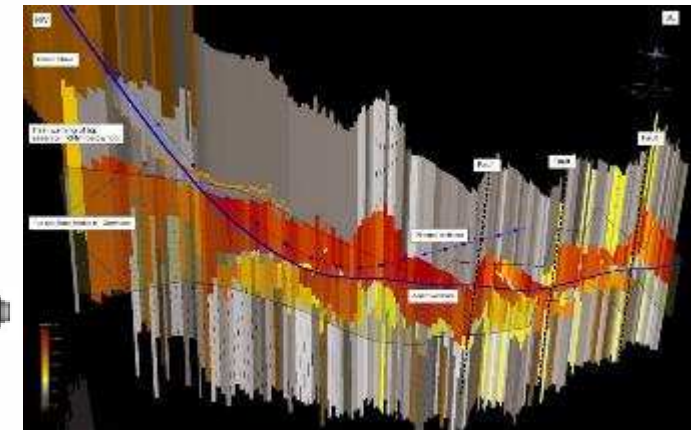
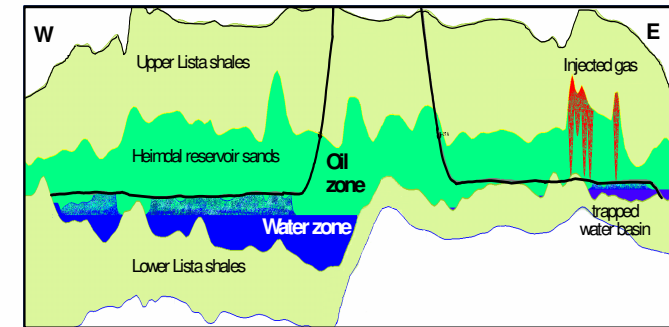
- Análisis de resultados y lecciones aprendidas





Mediciones Resistividad Ultra Profundas

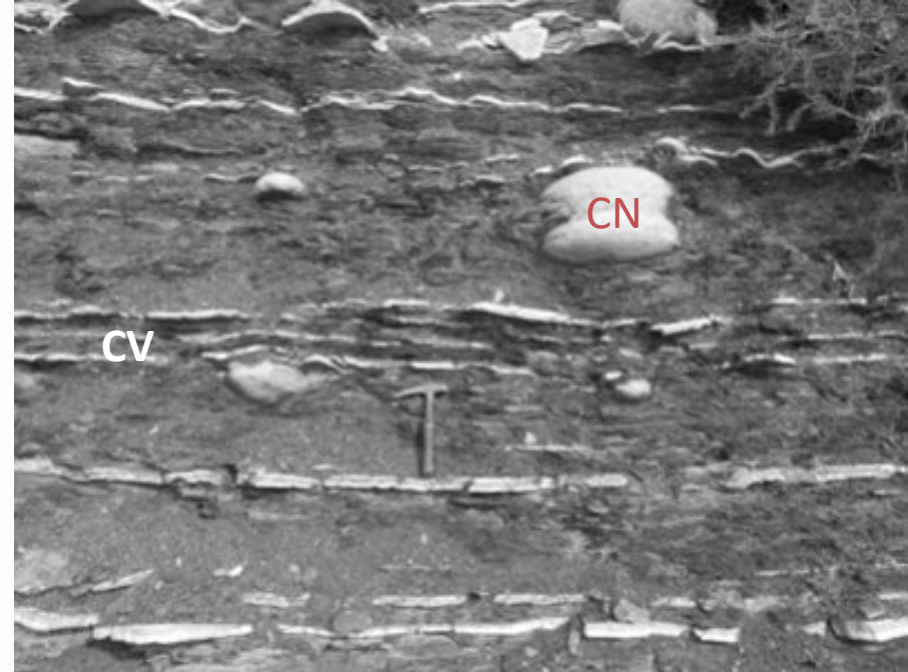
- Navegar y detectar OWC con un rango de hasta 30m/100ft
- Evitar Pozos Piloto
- Facilitar el Aterrizaje de Pozos
- Navegar, mapear e identificar reservorios



Deeper Reading (ZZ)

Z-Antenna detail showing ferrite inserts to collect / amplify magnetic flux

Aspectos Litológicos de la Formación Vaca Muerta

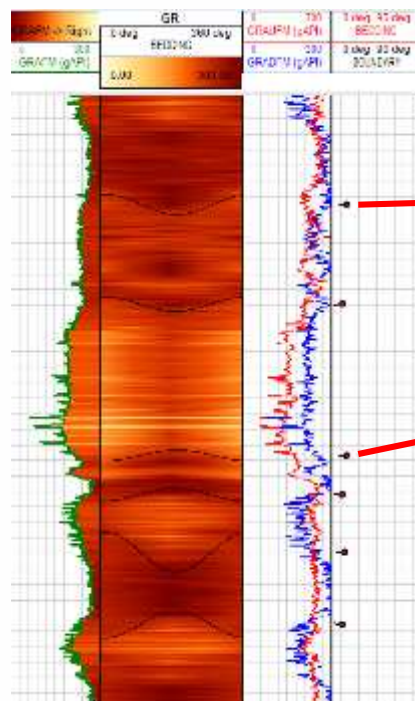


- Intercalaciones de shales ricos en materia orgánica, capas carbonáticas y nódulos y concreciones carbonáticas
- El Gamma Ray Azimutal es sensible a los cambios litológicos permitiendo entender cuando la trayectoria se aproxima a una zona de menos contenido de materia orgánica
- Mayor % de materia orgánica mayor Gamma ray y mayor ROP
- Nódulos calcáreos representan desafíos por baja continuidad lateral y ser menos predecibles.



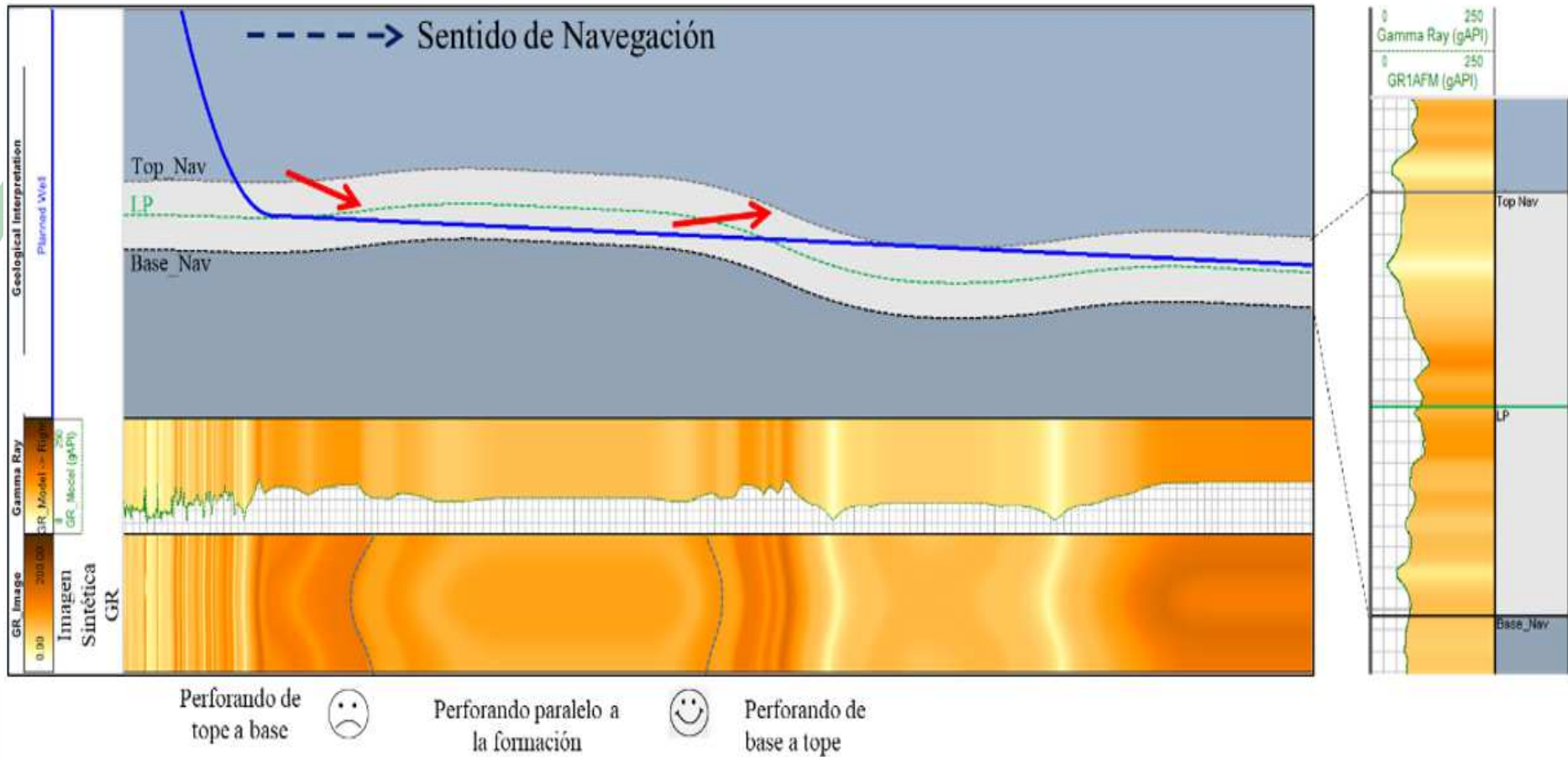
Navegando con Gamma Ray Azimutal

- Mantener el BHA dentro de la ventana de navegación en la zona de mayor contenido de materia orgánica
- Brindar datos en tiempo real de la base y el tope de la capa.
- Navegar en espesores muy pequeños 0.5mt.
- Optimizar ROP con los valores de gamma



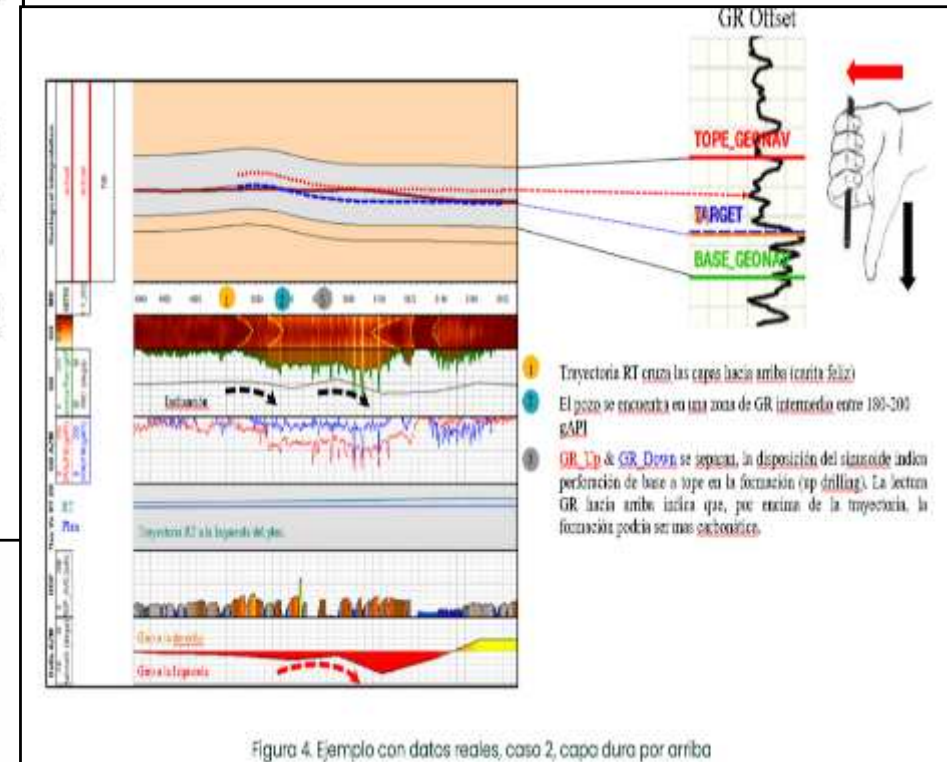
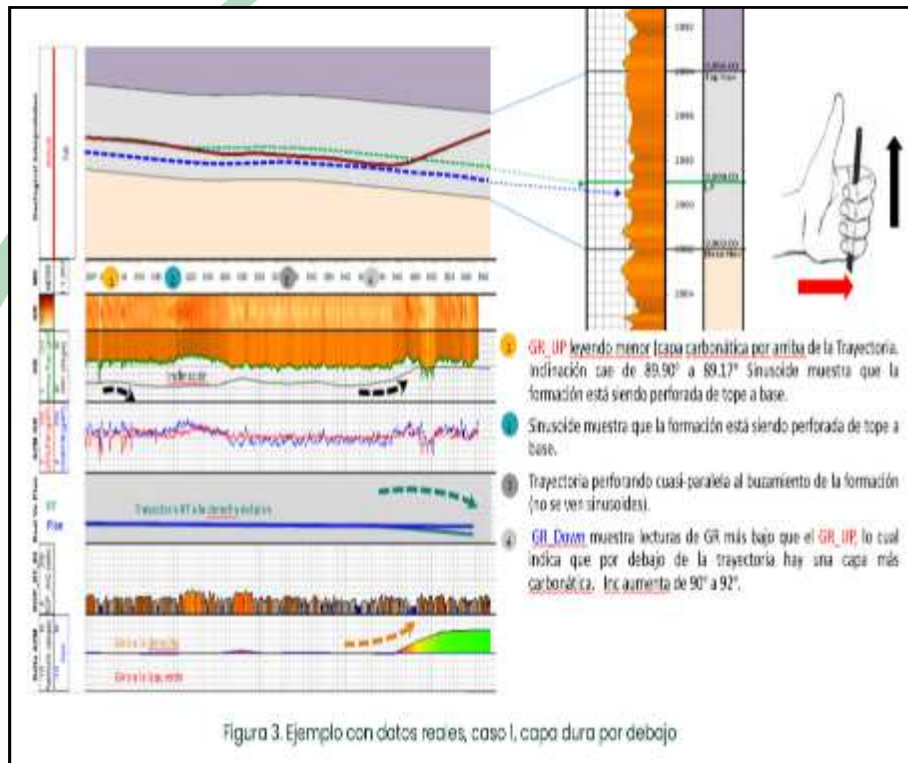
Algunos tipos de inestabilidad de pozos a lo largo de las lutitas pueden generar colapsos de la tubería, atravesar fallas y pasar zonas de influjos es un fenómeno que se puede presentar.

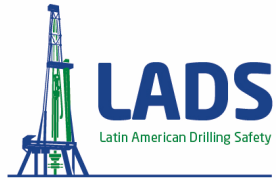
Modelo de Geonavegación



Interpretación de las curvas Azimutales e Imagen de GR

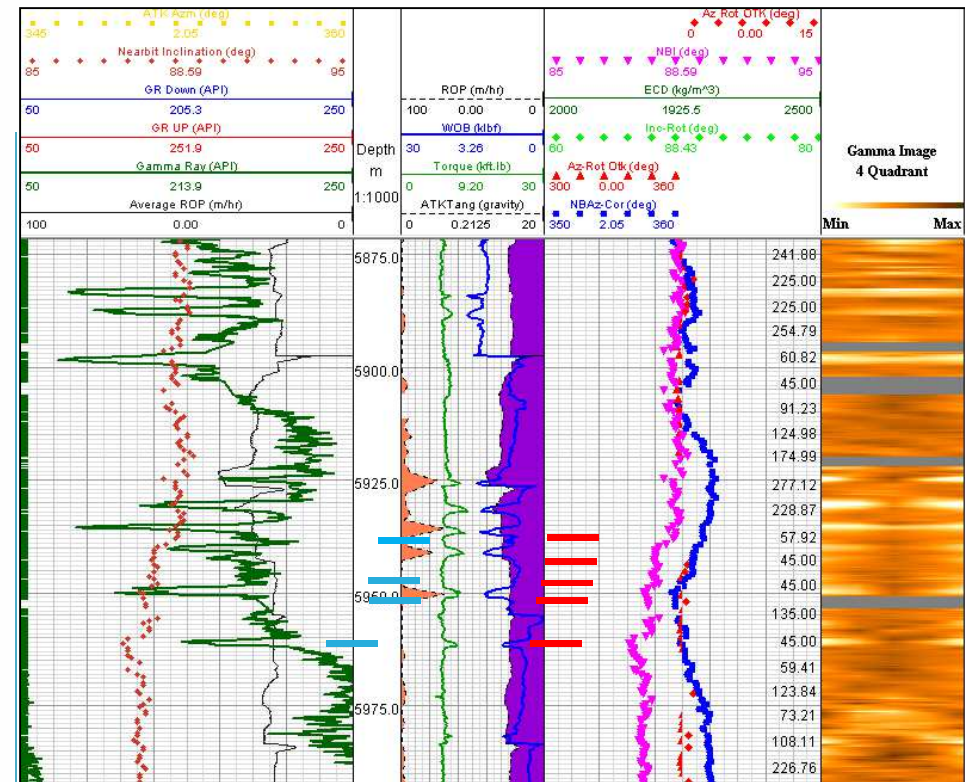
🔴 Análisis de la mano izquierda





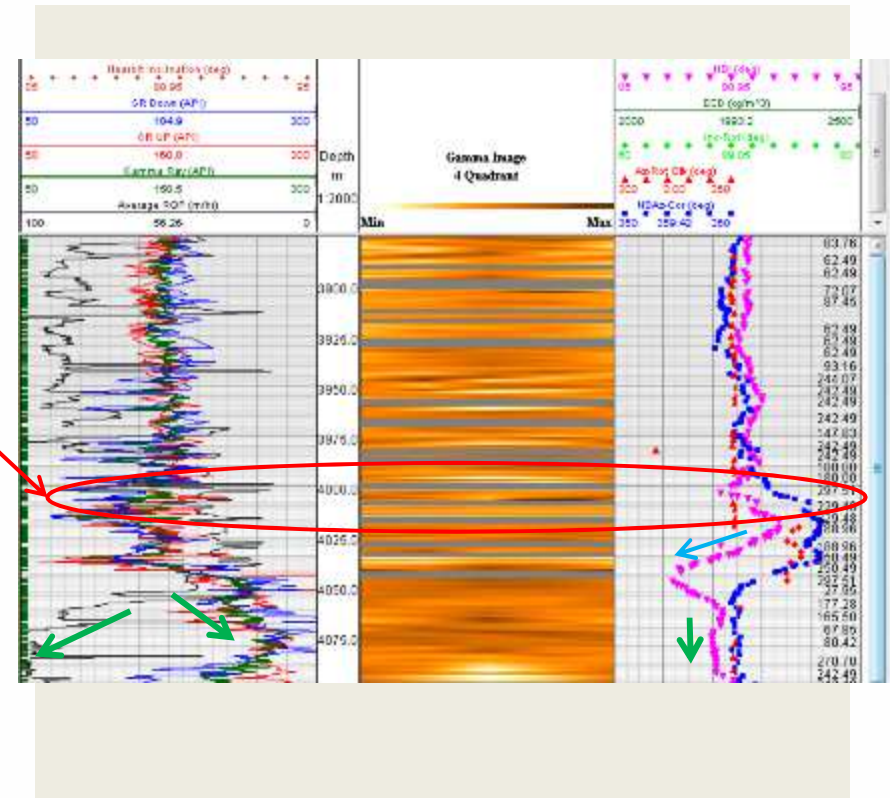
Integración Geonavegación + Perforación

- Dinámicas de Perforación Real Time
- Como Prevenir desviaciones
 - La primera alerta es en superficie. El TORQUE and WOB (Peso sobre el trepao) aumenta cuando se esta perforando una capa mas dura.
 - Esta información es confirmada por las altas vibraciones en el Autotrak eXact (Vibraciones Tangenciales) al instante.
 - Para minimizar la desviación es necesario disminuir la ROP y dejar el modo 3D hacer su trabajo.



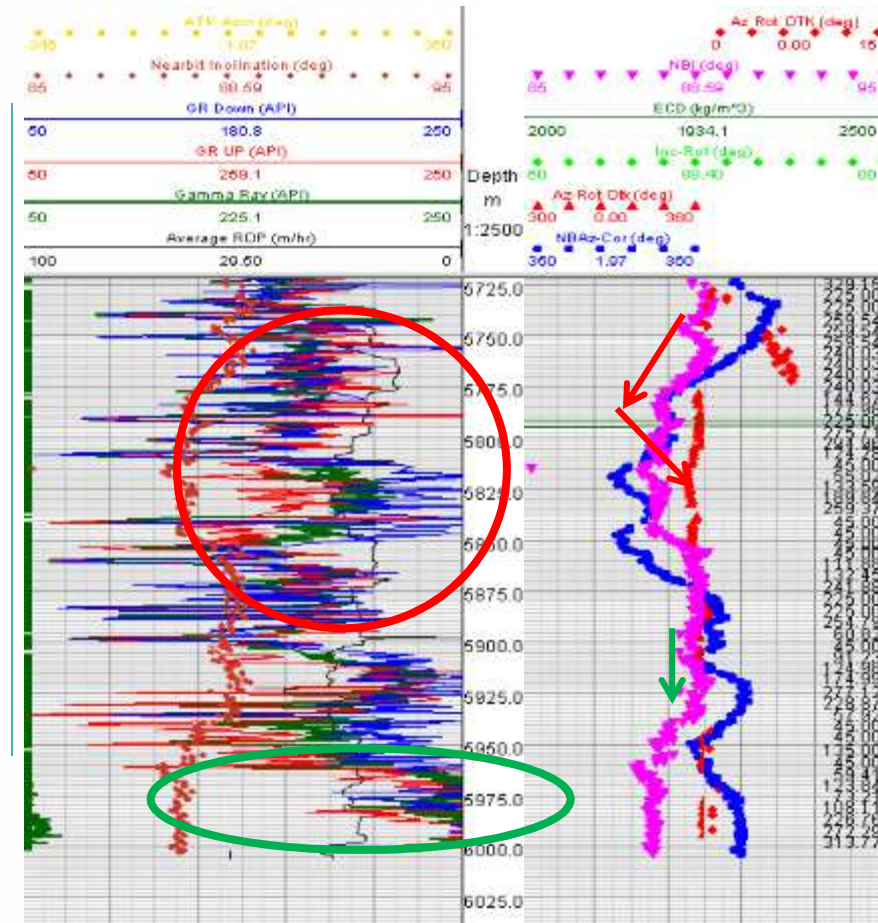
Integración Geonavegación + Perforación

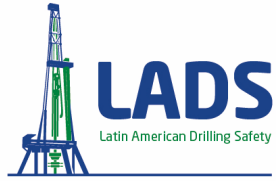
- La Diferencia entre Gammas
 - La diferencia entre el Gamma de arriba (Alta lectura) y el Gamma de abajo (Baja Lectura) indica que la formación mas dura se encuentra por debajo del BHA.
1. Esto ocasiona que el BHA vaya hacia arriba y gire a la derecha, como lo muestra el azimuth y la inclinación cerca del trepao, disminuyendo la ROP.
 2. Para detener este comportamiento es necesario disminuir la inclinación Target para atravesar la capa dura.
 3. El resultado fue ingresar en una zona mas suave (alta lectura de Gamma) El comportamiento del BHA es mas estable permitiendo incrementar la ROP



Integración Geonavegación + Perforación

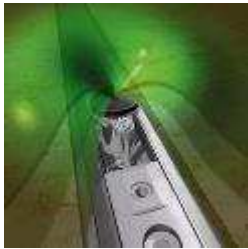
- La Diferencia entre Gammas
 - Cuando se localiza el BHA en una zona de Gamma alto, es posible optimizar los parámetros de perforación para obtener una mayor ROP.
 - EL WOB es estable al igual que el TORQUE, por que no existe interacción con otra capa. Inclusive a altas profundidades (6000 m MD)
 - Zonas intercaladas, Difícil control direccional (inclusive con modo 3D), Menor ROP
 - Zona de lectura de Gamma alta, mejor control direccional, Mejor ROP

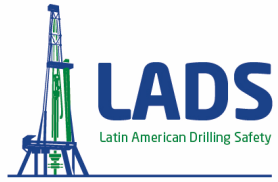




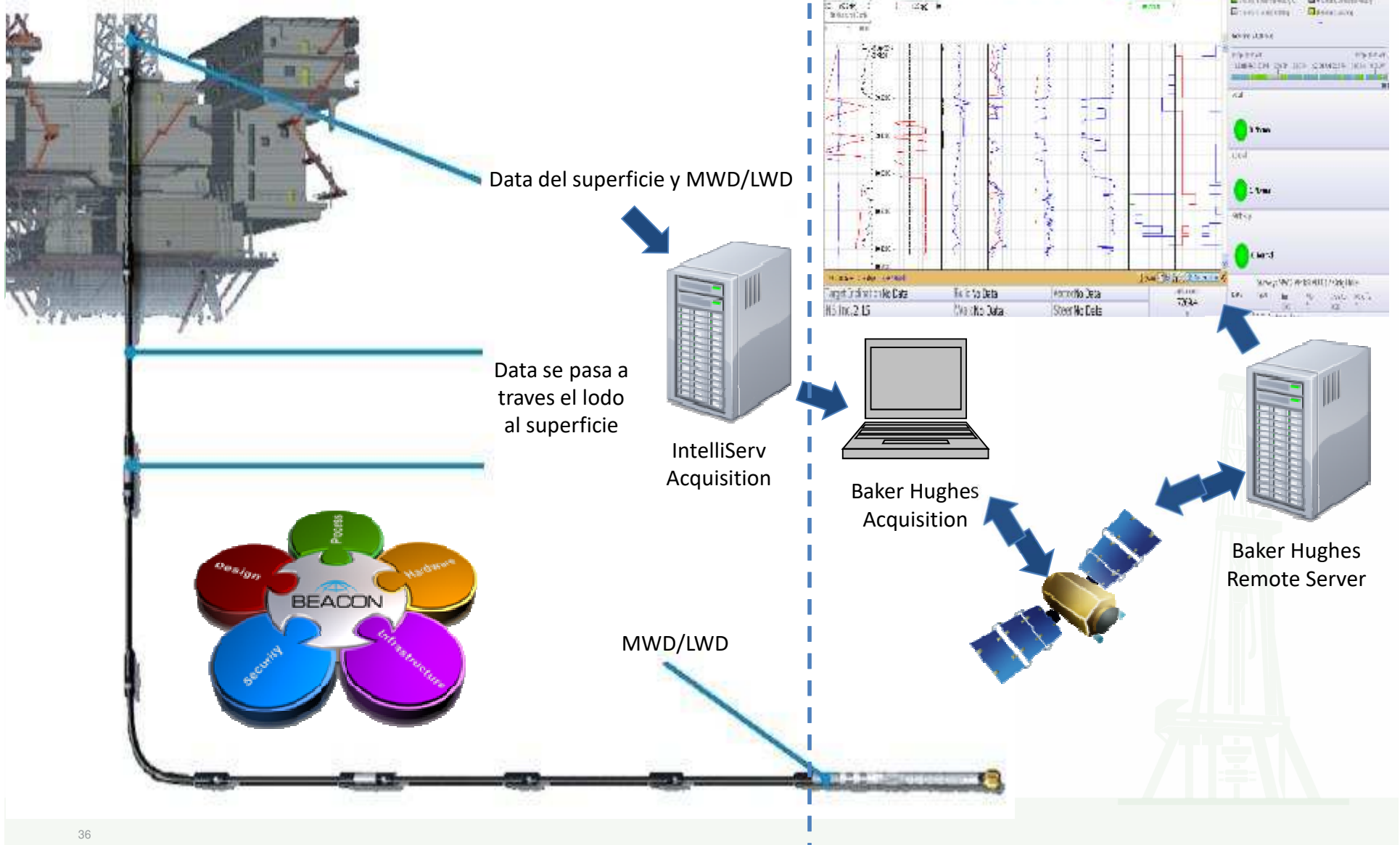
Herramientas LWD

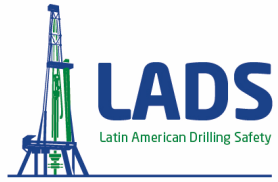
- ★ **AutoTrak** – Rotary Steerable Drilling Tool
- ★ **OnTrak**® – MWD/LWD & Imaging
- ★ **LithoTrak**™ – Porosity, PE & Imaging
- ★ **SoundTrak**™ – Advanced Acoustic Logging
- ★ **TesTrak**® – Formation Pressure Testing
- ★ **MagTrak**™ – LWD Magnetic Resonance Logging
- ★ **StarTrak**™ – High Resolution Electrical Imaging
- ★ **AziTrak**™ – *Deep Reading* Azimuthal Resistivity
- ★ **CoPilot**™ – Herramienta de *optimización en perforación*





WellLink RT – Operaciones Remotas





Preguntas

Gracias

