

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

APLICACIONES DEL REGISTRO DE RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR EN LA EVALUACION DE YACIMIENTOS

Presentado por: Richard Landi Torres

INTRODUCCION



El perfilaje con RMN representa una nueva revolución en evaluación de formaciones y este proyecto dá un tratamiento amplio de esta nueva tecnología.

NMRL



- FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA RMN
- CARACTERIZACION Y PRINCIPIOS DE MRIL-PRIME
- APLICACIONES DE LA RMN EN LA INDUSTRIA PETROLERA
- ANALISIS Y SOLUCIONES DE LOS POZOS X y Y DEL CAMPO Z CON MRIL
- CONTROL DE CALIDAD DE LOS PERFILES MRIL
- CONCLUSIONES, OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

DISTRIBUCION T2

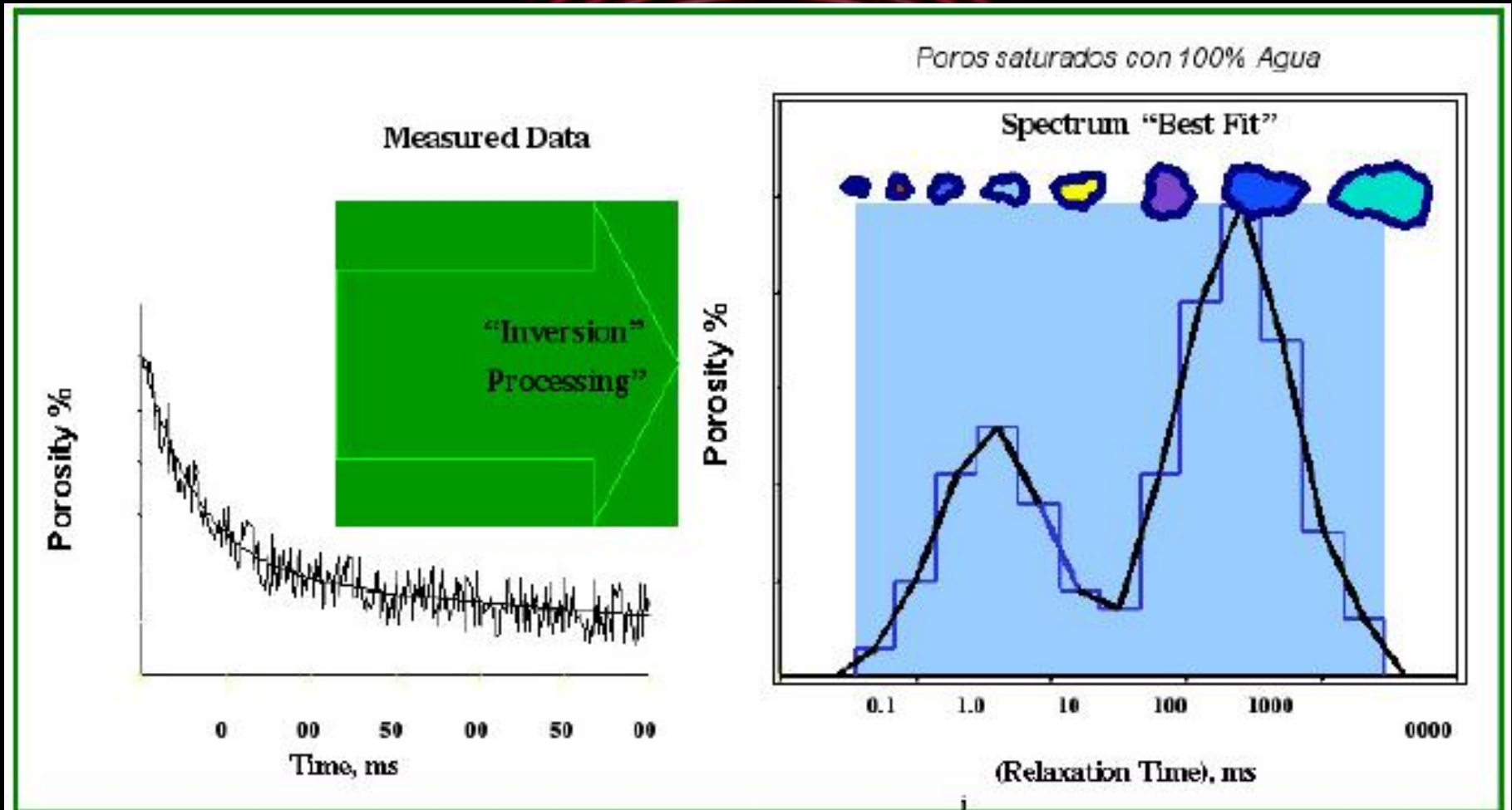


Figura 5 – Distribución T2

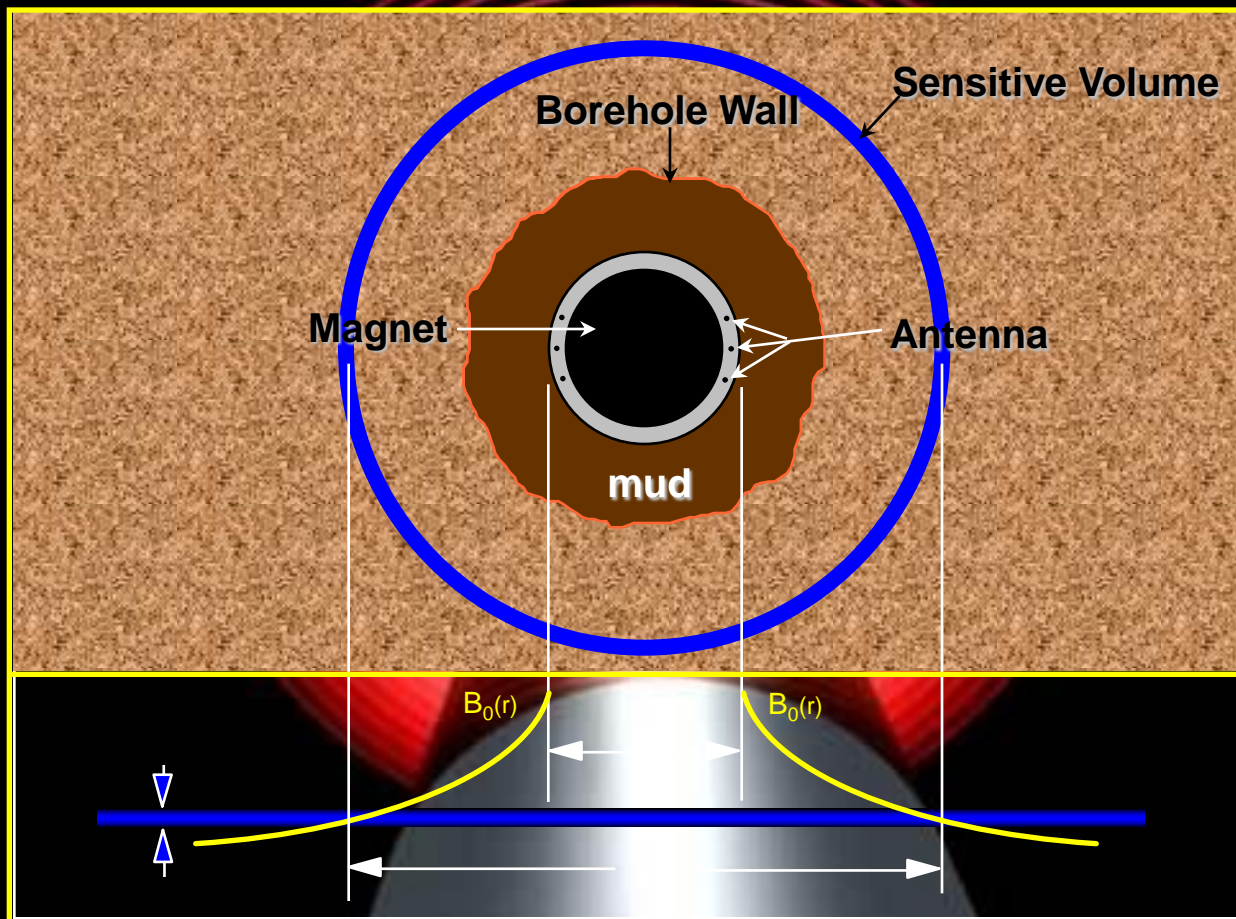
- PRINCIPIOS FISICOS DE LA RMN

- Magnetismo nuclear
- Polarización
- Inclinação de pulsación y decaimiento de inducción libre
- Detección de ecos de momentos rotacionales
- Sincronización del tiempo de las mediciones RMN

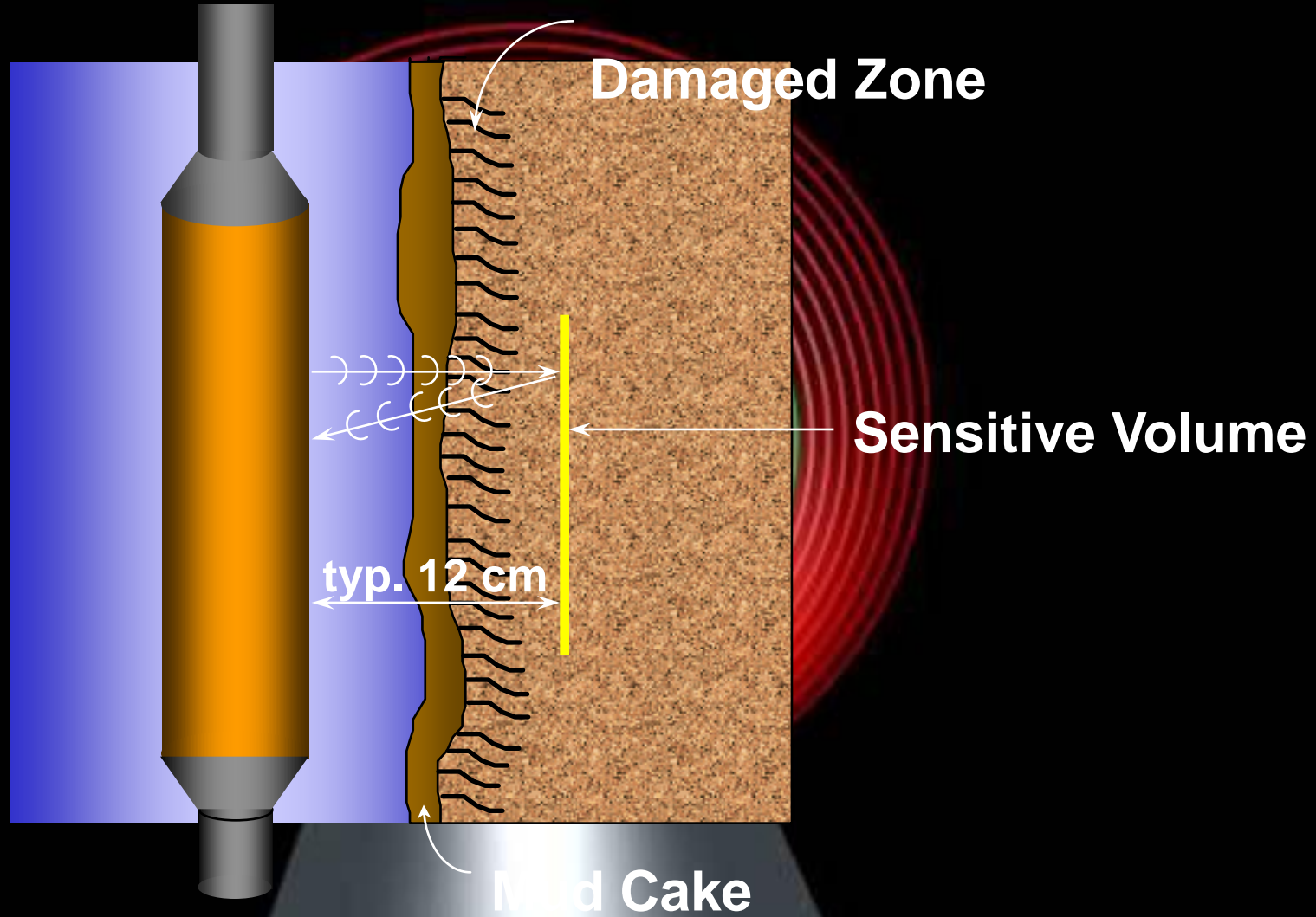
- COMPARACION ENTRE EL PERFILAJE CON RMN Y OTRAS HERRAMIENTAS DE REGISTROS



MRIL



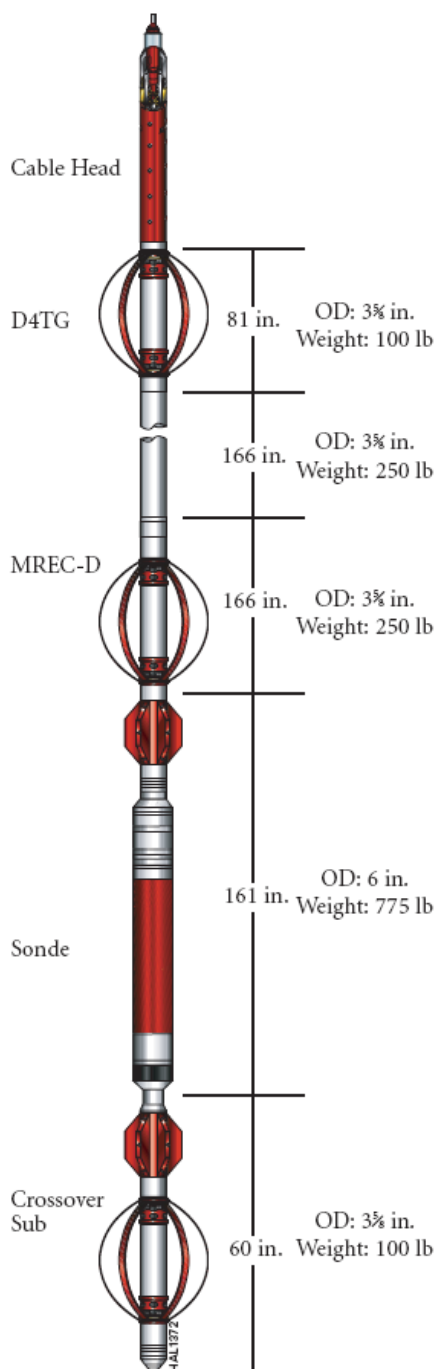
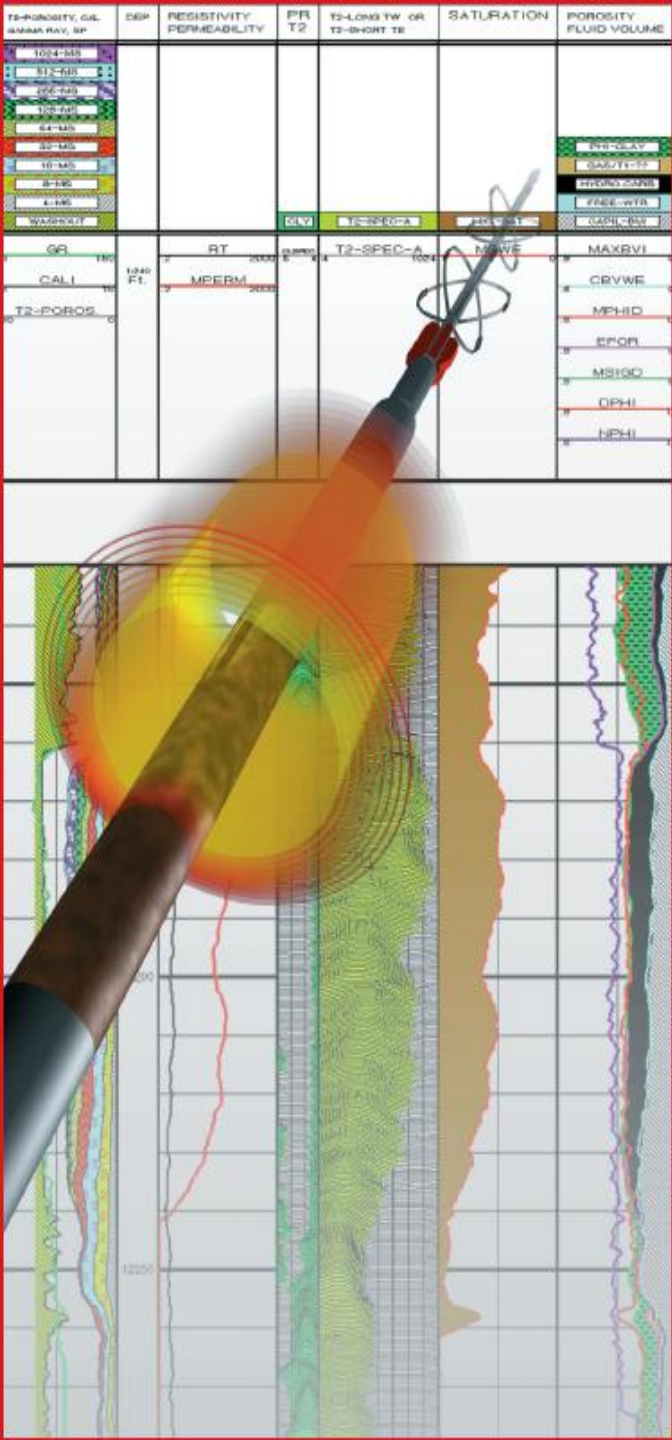
PRINCIPIO DE MEDICION



ANALISIS MRIL-PRIME



- T1: Tiempo de relajación longitudinal
- T2: Tiempo de relajación transversal
- TE: Tiempo de polarización
- TW: Tiempo entre ecos
- HI: Índice de hidrógeno



Dimensions and Ratings

Maximum working temperature:	350°F									
Maximum working pressure:	20,000 psi									
Maximum torque limit:	1,000 ft-lb									
Maximum compression limit:	37,000 lb									
Maximum tension limit:	32,000 lb									
Combinability:	With most Halliburton Logging Tools									
Compatibility:	With all major service providers									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sonde OD</th> <th>Length</th> <th>Weight</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6 in.</td> <td>52.88 ft</td> <td>1475 lb</td> </tr> <tr> <td>4 7/8 in.</td> <td>50.38 ft*</td> <td>1275 lb</td> </tr> </tbody> </table>	Sonde OD	Length	Weight	6 in.	52.88 ft	1475 lb	4 7/8 in.	50.38 ft*	1275 lb
Sonde OD	Length	Weight								
6 in.	52.88 ft	1475 lb								
4 7/8 in.	50.38 ft*	1275 lb								

* Note 4 7/8-inch diameter Sonde is 131.6 inches in length

Borehole Conditions

Tool diameter	Borehole Size	
	Minimum	Maximum
4 7/8 in.	5 7/8 in.	8.5 in.
6 in.	7 in.	12.25 in.
Open/Cased hole:	Openhole only	
Borehole fluids:	No restrictions – any type drilling mud or air	
Rugosity effect:	No effect if not in sensitive volume	
Mudcake effect:	None, if not in sensitive volume	
Mud res. lower limit:	0.02 Ohm*m	
Tool position:	Ideal when centerline of tool is close to centerline of borehole, +/- 0.5 in. Centralizers and standoffs are required to provide proper centralization.	

Measurement

	Principle:	Measurement Range:
Porosity:	Magnetic Resonance	0 - 100 PU
Free Fluid Index:	Magnetic Resonance	0 - 100 PU
Bulk Volume Irreducible:	Magnetic Resonance	0 - 100 PU
T2 Distribution	Magnetic Resonance	0.5 msec - 3.0 sec
Accuracy:	+/- 1 PU or 5%, whichever is greater	
Repeatability:	1 PU Standard deviation on porosity measurement	
Static Vertical Resolution:	24 in.	

Electrical Specifications

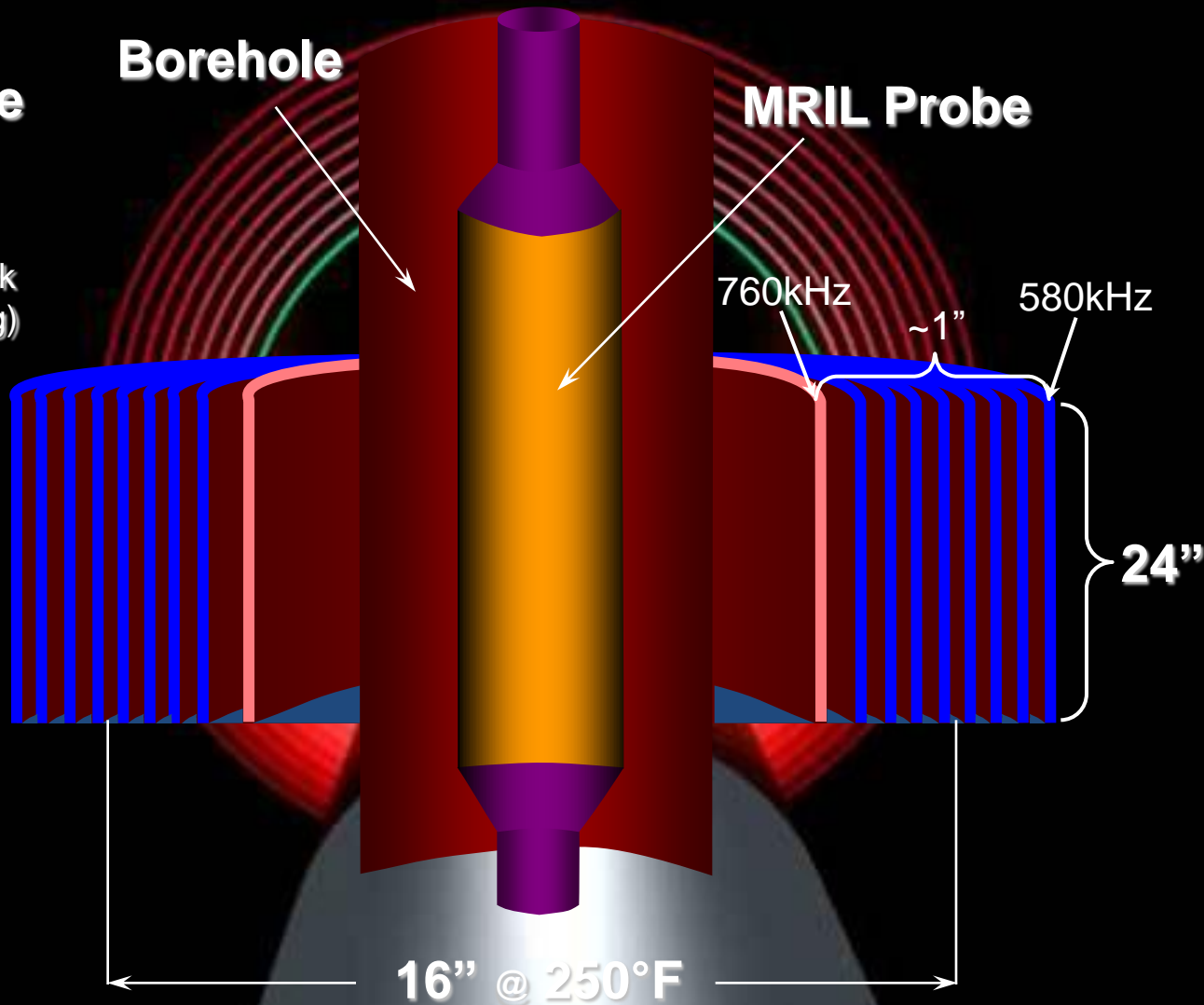
Cablehead Voltage:	120 VAC +/- 18 VAC at 60 Hz
Instrument Current:	400 mA
Transmitter Power:	< 1.5 kW average
Transmitter Voltage:	+/- 300 VDC at cablehead
Transmitter Current:	3 A maximum

MRIL-PRIME

**9 Sensitive
Volume
Cylinders**
(each 1 mm thick
at 1 mm spacing)

Borehole

MRIL Probe



ANÁLISIS MRIL-PRIME




– Análisis en el Dominio del Tiempo

Método del espectro diferencial

– Análisis de difusión

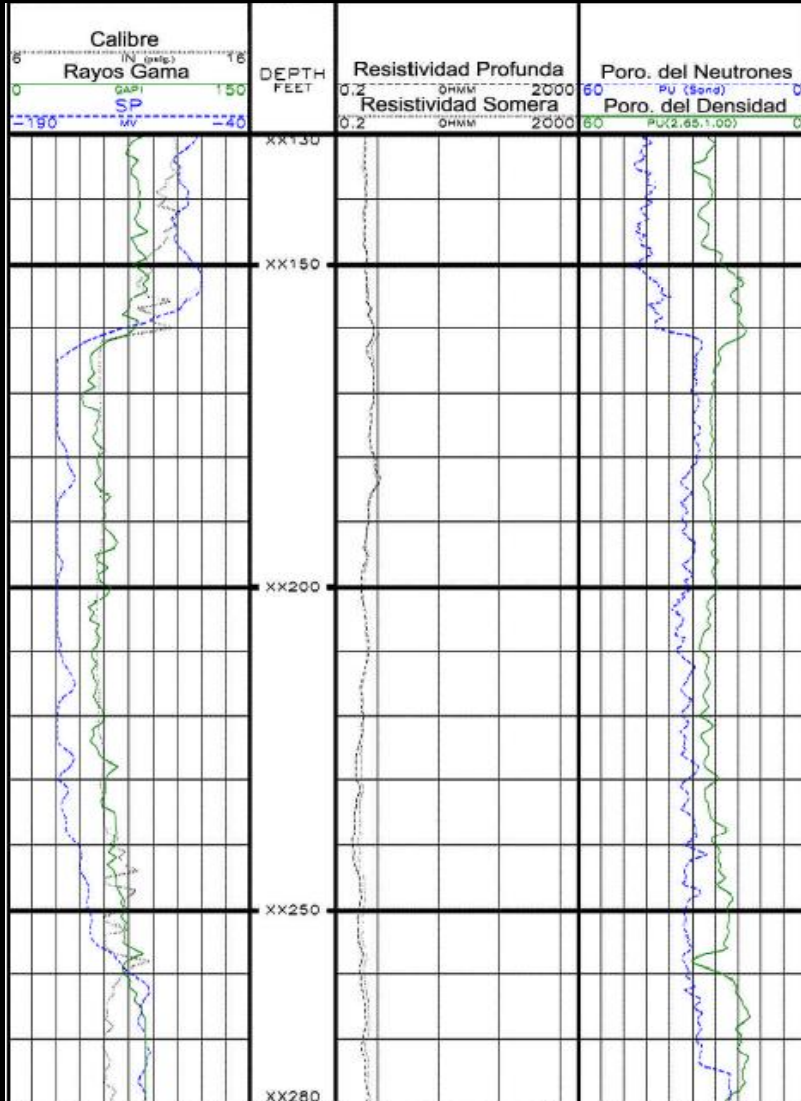
Método de la difusión realzada

IDENTIFICACIÓN DE HIDROCARBUROS CON RMN



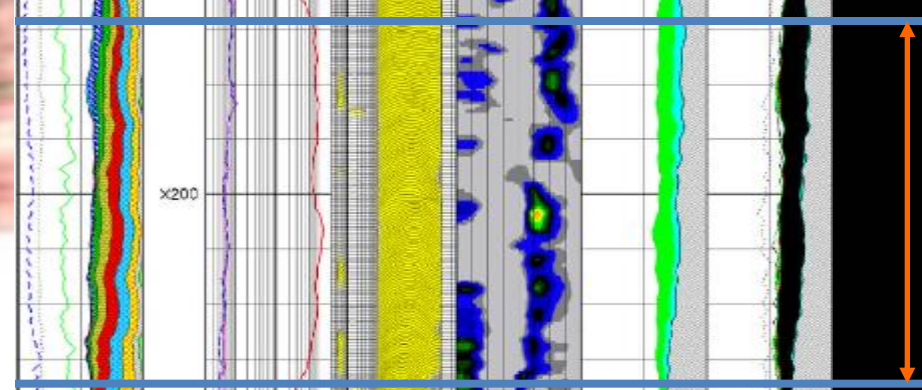
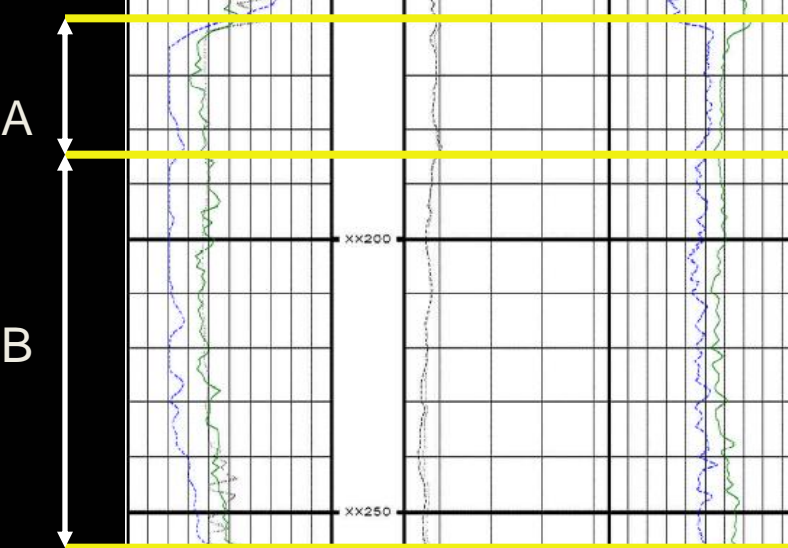
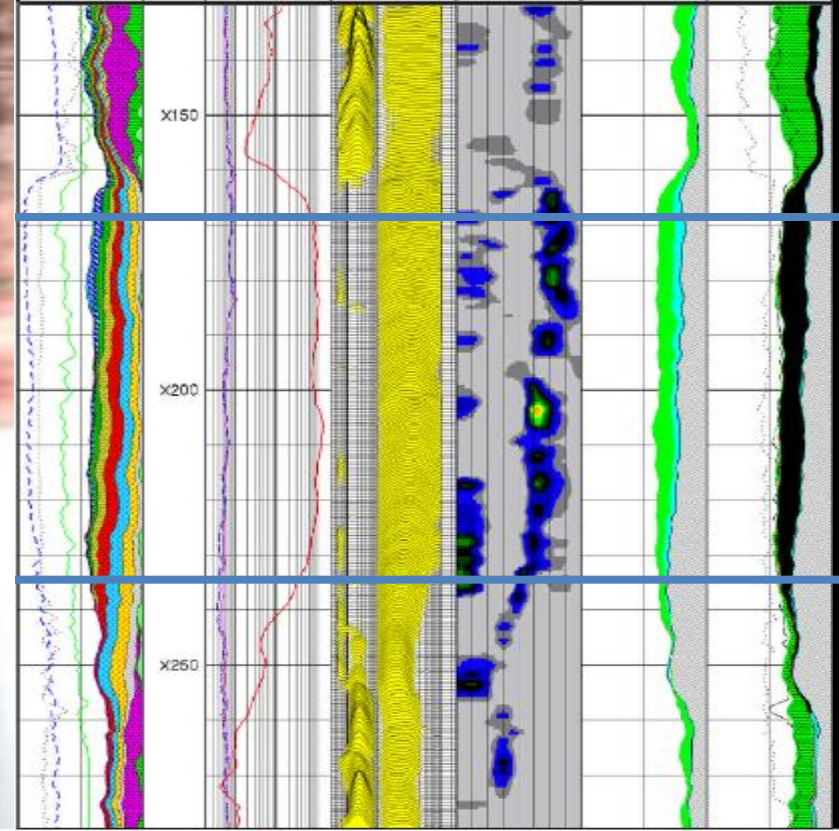
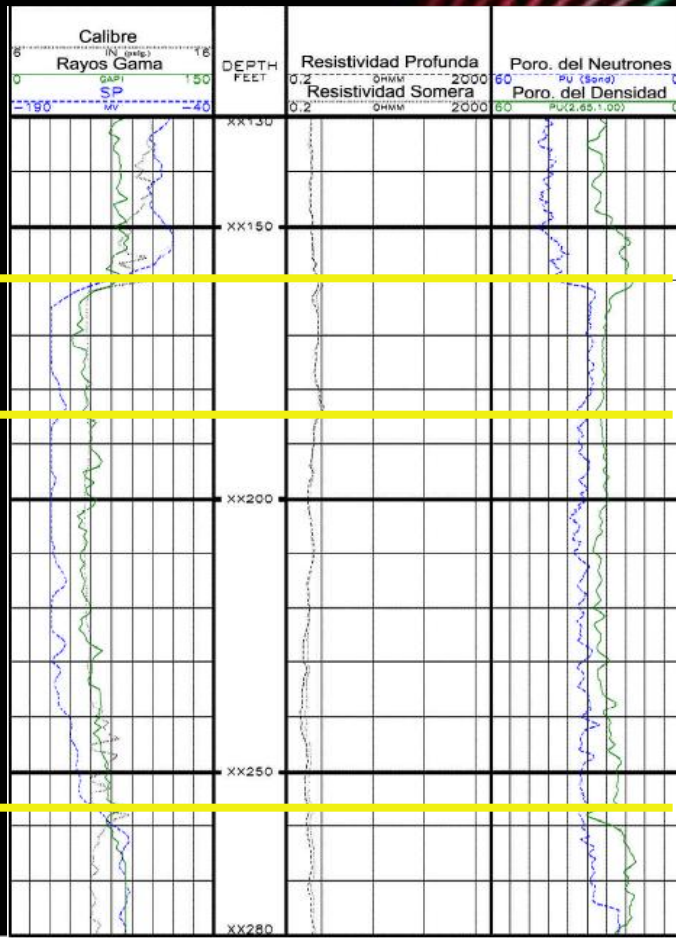
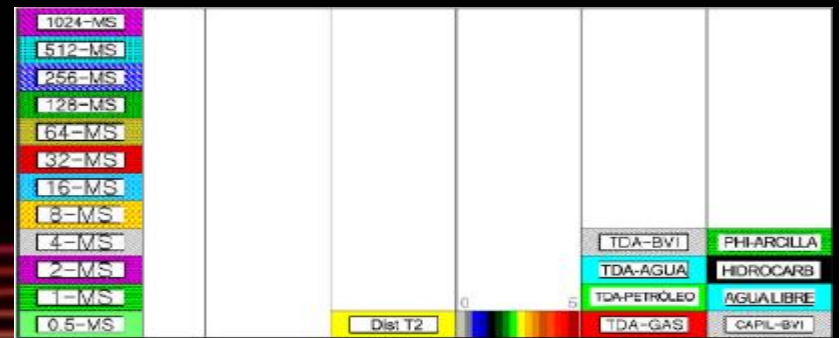
- Propiedades RMN de los hidrocarburos
- Identificación de hidrocarburos con RMN

POZO X

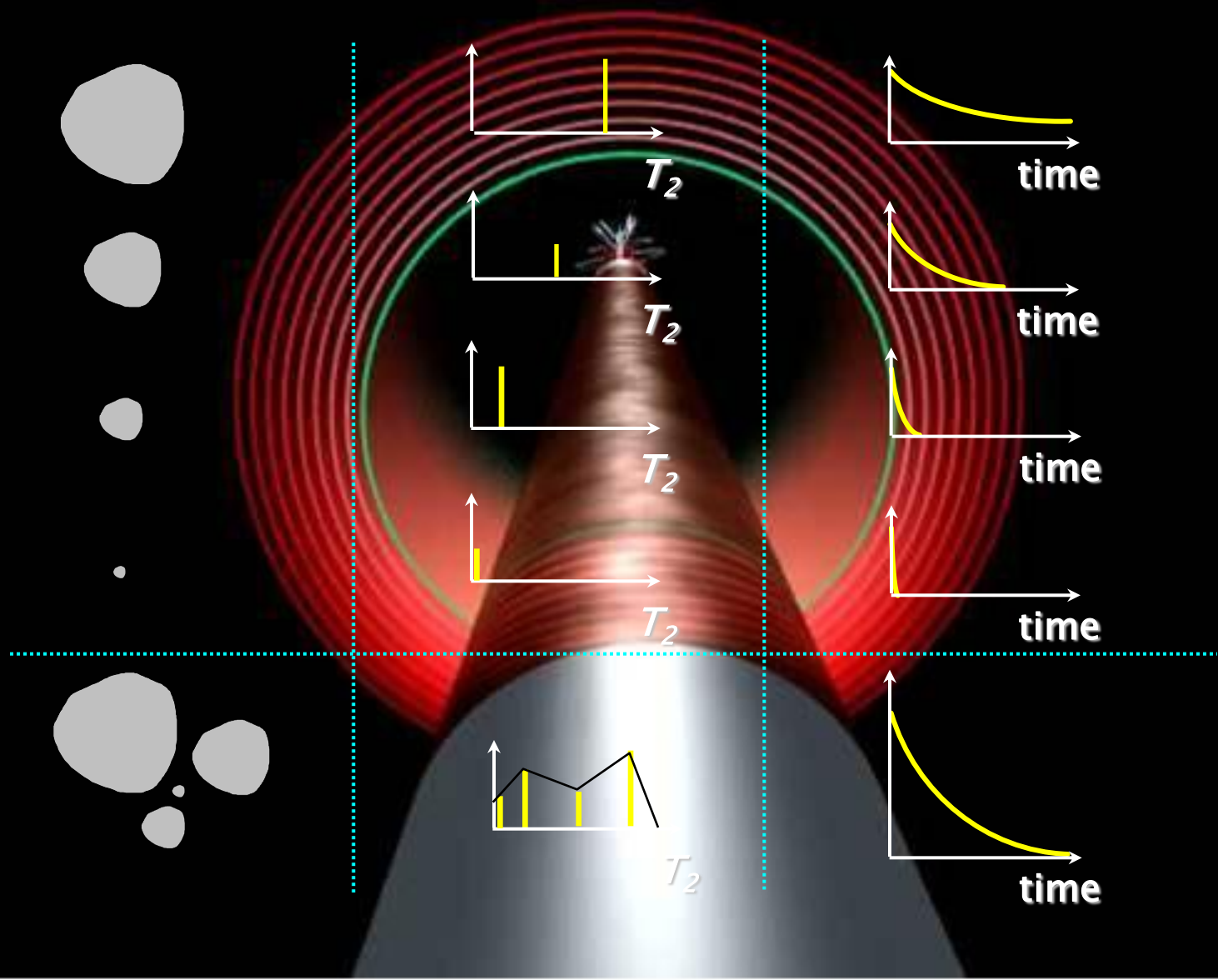


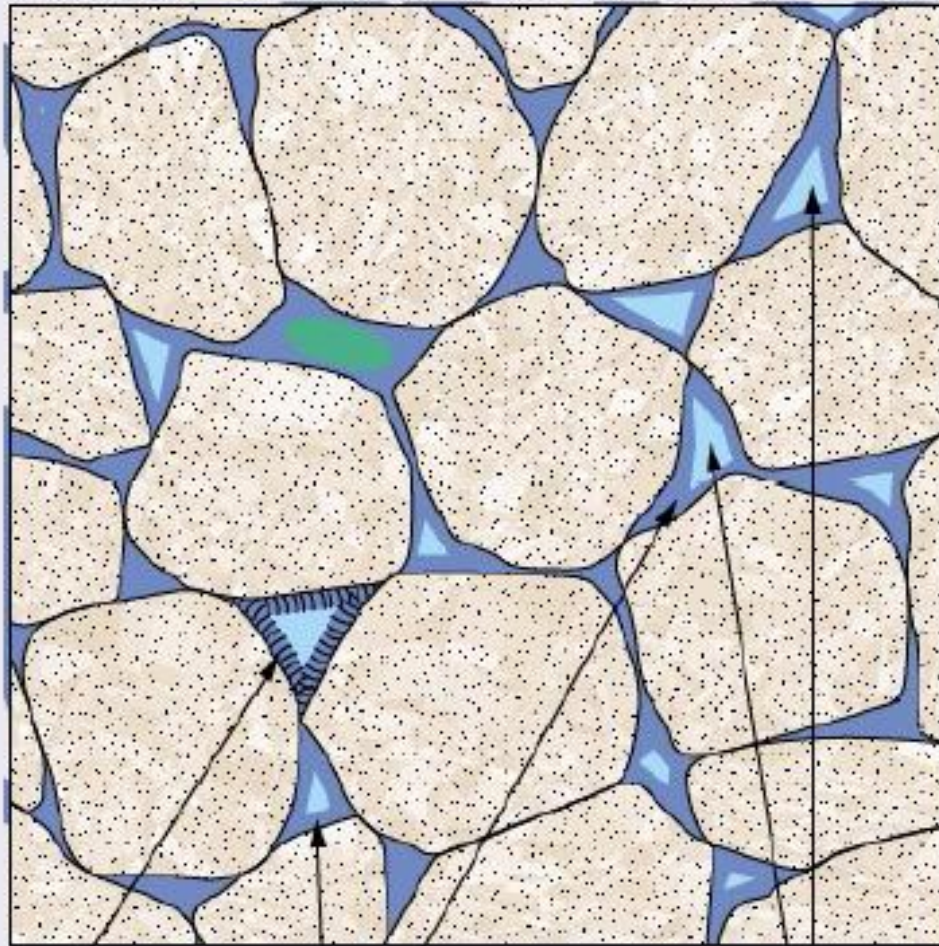
La disminución de la resistividad en la porción inferior del yacimiento se debe a cambios de textura (tamaños de granos más pequeños, en cuyo caso el pozo podría producir sin agua) o a un aumento en el volumen de agua movable?

POZO X



TAMAÑO PORAL & T_2





Agua adherida
a las arcillas

Agua ligada
a capilares

Fluidos producibles

PROPIEDADES RMN DE LOS FLUIDOS

Fluido	T_1 (ms)	T_2 (ms)	T_1/T_2 Tipico	H'	η (cp)	$D_0 \times 10^{-5}$ (cm^2/s)
Agua	1-500	1-500	2	1	0.2 - 0.8	1.8 - 7
Petróleo	3,000 - 4,000	300 - 1,000	4	1	0.2 - 1,000	0.0015 - 7.6
Gas	4,000 - 5,000	30 - 60	80	0.2 - 0.4	0.011 - 0.014 metano	80 - 100

POZO Y

~Version Information

VERS. 2.0: CWS log ASCII Standard -VERSION 2.0
 WRAP. NO: One line per depth step

~Well Information Block

#MNMN.UNIT	Data Type	Information
STRT.F	8994.0000:	
STOP.F	9144.0000:	
STEP.F	0.2500:	
NULL.	-999.2500:	

~Parameter Information Block

#MNMN.UNIT	Value	Description

~Curve Information Block

#MNMN.UNIT	API CODE	Curve Description
DEPT.F	00 000 000 000:	
CALI.in	00 000 000 000:	Caliper
DMRBOIL.%	00 000 000 000:	DMR ESTIMATE OF BULK OIL
DMRBEVI.%	00 000 000 000:	DMR ESTIMATE OF IRREDUCIBLE WATER
DMRBEVW.%	00 000 000 000:	DMR ESTIMATE OF MOVABLE WATER
DMRCBW.%	00 000 000 000:	DMR ESTIMATE OF CLAY-BOUND WATER
DMRPERM.MD	00 000 000 000:	DMR ESTIMATED PERMEABILITY
GR .api	00 000 000 000:	Gamma API
RT10.ohmm	00 000 000 000:	10in Resistivity 2ft Res
RT20.ohmm	00 000 000 000:	20in Resistivity 2ft Res
RT30.ohmm	00 000 000 000:	30in Resistivity 2ft Res
RT60.ohmm	00 000 000 000:	60in Resistivity 2ft Res
RT90.ohmm	00 000 000 000:	90in Resistivity 2ft Res
T2DW.MSEC	00 000 000 000:	T2-DIFFUSION WATER LIMIT - LONG TE

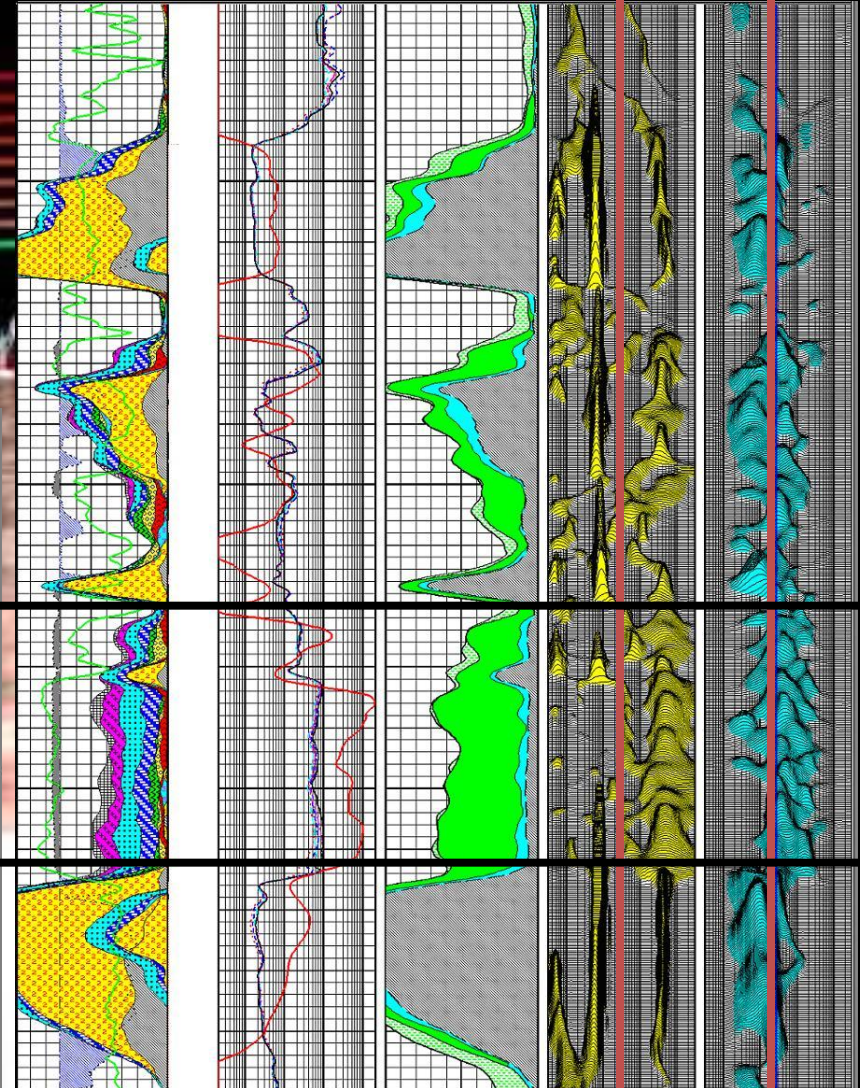
~A DEPT	CALI	DMRBOIL	DMRBEVI	DMRBEVW	DMRCBW	DMRPERM	GR	RT10	RT20	RT30	RT60	RT90	T2DW
8994.0000	12.2785	5.2660	19.4204	1.1978	1.7056	5.4243	60.9092	1.8927	1.9507	2.0021	1.8909	1.7731	25.8348
8994.2500	12.2785	5.0448	20.4981	1.4380	1.6881	5.7679	60.9092	1.8927	1.9507	2.0021	1.8909	1.7731	25.8341
8994.5000	12.5833	4.8013	21.2300	1.7023	1.8410	6.0792	62.1858	1.5905	1.6230	1.6619	1.5778	1.4897	25.8334
8994.7500	12.5833	4.5164	21.7158	1.9886	2.1137	6.3099	62.1858	1.5905	1.6230	1.6619	1.5778	1.4897	25.8328
8995.0000	13.0124	4.2141	22.0078	2.2687	2.4459	6.4373	64.1334	1.4496	1.4686	1.4999	1.4306	1.3549	25.8321

POZO Y

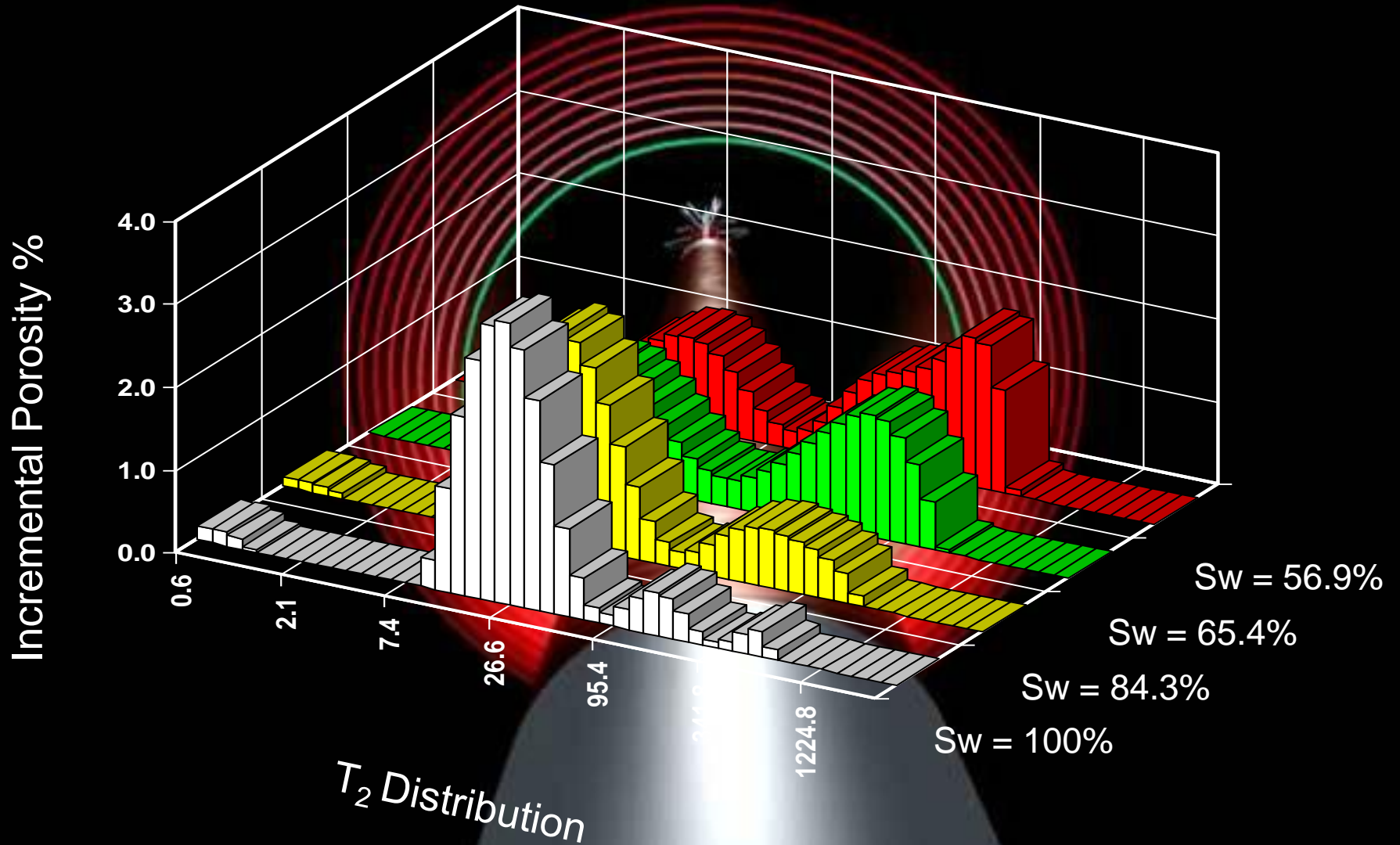
T2DW

T2 DISTRIBUTION	DEPTH	RESISTIVITY & PERMEABILITY	EDM FLUID VOLUME	A-SPECTRUM TE 0.9MS TW12S	D-SPECTRUM TE 3.6MS TW12S
2048-MS					
1024-MS					
512-MS					
256-MS					
128-MS					
64-MS					
32-MS					
16-MS					
8-MS			EDM CRW		
4-MS			EDM OIL		
MUDCAKE			EDM WTR		
WASHOUT	BADH		EDM BVI	SHORT TE	LONG TE

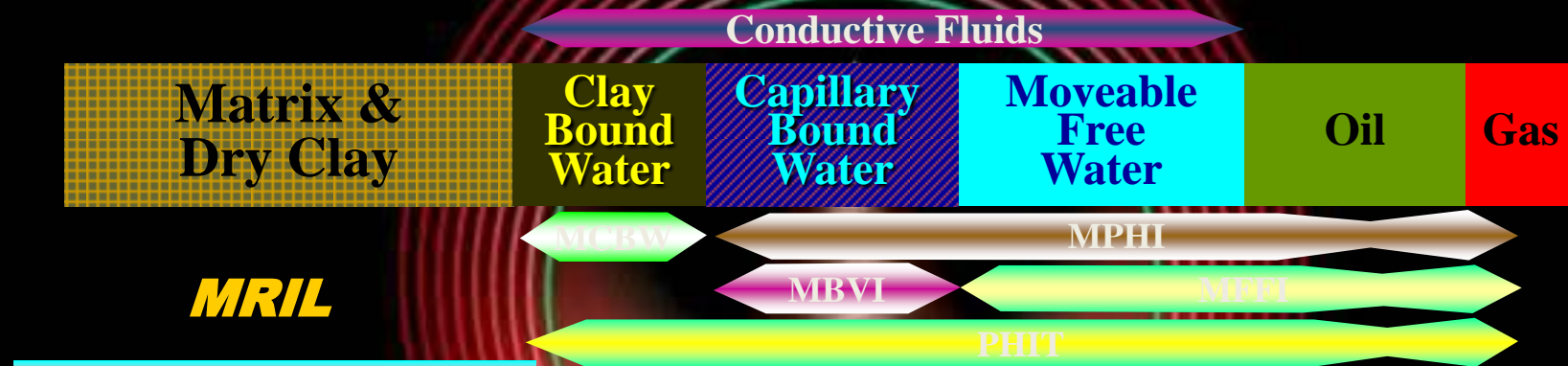
GR	BADH	PERMEABILITY	EDMBVI	TASPEC	TDSPEC
0 GAPI 150	0 5	0.2 MD 2000	30 % 0	0.3 MS 3000	0.3 MS 3000
CALI IN 17	1:200 FT.	RT10 OHMM 2000	EDMBVW % 0	T2DW 0.3 LONGTE 3000	T2DW 0.3 MS 3000
T2 POR. DIST. 30 PU 0		RT20 OHMM 2000	EDMBOIL % 0		
		RT30 OHMM 2000	EDMCBW % 0		
		RT60 OHMM 2000			
		RT90 OHMM 2000			



DISTRIBUCION T2 & SW



MRI Log Processing & Interpretation

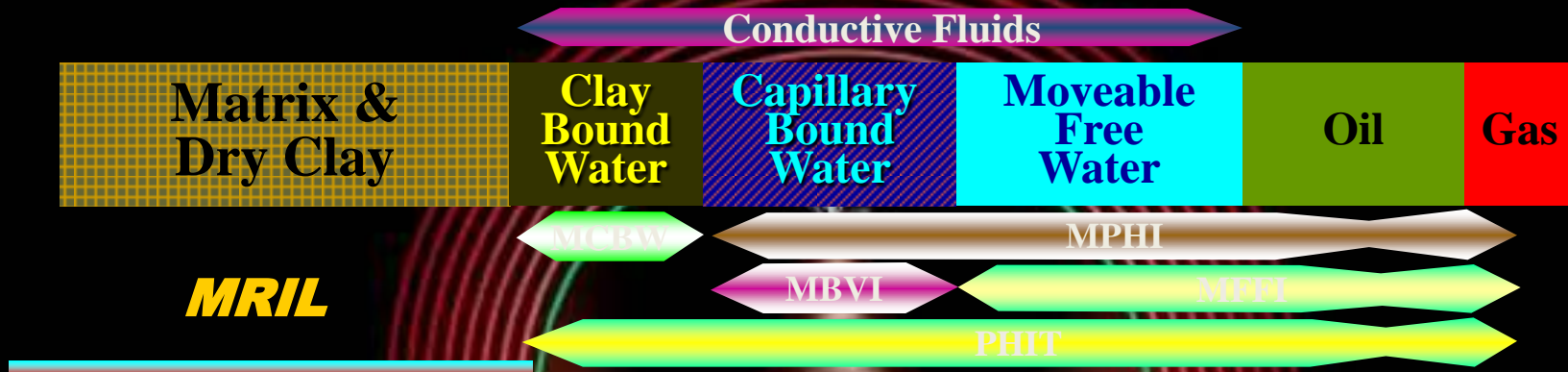


MRIL Porosity

$$\phi_{MRIL} = \phi \cdot HI \cdot (1 - e^{-tw/T1})$$

$$\phi_{MRIL} = \phi \cdot S_{xo} \cdot HI_w \cdot (1 - e^{-tw/T1w}) + \phi \cdot (1 - S_{xo}) \cdot HI_h \cdot (1 - e^{-tw/T1h})$$

MRI Log Processing & Interpretation



MRIL Permeability

$$MPERM = \left(\left(\frac{MPHI}{C} \right)^2 \left(\frac{FFI}{BVI} \right)^2 \right)^2$$

CONTROL DE CALIDAD



- **Calibración y verificación previas al perfilaje**
- **Control de calidad durante perfilajes**
- **Verificación de calidad después del perfilaje**

TANQUE DE CALIBRACION

Side View

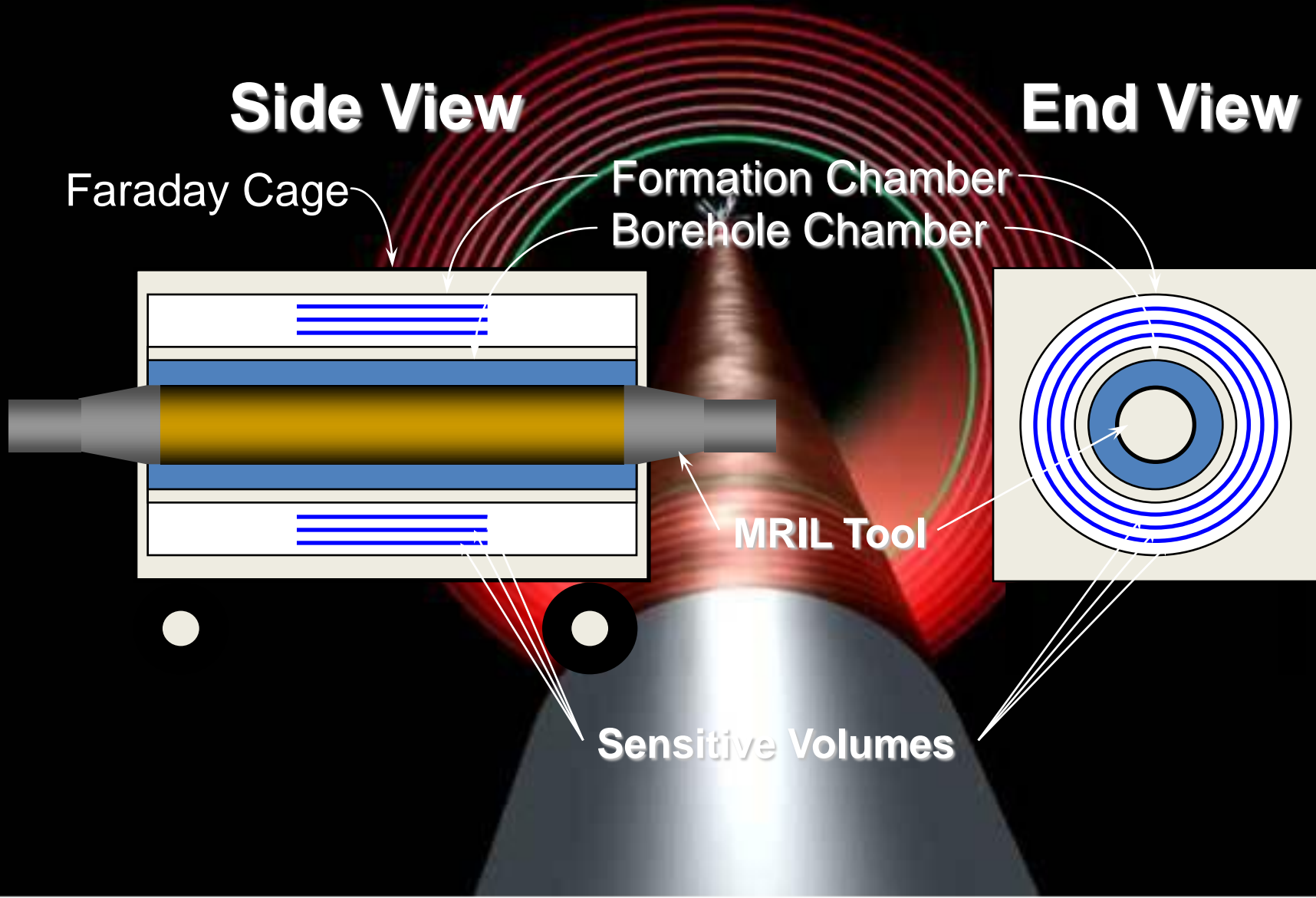
End View

Faraday Cage

Formation Chamber
Borehole Chamber

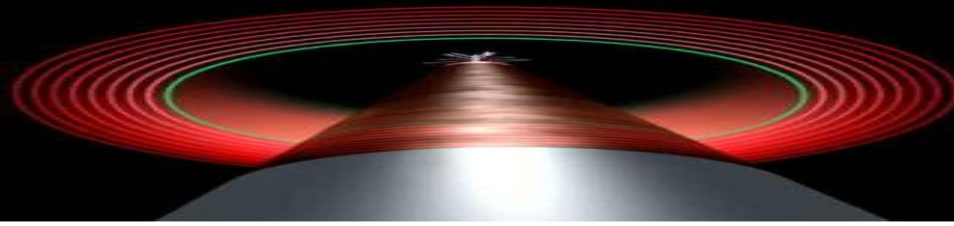
MRIL Tool

Sensitive Volumes

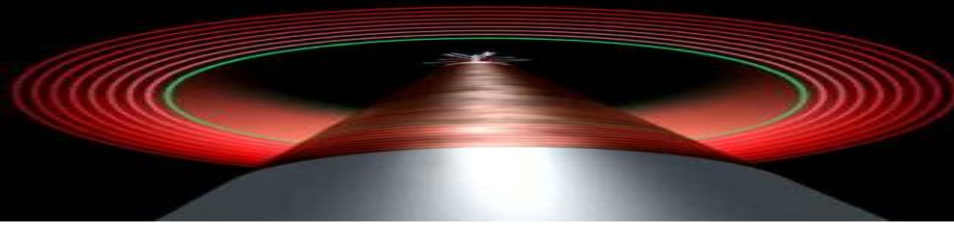


A stylized graphic of a rocket launch. A silver rocket is shown from a low angle, ascending towards the top of the frame. The rocket is surrounded by a series of concentric red rings that expand outwards, suggesting a shockwave or a large plume of fire. The background is black. The word "CONCLUSIONES" is written in a bold, red, sans-serif font across the middle of the image, centered over the rocket's path.

CONCLUSIONES



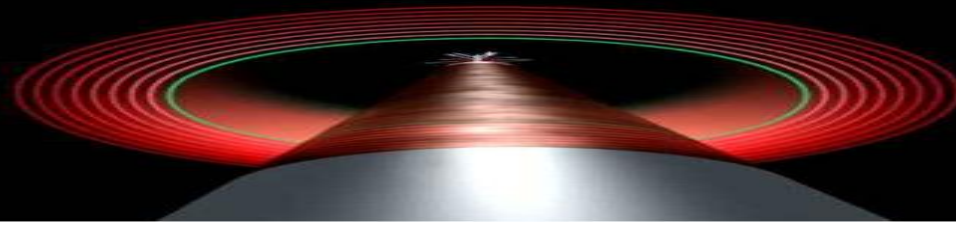
- La herramienta de Resonancia Magnética Nuclear ayuda a definir la textura de los cambios de roca, eliminando problemas de zonas de alta saturación de agua, que no producen agua y zonas de buena porosidad, que no serán buenas productoras.
- Las respuestas de los perfiles RMN son únicas entre los demás perfiles
- Debido a diferencias en tiempos de relajamiento y/o difusividad entre fluidos, los datos se pueden usar para distinguir agua asociada con la arcilla, agua capilar, agua movable, gas, petróleo liviano y petróleo viscoso.



- Esta presentación brindó una visión de la tecnología MR y definió los mecanismos físicos que controlan la respuesta MR. Los ejemplos presentados demuestran:
 - 1) Cómo el perfilaje MR puede mejorar la interpretación de la producción probable.
 - 2) Cómo el perfilaje MR establece precisas determinaciones de límites de agua capilar, volumen poral de hidrocarburo, tipo de hidrocarburo y permeabilidad.
- **Identificación y Cuantificación de Hidrocarburos**



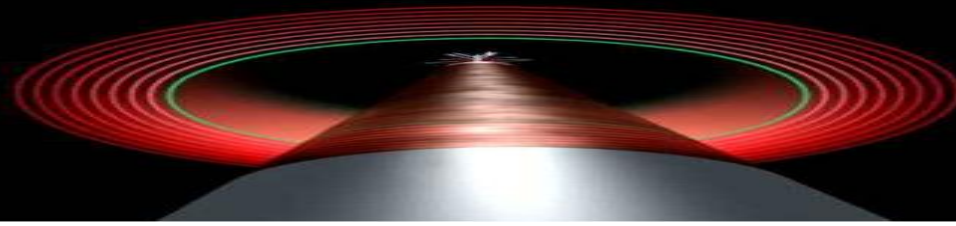
OBSERVACIONES



- Combinabilidad de las Herramientas MRIL con herramientas de otro tipo.

A 3D rendering of a flashlight beam. The beam originates from a silver flashlight at the bottom, expanding upwards. The beam is filled with a bright, glowing light. Overlaid on the beam are several concentric circles in a vibrant red color, creating a ripple effect. The word "RECOMENDACIONES" is written in a bold, red, sans-serif font across the middle of the beam. The background is a solid black, making the light and red elements stand out prominently.

RECOMENDACIONES



- Evaluar pozos vecinos en zonas con/sin producción utilizando el registro de resonancia magnética nuclear.
- Usar la herramienta adecuada, dependiendo del pozo a ser registrado

BIBLIOGRAFÍA



- Coates George, Lizhi Xiao, and Prammer Manfred, Halliburton, NMR Logging Principles and Applications.
- Schlumberger, Oilfield Review Magazine, Trends in NMR Logging.
- Ron J.M. Bonnie, Dave M. Marschall, Maged Y. Fam*, Charles P. Siess*, Halliburton Energy Services, Members SPE Advanced Forward Modeling Helps Planning and Interpreting NMR Logs
- Howard, J. J., Kenyon, W. E., and Straley, C., 1993, Proton magnetic resonance and pore-size variation in reservoir sandstones, SPE Formation Evaluation, p. 194.
- Cedeño Jose, Halliburton Conventional Well Logging



GRACIAS POR

SU ATENCION