



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE
INGENIEROS DE MINAS

Ríos Rosas, 21
28003 MADRID.

DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA GEOLÓGICA

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA
TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA

Curso : 5º
Cuatrimestre : 1º
Carácter : Optativa

Créditos totales
Teóricos : 2,6
Prácticos : 1,9

PLAN DE ESTUDIOS 1996

Edición 1: 2001-09-03

TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA: PROGRAMA

a) *OBJETIVOS Y CONTENIDOS*

BLOQUE 1: Introducción a la testificación geofísica de sondeos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.1 Comprender la metodología de la testificación geofísica de sondeos.*
- 1.2 Conocer la forma de los registros que se obtienen y los parámetros que les afectan.*
- 1.3 Conocer la clasificación de las diagrfías.*
- 1.4 Conocer los ámbitos generales de aplicación.*
- 1.5 Conocer las posibilidades para el control y la asistencia técnica en la ejecución de sondeos.*

CONTENIDOS

1.1: DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

- Aspectos generales de las sondas y de la forma de realizar los registros
- Clasificación de las diagrfías.

1.2: DETERMINACIÓN DE CAPAS

- Concepto de "capa" paramétrica y "capa" geofísica
- Segmentación de los registros.
- Métodos de segmentación.
- Valores aparentes.

1.3: INFLUENCIAS DEL SONDEO

- Geometría de pozo.
- Fenómenos de invasión, entubado, movilidad.
- Influencia de la geometría de la sonda, velocidad de registro, temperatura y presión.
- Resistividad y saturación.
- Influencia de la arcillosidad.

1.4: APLICACIONES

- Objetos de la testificación geofísica de sondeos: Determinación de la litología y de las propiedades físicas de las rocas.
- Ámbitos: Hidrogeología, hidrocarburos, minería, geotecnia y medio ambiente.

BLOQUE 2: Diagrafías eléctricas

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.1 *Conocer los principios, métodos y sondas electromagnéticas de testificación de sondeos.*
- 2.2 *Comprender su utilidad en los distintos problemas de la ingeniería.*

CONTENIDOS

2.1: MACRODISPOSITIVOS NO FOCALIZADOS DE MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD

- Principios del sistema de medida.
- Líneas de corriente.
- Radio de investigación.
- Dispositivo normal y dispositivo lateral.
- Factores que afectan a las medidas y a la geometría de las curvas normal y lateral.

2.2: MACRODISPOSITIVOS FOCALIZADOS DE MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD

- Laterolog (LL): principio. Punto de medida. Definición vertical, radio de investigación, factores parásitos que influyen en las medidas.
- Diagrafía de focalización esférica (SFL): Principio, punto de medida, definición vertical. Radio de investigación. Factores parásitos que influyen en las medidas.

2.3: MICRODISPOSITIVOS NO FOCALIZADOS DE MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD

- Microlog (ML). Principio, factores que influyen en las medidas. Tipos de respuestas.
- Dip-meter. Descripción de la sonda. Correlación. Limitaciones y aplicaciones. Información estratigráfica.

2.4: MICRODISPOSITIVOS FOCALIZADOS DE MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD

- Microlaterolog (MLL). Principio, punto de medida-definición vertical, radio de investigación. Factores que influyen en las medidas.
- Diagrafía de proximidad (PL): Principio, factores parásitos que influyen en las medidas.
- Micro SFL (diagrafía focalizada esférica).

2.5: DIAGRAFÍA DE INDUCCIÓN

- Principios de las sondas de inducción.
- Factor geométrico, punto de medida.
- Radio de investigación, definición vertical.
- Focalización (cálculo).
- Deconvolución.
- Factores geométricos integrados.
- Efecto "skin".
- Factores parásitos que influyen en las medidas.

2.6: MEDIDA DEL POTENCIAL ESPONTÁNEO

- Origen del potencial espontáneo: Potencial de membrana, potencial de difusión y potencial electroquímico.
- Actividad iónica: concentración y resistividad.
- Potencial espontáneo estático (P.E.E.).

- Factores composicionales que afectan al potencial espontáneo: minerales principales, arcillas y fluidos.
- Desplazamiento de la "línea base".

BLOQUE 3: Diagrafías radiactivas

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.1 *Conocer los principios, métodos y sondas de las sondas radiactivas de testificación de sondeos.*
- 3.2 *Comprender su utilidad en los distintos problemas de la ingeniería.*

CONTENIDOS

3.1: GENERALIDADES

- Definición y tipos.
- Posibilidad de registro.
- Variaciones estadísticas.
- Efectos del tiempo muerto.
- Velocidad de registro.
- Espesor de las capas.
- Deconvolución del espesor velocidad y tiempo de integración.

3.2: REGISTRO DE LA RADIATIVIDAD GAMMA NATURAL

- Fundamento y unidades.
- Punto de medida.
- Radio de investigación.
- Definición vertical.
- Factores que influyen en la forma y amplitud de la curva de rayos gamma.
- Origen de la radiactividad natural de las rocas.
- Minerales y rocas con elementos radiactivos.

3.3: MEDIDA DE LA DENSIDAD DE LAS FORMACIONES

- Diagrafía gamma–gamma.
- Principios fundamentales.
- Ecuación de absorción.
- Relación entre densidad electrónica y densidad global.
- Fuentes de rayos gamma.
- Detectores de rayos gamma.
- Factores que afectan las medidas. Interpretación.

3.4: MEDIDA DEL ÍNDICE DE HIDRÓGENO

- Diagrafías de emisión de neutrones.
- Principio, distribución espacial de los rayos gamma de captura.
- Diferentes tipos de neutrones.
- Fuentes de neutrones.
- Calibración y unidades.
- Radio de investigación.

- Definición vertical.
- Punto de medida.
- Factores que influyen en las medidas.
- Interpretación.
- Factores parásitos que afectan la medida o la forma de la curva.
- Factores geológicos que afectan la medida del índice de hidrógeno.
- Aplicaciones.

3.5: OTRAS SONDAS RADIATIVAS

- Principios de su funcionamiento y aplicaciones.
- Tiempo de degradación termal (T.D.T.).
- Sondas espectrométricas.

BLOQUE 4: Otras diagrfías

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4.1 *Conocer los principios, métodos y formas específicas de operación de las sondas de testificación geofísica de sondeos no enmarcadas en los grupos anteriores*
- 4.2 *Comprender su utilidad en los distintos problemas de la ingeniería.*

CONTENIDOS

4.1: DIAGRAFÍAS ACÚSTICAS

- Principios del "Sonic Log".
- Factores que influyen en las medidas.
- Pérdida de señal.
- Tipos de registros sónicos.
- Aplicaciones.

4.2: RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR (N.M.R.)

- Principios de funcionamiento.
- Campo magnético terrestre.
- Aplicaciones (dependencia con la movilidad de agua: permeabilidad).

4.3: REGISTROS TÉRMICOS

- Procedimientos para medir la temperatura: Medidas puntuales y continuas.
- Gradiente térmico.
- Aplicaciones en sondeos abiertos y entubados.

4.4: TESTIFICACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

- Registros de pH, Eh (Redox) y contenido en O₂.
- Ecuaciones básicas.
- Electrodo selectivos.
- Aplicaciones en sondeos entubados.

4.5: DIAGRAFÍA DE VELOCIDAD DE FLUIDO (FLOWMETER)

- Tipos de sondas.
- Metodología de medida.
- Velocidad aparente.
- Calibración.
- Velocidad real.
- Regímenes de avance.
- Número de Reynolds.
- Viscosidad.
- Cálculo de aportes.

4.6: REGISTRO DE TRAYECTORIA DEL SONDEO

- Medida de la inclinación y orientación del sondeo.
- Ángulo de desviación.
- Presentaciones gráficas.

4.7: DIÁMETRO DEL SONDEO

- Tipos de sondas.
- Caracterización litológica.
- Aplicaciones del perfil de calibre.

BLOQUE 5: Realización práctica de diagrfías

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 5.1 Comprender los procedimientos necesarios para la obtención de diagrfías convencionales y específicas, y los procesos de control de medidas.*
- 5.2 Conocer las particularidades de la testificación de sondeos según sus fines.*

CONTENIDOS

5.1: ASPECTOS GENERALES DE OPERACIÓN

- Posición del vehículo.
- Colocación de la polea.
- Alimentación.
- Electrodo de superficie.
- Aislamiento de las sondas.
- Referencias de profundidad.
- Puntos de atribución.
- Control de avance de las sondas.

5.2: DESCRIPCIÓN Y MANEJO DE LA INSTRUMENTACIÓN

- Metodología de realización de registros.
- Programación de módulos (escalas y desplazamientos).

- Rangos característicos.
- Impresión.
- Velocidades de registro.

5.3: CALIBRACIÓN Y PRUEBAS DE CONTROL

- Necesidades y normativa.
- Ejemplos de calibración de sondas eléctricas, radiactivas, y mecánicas.

BLOQUE 6: Interpretación de diagrfías

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 6.1 Comprender los métodos de tratamiento e interpretación cuantitativos de las distintas diagrfías y los sistemas de interpretación litológica en la testificación geofísica*
- 6.2 Conocer la utilización de la testificación geofísica en los distintos ámbitos.*

CONTENIDOS

6.1: TRATAMIENTO DE DIAGRAFÍAS

- Deconvolución de registros digitales filtrados.
- Corrección de efectos de decantación de lodos.
- Decalajes.

6.2: INTERPRETACIÓN

- Interpretación cuantitativa.
- Porosidad.
- Interpretación litológica.
- Cross-plot (sónico/densidad, resistividad/radiactividad, etc).

6.3: CASOS PRÁCTICOS

- Captación de aguas subterráneas.
- Investigación de carbón y menas polimetálicas.
- Prospección geotécnica.
- Problemas de contaminación medioambiental.

6.4: CORRELACIÓN DE DIAGRAFÍAS:

- Determinación de secuencias y ciclicidad.
- Correlación entre registros.
- Correlación entre capas.
- Tramos de una diagrafía.
- Correlación entre tramos

b) BIBLIOGRAFÍA

BÁSICA:

- DESBRANDES, R. *Encyclopedia of Well Logging*. Technip. París, 1985.
- DOVETON, J.H. *Log Analysis of Subsurface Geology*. John Wiley. Nueva York, 1986.
- ELLIS, D.V. *Well Logging for Earth Scientist*. Elsevier. Amsterdam, 1987.
- GORBACHEV, Y.I. *Well Logging. Fundamentals of Method*. John Wiley. Nueva York, 1995.
- HALLENBURG, J.K. *Geophysical Logging*. PennWell Books. Tulsa, 1984.

COMPLEMENTARIA:

- KEYS, W.S. *A Practical Guide to Borehole Geophysics in Environmental Investigations*. CRC Press. Boca Raton, 1996.
- SCHLUMBERGER. *Interpretación de perfiles*. Schlumberger. Houston, 1972.
- SERRA, O. *Fundamentals of Well-Log Interpretation*. Elsevier. Amsterdam, 1984.
- THEYS, Ph.P. *Log Data Acquisition and Quality Control*. Technip. París, 1991.
- WILLIE, M.R.J. *The Fundamentals of Well Log Interpretation*. Academic Press. San Diego, 1963.

c) PRÁCTICAS EN GRUPO REDUCIDOS

Práctica de campo: Manejo de equipo de testificación geofísica (6 horas)

- Objetivos: Toma de contacto con la testificación geofísica de sondeos.
- Equipo: Mount Sopris 3000-NB.
- Lugar de celebración: Sondeo de captación de agua de la Provincia de Madrid.
- Descripción: Consiste en la realización de registros de radiación gamma natural, potencial espontáneo, conductividad y temperatura en un sondeo, entubado con tramos filtrantes tipo puentecillo o Johnson. Asimismo, se efectuará la calibración de sonda de conductividad eléctrica y la medición de la conductividad sobre muestra del lodo.
- Agrupación: La práctica se realizará por grupos de tres alumnos por equipo de registro.

Ejercicio 1: Testificación geofísica en hidrogeología (5 horas)

- Objetivos: Conocer algunas de las posibilidades de la testificación geofísica en sondeos con fines hidrogeológicos.
- Medios: Tramo de 50 metros de diagrafía realizada en un sondeo para captación de agua subterránea en una cuenca detrítica multicapa.
- Lugar de celebración: Aula.
- Descripción: Cada grupo deberá realizar los siguientes apartados:

- 1) Interpretación litológica del tramo de diagráfia con registros de resistividades, potencial espontáneo y radiación gamma natural.
 - 2) Evaluación de la calidad del agua de los niveles permeables atravesados, empleando las curvas experimentales de conductividad-potencial espontáneo estático y total de sólidos disueltos-conductividad para los distintos tipos de aguas.
- Agrupación: La práctica se realizará por grupos de tres alumnos.

Ejercicio 2: Testificación geofísica para prospección de lignitos (5 horas)

- Objetivos: Conocer algunas de las posibilidades de la testificación geofísica en sondeos de carbón.
- Medios: Tramo de 50 metros de una diagráfia realizada en un sondeo de investigación de lignitos realizado en una cuenca terciaria.
- Lugar de celebración: Aula
- Descripción: Cada grupo deberá realizar los siguientes apartados:
 - 1) Interpretación litológica del tramo de diagráfia con registros de resistividades, potencial espontáneo, gamma natural, calibre, gamma-gamma y neutrón-neutrón.
 - 2) Cálculo del contenido en cenizas de los niveles de lignitos utilizando los diagramas experimentales densidad-radiación gamma.
- Agrupación: La práctica se realizará por grupos de tres alumnos.

d) PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

- 1) La realización de las prácticas es indispensable para aprobar la asignatura.
- 2) Los alumnos que asistan regularmente a clase podrán alcanzar el aprobado de la asignatura mediante las puntuaciones obtenidas en las preguntas de evaluación continuada o, en caso de no resultar aprobados, mediante examen final.
- 3) El examen final se compondrá de una prueba de preguntas teóricas y de un ejercicio de interpretación de diagráfias. Los criterios de calificación de estos exámenes se entregarán con cada uno de ellos, y la nota final será igual a la obtenida en dicho examen.