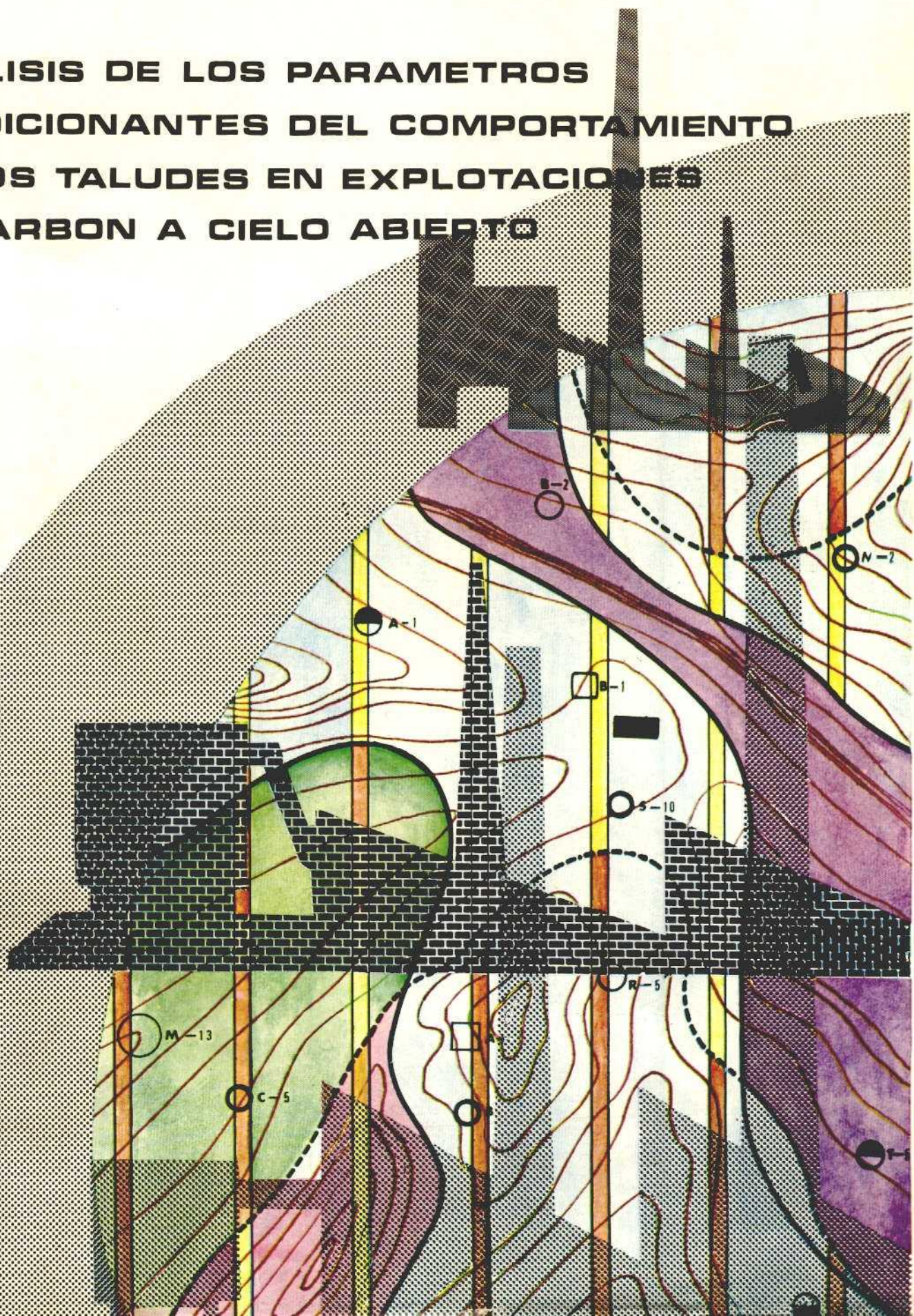


ANALISIS DE LOS PARAMETROS CONDICIONANTES DEL COMPORTAMIENTO DE LOS TALUDES EN EXPLOTACIONES DE CARBON A CIELO ABIERTO



PARAMETROS CONDICIONANTES EN TALUDES

00450

ANALISIS DE LOS PARAMETROS CONDICIONANTES
DEL COMPORTAMIENTO DE LOS TALUDES
EN EXPLOTACIONES DE CARBON
A CIELO ABIERTO.

I N D I C E

1 - ANTECEDENTES	1
2 - JUSTIFICACION DEL PROYECTO	3
2.1. Consideraciones generales	4
2.2. Objetivos	5
2.3. Area de trabajo	6
3 - METODO DE TRABAJO	7
3.1. Introducción	8
3.2. Labores mecánicas	9
3.3. Ensayos realizados	12

ANEXOS

Fichas de sondeos

Indice de calidad de la roca

Ensayos de permeabilidad

Resultados de Laboratorio

Fotografías

1. ANTECEDENTES

El aumento de la demanda de sustancias energéticas en el momento actual ha provocado situaciones que pueden llegar a ser críticas en el sector de la minería.

Es urgente, por lo tanto, adoptar una serie de medidas que permitan llevar a cabo la explotación de recursos minerales con grandes producciones y en condiciones de seguridad máxima.

Una política adecuada debe estar presidida por una serie de medidas y recomendaciones que convencan a las empresas mineras de la necesidad de resolver sus problemas con soluciones obtenidas a través de profundas investigaciones científicas.

Las situaciones y experiencias personales han informado sobre la acción de las empresas frente a los problemas geotécnicos que se les plantean.

En general, la empresa minera no ha contado con los necesarios y adecuados medios teóricos e instrumentales de los que hoy se dispone, lo que ha conducido a planteamientos y soluciones no siempre correctos, ya que en general las teorías desarrolladas, no se han intentado llevar a la práctica.

2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

2.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La Mecánica de Rocas no es una ciencia exacta ni pura , las investigaciones que se realizan en este campo de la Geotécnia, normalmente se efectúan desde un punto de vista puramente teórico y la mayor parte de las veces, las conclusiones a que se llegan en estos estudios teóricos no se llevan a la práctica, con lo cual queda un vacío de conocimiento al no de terminarse exactamente, si todas las teorías desarrolladas - tienen un verdadero carácter de aplicación práctica.

En la influencia que el agua tiene en la estabilidad de taludes en explotaciones de carbón a cielo abierto se han pro puesto diversas teorías y modelos matemáticos o analógicos cu ya eficacia práctica debe constatararse. Esto justifica la rea lización de este proyecto de obras, con objeto de determinar todos aquellos factores que intervienen en la puesta en prác tica de modelos matemáticos que analizan la influencia del - agua en la estabilidad de minas a cielo abierto.

2.2. OBJETIVOS

El objetivo fundamental de este proyecto, es la realización de las obras necesarias para determinar todos los parámetros de carácter geológico, hidrológico y geomecánicos necesarios para poner en práctica un modelo matemático de aplicación general, en el que se refleje la influencia del agua en la estabilidad de taludes en explotaciones de carbón a cielo abierto, aunque podría ser extrapolable la metodología obtenida, a otros tipos de materiales así como a explotaciones subterráneas.

2.3. AREA DE TRABAJO

De los contactos mantenidos entre técnicos especialistas del IGME y de la Jefatura Provincial de Minas de León, se llegó a la conclusión de que una zona propicia para la realización del proyecto, sería la cuenca minera del Bierzo.

Posteriormente, se realizaron varias visitas a dicha cuenca, con objeto de localizar zonas concretas de estudio, y por último, después de analizar varias zonas posibles, se eligió una situada en el término municipal de Torre del Bierzo.

Los motivos fundamentales que aconsejaron la elección de dicha zona fueron, por un lado geográfico, al ser buenas las comunicaciones, accesos, topografía, etc, y el más importante, por tratarse de una zona en la que hay localizadas varias capas de carbón y al ser el recubrimiento de poca potencia, su explotación a cielo abierto sería técnicamente factible.

3. METODO DE TRABAJO

3.1. INTRODUCCION

A la vista de las características geológicas de los materiales existentes y de su distribución en profundidad, se planificó una campaña de labores mecánicas con el fin de identificar los diferentes horizontes litológicos (distribución, potencia y características) y dentro de estos, las diversas capas de carbón, así como, la realización de ensayos "in situ" y la recogida de muestras sobre las que poder realizar los correspondientes ensayos de laboratorio para determinar sus características geomecánicas.

3.2. LABORES MECANICAS

Se han realizado 6 sondeos mecánicos con un total de - 232,50 m, con obtención de un testigo continuo de todo el sondeo. Asimismo, se han realizado dos ensayos de permeabilidad "in situ" por sondeo y se han tomado muestras de los diferentes niveles para realizar ensayos de laboratorio.

La descripción de cada uno de los sondeos realizados es la siguiente:

SONDEO 1 (S-1)

La profundidad alcanzada fué de 50 m. La litología del sondeo está formada por alternancias de areniscas y argilitas, cortándose capas de carbón a las siguientes profundidades: - 11,30-12,20; 21,60-21,80; 32,90-33,10 y 42,90-43,30. Siendo - la única importante la primera, denominada Capa Mora, cuyo re conocimiento era uno de los objetivos del sondeo. Así mismo, se han realizado ensayos de permeabilidad a las siguientes - profundidades: 5,20-8,20 y 13,10-16,10.

El R.Q.D. general del sondeo ha sido del 57%, por lo que el índice de calidad de la roca se puede definir como media (50-75%).

SONDEO 2 (S-2)

La profundidad alcanzada fué de 40 m. La litología del sondeo está formada por alternancias de areniscas y argilitas, cortándose capas de carbón a las siguientes profundidades: 6,80-7,60; 12,90-13,00; 16,80-17,00 y 39,00-39,20. Siendo la única importante la primera, que como ya se ha dicho, es la Capa Mora. Se han realizado ensayos de permeabilidad a las siguientes profundidades: 9,00-12,00 y 12,50-15,50.

El R.Q.D. general del sondeo ha sido del 53%, por lo que el índice de calidad de la roca se puede definir como media (50-75%).

SONDEO 3 (S-3)

La profundidad alcanzada fué de 30 m. La litología del sondeo está formada por alternancias de areniscas y argilitas, se han cortado capas de carbón a las siguientes profundidades: 3,60-4,20; 13,10-13,50 y 23,40-23,70. Siendo la primera de ellas la Capa Mora. Se han realizado ensayos de permeabilidad a las siguientes profundidades: 9,00-12,00 y 19,50-22,50.

El R.Q.D. general del sondeo ha sido del 66%, por lo que el índice de calidad de la roca se puede definir como media (50-75%).

SONDEO 4 (S-4)

La profundidad alcanzada fué de 40 m. La litología del sondeo está formada por alternancias de areniscas y argilitas, se han cortado capas de carbón a las siguientes profundidades: 7,20-7,70; 16,70-17,10 y 27,20-27,80. Siendo la Capa Mora la primera de ellas, la tercera capa parece importante por su po

tencia, pero presenta intercalaciones arcillosas. Se han realizado ensayos de permeabilidad a las siguientes profundidades: 8,50-11,50 y 26,00-29,00.

El R.Q.D. general del sondeo ha sido del 65%, por lo que el índice de calidad de la roca se puede definir como media (50-75%).

SONDEO 5 (S-5)

La profundidad alcanzada fué de 30,50 m. La litología del sondeo está formada por alternancias de areniscas y argilitas, se han cortado capas de carbón a las siguientes profundidades: 9,50-10,10; 10,80-11,00; 20,30-21,00; 21,20-21,30; - 23,50-23,60 y 26,00-26,10. Siendo la Capa Mora la primera de ellas, teniendo también importancia por su potencia la tercera. Se han realizado ensayos de permeabilidad a las siguientes profundidades: 18,10-21,10 y 22,60-25,60.

El R.Q.D. general del sondeo ha sido del 65%, por lo que el índice de calidad de la roca se puede definir como media (50-75%).

SONDEO 6 (S-6)

La profundidad alcanzada fué de 42 m. La litología del sondeo está formada por alternancias de areniscas y argilitas, se han cortado capas de carbón a las siguientes profundidades: 12,60-13,10; 13,20-13,40; 14,70-14,90; 26,80-27,00; 33,30-33,45; y 34,20-34,40. Siendo la Capa Mora la primera de ellas. Se han realizado ensayos de permeabilidad a las siguientes profundidades: 7,00-10,00 y 15,00-18,00.

El R.Q.D. general del sondeo ha sido del 60%, por lo que el índice de calidad de la roca se puede definir como media (50-75%).

3.3. ENSAYOS REALIZADOS

Dentro de este apartado, vamos a diferenciar dos tipos, los ensayos realizados "in situ" y los ensayos de laboratorio.

3.3.1. ENSAYOS "IN SITU"

Directamente en campo, se han realizado únicamente pruebas de permeabilidad. El método utilizado ha sido el de Lugeón, del cual vamos a describir brevemente en que consiste.

El método de Lugeón, utilizado en rocas compactas consiste en inyectar agua a presión en el terreno a estudiar, sobre una abertura a lo largo del sondeo determinada, en general 5 m.

Se revisten 5 m de sondeo, se fija un obturador y se inyecta el agua a presión en el volumen de orificio delimitado de esta manera. Un manómetro y un contador de agua permiten medir las presiones y los caudales.

A presión constante, por ejemplo 5 bars, se mide el caudal inyectado durante un intervalo de tiempo determinado, ge-

neralmente 5 ó 10 minutos. Luego se repite la operación aumentando la presión.

La gama de presiones utilizadas depende de la fisuración. Con el fin de evitar la creación de fisuras artificiales ó levantamientos de las capas no se sobrepasan los 10 bars.

Es útil, una vez finalizadas las mediciones, realizar ensayos con presiones decrecientes con el fin de asegurar si las fisuras han sido lavadas o no.

Los ensayos se efectúan en tramos, o pasos, de 3 a 5 metros.

La fórmula que nos da el valor de la permeabilidad es la siguiente:

$$K = \frac{1}{10 C} \cdot \frac{Q}{P_e}$$

siendo:

K la permeabilidad en m/seg.

Q el caudal en m³/seg.

P_e la presión efectiva en atmósferas, que se obtiene mediante la fórmula siguiente:

$$P_e = P_m + \frac{H}{10}$$

siendo:

P_m la presión manométrica.

H la diferencia entre la superficie y el tramo ensayado.

C es un coeficiente, que se obtiene en función de la longitud del tramo ensayado en metros L y del diámetro del sondeo en metros D, por la fórmula:

$$C = 2 \pi D \frac{\sqrt{\left(\frac{L}{D}\right)^2 - 1}}{\ln \left[\frac{L}{D} + \sqrt{\left(\frac{L}{D}\right)^2 - 1} \right]}$$

A continuación, figura la aplicación práctica de las pruebas de permeabilidad realizadas en los sondeos, siendo 2 el número de tramos ensayados por sondeo, con 5 escalones de presión.

SONDEO 1 (S-1)

- Tramo ensayado: de 13,10 a 16,10 m (areniscas).

Diámetro de sondeo: 0,086 m.

Prueba en cinco escalones de 10 minutos cada escalón.

- a) a 0 atmósferas admite 220 litros.
- b) a 3 atmósferas admite 275 litros.
- c) a 5 atmósferas admite 345 litros.
- d) a 3 atmósferas admite 290 litros.
- e) a 0 atmósferas admite 240 litros.

Aplicando las fórmulas anteriormente descritas, los valores de las permeabilidades para los diferentes escalones de presión, son los siguientes:

- a) $K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{220 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 1,31}$; $K = 6,30 \cdot 10^{-6}$ m/seg.
- b) $K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{275 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 4,31}$; $K = 2,39 \cdot 10^{-6}$ m/seg.
- c) $K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{345 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 6,31}$; $K = 2,05 \cdot 10^{-6}$ m/seg.
- d) $K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{290 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 4,31}$; $K = 2,52 \cdot 10^{-6}$ m/seg.
- e) $K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{240 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 1,31}$; $K = 6,87 \cdot 10^{-6}$ m/seg.

- Tramo ensayado: de 5,20 a 8,20 metros (argilitas).

Diámetro de sondeo: 0,086 metros.

Prueba en cinco escalones de 10 minutos cada escalón.

a) a 0 atmósferas admite 25 litros.

b) a 3 atmósferas admite 115 litros.

c) a 5 atmósferas admite 140 litros

d) a 3 atmósferas admite 125 litros.

e) a 0 atmósferas admite 30 litros.

Aplicando las fórmulas anteriormente descritas, los valores de las permeabilidades para los diferentes escalones de presión, son los siguientes:

$$a) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 0,52} ; \quad K = 1,80 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$b) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{115 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 3,52} ; \quad K = 1,22 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$c) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{140 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 5,52} ; \quad K = 0,95 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$d) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{125 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 3,52} ; \quad K = 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$e) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{30 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 0,52} ; \quad K = 2,16 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

SONDEO 2 (S-2)

- Tramo ensayado: de 9,00 a 12,00 metros (areniscas).

Diámetro de sondeo: 0,086 metros.

Prueba en cinco escalones de 10 minutos cada escalón.

a) a 0 atmósferas admite 140 litros.

b) a 3 atmósferas admite 210 litros.

c) a 5 atmósferas admite 260 litros.

d) a 3 atmósferas admite 240 litros.

e) a 0 atmósferas admite 160 litros.

Aplicando las fórmulas anteriormente descritas, los valores de las permeabilidades para los diferentes escalones de presión, son los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{a) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{140 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 0,90} ; & K &= 5,84 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\ \text{b) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{210 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 3,90} ; & K &= 2,02 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\ \text{c) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{260 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 5,90} ; & K &= 1,65 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\ \text{d) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{240 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 3,90} ; & K &= 2,31 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\ \text{e) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{160 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 0,90} ; & K &= 6,67 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \end{aligned}$$

- Tramo ensayado: de 12,50 a 15,50 metros (argilitas).

Diámetro de sondeo: 0,086 metros.

Prueba en cinco escalones de 10 minutos cada escalón.

- a) a 0 atmósferas admite 75 litros.
- b) a 3 atmósferas admite 120 litros.
- c) a 5 atmósferas admite 230 litros.
- d) a 3 atmósferas admite 130 litros.
- e) a 0 atmósferas admite 90 litros.

Aplicando las fórmulas correspondientes, los valores de las permeabilidades para los diferentes escalones de presión, son los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{a) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{75 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 1,25} ; & K &= 2,23 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\ \text{b) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{120 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 4,25} ; & K &= 1,06 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\ \text{c) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{230 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 6,25} ; & K &= 1,38 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \end{aligned}$$

$$d) K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{130 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 4,25}; \quad K = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$e) K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{90 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 1,25}; \quad K = 2,70 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

SONDEO 3 (S-3)

- Tramo ensayado: de 9,00 a 12,00 metros (argilitas).

Diámetro de sondeo: 0,086 metros.

Prueba en cinco escalones de 10 minutos cada escalón.

- a) a 0 atmósferas admite 65 litros.
- b) a 3 atmósferas admite 120 litros.
- c) a 5 atmósferas admite 210 litros.
- d) a 3 atmósferas admite 140 litros.
- e) a 0 atmósferas admite 80 litros.

Aplicando las correspondientes fórmulas, los valores de las permeabilidades para los diferentes escalones de presión, son los siguientes:

$$a) K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{65 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 0,9}; \quad K = 2,71 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$b) K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{120 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 3,9}; \quad K = 1,15 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$c) K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{210 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 5,9}; \quad K = 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$d) K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{140 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 3,9}; \quad K = 1,34 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$e) K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{80 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 0,9}; \quad K = 3,33 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

- Tramo ensayado: de 19,50 a 22,50 metros (areniscas).

Diámetro de sondeo: 0,066 metros.

Prueba en cinco escalones de 10 minutos cada escalón.

- a) a 0 atmósferas admite 230 litros.
- b) a 3 atmósferas admite 250 litros.
- c) a 5 atmósferas admite 330 litros.
- d) a 3 atmósferas admite 260 litros.
- e) a 0 atmósferas admite 250 litros.

Aplicando las correspondientes fórmulas, los valores de las permeabilidades para los diferentes escalones de presión, son los siguientes:

$$a) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{230 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 1,95} ; \quad K = 4,42 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$b) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{250 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 4,95} ; \quad K = 1,89 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$c) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{330 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 6,95} ; \quad K = 1,78 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$d) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{260 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 4,95} ; \quad K = 1,97 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$e) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{250 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 1,95} ; \quad K = 4,81 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

SONDEO 4 (S-4)

- Tramo ensayado: de 8,50 a 11,50 metros (areniscas).

Diámetro de sondeo: 0,086 metros.

Prueba en cinco escalones de 10 minutos cada escalón.

- a) a 0 atmósferas admite 190 litros.
- b) a 3 atmósferas admite 280 litros.
- c) a 5 atmósferas admite 370 litros.
- d) a 3 atmósferas admite 310 litros.
- e) a 0 atmósferas admite 230 litros.

Aplicando las correspondientes fórmulas, los valores de las permeabilidades para los diferentes escalones de presión, son los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{a) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{190 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 0,85} ; & K &= 8,39 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\ \text{b) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{280 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 3,85} ; & K &= 2,73 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\ \text{c) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{370 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 5,85} ; & K &= 2,37 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\ \text{d) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{310 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 3,85} ; & K &= 3,02 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\ \text{e) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{230 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 0,85} ; & K &= 10,16 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \end{aligned}$$

- Tramo ensayado: de 26,00 a 29,00 metros (argilitas).

Diámetro de sondeo: 0,086 metros.

Prueba en cinco escalones de 10 minutos cada escalón.

- a) a 0 atmósferas admite 110 litros.
- b) a 3 atmósferas admite 190 litros.
- c) a 5 atmósferas admite 240 litros.
- d) a 3 atmósferas admite 200 litros.
- e) a 0 atmósferas admite 130 litros.

Aplicando las correspondientes fórmulas, los valores de las permeabilidades para los diferentes escalones de presión, son los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{a) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{110 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 2,6} ; & K &= 1,68 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\ \text{b) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{190 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 5,6} ; & K &= 1,35 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\ \text{c) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{240 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 7,6} ; & K &= 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \end{aligned}$$

$$d) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{200 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 5,6} ; \quad K = 1,42 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$e) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{130 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 2,6} ; \quad K = 1,99 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

SONDEO 5 (S-5)

- Tramo ensayado: de 15,00 a 18,00 metros (areniscas).

Diámetro de sondeo: 0,086 metros.

Prueba en cinco escalones de 10 minutos cada escalón.

a) a 0 atmósferas admite 210 litros.

b) a 3 atmósferas admite 260 litros.

c) a 5 atmósferas admite 320 litros.

d) a 3 atmósferas admite 280 litros.

e) a 0 atmósferas admite 230 litros.

Aplicando las correspondientes fórmulas, los valores de las permeabilidades para los diferentes escalones de presión, son los siguientes:

$$a) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{210 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 1,81} ; \quad K = 4,62 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$b) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{260 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 4,81} ; \quad K = 2,15 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$c) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{320 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 6,81} ; \quad K = 1,87 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$d) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{280 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 4,81} ; \quad K = 2,32 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$e) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{230 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 1,81} ; \quad K = 5,06 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

- Tramo ensayado: de 22,60 a 25,60 metros (argilitas).
 Diámetro de sondeo: 0,066 metros.
 Prueba en cinco escalones de 10 minutos cada escalón.
- a) a 0 atmósferas admite 85 litros.
 - b) a 3 atmósferas admite 140 litros.
 - c) a 5 atmósferas admite 250 litros.
 - d) a 3 atmósferas admite 170 litros.
 - e) a 0 atmósferas admite 130 litros.

Aplicando las correspondientes fórmulas, los valores de las permeabilidades para los diferentes escalones de presión, son los siguientes:

$$\begin{aligned}
 \text{a) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{85 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 2,26} ; & K &= 1,50 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\
 \text{b) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{140 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 5,26} ; & K &= 1,06 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\
 \text{c) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{250 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 7,26} ; & K &= 1,37 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\
 \text{d) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{170 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 5,26} ; & K &= 1,28 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.} \\
 \text{e) } K &= \frac{1}{10 \cdot 4,17874} \cdot \frac{130 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 2,26} ; & K &= 2,29 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}
 \end{aligned}$$

SONDEO 6 (S-6)

- Tramo ensayado: de 7,00 a 10,00 metros (areniscas)
 Diámetro de sondeo: 0,086 metros.
 Prueba en cinco escalones de 10 minutos cada escalón.
- a) a 0 atmósferas admite 80 litros.
 - b) a 3 atmósferas admite 290 litros.
 - c) a 5 atmósferas admite 380 litros.
 - d) a 3 atmósferas admite 300 litros.
 - e) a 0 atmósferas admite 70 litros.

Aplicando las correspondientes fórmulas, los valores de las permeabilidades para los diferentes escalones de presión, son los siguientes:

$$a) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{80 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 0,7} ; \quad K = 4,29 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$b) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{290 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 3,7} ; \quad K = 2,94 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$c) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{380 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 5,7} ; \quad K = 2,50 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$d) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{300 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 3,7} ; \quad K = 3,04 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$e) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{70 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 0,7} ; \quad K = 3,75 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

- Tramo ensayado: de 15,00 a 18,00 metros (argilitas).

Diámetro de sondeo: 0,086 metros.

Prueba en cinco escalones de 10 minutos cada escalón.

a) a 0 atmósferas admite 80 litros.

b) a 3 atmósferas admite 150 litros.

c) a 5 atmósferas admite 210 litros.

d) a 3 atmósferas admite 160 litros.

e) a 0 atmósferas admite 100 litros.

Aplicando las correspondientes fórmulas, los valores de las permeabilidades para los diferentes escalones de presión, son los siguientes:

$$a) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{80 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 1,5} ; \quad K = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$b) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{150 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 4,5} ; \quad K = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$c) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{210 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 6,5} ; \quad K = 1,21 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$d) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{160 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 4,5} ; \quad K = 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$e) \quad K = \frac{1}{10 \cdot 4,43863} \cdot \frac{100 \cdot 10^{-3}}{600 \cdot 1,5} ; \quad K = 2,50 \cdot 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

3.3.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Para conocer los parámetros necesarios en la aplicación del modelo matemático, es imprescindible realizar una serie de ensayos, sobre testigos de sondeo convenientemente elegidos.

Los ensayos necesarios son:

- Ensayo de compresión simple.
- Ensayo de resistencia a la tracción.
- Ensayo triaxial.

Si descripción es la siguiente:

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

Mediante él, se determinará la resistencia a la compresión de la roca $R_c = F/A = \sigma_1$, siendo la presión de confinamiento $\sigma_3 = 0$.

Con R_c puede dibujarse el simicírculo de Mohr, tal como el de la figura 1.

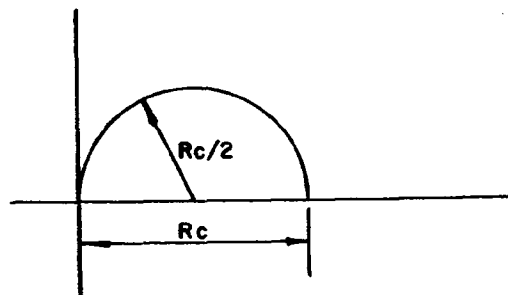


Fig. 1.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION

El ensayo generalmente empleado para medir esta característica, es indirecto (ensayo brasileño).

Mediante él, se calcula la resistencia a la tracción R_t , que permitirá construir el semicírculo correspondiente en el diagrama de Mohr.

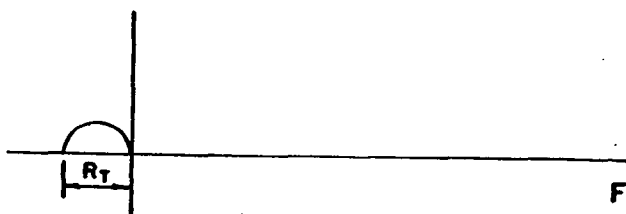


Fig. 2.

Con el conjunto de las figuras 1 y 2, el criterio de - Coulomb-Navier, se puede calcular la curva de resistencia intrínseca, fig. 3.

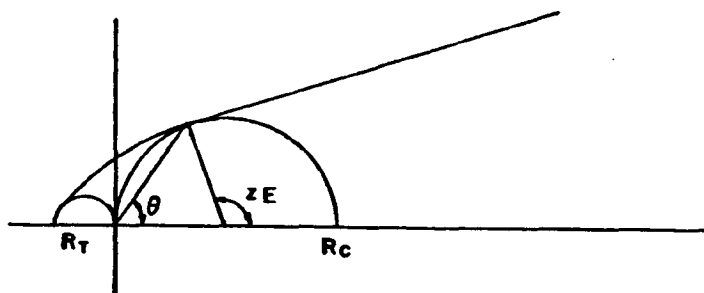


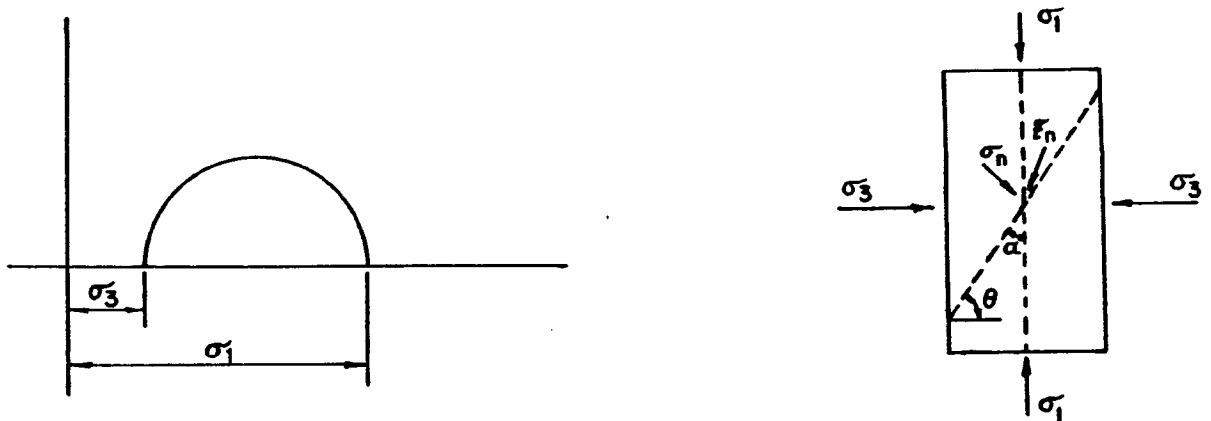
Fig. 3.

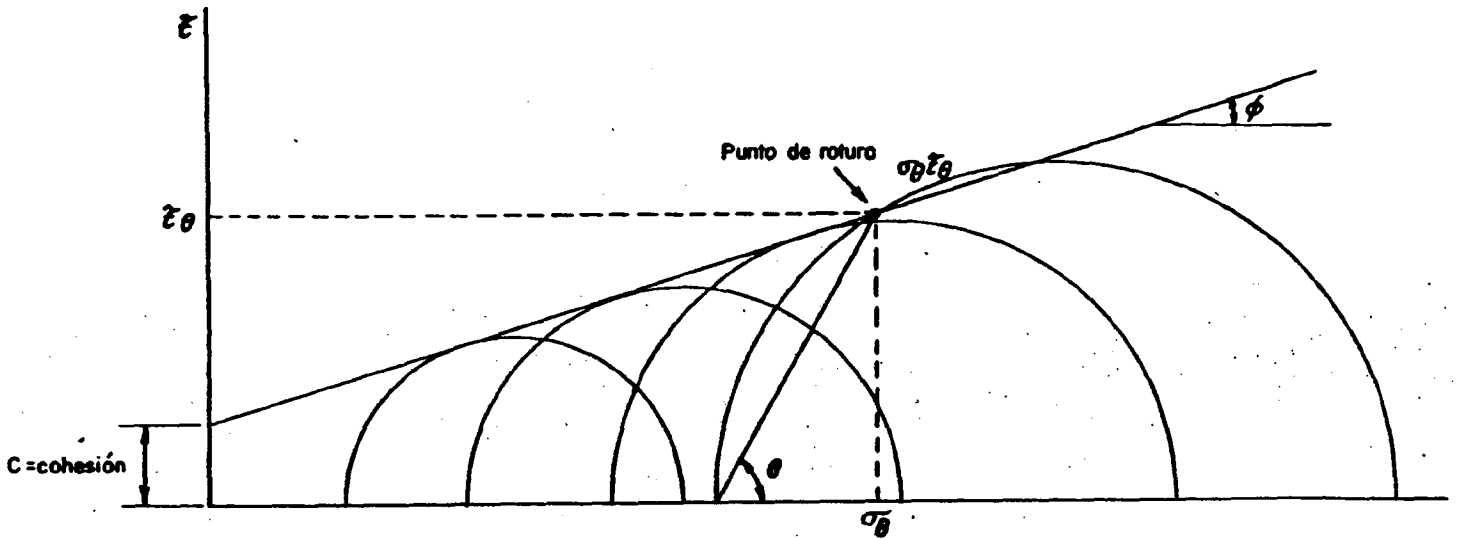
ENSAYO TRIAXIAL

Consiste, en someter una probeta ó serie de probetas cilíndricas, a determinadas presiones de confinamientos radia--les σ_3 , σ_3' , σ_3'' , etc, y cargarlas mediante las correspondientes presiones verticales hasta la rotura.

La rotura que se produce mediante estos ensayos triaxiales, está generalmente de acuerdo con el criterio de Coulomb-Navier ó Mohr y se produce según un ángulo $\alpha = 45^\circ + \phi$, con el eje de la presión mayor (normal). Hay que señalar sin em--bargo, que la presencia de planos con menor resistencia al -corte, tales como diaclasas, planos de estratificación, etc, pueden hacer que la rotura se produzca según la dirección de los mismos. Por esto en los casos donde tales planos existan, la selección de las muestras a ensayar debe hacerse de forma que la dirección de rotura según el criterio de Mohr, coinci--da con estos planos.

Una vez se han obtenido las distintas presiones de rotura para cada presión de confinamiento, se dibujarán los co--rrespondientes semicírculos de Mohr y su envolvente.





Esfuerzo constante en el plano de rotura (τ_θ) :

$$\tau_\theta = (\sigma_1 - \sigma_3) \text{ Sen } \theta \text{ Cos } \theta$$

Esfuerzo normal en el plano de rotura (σ_θ):

$$\sigma_\theta = \sigma_3 + (\sigma_1 - \sigma_3) \text{ Cos}^2 \theta$$

ANEXOS

- FICHAS DE SONDEOS
- ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA
- ENSAYOS DE PERMEABILIDAD
- RESULTADOS DE LABORATORIO
- FOTOGRAFÍAS

FICHAS DE SONDEOS

ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA		PROFUNDIDAD metros	CORTE ESTRATIGRAFICO		NIVEL FREATICO	OBSERVACIONES	% Recuperación			ENSAYO DE PERMEABILIDAD		R Q D %	ENSAYOS DE LABORATORIO			
Nº L	Tipo		Columna	Descripción del terreno			PREISION Atm	ADMISION Litros	TRACCION Kg/cm²	COMPRESION SIMPLE Kg/cm²	TRIAxIAL PRESIONES DE CONFINAMIENTO Kg/cm²					
													75	150	200	
0												24				
1												10				
2												12				
3												20				
4												26				
5												20				
6								0	25			20				
7								3	115			13				
8								5	140							
9								3	125			60				
10								0	30			19				
11												12				
12												25				
13												19				
14												35				
15												11				
16												18				
17												30				
18												10				
19												12				
20												12				
21												11				
22												20				
								0	220			13				
								3	275			29				
M-6		13,10 - 16,20						5	345			34			200,7	
								3	290			14			208,2	
								0	240			17			227,7	
												21			242,5	
												19				
												16				
												11				
M-2		16,20 - 18,10										10			195	
												45				
												13				
												11				
												17				
												23				
M-2		18,10 - 20,70										14				
M-17												11	65	902		
M-18												34				
												29				
												38			1128	
												11				
												20				
												19				
												10				
												28				

Escala 1 100

OBSERVACIONES

SONDEO Nº S - 1

PROFUNDIDAD ALCANZADA 50 m.

ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA		PROFUNDIDAD metros	CORTE ESTRATIGRAFICO		NIVEL FREATICO	OBSERVACIONES	% Recuperación						ENSAYO DE PERMEABILIDAD		R. Q. D. %	TRACCION Kg/cm ²	COMPRESION SIMPLE Kg/cm ²	TRIA XIAL Kg/cm ²		
Nº L	Tipo		Columna	Descripción del terreno			PRESTON Atm.	ADMISION Litros	0	20	40	60	80	100				75	150	200
44				Argilitas diaclassadas, gris oscuro.										14						
45														22						
46				Areniscas de grano medio, compactas, gris claro.										13						
47	M-16	45,70-48,40												12						
48	M-22													12						
49				Argilitas gris oscuro.										11						
50	M-7	48,70-49,80		Areniscas de grano medio, Gris claro.	PERDIDA TOTAL DE AGUA	100% de recuperación de testigo								11						
				Argilitas.										40	1222					
														20	1111					
														15	1222					
														13						
														69						
														37						
														13						
														55		889				

Escala 1:100

OBSERVACIONES

SONDEO Nº SS - 1

PROFUNDIDAD ALCANZADA 50 m.

ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA		PROFUNDIDAD metros	CORTE ESTRATIGRAFICO		NIVEL FREATICO	OBSERVACIONES	% Recuperación		ENSAYO DE PERMEABILIDAD		R. Q. D. %	TRACCION Kg/cm ²	COMPRESION SIMPLE Kg/cm ²	TRIAxIAL Kg/cm ² PRESIONES DE CONFINAMIENTO				
Nº L	Tipo		Columna	Descripción del terreno			PREsION Atm	ADMISION Litros	0	2				4	6	8	75	150
0																		
1																		
2						Argilitas grises y pardas, fracturadas y diaclasadas.												
3																		
4																		
5																		
6																		
7						Carbón con leves intercalaciones de argilitas.												
8						Argilitas gris oscuro.												
9						Argilitas gris oscuro, diaclasadas.												
10						Areniscas de grano medio, gris claro, - diaclasadas con restos de óx. de Fe.				0	140							
11										3	210							
12						Microconglomerado, gris claro.				5	260							
13						Carbón.				3	240							
14						Argilitas gris oscuro, diaclasadas, con algún carbonero intercalado.				0	160							
15																		
16																		
17						Carbón.				0	75							
18						Argilitas gris oscuro, diaclasadas, con restos de materia carbonosa.				3	120							
19						Areniscas de grano fino, gris claro y - diaclasadas verticalmente.				5	230							
20										3	130							
21						Microconglomerado - gris claro, con cantos arcillosos.				0	90							
22																		

Escala 1:100

OBSERVACIONES

SONDEO Nº SI - 2

PROFUNDIDAD ALCANZADA 40 m.

ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA Nº L	Tipo	PROFUNDIDAD metros	CORTE ESTRATIGRAFICO		NIVEL FREATICO	OBSERVACIONES	% Recuperación		ENSAYO DE PERMEABILIDAD		R. Q. D. %	TRACCION Kg/cm ²	COMPRESION SIMPLE Kg/cm ²	TRIAxIAL Kg/cm ² PRESTIONES DE CONFINAMIENTO				
			Columna	Descripción del terreno			PRESTION Atm.	ADMISION Litros	75	150				200				
22				Areniscas de grano medio, gris claro, cantos arcillosos y diaclasadas.							30 20 50 24 24 16 18 3 11 11 32 34 36 64 27 21 27							
23				Areniscas de grano grueso, gris claro.							21 18 13 13 36 36 15 19 14 38 16 16 27 15 15 31 16 17 16 11 15 10 14 22 13							
24				Argilitas, gris oscuro, fracturadas y con algún carbonero intercalado.							60 20 30 11 33 41 22							
25				Areniscas de grano medio, gris claro, diaclasadas verticalmente con recristalizaciones.							13							
26				Argilitas gris oscuro, fracturadas, con algún carbonero intercalado.							11							
27				Areniscas de grano fino, gris claro, algún canto arcilloso disperso.														
28				Argilitas gris oscuro.														
29				Galería antigua.														
30				Carbon.														
31				Argilitas gris oscuro, diaclasadas.	PERDIDA TOTAL DE AGUA	Recuperación del 100% de testigo.												
32																		
33																		
34																		
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40																		
41																		
42																		
43																		
44																		

Escala 1:100

OBSERVACIONES

SONDEO Nº S-2

PROFUNDIDAD ALCANZADA 40 m.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
Instituto Geológico y Minero de España

LOCALIDAD TORRE DEL BIERZO

ESTUDIO GEOTECNICO

FECHA DICIEMBRE - 79

TIPO DE SONDA CRAELIUS

ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA	PROFUNDIDAD	CORTE ESTRATIGRAFICO		NIVEL FREATICO	OBSERVACIONES	ENSAYO DE PERMEABILIDAD		R. Q. D	TRACCION			COMPRISION SIMPLE			TRIAxIAL			
		Nº L	Tipo			metros	Columna		Descripción del terreno	PREsION Atm.	ADMISION Litros	%	Kg/cm²	Kg/cm²	75	150	200	
	22																	
	23																	
	24																	
	25																	
	26																	
	27																	
	28																	
	29																	
	30																	
	31																	
	32																	
	33																	
	34																	
	35																	
	36																	
	37																	
	38																	
	39																	
	40																	
	41																	
	42																	
	43																	
	44																	

Escala 1:100

OBSERVACIONES

SONDEO Nº S-3

PROFUNDIDAD ALCANZADA 30 m.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
Instituto Geológico y Minero de España

LOCALIDAD TORRE DEL BIERZO
FECHA NOVIEMBRE - DICIEMBRE - 79
TIPO DE SONDA CRAELIUS

ESTUDIO GEOTECNICO

ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA Nº L	Tipo	PROFUNDIDAD metros	CORTE ESTRATIGRAFICO Columna	Descripción del terreno	NIVEL FREATICO	OBSERVACIONES	% Recuperación		ENSAYO DE PERMEABILIDAD		R. Q. D %	TRACCION Kg/cm²	COMPRESION SIMPLE Kg/cm²	TRIAxIAL Kg/cm² PRESTIONES DE CONFINAMIENTO						
							PREsION Atm.	ADMIsION Litros	75	150				200						
22																				
23	M-42	22,00 - 25,10		Areniscas de grano grueso, gris, algo diaclasadas verticalmente.																
24																				
25																				
26	M-43 M-44	25,10 - 27,20		Argilitas gris oscuro, algo diaclasadas																
27				Carbón, con intercalaciones arcillosas.																
28																				
29																				
30	M-46 M-45 M-47	27,80 - 32,50		Argilitas gris oscuro, algo diaclasadas, con carboneros intercalados.																
31																				
32																				
33																				
34																				
35																				
36																				
37																				
38																				
39					PERDIDA TOTAL DE AGUA	Recuperación del 100 % de testigo														
40																				
41																				
42																				
43																				
44																				

Escala 1:100

OBSERVACIONES

SONDEO Nº S-4

PROFUNDIDAD ALCANZADA 40 m.

ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA		PROFUNDIDAD metros	CORTE ESTRATIGRAFICO		NIVEL FREATICO	OBSERVACIONES	% Recuperación			ENSAYO DE PERMEABILIDAD		R. Q. D. %	TRACCION Kg/cm ²	COMPRESION SIMPLE Kg/cm ²	TRIAxIAL Kg/cm ²		
Nº L	Tipo		Columna	Descripción del terreno			PRESTON Atm.	ADMISION Litros	75	150	200						
0				Recubrimiento arcilloso.													
1				Areniscas de grano grueso, restos de óx. de Fe, diaclasadas.								11					
2												15					
3				Argilitas grises y pardas, restos de óx. de Fe, diaclasadas.								32					
4												15					
5												15					
6				Areniscas de grano fino, gris, diaclasadas verticalmente con restos de óx. de Fe.								11					
7												19					
8												20					
9				Argilitas gris oscuro								12					
10				Carbón.								24					
11				Argilitas gris oscuro, diaclasadas y con carboneros intercalados.								20					
12												20					
13												16					
14												20					
15				Areniscas de grano fino-medio, gris claro, diaclasadas verticalmente con restos de óx. de Fe.								20					
16												20					
17												16					
18												37					
19												10					
20				Argilitas gris oscuro, con carboneros intercalados.								25					
21				Carbón y materia carbonosa.								10					
22												12					

Escala 1:100

OBSERVACIONES

SONDEO Nº S-51

PROFUNDIDAD ALCANZADA 30,50 m.

ENSAYOS DE LABORATORIO

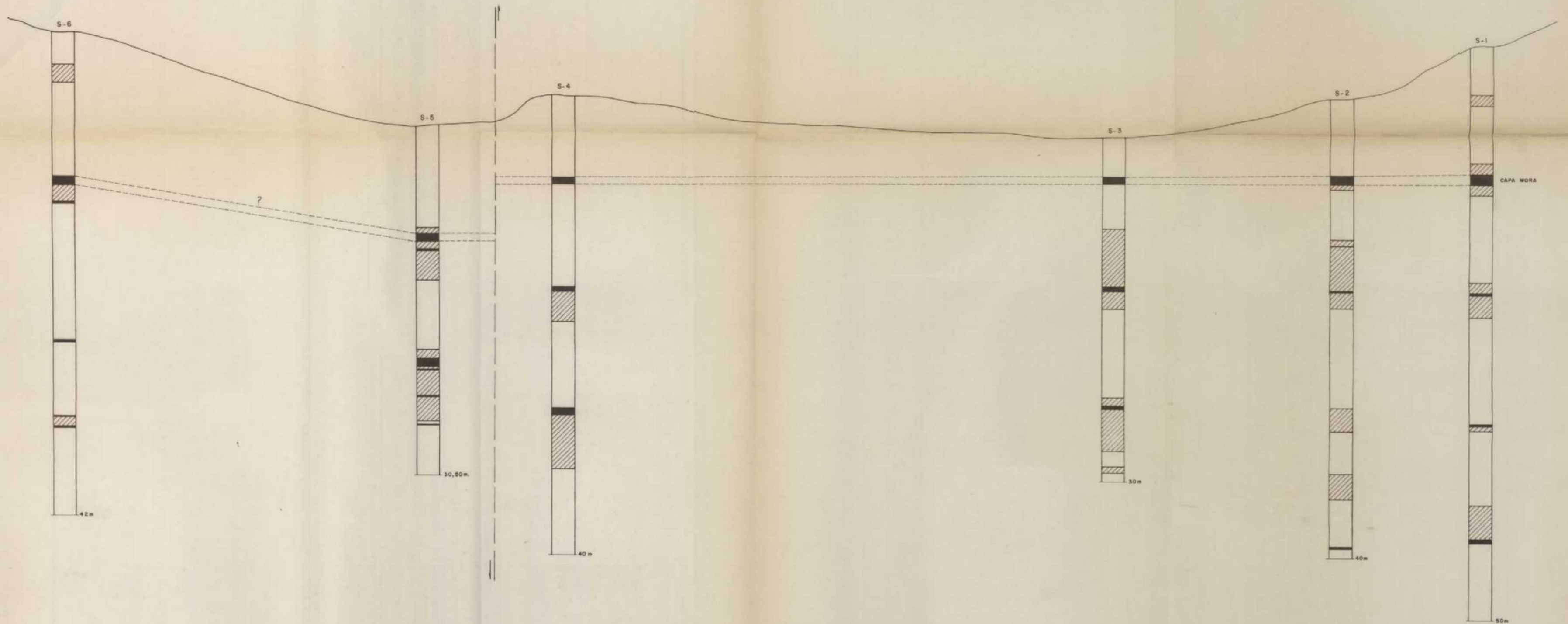
MUESTRA	PROFUNDIDAD metros	CORTE ESTRATIGRAFICO		NIVEL FREATICO	OBSERVACIONES	% Recuperación						ENSAYO DE PERMEABILIDAD		R. Q. D %	ENSAYOS DE LABORATORIO			
		Columna	Descripción del terreno			0	1	2	3	4	5	PRESION Atm.	ADMISION Litros		TRACCION Kg/cm ²	COMPRESION SIMPLE Kg/cm ²	TRIAxIAL Kg/cm ² PRESIONES DE CONFINAMIENTO	
Nº L	Tipo														75	150	200	
0																		
1																		
2													24					
3													10					
4													11					
5													13					
6													23					
7													17					
8													10					
9													12					
10													20					
11													11					
12													16					
13	M-51												22					
14	M-52												18					
15	M-53												19					
16	M-54												19					
17	M-55	11,20 - 19,20											10					
18													15					
19													10					
20	M-56	19,20 - 22,00											28					
21	M-57												17					
22													11					

Escala 1:100


OBSERVACIONES

SONDEO Nº S-66

PROFUNDIDAD ALCANZADA 42 m.



- Capas de carbón
- ▨ Capas con carboneros

DIBUJADO H. MOLERO	MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA		
FECHA ENERO, 1980	INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA		
COMPROBADO			CLAVE
AUTOR J. M. HERRANZ	PROYECTO PARAMETROS CARBON EN EXPLOTACIONES A CIELO ABIERTO		PLANO N°
ESCALA H. 1/500 V. 1/200			
CONSULTOR	CORRELACION DE SONDEOS		

**INDICE DE CALIDAD DE LA ROCA
(R.Q.D.)**

SONDEO 1 (S-1)

Profundidad total: 50 metros.

R.Q.D. general del sondeo: 57%.

Por tramos, se puede desglosar de la siguiente forma:

0- 7 m	- Argilitas, areniscas y arenas	20%
7-13 m	- Argilitas	49%
13-19 m	- Areniscas y argilitas	60%
19-25 m	- Argilitas y areniscas	66%
25-31 m	- Areniscas	88%
31-37 m	- Argilitas	68%
37-44 m	- Argilitas y areniscas	52%
44-50 m	- Areniscas y argilitas	59%

SONDEO 2 (S-2)

Profundidad total: 40 metros.

R.Q.D. general del sondeo: 53%

Por tramos, se puede desglosar de la siguiente forma:

0	- 6,80 m	- Argilitas	6%
6,80-12,80	m	- Areniscas y argilitas	48%
12,80-19,80	m	- Argilitas y areniscas	59%
19,80-27,80	m	- Areniscas y argilitas	77%
27,80-35,80	m	- Areniscas y argilitas	72%
35,80-40,00	m	- Argilitas y areniscas	41%

SONDEO 3 (S-3)

Profundidad total: 30 metros.

R.Q.D. general del sondeo: 66%.

Por tramos, se puede desglosar de la siguiente forma:

0- 7 m	-	Argilitas y areniscas	27%
7-13 m	-	Argilitas y areniscas	76%
13-20 m	-	Areniscas y argilitas	88%
20-27 m	-	Argilitas y areniscas	73%
27-30 m	-	Areniscas y argilitas	70%

SONDEO 4 (S-4)

Profundidad total: 40 metros.

R.Q.D. general del sondeo: 65%

Por tramos, se puede desglosar de la siguiente forma:

0- 5 m	- Argilitas	5%
5-10 m	- Argilitas y areniscas	32%
10-15 m	- Areniscas y argilitas	81%
15-21 m	- Argilitas y areniscas	64%
21-27 m	- Areniscas y argilitas	89%
27-34 m	- Argilitas y areniscas	78%
34-40 m	- Areniscas	90%

SONDEO 5 (S-5)

Profundidad total: 30 metros.

R.Q.D. general del sondeo: 65%.

Por tramos, se puede desglosar de la siguiente forma:

0	- 6,50 m	- Areniscas y argilitas	41%
6,50-12,50 m	- Argilitas y areniscas	60%	
12,50-18,50 m	- Areniscas y argilitas	86%	
18,50-26,50 m	- Argilitas y areniscas	62%	
26,50-30,00 m	- Areniscas	92%	

SONDEO 6 (S-6)

Profundidad total: 42 metros.

R.Q.D. general del sondeo: 60%

Por tramos, se puede desglosar de la siguiente forma:

0	- 6	m	-	Argilitas y areniscas	25%
6	-12	m	-	Areniscas y argilitas	63%
12	-19,50	m	-	Argilitas y areniscas	41%
19,50-25,50		m	-	Areniscas	90%
25,50-32,50		m	-	Areniscas y argilitas	72%
32,50-38,50		m	-	Areniscas y argilitas	61%
38,50-42		m	-	Areniscas	76%

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

SONDEO	PROFUNDIDAD	PRESIONES Atm	PERMEABILIDADES m/seg.
1	5,20-8,20	0	$1,80 \cdot 10^{-6}$
		3	$1,22 \cdot 10^{-6}$
		5	$0,95 \cdot 10^{-6}$
		3	$1,33 \cdot 10^{-6}$
		0	$2,16 \cdot 10^{-6}$
	13,10-16,10	0	$6,30 \cdot 10^{-6}$
		3	$2,39 \cdot 10^{-6}$
		5	$2,05 \cdot 10^{-6}$
		3	$2,52 \cdot 10^{-6}$
		0	$6,87 \cdot 10^{-6}$
2	9,00-12,00	0	$5,84 \cdot 10^{-6}$
		3	$2,02 \cdot 10^{-6}$
		5	$1,65 \cdot 10^{-6}$
		3	$2,31 \cdot 10^{-6}$
		0	$6,67 \cdot 10^{-6}$
	12,50-15,50	0	$2,23 \cdot 10^{-6}$
		3	$1,06 \cdot 10^{-6}$
		5	$1,38 \cdot 10^{-6}$
		3	$1,14 \cdot 10^{-6}$
		0	$2,70 \cdot 10^{-6}$

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

SONDEO · PROFUNDIDAD PRESIONES Atm PERMEABILIDADES m/seg.

	SONDEO	PROFUNDIDAD	PRESIONES Atm	PERMEABILIDADES m/seg.
3	9,00-12,00		0	$2,71 \cdot 10^{-6}$
			3	$1,15 \cdot 10^{-6}$
			5	$1,33 \cdot 10^{-6}$
			3	$1,34 \cdot 10^{-6}$
			0	$3,33 \cdot 10^{-6}$
	19,50-22,50		0	$4,42 \cdot 10^{-6}$
			3	$1,89 \cdot 10^{-6}$
			5	$1,78 \cdot 10^{-6}$
			3	$1,97 \cdot 10^{-6}$
			0	$4,81 \cdot 10^{-6}$
4	8,50-11,50		0	$8,39 \cdot 10^{-6}$
			3	$2,73 \cdot 10^{-6}$
			5	$2,37 \cdot 10^{-6}$
			3	$3,02 \cdot 10^{-6}$
			0	$10,16 \cdot 10^{-6}$
	26,00-29,00		0	$1,68 \cdot 10^{-6}$
			3	$1,35 \cdot 10^{-6}$
			5	$1,25 \cdot 10^{-6}$
			3	$1,42 \cdot 10^{-6}$
			0	$1,99 \cdot 10^{-6}$

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

SONDEO	PROFUNDIDAD	PRESIONES Atm	PERMEABILIDADES m/seg.
5	15,00-18,00	0	$4,62 \cdot 10^{-6}$
		3	$2,15 \cdot 10^{-6}$
		5	$1,87 \cdot 10^{-6}$
		3	$2,32 \cdot 10^{-6}$
		0	$5,06 \cdot 10^{-6}$
	22,60-25,60	0	$1,50 \cdot 10^{-6}$
		3	$1,06 \cdot 10^{-6}$
		5	$1,37 \cdot 10^{-6}$
		3	$1,28 \cdot 10^{-6}$
		0	$2,29 \cdot 10^{-6}$
6	7,00-10,00	0	$4,29 \cdot 10^{-6}$
		3	$2,94 \cdot 10^{-6}$
		5	$2,50 \cdot 10^{-6}$
		3	$3,04 \cdot 10^{-6}$
		0	$3,75 \cdot 10^{-6}$
	15,00-18,00	0	$2,00 \cdot 10^{-6}$
		3	$1,25 \cdot 10^{-6}$
		5	$1,21 \cdot 10^{-6}$
		3	$1,33 \cdot 10^{-6}$
		0	$2,50 \cdot 10^{-6}$

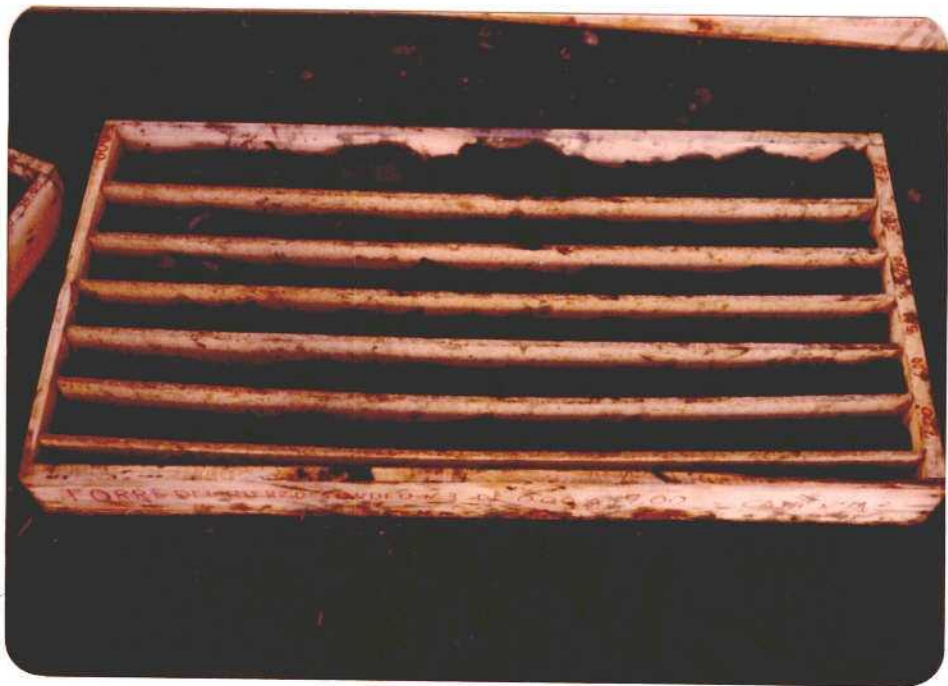
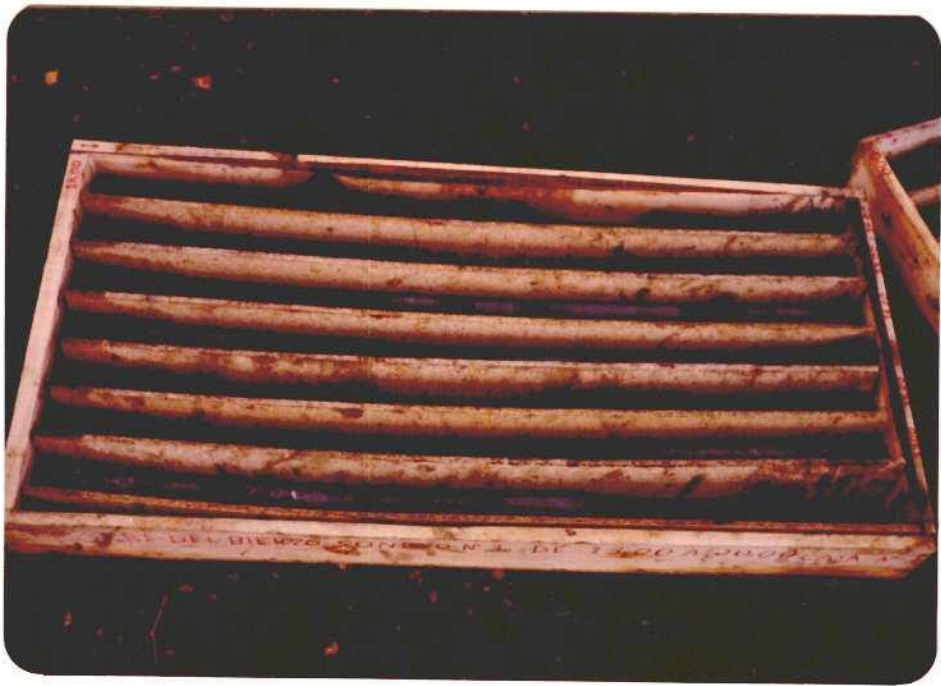
RESULTADOS DE LABORATORIO

FOTOGRAFIAS

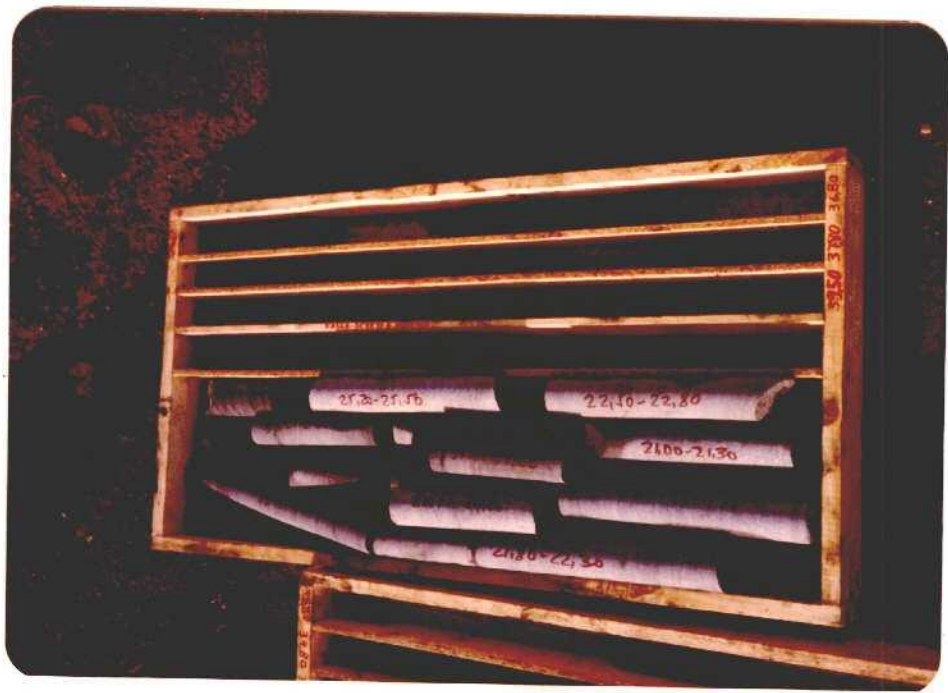
FOTOGRAFIAS



DETALLE DE LAS CAPAS DE CARBON



TESTIGOS DE LOS SONDEOS



DESMUESTRE DE SONDEOS



VISTA DE UN SONDEO

VISTA GENERAL DE LA ZONA