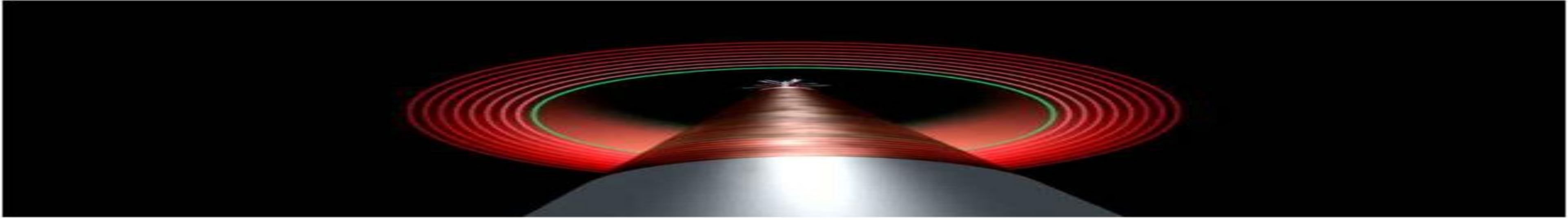


ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

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 T_2

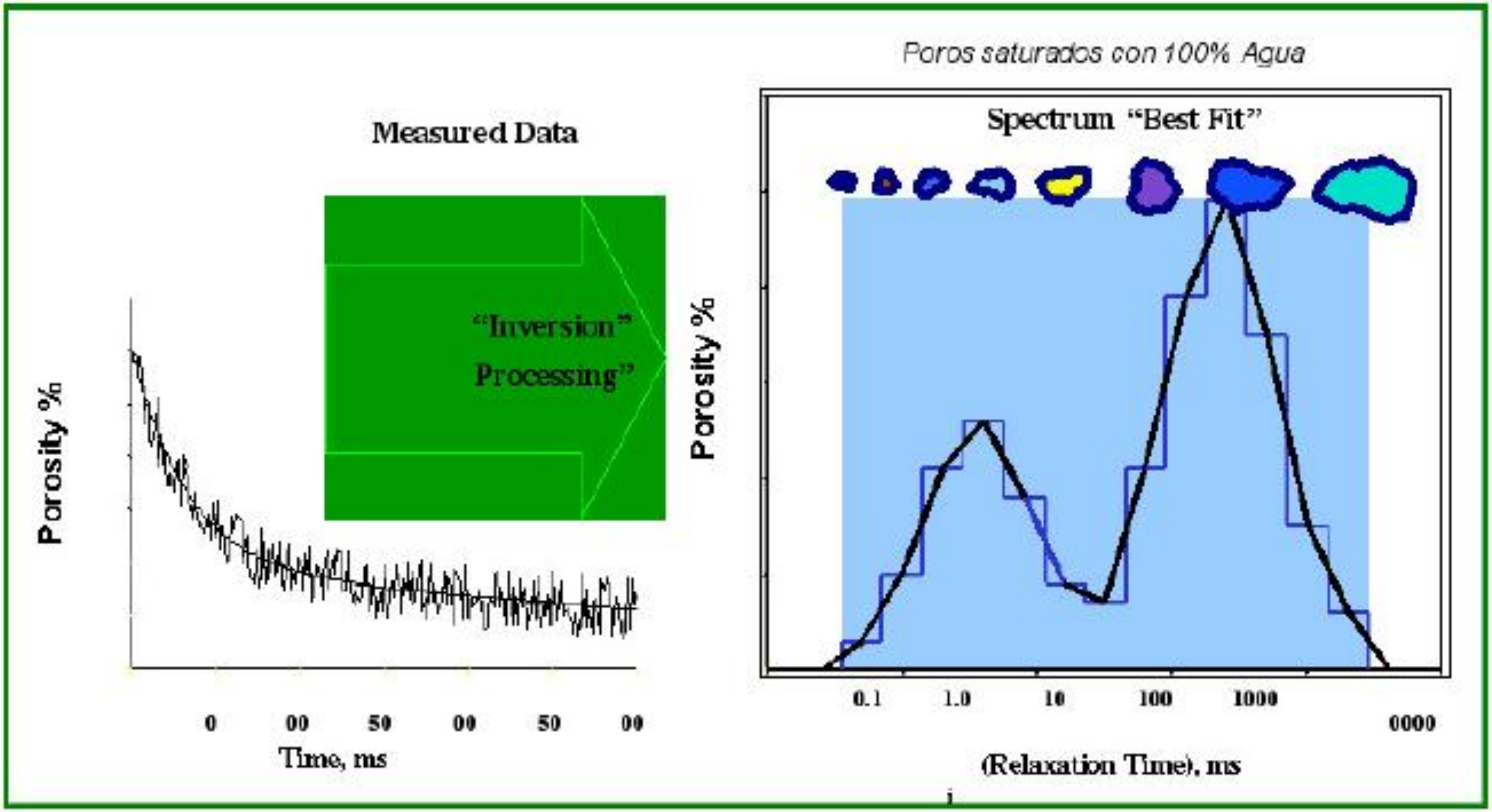
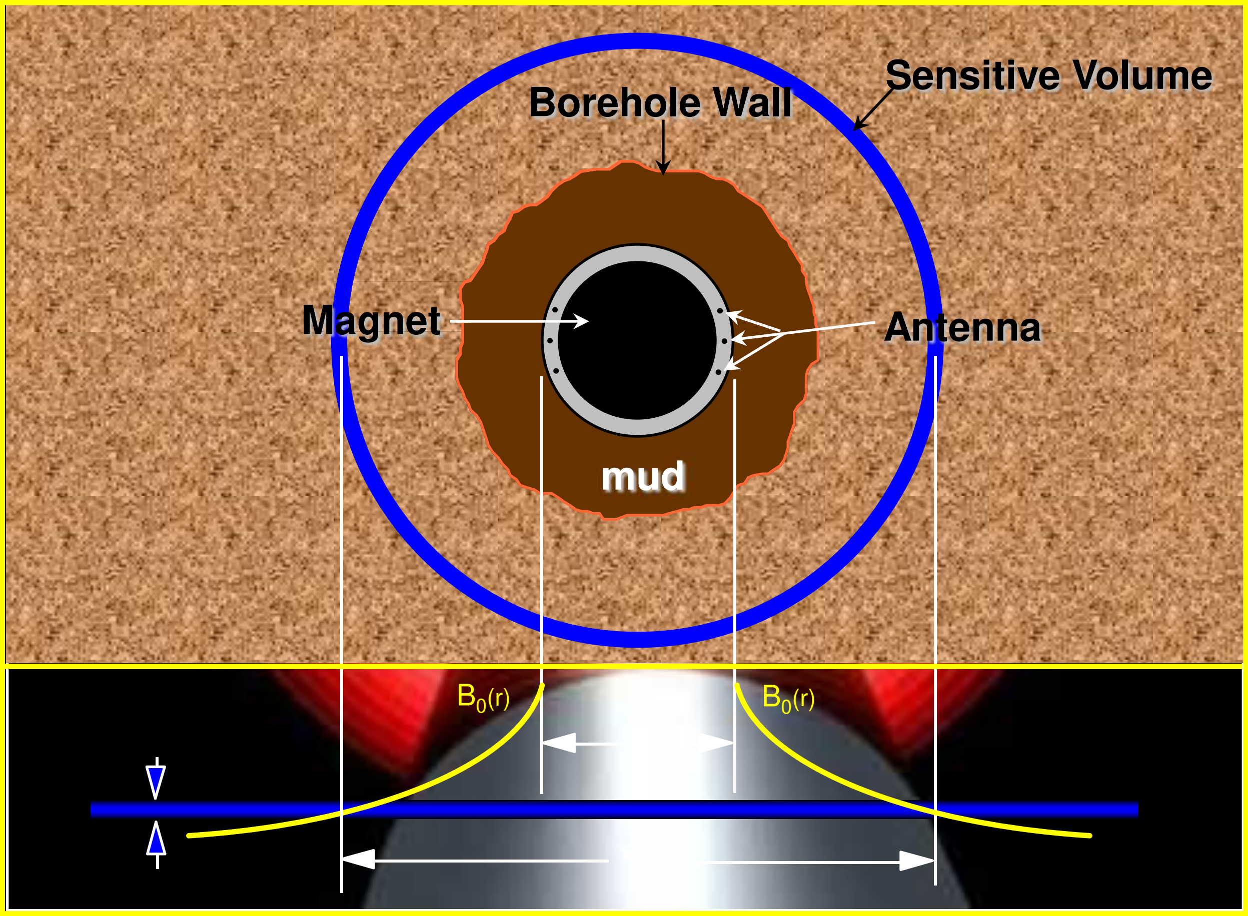


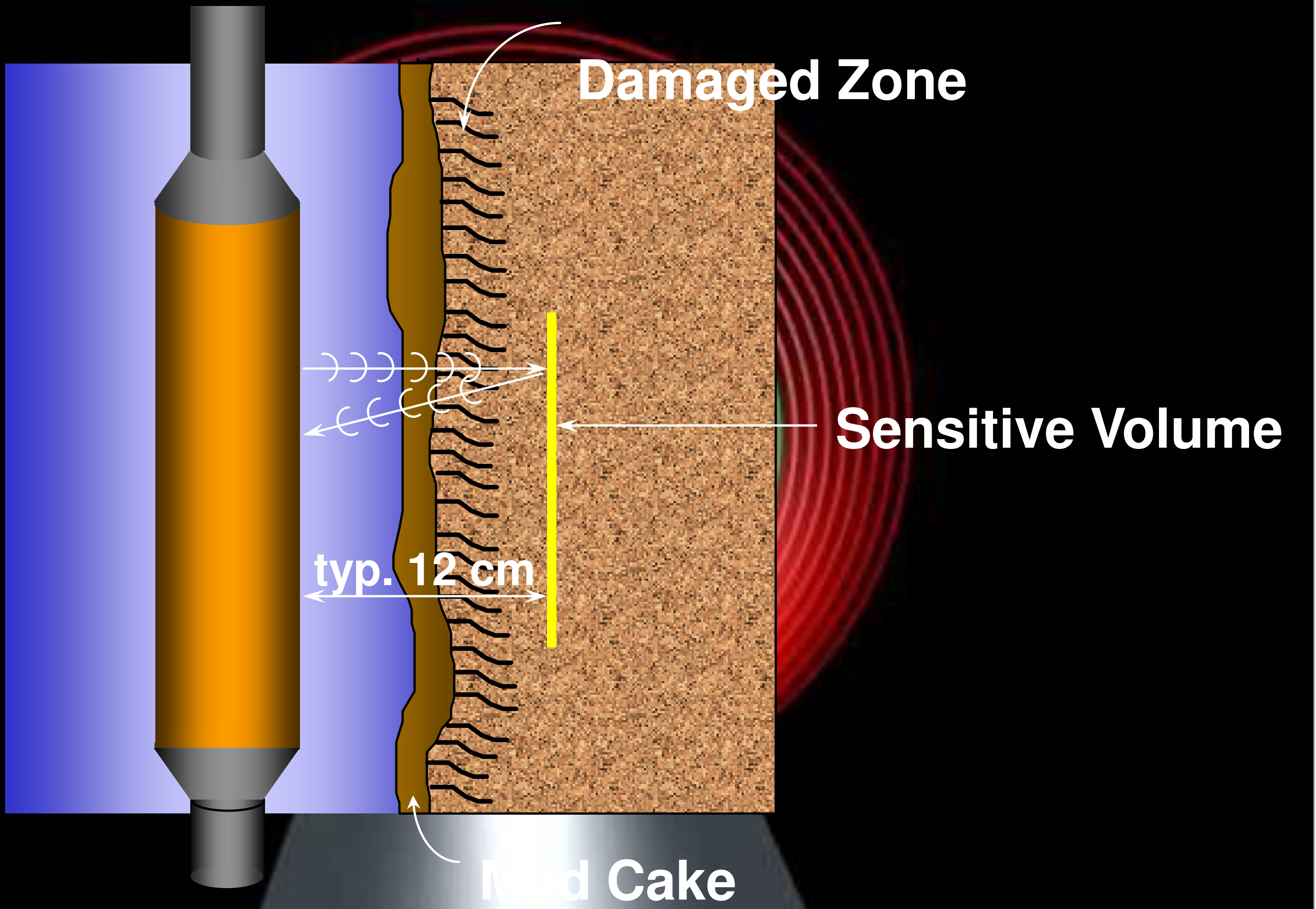
Figura 5 – Distribución T2

- PRINCIPIOS FISICOS DE LA RMN
  - Magnetismo nuclear
  - Polarización
  - Inclinación 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

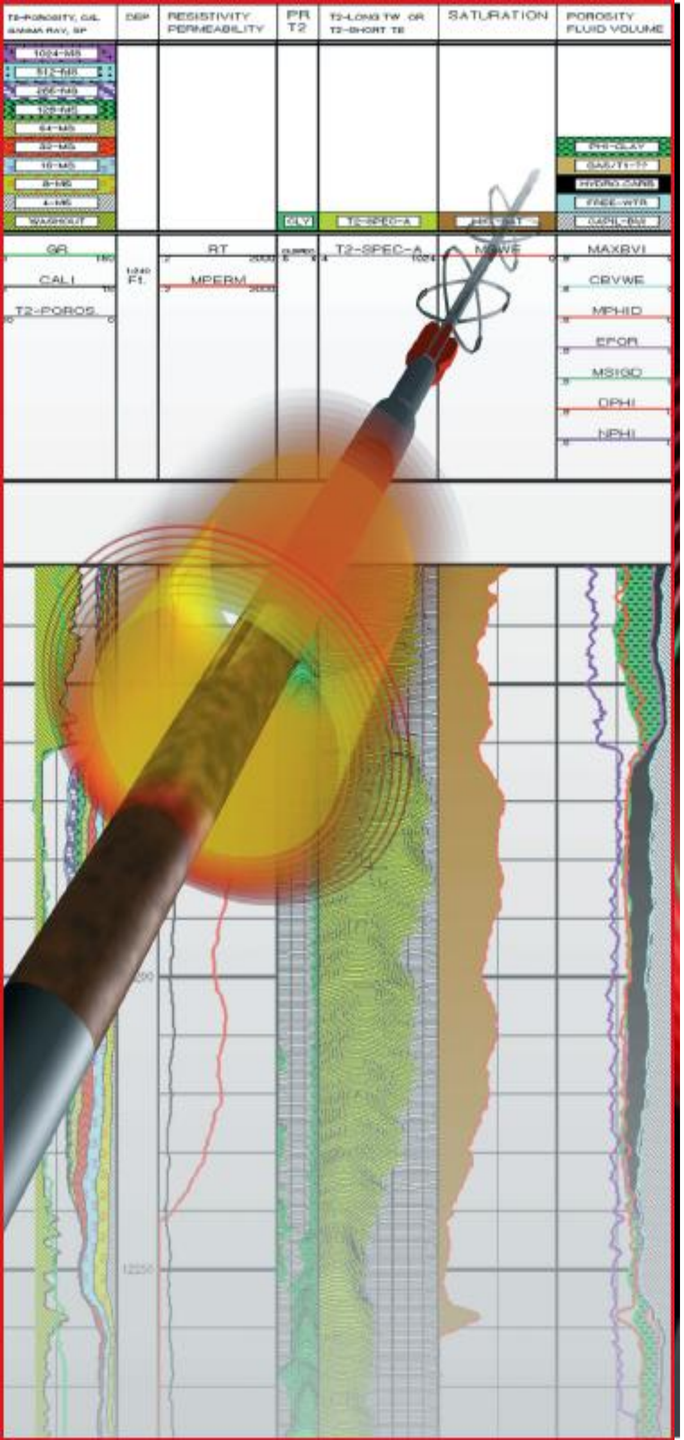


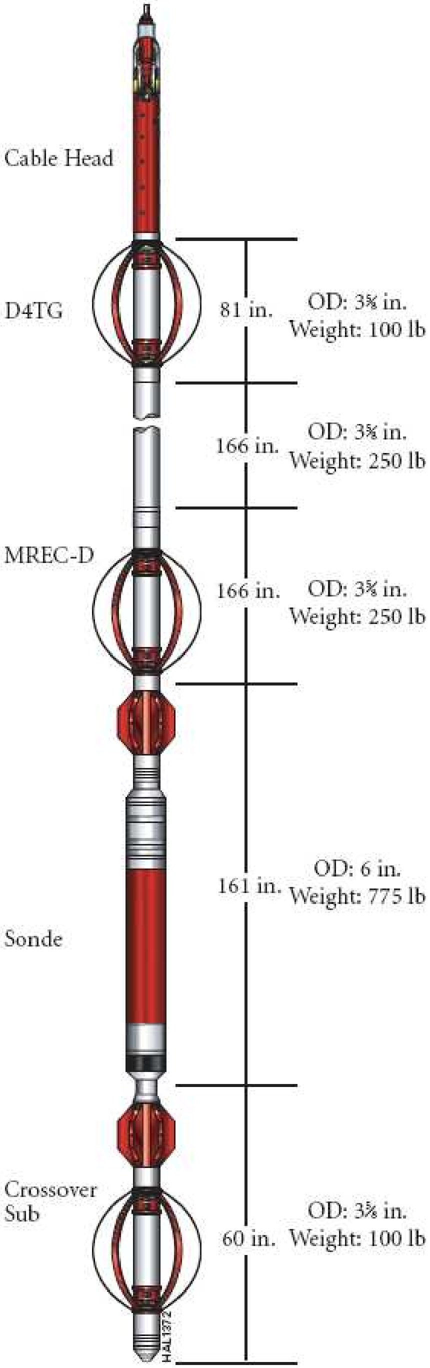
PRINCIPIO DE MEDICION



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

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

	Borehole Size	
Tool diameter	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.

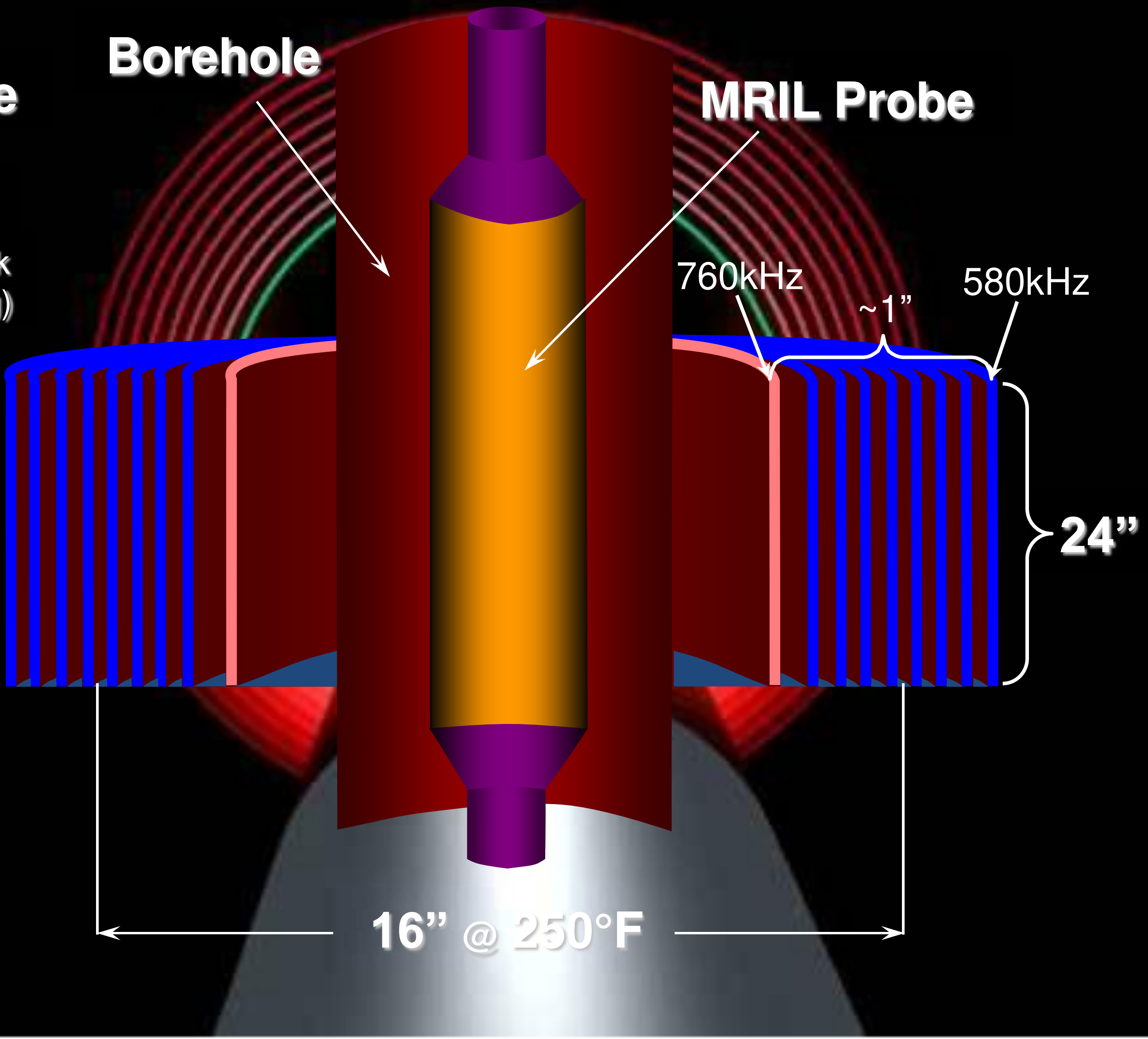
Measurement

	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)

ANÁLISIS MRIL-PRIME

- **Análisis en el Dominio del Tiempo**

  Método del espectro diferencial

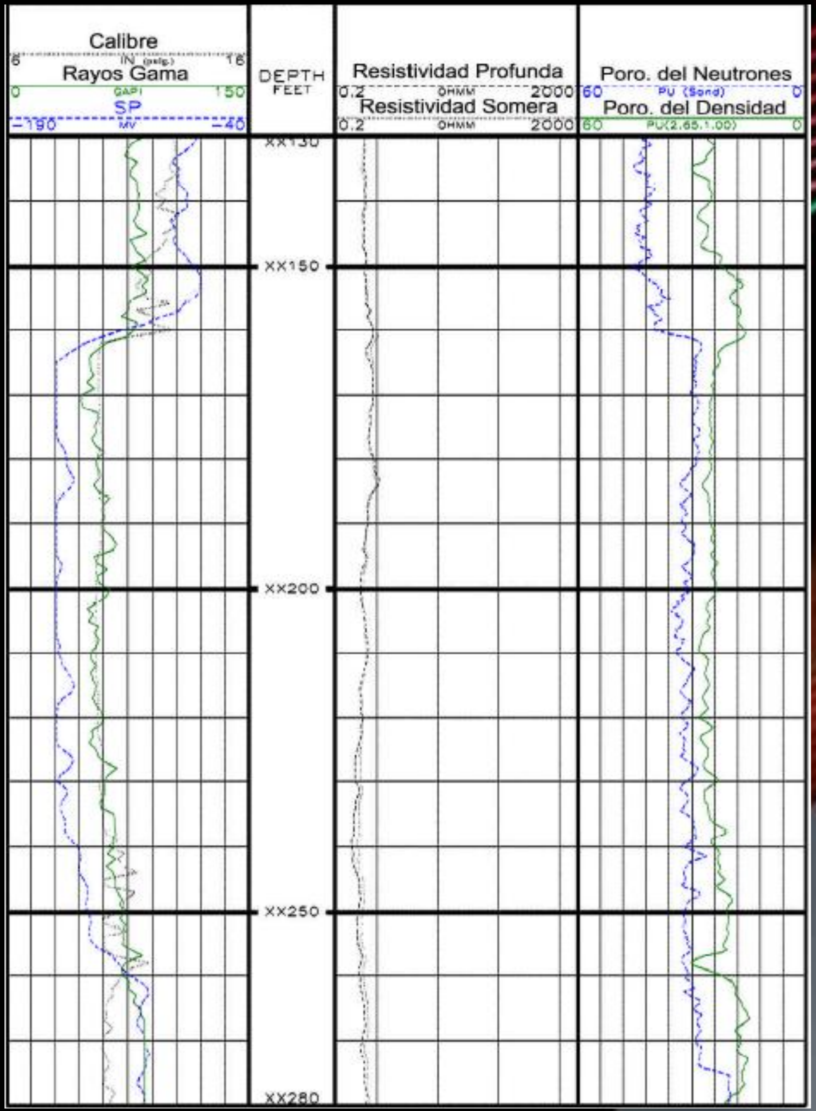
- **Análisis de difusión**

  Método de la difusión realzada

IDENTIFICACIÓN DE HIDROCARBUROS CON RMN

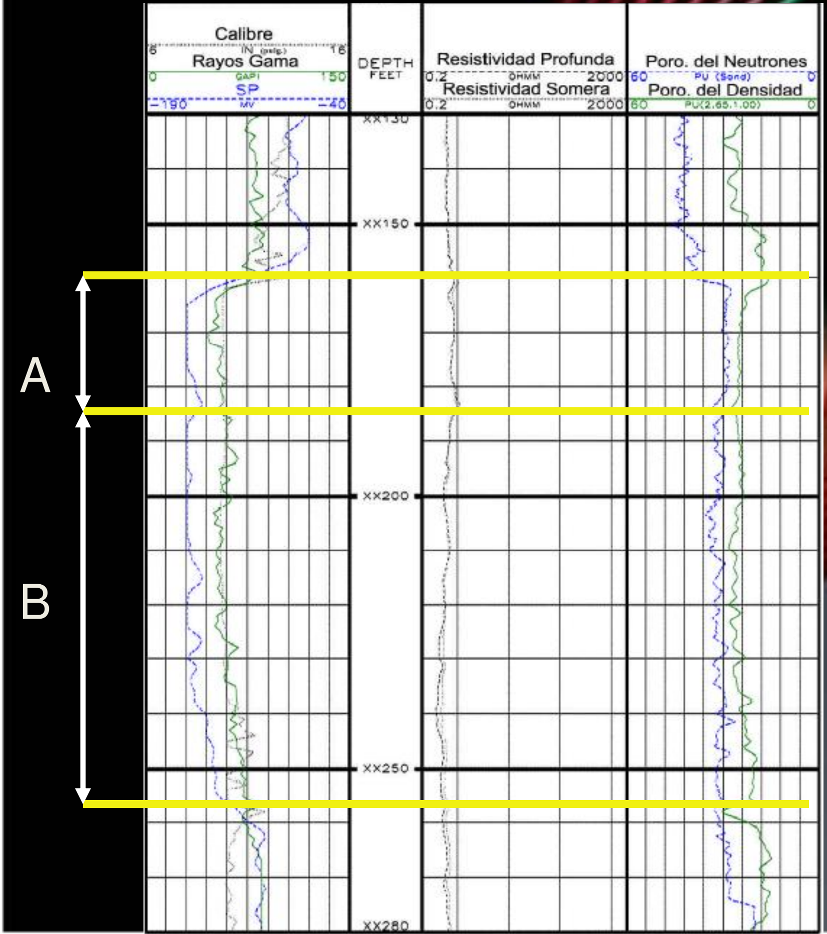
- Propiedades RMN de los hidrocarburos
- Identificación de hidrocarburos con RMN

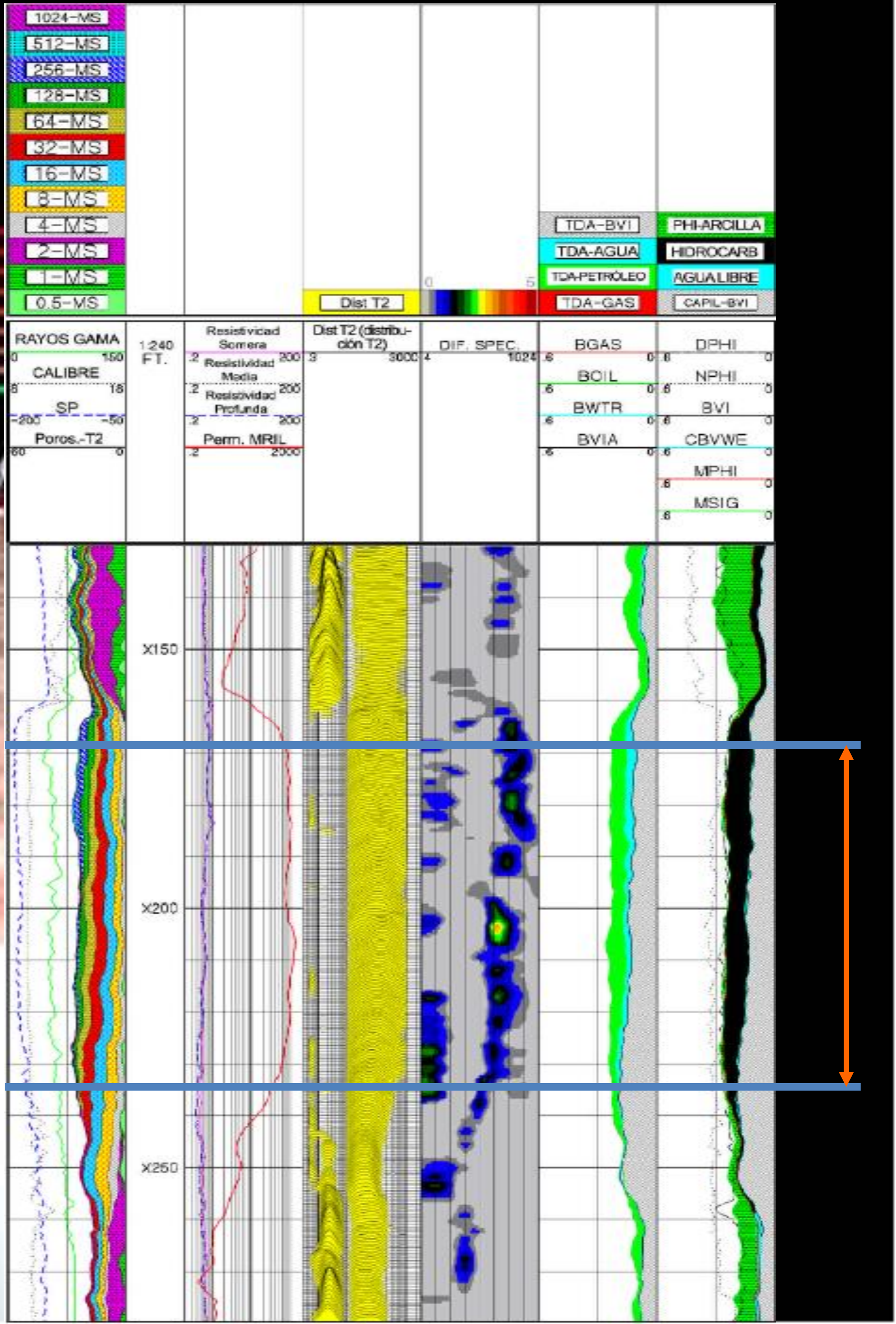
POZO X



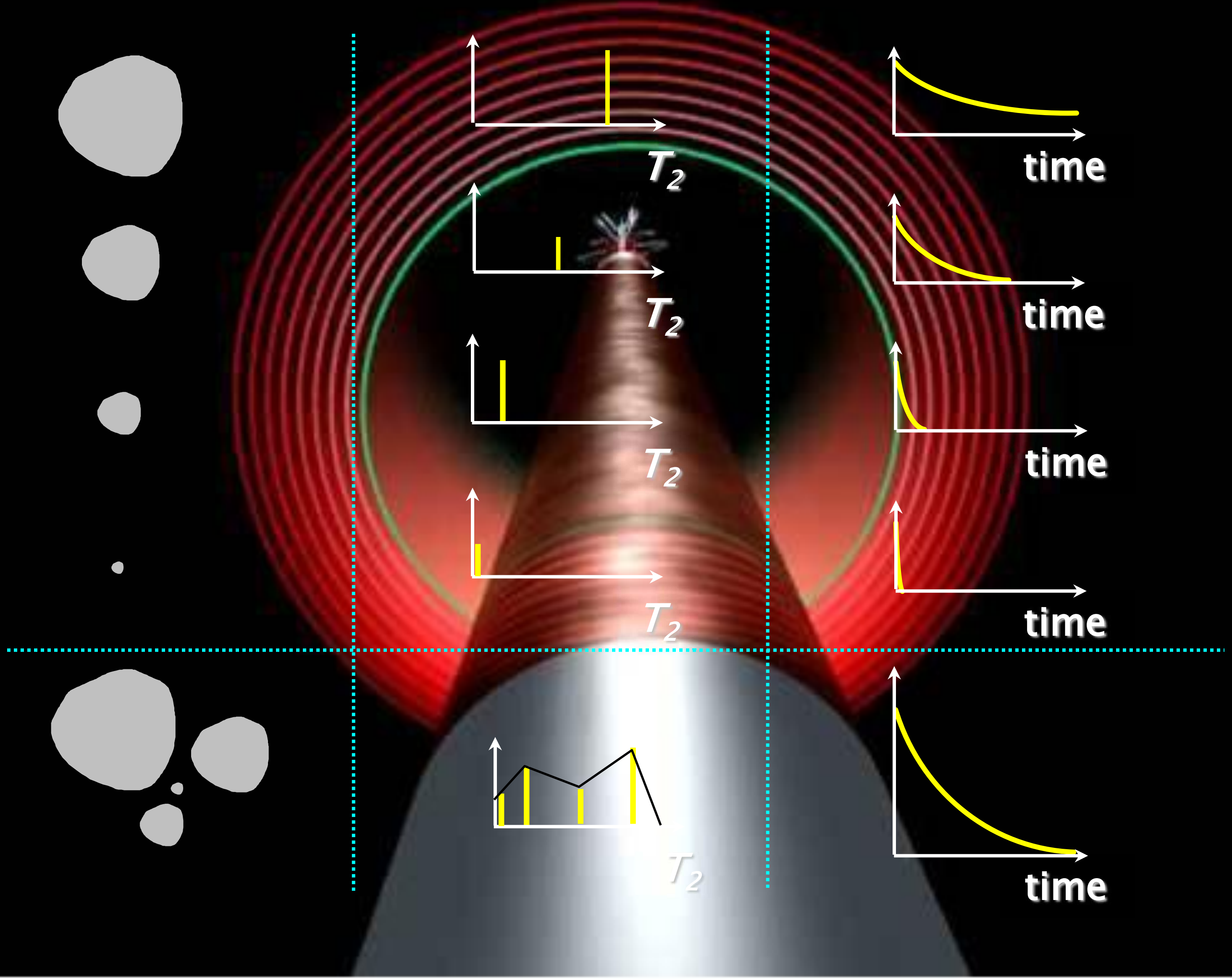
La disminución de la resistividad en la porción inferior del yacimiento se debe a cambios de textura (tamaños de granos más pequeños, en cuyo caso el pozo podría producir sin agua) o a un aumento en el volumen de agua movible?

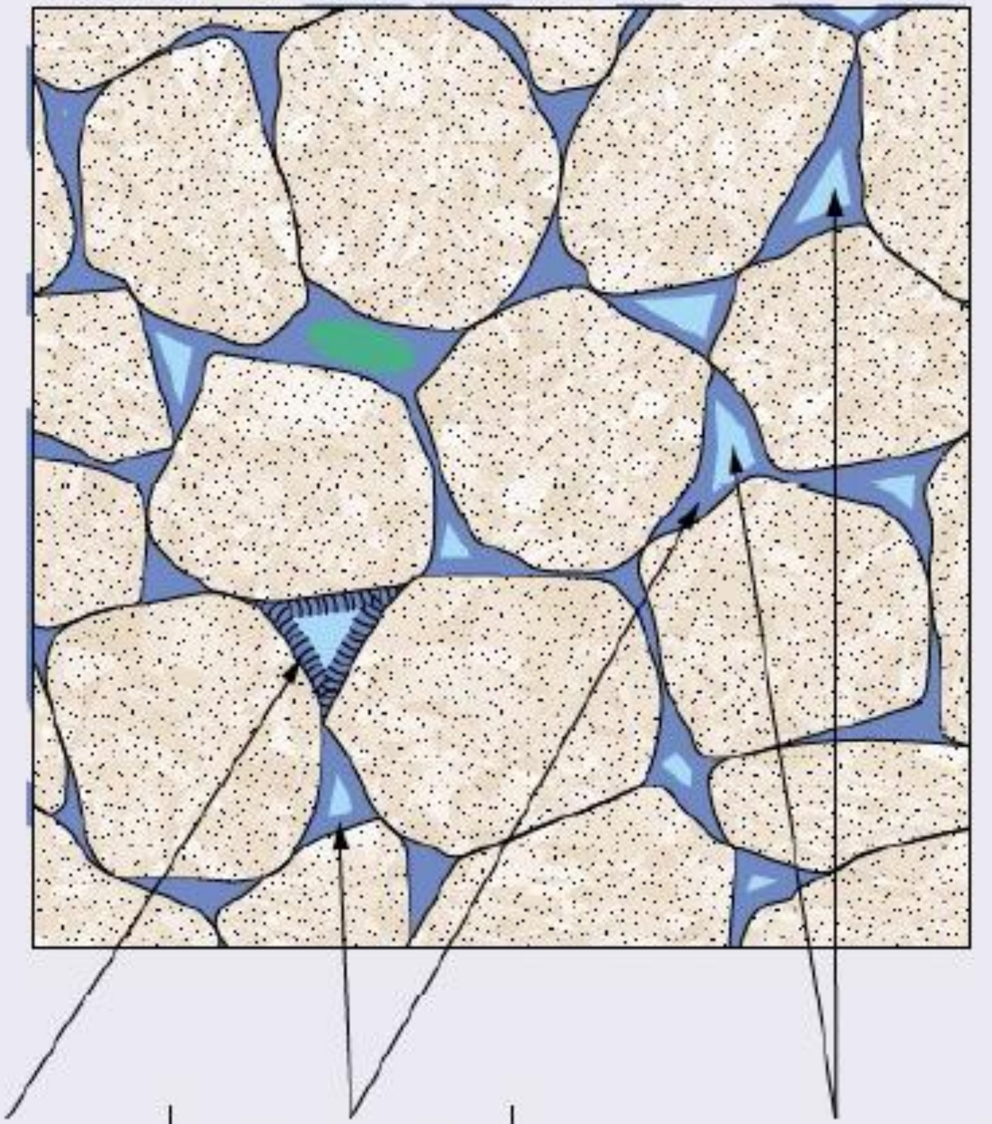
POZO X


Calibre
8 IN (pulg) 16
Rayos Gama
0 GAPI 150
SP
-190 MV -40
DEPTH FEET
Resistividad Profunda
0.2 OHMM 2000
Resistividad Somera
0.2 OHMM 2000
Poro. del Neutrones
60 PU (Sand) 0
Poro. del Densidad
60 PU(2.65,1.00) 0
XX130
XX150
XX200
XX250
XX280
A
B


1024-MS
512-MS
256-MS
128-MS
64-MS
32-MS
16-MS
8-MS
4-MS
2-MS
1-MS
0.5-MS
Dist T2
0
5
TDA-BVI
TDA-AGUA
TDA-PETRÓLEO
TDA-GAS
PHI-ARCILLA
HIDROCARB
AGUA LIBRE
CAPIL-BVI
RAYOS GAMA
0 150
CALIBRE
8 18
SP
-200 -50
Poros.-T2
60 0
1:240 FT.
Resistividad Somera
.2 200
Resistividad Media
.2 200
Resistividad Profunda
.2 200
Perm. MRIL
.2 2000
Dist T2 (distribución T2)
3 3000
DIF. SPEC.
4 1024
BGAS
.6 0
BOIL
.6 0
BWTR
.6 0
BVIA
.6 0
DPHI
.6 0
NPHI
.6 0
BVI
.6 0
CBVWE
.6 0
MPHI
.6 0
MSIG
.6 0
X150
X200
X250

TAMAÑO PORAL & T_2



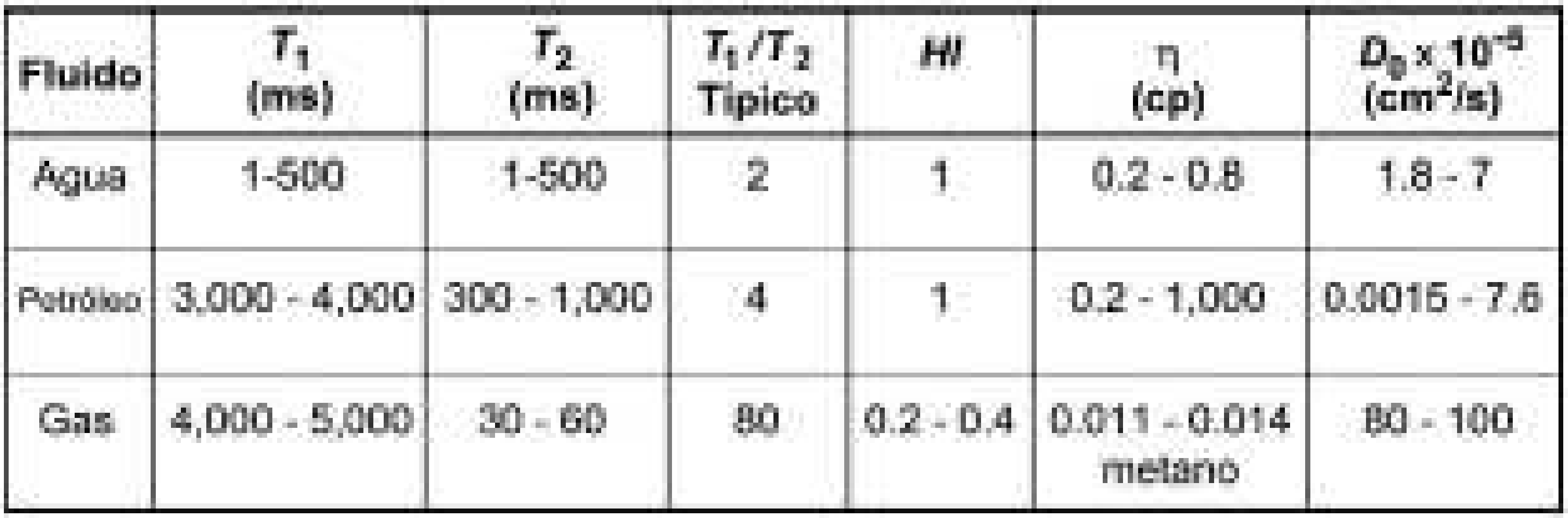


Agua adherida a las arcillas

Agua ligada a capilares

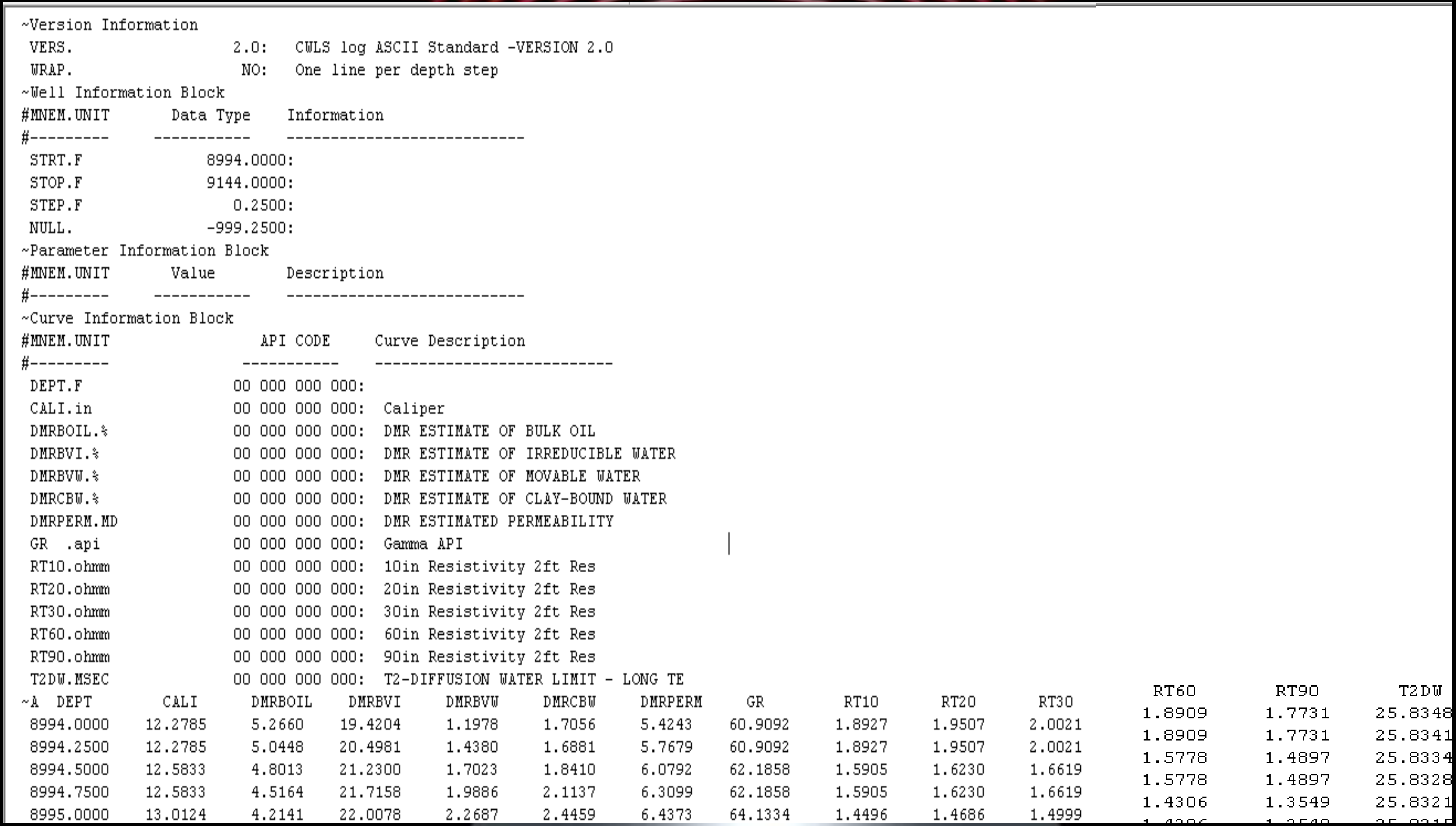
Fluidos producibles

PROPIEDADES RMN DE LOS FLUIDOS



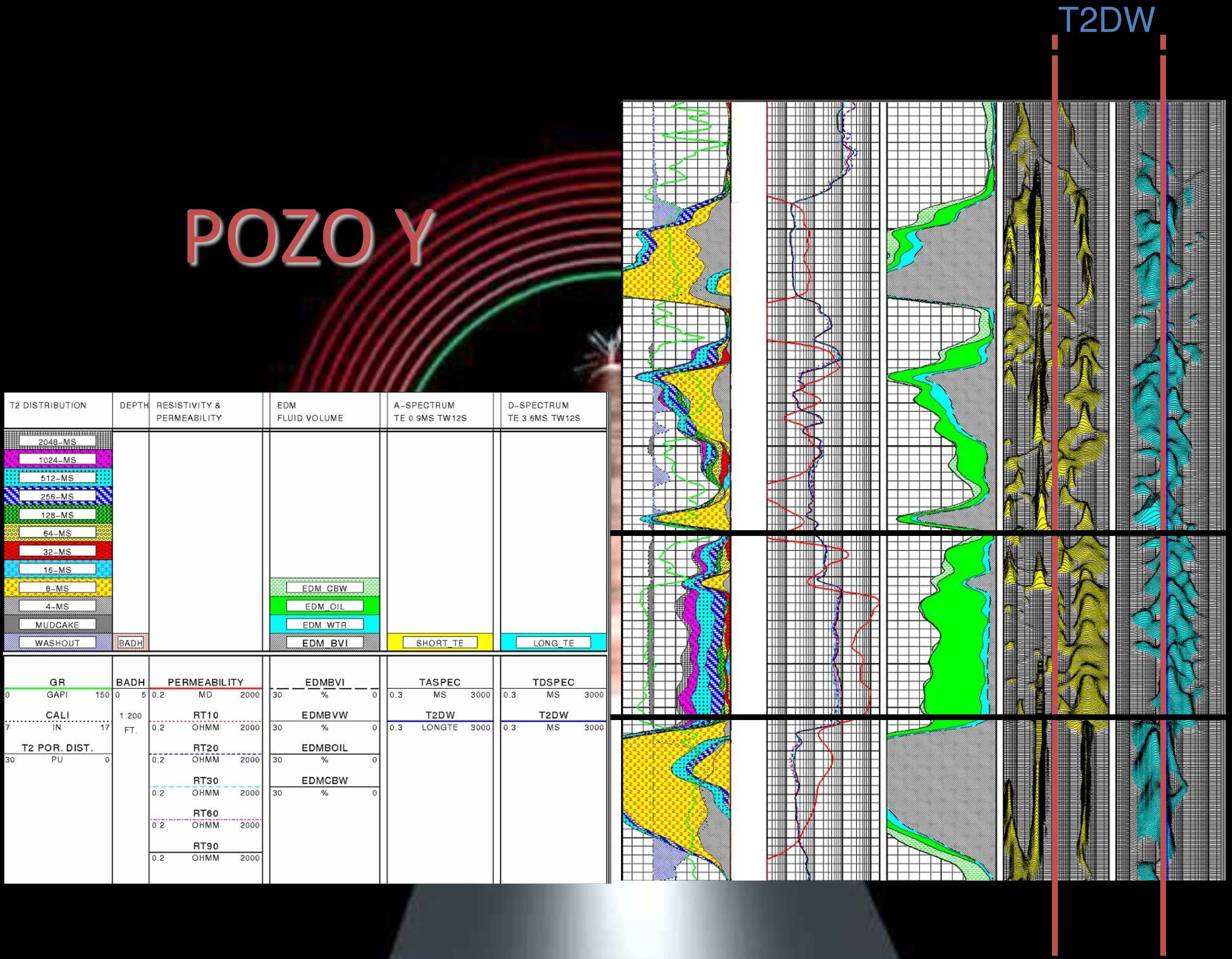
Fluido	T_1 (ms)	T_2 (ms)	T_1/T_2 Tipico	HI	η (cp)	$D_0 \times 10^{-5}$ (cm^2/s)
Agua	1-500	1-500	2	1	0.2 - 0.8	1.8 - 7
Petróleo	3,000 - 4,000	300 - 1,000	4	1	0.2 - 1,000	0.0015 - 7.6
Gas	4,000 - 5,000	30 - 60	80	0.2 - 0.4	0.011 - 0.014 metano	80 - 100

POZO Y



```
~Version Information
 VERS.                  2.0:   CWLS log ASCII Standard -VERSION 2.0
 WRAP.                   NO:   One line per depth step
~Well Information Block
#MNEM.UNIT       Data Type    Information
#---------     -----------    ---------------------------
 STRT.F              8994.0000:
 STOP.F              9144.0000:
 STEP.F                 0.2500:
 NULL.               -999.2500:
~Parameter Information Block
#MNEM.UNIT       Value        Description
#---------     -----------    ---------------------------
~Curve Information Block
#MNEM.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
 DMRBVI.%               00 000 000 000:  DMR ESTIMATE OF IRREDUCIBLE WATER
 DMRBVW.%               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    DMRBVI     DMRBVW     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
```

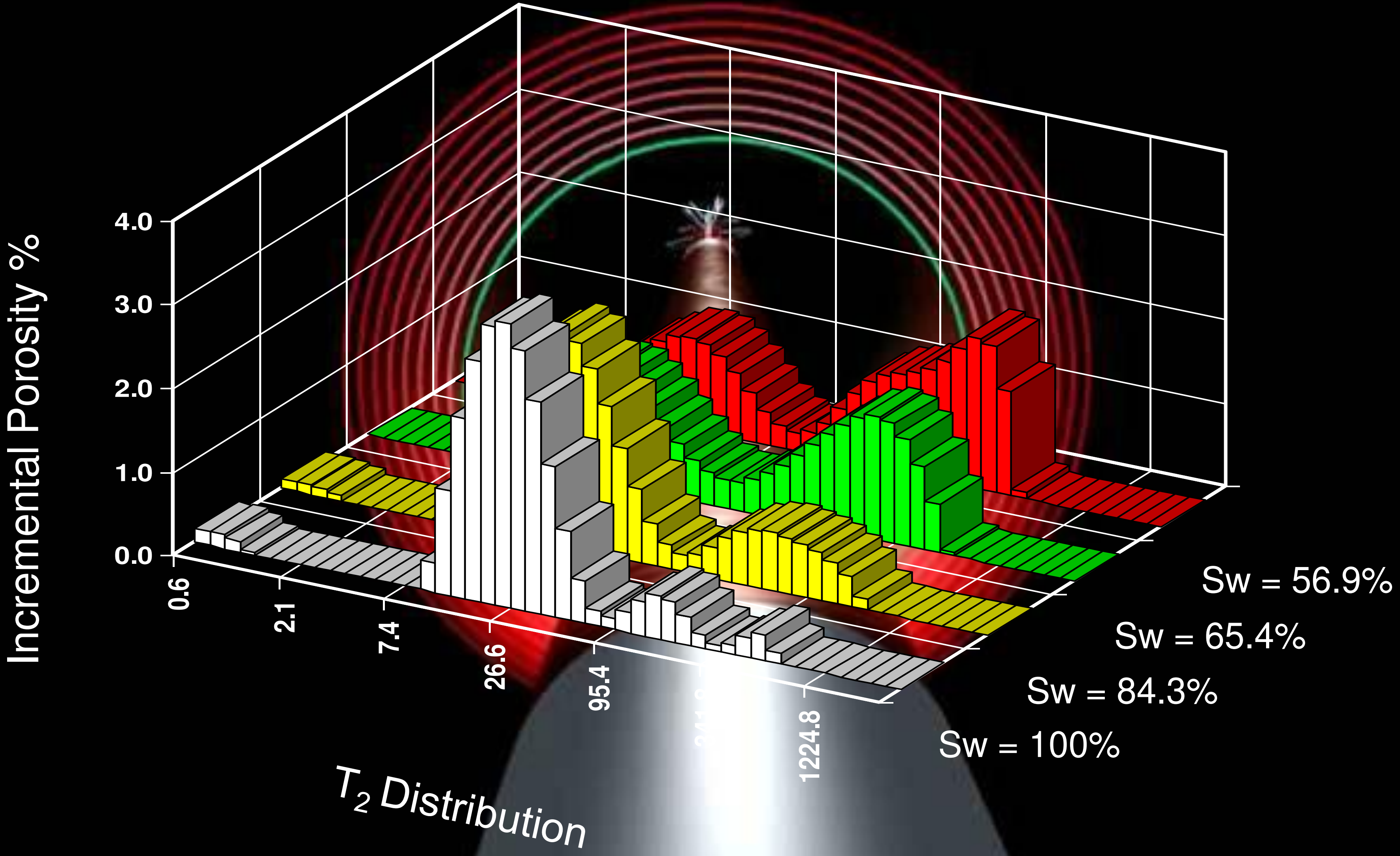
POZO Y



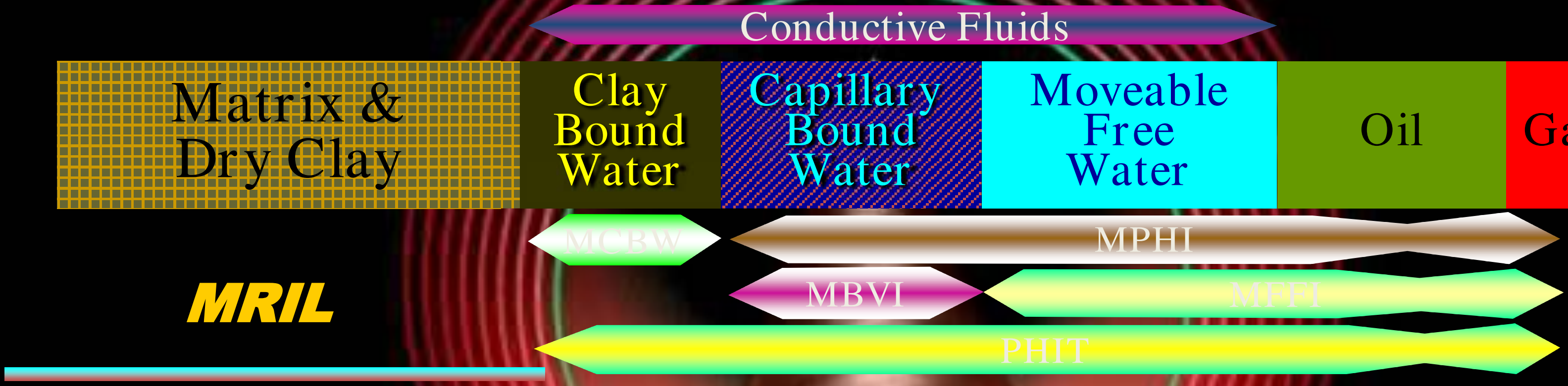
T2DW

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 4-MS MUDCAKE WASHOUT	BADH		EDM CBW EDM OIL EDM WTR EDM BVI	SHORT_TE	LONG_TE
GR 0 GAPI 150 CALI 7 IN 17 T2 POR. DIST. 30 PU 0	BADH 0 5 1:200 FT.	PERMEABILITY 0.2 MD 2000 RT10 0.2 OHMM 2000 RT20 0.2 OHMM 2000 RT30 0.2 OHMM 2000 RT60 0.2 OHMM 2000 RT90 0.2 OHMM 2000	EDMBVI 30 % 0 EDMBVW 30 % 0 EDMBOIL 30 % 0 EDMCBW 30 % 0	TASPEC 0.3 MS 3000 T2DW 0.3 LONGTE 3000	TDSPEC 0.3 MS 3000 T2DW 0.3 MS 3000

DISTRIBUCION T2 & SW



MRI Log
Processing & Interpretation

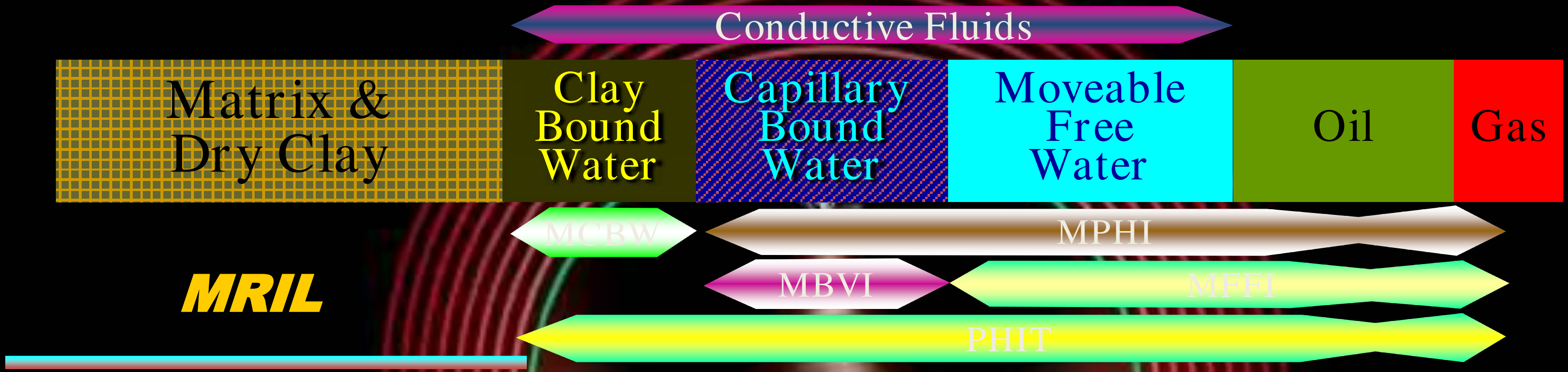


MRIL Porosity

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

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

MRI Log
Processing & Interpretation



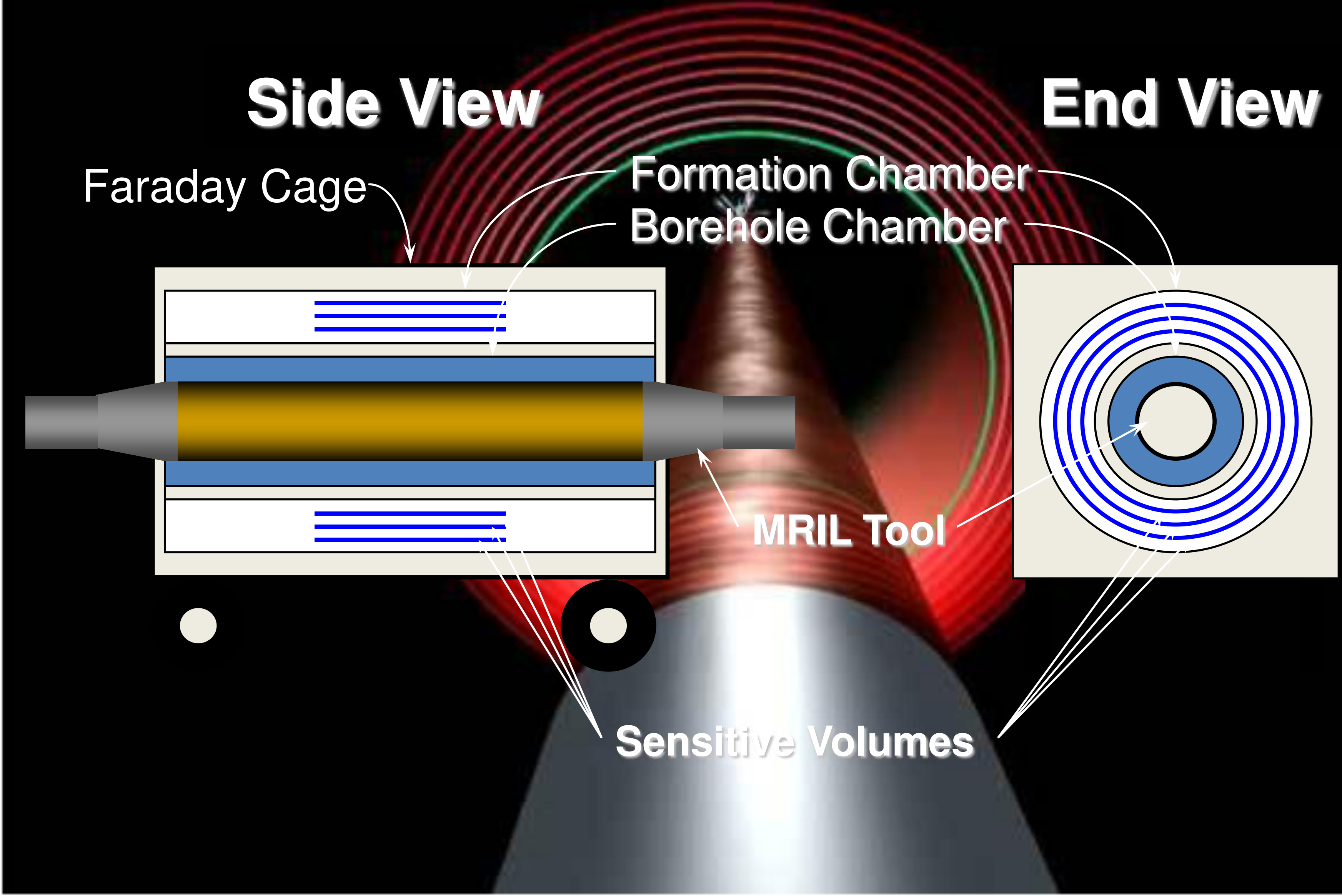
MRIL Permeability

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

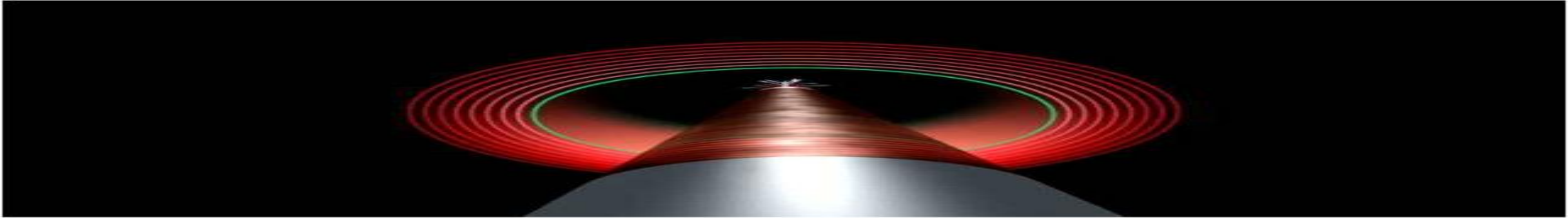
CONTROL DE CALIDAD

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

TANQUE DE CALIBRACION



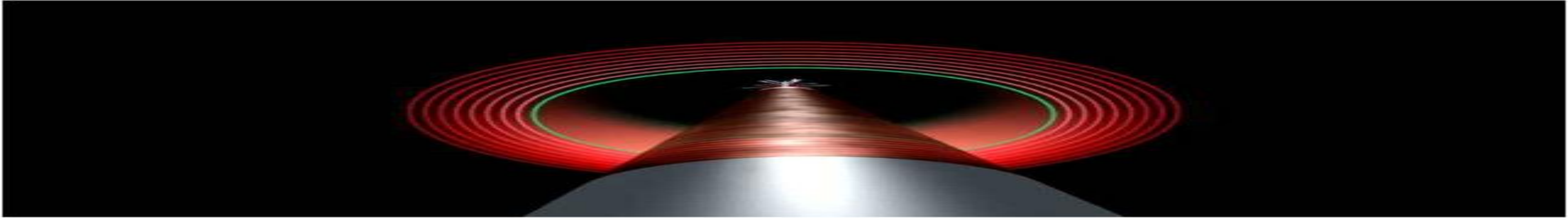
CONCLUSIONES



- 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

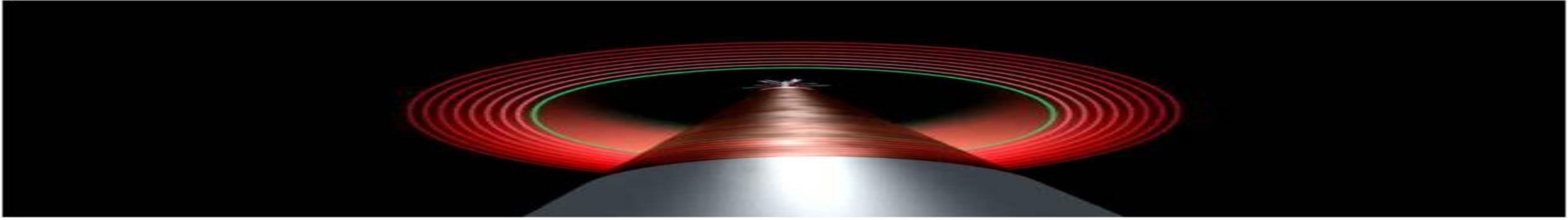
- Debido a diferencias en tiempos de relajamiento y/o difusividad entre fluidos, los datos se pueden usar para distinguir agua asociada con la arcilla, agua capilar, agua movible, gas, petróleo liviano y petróleo viscoso.



- 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.

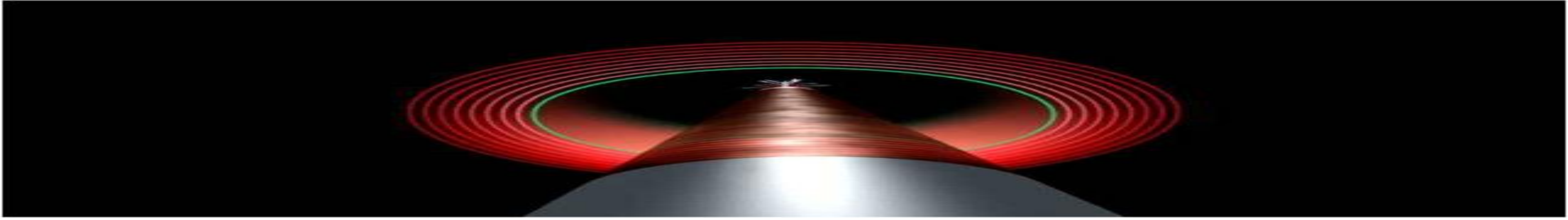
- Identificación y Cuantificación de Hidrocarburos

OBSERVACIONES



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

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