MECANICA DE ROCAS – TEMA 6

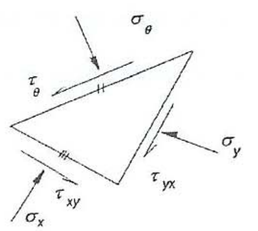
CÍRCULO DE MOHR

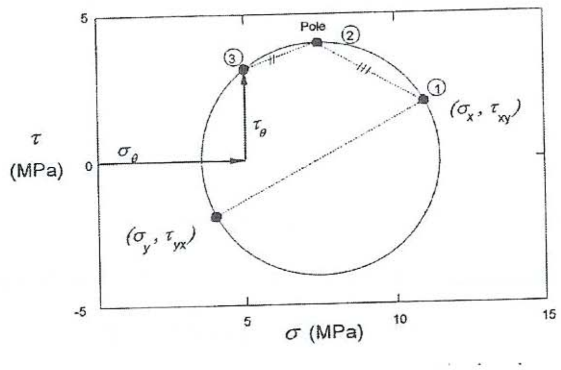
* ***Proceso de obtención de tensiones con el círculo de Mohr mediante el polo.***

El polo del círculo de Mohr es una técnica auxiliar que permite la determinación de las tensiones normales y de cortante para un plano dado, o dados dos planos que no tienen porque ser ortogonales, obtener la magnitud y dirección de las tensiones principales.

Obtenida una representación del círculo de Mohr y dada una dirección θ de inclinación del plano, la técnica del polo permite determinar las tensiones σ_θ y τ_θ en ese plano.

- El primer paso es determinar la posición del polo:





- Elegir un punto del círculo de Mohr del que se conoce la correspondiente dirección, como es el punto 1 de la figura.

- Desde el punto 1, dibujar una línea paralela a la dirección de su plano hasta que corte de nuevo al círculo.

- El punto de corte numerado como 2, **es el polo**.

Para obtener las tensiones en cualquier plano, el método es muy sencillo:

* Desde el polo trazar una línea paralela a la dirección del plano.
* La línea corta al círculo de Mohr en el punto 3, al que corresponderían las tensiones σ_θ y τ_θ que se querían determinar.

Problema 1 - Ejercicio resuelto

En un círculo de Mohr, cuyo centro se sitúa en un valor de la tensión normal de 7,50 MPa, se tiene el punto A definido por las siguientes coordenadas:

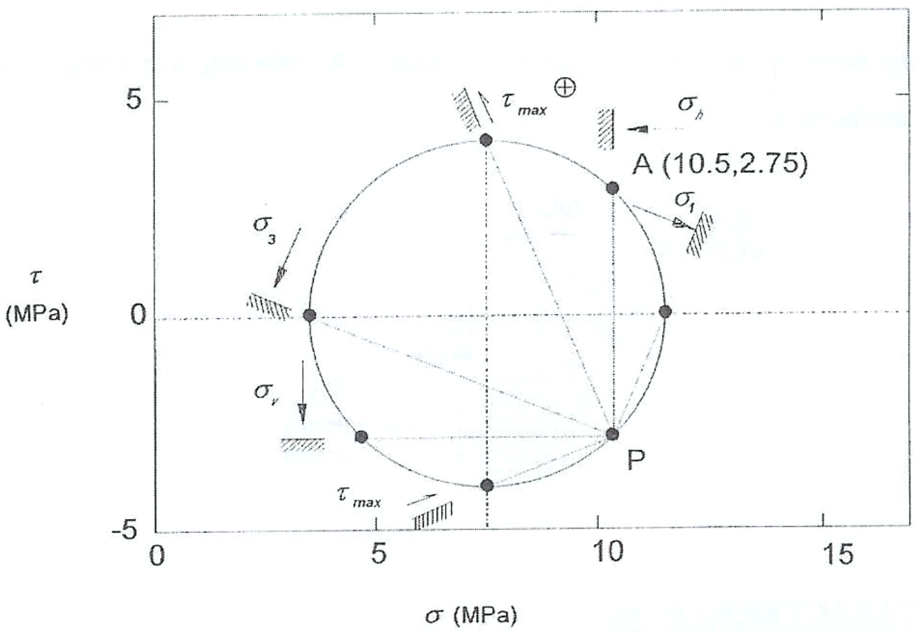
σ = 10,5 MPa

τ = 2,75 MPa

Se pide obtener:

1. El polo
2. Las tensiones actuando en el plano horizontal
3. Valores de las tensiones principales y la dirección de los planos donde actúan
4. Cortante máximo y mínimo y la dirección de los planos donde actúan.

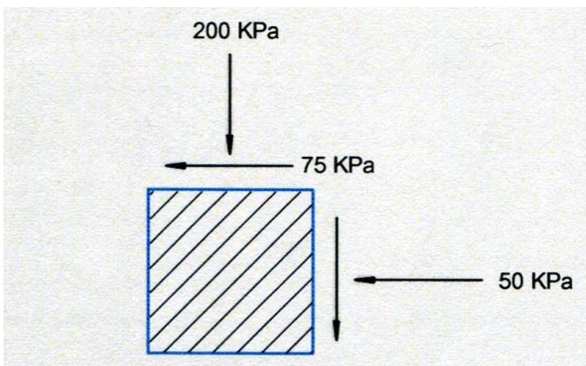
SOLUCIÓN:



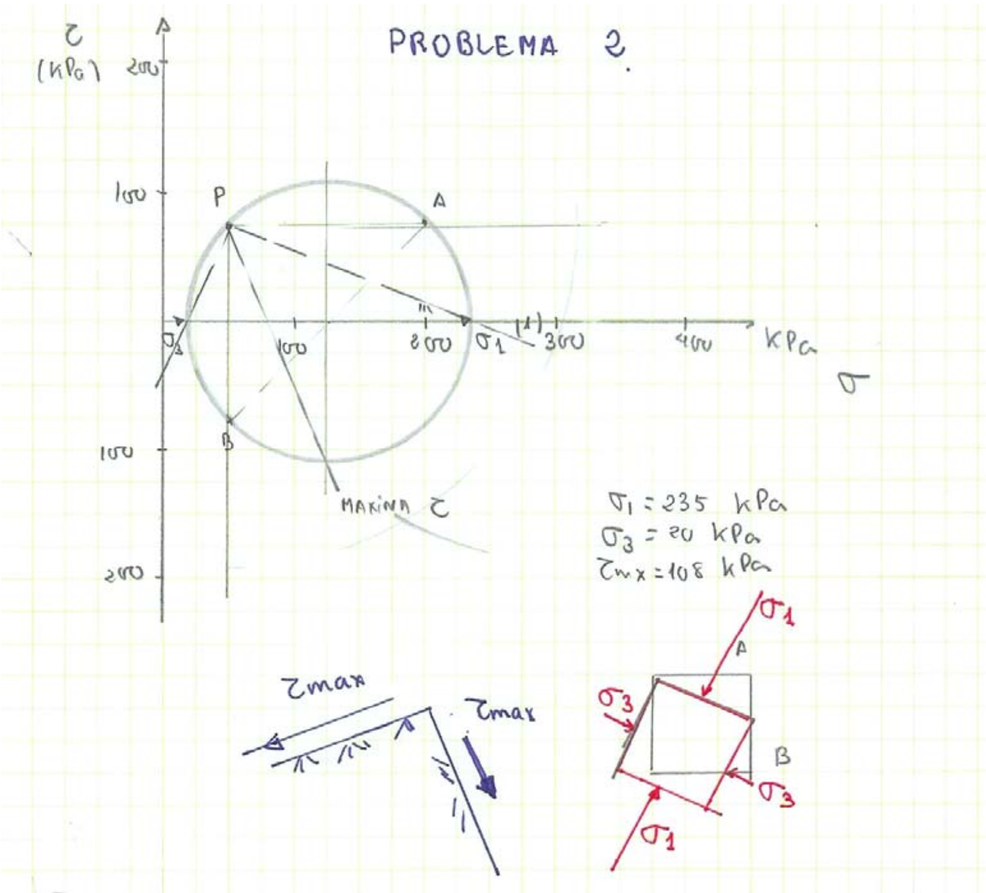
Problema 2

Para el nivel de tensiones definido en el esquema inferior, obtener:

- Tensión normal y de cortante en un plano inclinado 30º con la horizontal
- Las tensiones principales y sus direcciones.
- El máximo cortante y el plano en que actúa.

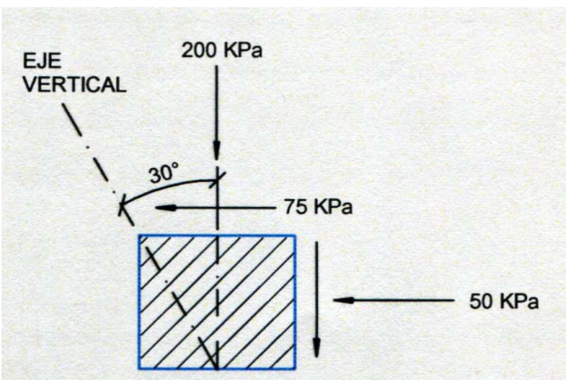


SOLUCION:

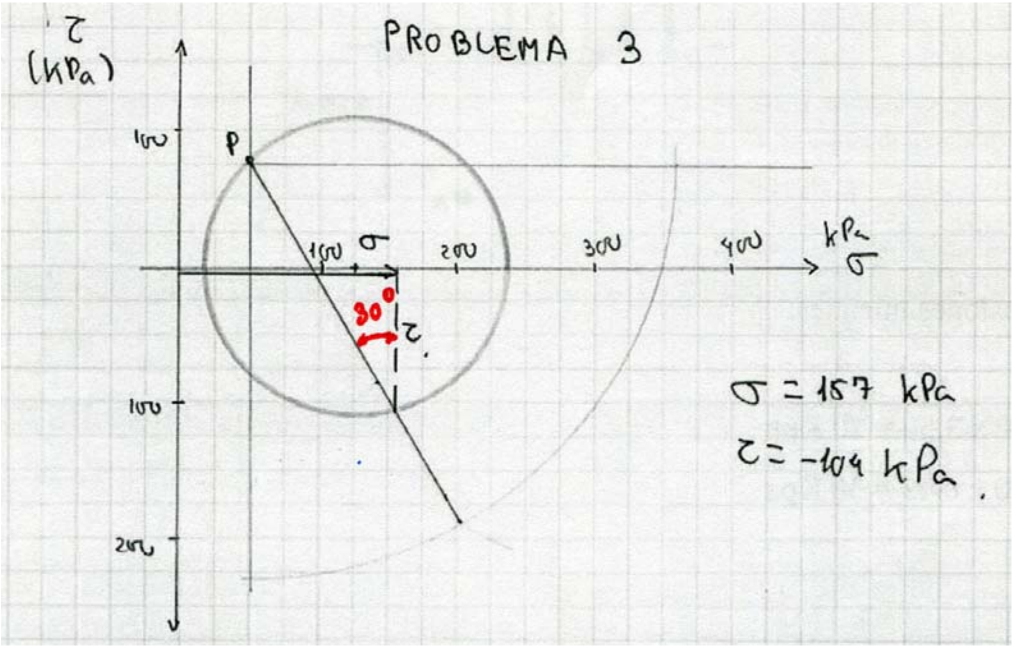


Problema 3

Repetir el eje anterior, si el eje vertical está situado a 30º respecto a la vertical del esquema en sentido antihorario.



SOLUCIÓN:



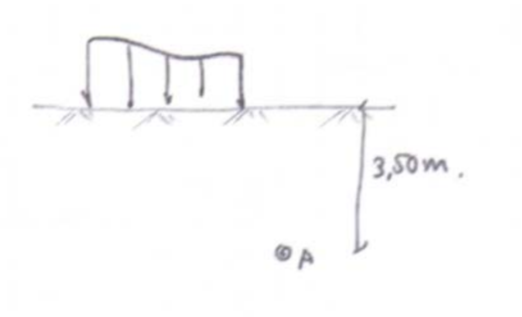
Problema 4

Una cierta distribución de cargas provoca en el punto A los siguientes incrementos de tensiones:

$\Delta\sigma_z = 40$ KPa, $\Delta\sigma_x = 30$ KPa y $\Delta\tau_{zx} = 32$ KPa.

Si las tensiones iniciales son las geostáticas con $K_0 = 0{,}43$ para una profundidad de 3,5 m y una densidad de $\gamma = 20$ KPa/m^3, obtener las direcciones de las tensiones principales.

SOLUCION:



Las tensiones iniciales:

σ_{zi} = 20 x 3,50 = 70 Kpa

σ_{xi} = 70 x 0,43 = 30 Kpa

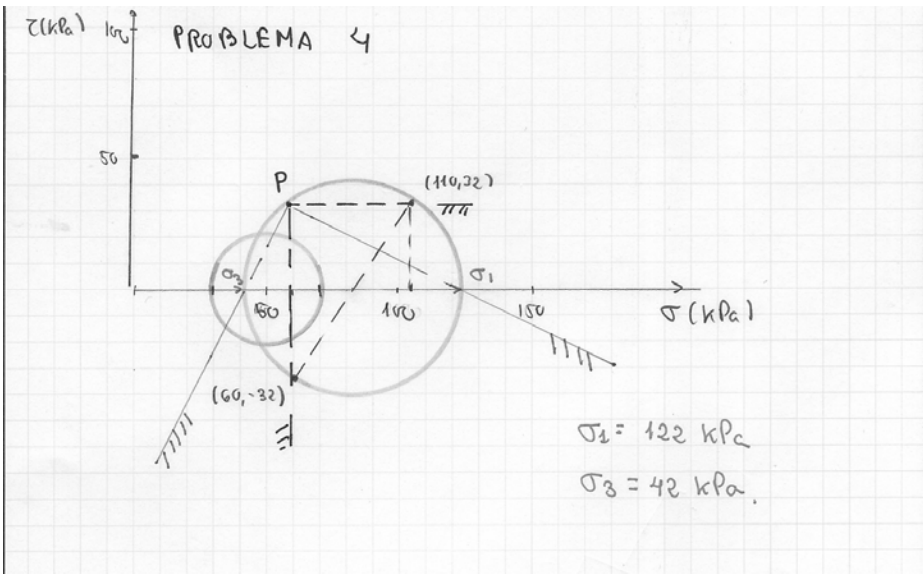
τ_{xyi} = 0

Las tensiones finales

σ_{zf} = 70 + 40 = 110 Kpa

σ_{xf} = 30 + 30 = 60 Kpa

τ_{xyf} = 0 + 32 = 32 Kpa



Problema 5

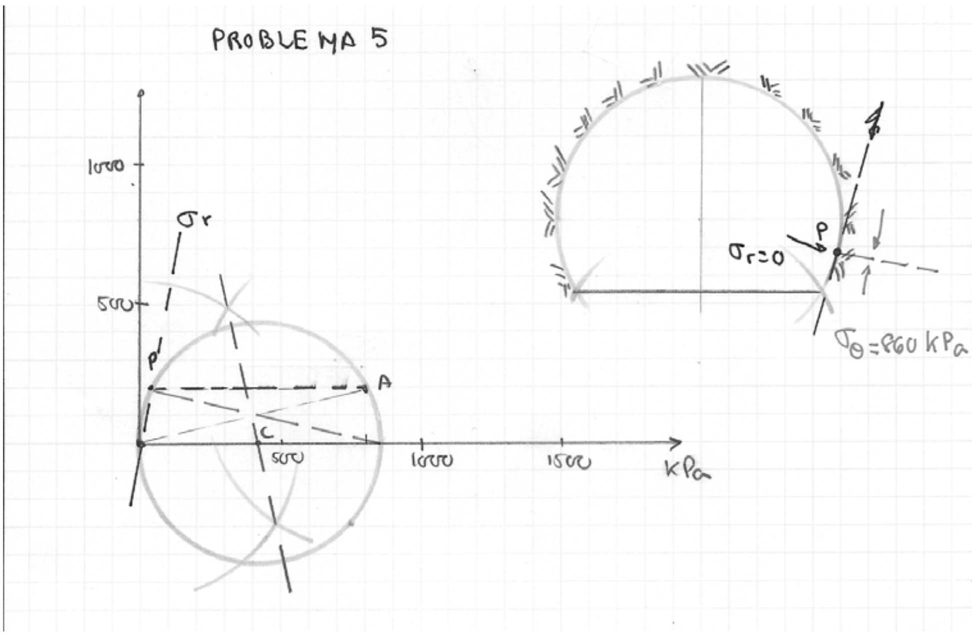
En un punto del contorno del avance de un túnel no revestido se ha medido según un plano horizontal una tensión normal de 800 KPa y tangencial de 200 KPa (+).

Antes de replantear el punto de medida se revistió con hormigón.

Determinar:

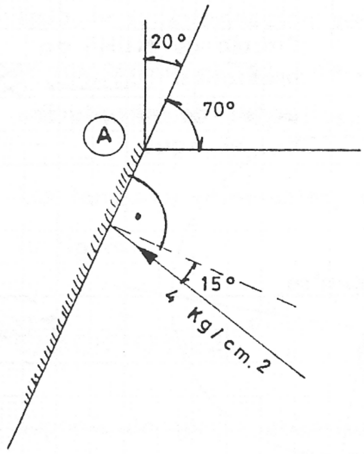
- * Si el túnel es circular simétrico de 180 + 60º de sector, donde estaría el punto de medida.
- * Cuáles serían las tensiones principales y su dirección
- * Cuál sería la posición del punto de medida

SOLUCION:



Problema 6

En un punto A de un suelo que es una arena, y sobre un plano inclinado 20º respecto a la vertical, tal como se indica en la figura, actúa una tensión de 4 kg/cm^2, desviada 15º respecto a la normal a dicho plano.



El suelo está inicialmente seco.

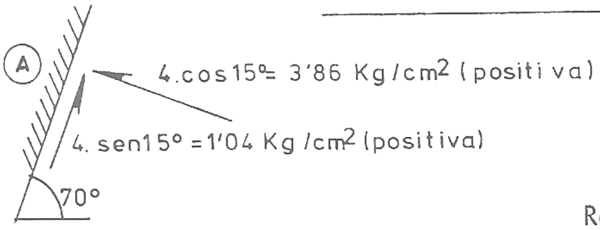
Se introduce agua a presión en dicho punto, y se observa que cuando tal presión alcanza el valor de 2 kg/cm^2, el suelo se rompe <u>en el punto A</u>, y precisamente en la dirección del plano señalado.

Se pide :

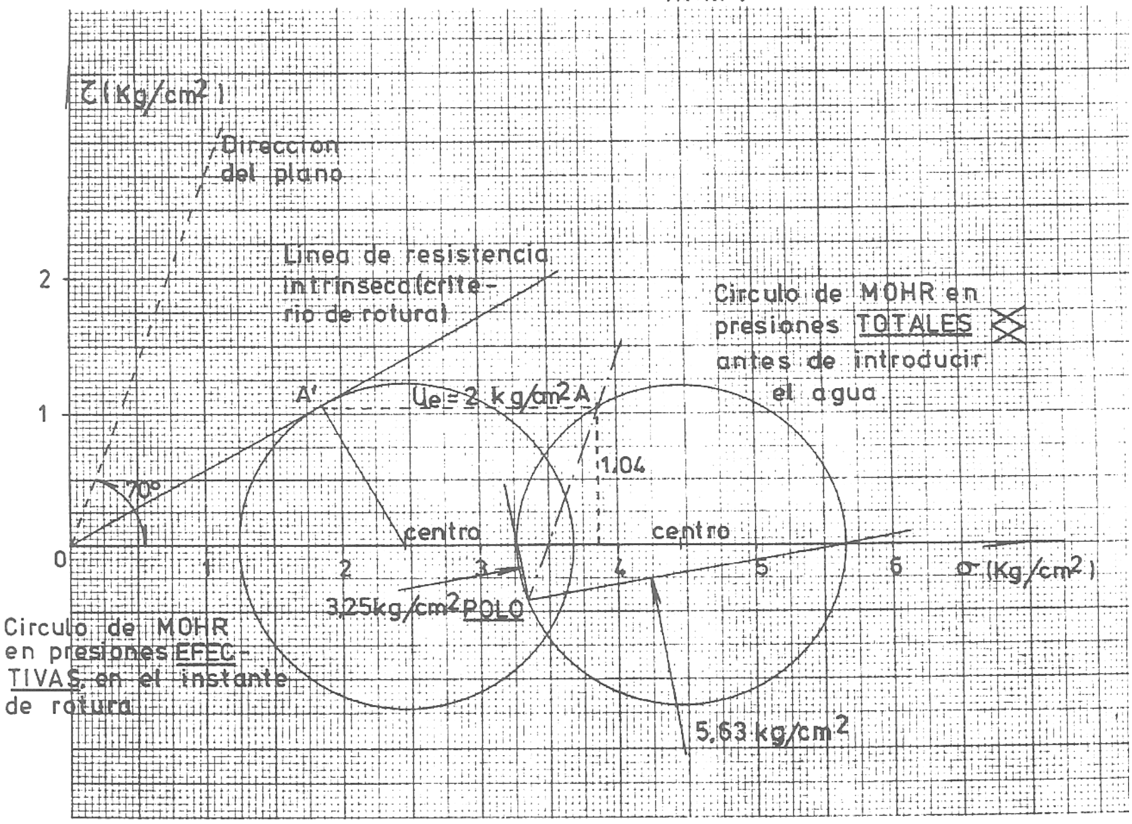
1º) Dibujar el círculo de Mohr de tensiones, antes de la introducción del agua.

2º) Polo del círculo de Mohr, y dirección de las tensiones principales, antes de la introducción del agua.

Se supondrá que las presiones totales no varían durante el aumento de la presión intersticial .



Representando en el plano de Mohr :



Representamos en el plano de Mohr, el punto $\underline{\underline{A}}$ (3,86, 1,04).

Si la tensión normal total de 3,86 kg/cm^2, la disminuimos en 2 kg/cm^2, obtendremos la tensión normal efectiva en el momento de rotura, 1,86 kg/cm^2 del punto $\underline{\underline{A}}$. En el gráfico, el punto $\underline{\underline{A'}}$.

Ahora bien, el punto A', ha de pertenecer al círculo de Mohr en presiones efectivas, y por otra parte, éste ha de ser tangente al criterio de rotura, en A' (ya que nos dicen que el suelo rompe por A). El criterio de rotura se ha unido con el origen, ya que por tratarse el suelo de una arena, tiene cohesión nula ; en caso contrario, no sucedería esto. Por el punto de tangencia se traza una normal al criterio de rotura, y su intersección con el eje de abcisas nos dará el centro del círculo de Mohr en presiones efectivas. Este centro lo trasladamos 2 kg/cm^2 hacia la derecha , y ya tenemos el centro del círculo de Mohr en presiones totales (o bien, antes de introducir el agua) . Como A es un punto del círculo, éste, nos queda totalmente definido.

Por el punto A, se traza una paralela a la dirección del plano señalado, y su intersección con el círculo, nos dará el polo . Por el polo, se une con los extremos del círculo, y obtendremos la dirección de los planos principales (aquellos, donde solo hay tensiones normales).

Las tensiones principales, en dirección y magnitud, son las indicadas en la figura.

EJERCICIO Nº 20

Suponiendo que la cohesión es nula :

a) Hallar el ángulo de rozamiento interno, correspondiente a la tensión tangencial máxima producida, de la arena correspondiente a la figura 8.9 del libro Geotecnia y Cimientos I en los dos casos, de estiba densa y floja.

   Hallar también su índice de poros correspondiente a la rotura ; es decir, en el momento de producirse dicha tensión máxima, en ambos casos.

Problema 7 (propuesto)

En un ensayo de compresión triaxial la presión de confinamiento o presión del fluido exterior a la membrana que rodea la muestra es 20000 KPa. La tensión total axial en rotura es 60000 KPa. La muestra de arenisca contiene agua en sus poros, y la presión del agua en el momento de la rotura se ha medido y su valor es 8000 KPa.

- Dibujar los círculos de Mohr de rotura correspondientes a tensiones totales y tensiones efectivas.

Problema 8 (propuesto)

¿Qué valor máximo de tensión horizontal soportaría un plano de discontinuidad con buzamiento de 30º a una profundidad de 450 m para mantener el equilibrio?. (Peso específico del macizo rocoso = 2,6 t/m^3; parámetros resistentes de la discontinuidad: $c = 0$, $\phi = 35º$; considerar la tensión vertical como el esfuerzo principal menor).

Problema 9 (propuesto)

Un macizo rocoso está afectado por una falla inversa con buzamiento de 30º. Calcular la presión de agua necesaria en el plano de falla a 100 m de profundidad para que se inicie el deslizamiento si se supone que el macizo presenta un valor de $K = 1,3$ antes del deslizamiento.

(Peso específico de la roca = 2,7 kN/m^3; parámetros resistentes del plano de falla: $c = 0$ y $\phi = 22º$).

MECANICA DE ROCAS

TEMAS 7 Y 8 – PROBLEMAS

PROBLEMA 1

Las tensiones de un elemento en el espacio son:

$\sigma_x = 8$ MPa	$\sigma_y = 3$ MPa	$\sigma_z = -5$ MPa
$\tau_{xy} = 4$ MPa	$\tau_{xz} = -2$ MPa	$\tau_{yz} = 1$ MPa

El módulo de deformación del material es de 2500 MPa y su coeficiente de Poisson, $\nu = 0.15$.

Se pide:

a) Determinar los valores de las tensiones principales
b) Obtener las deformaciones principales y analizar el valor de las mismas
c) Calcular el valor máximo de la tensión tangencial
d) Calcular el valor de la máxima distorsión angular

Solución:

La matriz de tensiones sería:

$$\begin{vmatrix} 8 & 4 & -2 \\ 4 & 3 & 1 \\ -2 & 1 & -5 \end{vmatrix}$$

Por la definición de invariantes:

INVARIANTES
$$\begin{cases} I_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z \\ I_2 = \sigma_x\, \sigma_y + \sigma_y \cdot \sigma_z + \sigma_z \cdot \sigma_x - \tau_{xy}^2 - \tau_{xz}^2 - \tau_{zy}^2 \\ I_3 = \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z - \sigma_x\, \tau_{zy}^2 - \sigma_y \cdot \tau_{xz}^2 - \sigma_z\, \tau_{xy}^2 - 2\, \tau_{xy}\, \tau_{yz}\, \tau_{xz} \end{cases}$$

$I_1 = 8 + 3 - 5 = 6$
$I_2 = 8 \text{ x } 3 + 8 \text{ x } -5 + 3 \text{ x } -5 - 4^2 - (-2)^2 - 1^2 = -52$
$I_3 = 8 \text{ x } 3 \text{ x } -5 - 8 \text{ x } 1^2 - 3 \text{ x } (-2)^2 - (-5) \text{ x } 4^2 - 2 \text{ x } 4 - 2 \text{ x } 1 = -44$

La ecuación característica es:

$$\sigma_i^3 - I_1 \sigma_i^2 + I_2 \sigma_i - I_3 = 0$$

ECUACION CARACTERISTICA

$$\Downarrow$$

$$\sigma_1 \qquad \sigma_2 \qquad \sigma_3$$

Resultando la ecuación:

$X^3 - 6\,x^2 - 52\,x + 44 = 0 = f\,(x)$

Resultando al resolver la ecuación:

$\sigma_1 = 10.54$ MPa
$\sigma_2 = 0.785$ MPa
$\sigma_3 = -5.32$ MPa

Las deformaciones según las direcciones principales serán:

E = 2500 MPa $\qquad\qquad\qquad$ $\nu = 0.15$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{E} x\sigma_1 - \frac{\nu}{E} x\sigma_2 - \frac{\nu}{E} x\sigma_3 = 0.004488$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\nu}{E} x\sigma_2 + \frac{1}{E} x\sigma_1 - \frac{\nu}{E} x\sigma_3 = 0.0000008$$

$$\varepsilon_3 = \frac{\nu}{E} x\sigma_1 - \frac{\nu}{E} x\sigma_2 + \frac{1}{E} x\sigma_3 = -0.0028075$$

Como ε_2 es mucho menor que ε_1 y ε_3, podemos considerar que estamos en un problema de deformación plana según el plano definido por σ_1 y σ_3, siendo aplicables por tanto los criterios del círculo de Mohr en este plano.

El valor máximo de la tensión tangencial será:

$$\tau_{max} = \frac{1}{2}\,(10.54 + 5.32) = 7.93 \text{ MPa}$$

La distorsión angular máxima sería:

$$\gamma = \frac{\tau}{G}$$

Siendo:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = 1087 \text{ MPa}$$

$\gamma = 0.007295$

Del mismo modo, utilizando el círculo de Mohr en deformaciones, tendríamos:

$\frac{\gamma}{2} = \frac{1}{2}(\varepsilon_1 - \varepsilon_3) = \frac{1}{2}(0.004488 + 0.0028075)$, resultando el mismo valor que con el procedimiento anterior.

PROBLEMA 2

Se denomina en los criterios clásicos de túneles, como arco de descarga **el peso del terreno inestable y que debería descansar sobre el sostenimiento-revestimiento.**

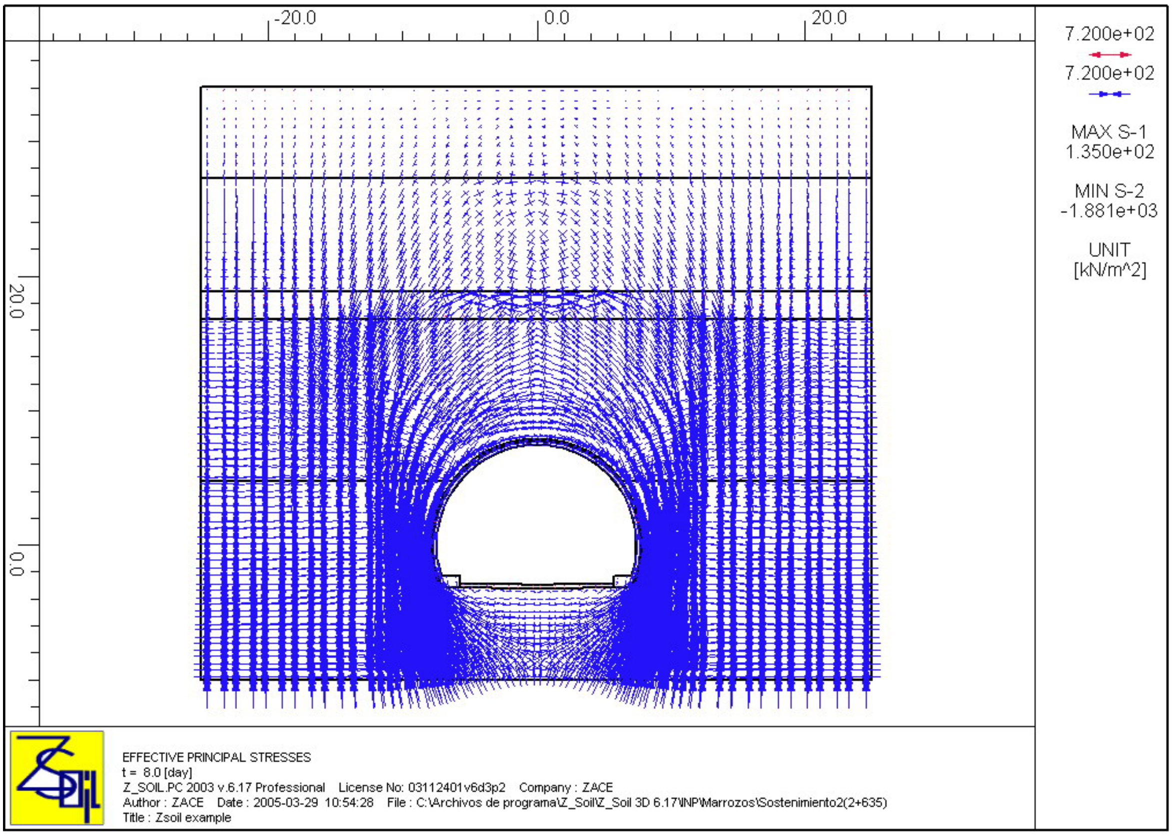
En la figura adjunta puede verse la distribución de las elipses de tensiones del cálculo de una sección de túnel, así como un detalle del entorno por encima del túnel.

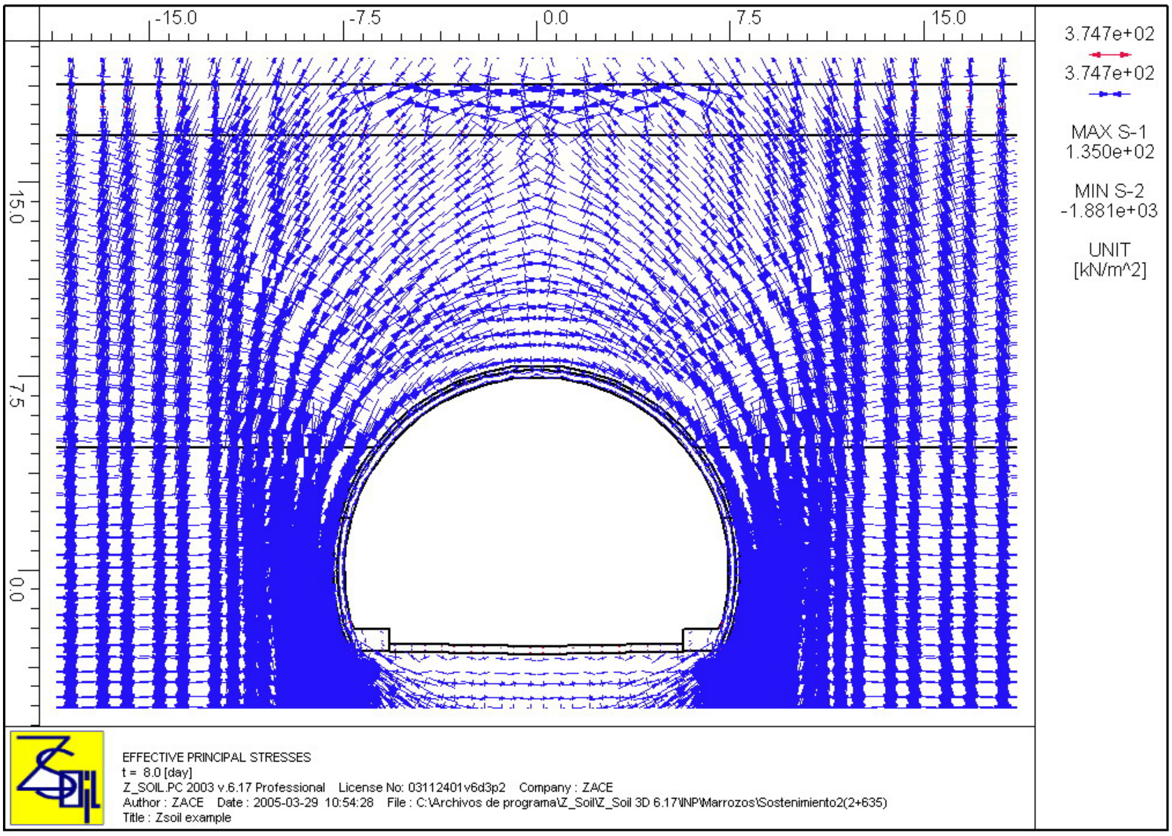
Se pide:

- Dibujar las isostáticas
- Determinar el ancho de terreno por detrás de hastiales que sería afectado por la excavación de túnel.
- Dibujar el arco de descarga.

Solución

A resolver en clase.


-20.0
0.0
20.0
7.200e+02
7.200e+02
MAX S-1
1.350e+02
MIN S-2
-1.881e+03
UNIT
[kN/m^2]
EFFECTIVE PRINCIPAL STRESSES
t = 8.0 [day]
Z_SOIL.PC 2003 v.6.17 Professional License No: 03112401v6d3p2 Company : ZACE
Author : ZACE Date : 2005-03-29 10:54:28 File : C:\Archivos de programa\Z_Soil\Z_Soil 3D 6.17\INP\Marrozos\Sostenimiento2(2+635)
Title : Zsoil example


-15.0
-7.5
0.0
7.5
15.0
3.747e+02
3.747e+02
MAX S-1
1.350e+02
MIN S-2
-1.881e+03
UNIT
[kN/m^2]
EFFECTIVE PRINCIPAL STRESSES
t = 8.0 [day]
Z_SOIL.PC 2003 v.6.17 Professional License No: 03112401v6d3p2 Company : ZACE
Author : ZACE Date : 2005-03-29 10:54:28 File : C:\Archivos de programa\Z_Soil\Z_Soil 3D 6.17\INP\Marrozos\Sostenimiento2(2+635)
Title : Zsoil example

PROBLEMA 3

De un ensayo a compresión con bandas en una probeta de roca de 3.5 cm de diámetro y 7 cm de altura, se han obtenido los siguientes resultados:

Fuerza prensa (t)	**Deformación vertical (10^{-6})**	**Deformación horizontal**	
		Galga 1 (10^{-6})	**Galga 2 (10^{-6})**
0.5	120	15	35
1.0	245	50	58
2.0	495	110	108
3.0	740	150	160
4.0	995	220	198
5.0	1240	256	240
6.0	1492	300	296
7.0	1746	360	304
8.0	2000	380	340

Se pide:

- Determinar los valores del módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson
- Determinar cuál sería el módulo de elasticidad tangente, y el secante para un valor de la tensión igual al 50% de la rotura, supuesto que la roca rompe en el último valor indicado.

Solución:

Fuerza prensa (t)	**Tensión (kp/cm^2)**	**Deformación vertical (10^{-6})**	**E (kp/cm^2)**	**Deformación horizontal**			**ν**
				Galga 1 (10^{-6})	**Galga 2 (10^{-6})**	**Valor medio (10^{-6})**	
0.5	52	120	433333	15	35	25	0.21
1.0	104	245	424490	50	58	54	0.22
2.0	207.9	495	420000	110	108	109	0.22
3.0	311.8	740	421351	150	160	155	0.21
4.0	415.7	995	417789	220	198	209	0.21
5.0	519.7	1240	419113	256	240	248	0.20
6.0	623.6	1492	417962	300	296	298	0.20
7.0	727.5	1746	416667	360	304	332	0.19
8.0	831.5	2000	415750	380	340	360	0.18

PROBLEMA 4

En un ensayo triaxial en roca con tensión de confinamiento de 20 MPa, se han obtenido los siguientes valores:

Tensión axial (MPa)	**Deformación vertical (10^{-6})**	**Deformación radial (10^{-6})**
20	65	5
40	120	12
60	160	21
80	200	32

Se pide obtener:

- Módulo de deformación tangente
- Módulo de deformación secante en la rotura
- Coeficiente de Poisson tangente
- Coeficiente de Poisson en la rotura
- Deformación volumétrica
- Módulo de deformación volumétrica tangente
- Módulo de deformación volumétrica en la rotura

Se considera rotura el último valor de la medida.

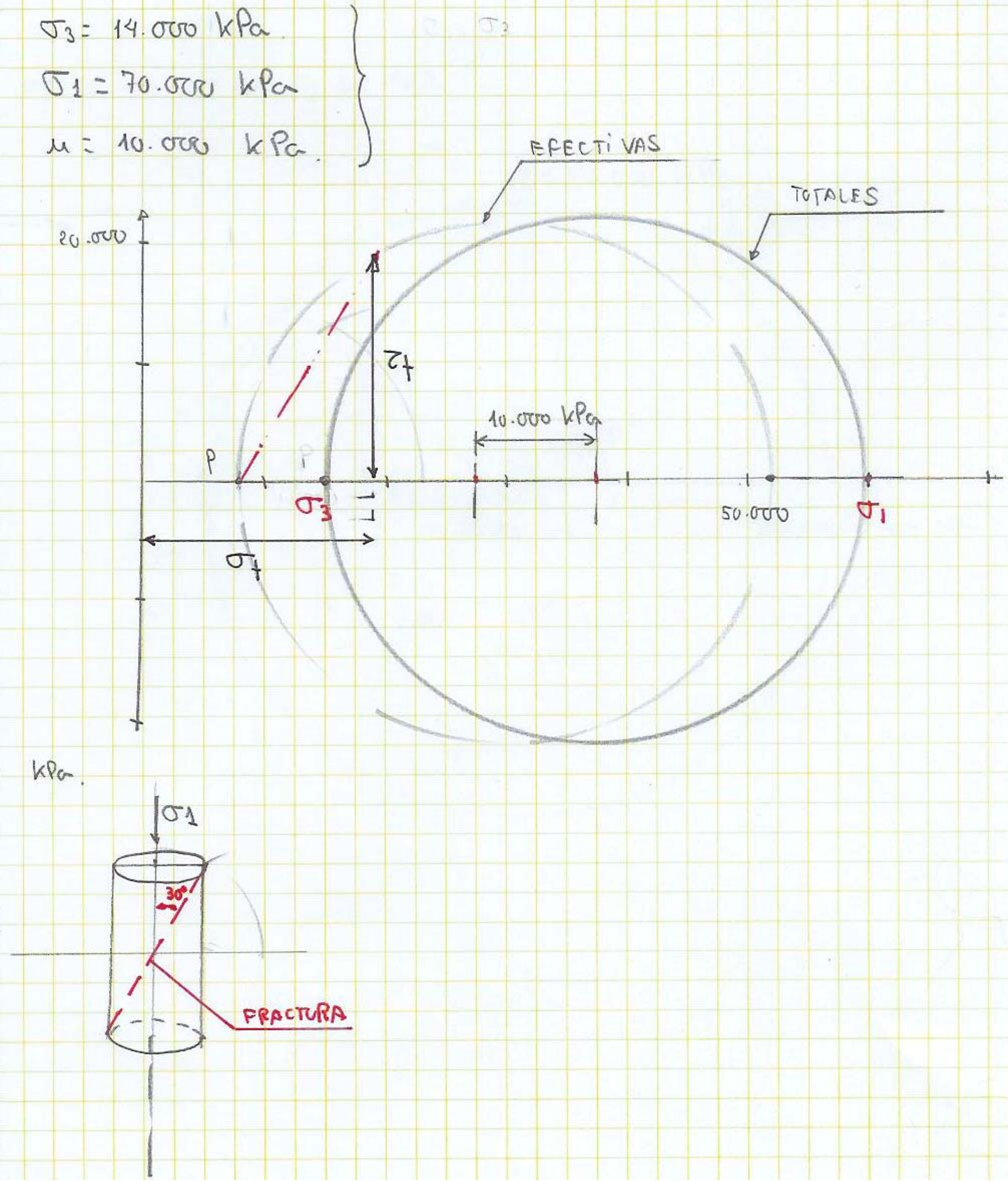
Problema 1

En un ensayo de compresión triaxial la presión de confinamiento o presión del fluido exterior a la membrana que rodea la muestra es 15000 KPa. La tensión total axial en rotura es 60000 KPa. La muestra de arenisca contiene agua en sus poros, y la presión del agua en el momento de la rotura se ha medido y su valor es 10000 KPa.

a) Dibujar los círculos de Mohr de rotura correspondientes a tensiones totales y tensiones efectivas

b) A partir de que la fractura originada forma un ángulo de 30º con el eje de máxima compresión: calcular la resistencia que ofrece a la fractura la citada muestra de arenisca, teniendo en cuenta los factores mencionados al principio.

<u>*Solución:*</u>


σ3 = 14.000 kPa
σ1 = 70.000 kPa
u = 10.000 kPa
EFECTIVAS
TOTALES
20.000
τf
10.000 kPa
P
σ3
50.000
σ1
σf
kPa.
σ1
30°
FRACTURA

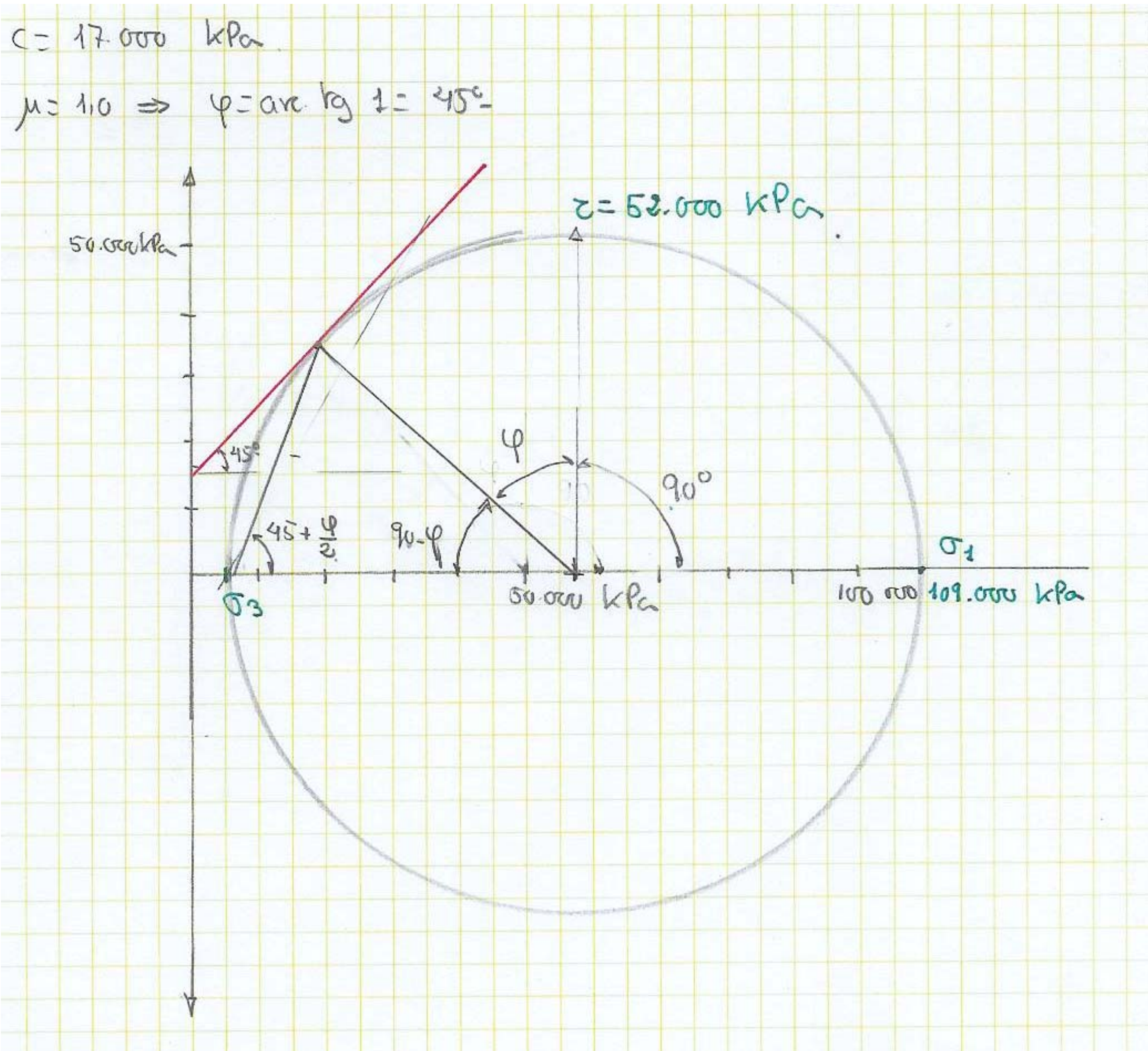
Problema 2

En un macizo rocoso isotópico de arenisca cuya cohesión es 15000 KPa y el coeficiente de fricción interna μ = 1.0. Utilizando el diagrama de Mohr:

a) Predecir la última resistencia de la roca cuando está sometida a una presión de confinamiento de 5000 KPa.

b) Calcular la resistencia al cizallamiento

Solución:


C= 17.000 kPa
μ= 1,0 ⇒ φ= arc tg 1= 45°
τ= 52.000 kPa
50.000 kPa
45°
φ
90°
45+φ/2
90-φ
σ1
σ3
50.000 kPa
100.000
109.000 kPa

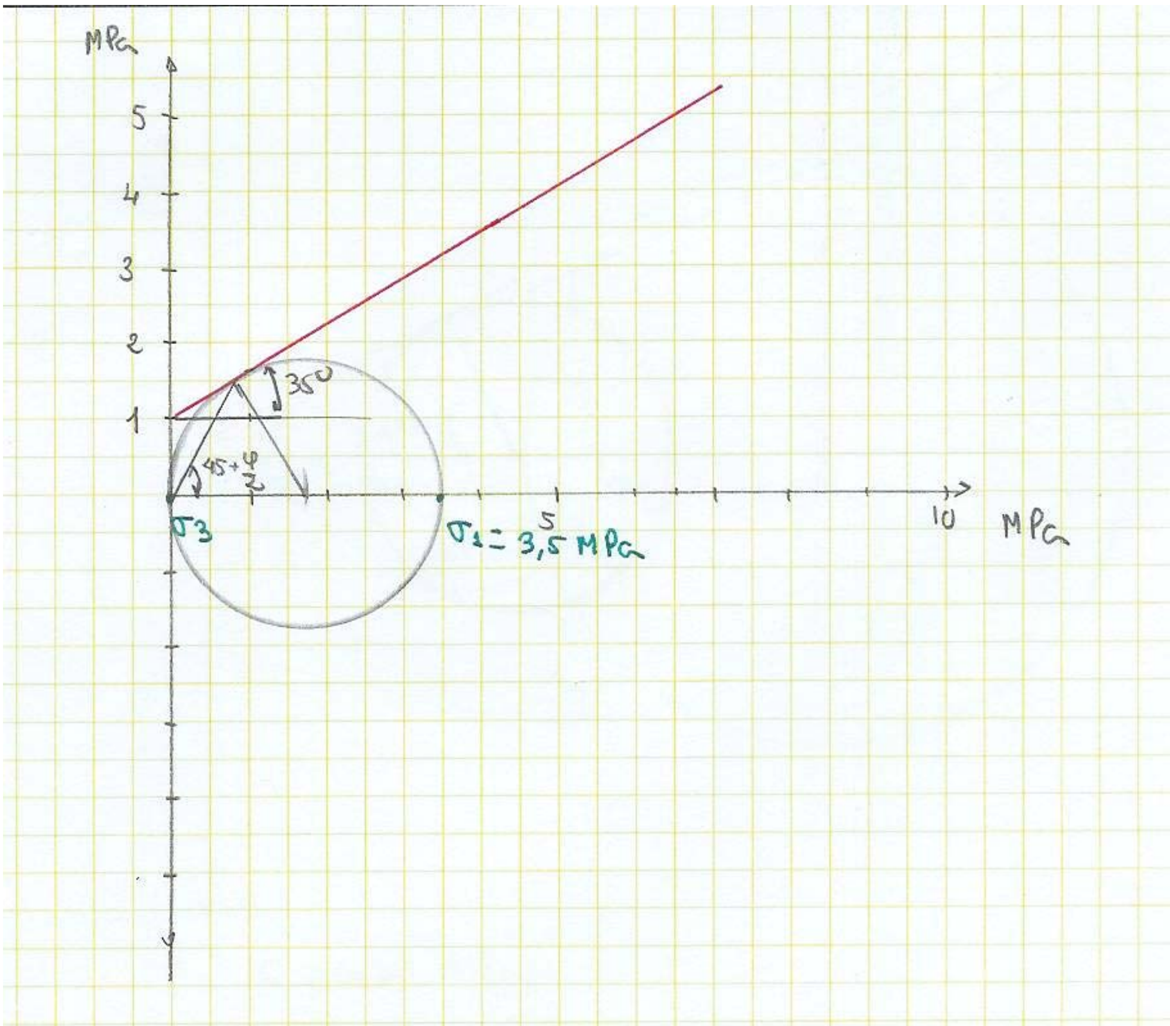
Problema 3

A una profundidad determinada se puede construir un silo dentro de una formación de rocas porosas de composición calcárea. Con un ensayo a compresión triaxial CID de dicha roca se obtiene que su cohesión es de 1 MPa y el ángulo de rozamiento interno de 35º.

a) Calcular la resistencia a compresión no confinada.

b) El estado de esfuerzos in situ en un punto representativo de la zona donde se piensa construir el silo es σ_1 = 8 MPa y σ_3 = 4 MPa. Determinar cuál sería el máximo ascenso del nivel freático que podría admitir la roca donde se ubica el silo sin que se produzca su rotura.

Solución:



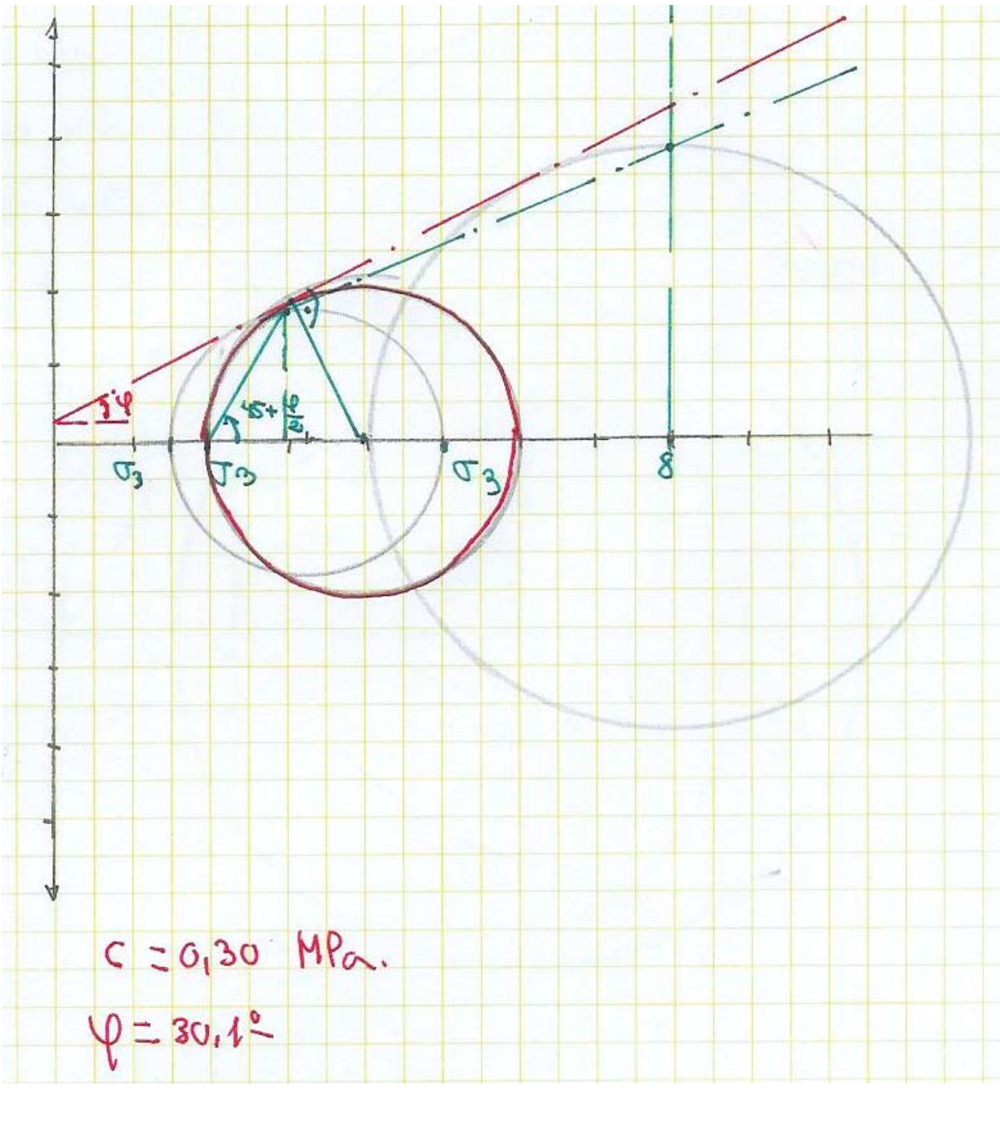
Problema 4

Se han realizado dos ensayos triaxiales CID en roca ofítica, obteniéndose en el primero un círculo de Mohr en rotura definido por un radio de 4 Kbares y con su centro situado en 8 Kbares y en el segundo, la rotura se produce para una tensión de confinamiento de 1.5 Kbares y con una presión vertical de 5.0 Kbares.

a) Predecir la última resistencia y el ángulo de rotura posible de originarse en un ensayo llevado a cabo en una roca ofítica a 2 Kbares de presión de confinamiento.

b) ¿Cuál es la cohesión y el coeficiente de fricción?.

Solución:



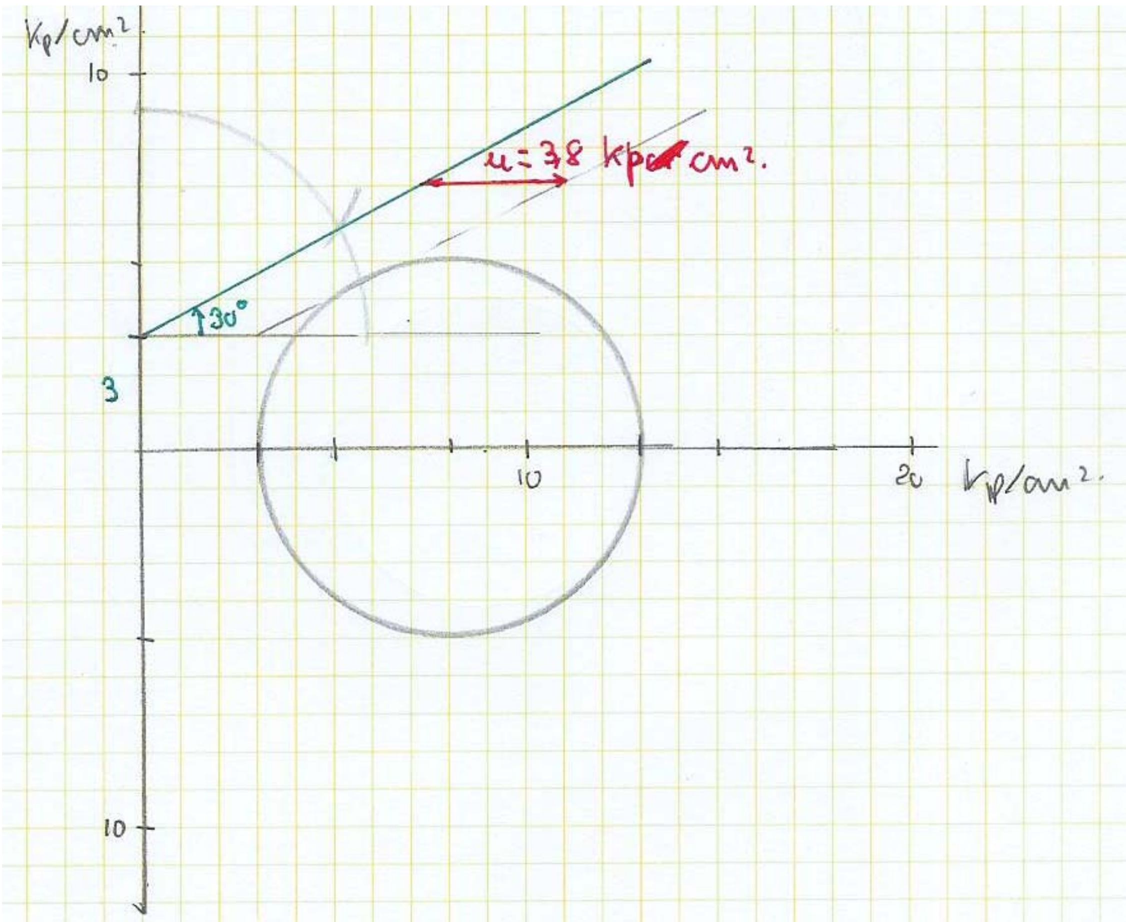
Problema 5

En una probeta de ofita es sometida a esfuerzos: σ_1 = 13 kp/cm^2 y $\sigma_2 = \sigma_3$ = 3 kp/cm^2, siendo la presión intersticial = 0. En este estado de esfuerzos no se originan fracturas en la roca y en consecuencia se considera una situación estable. En una segunda situación suponemos que la presión intersticial se incrementa hasta que se origine la fractura.

a) Predecir la presión intersticial correspondiente a cuando la fractura ocurre desde la envolvente del círculo de Mohr de los problemas anteriores.

b) Determinar el esfuerzo normal efectivo y los esfuerzos de cizallamiento que inciden sobre el plano de falla en el momento de iniciarse la fractura.

Solución:



PROBLEMAS PROPUESTOS

Problema propuesto 1

Un macizo rocoso estratificado presenta diferentes valores de los parámetros de rotura según la dirección de la estratificación y según cualquier otra dirección que deberá cortar a la roca matriz.

Calcular en los dos casos que seguidamente se indican la presión de agua necesaria a 200 m de profundidad para que se inicie la rotura del macizo si se supone que presenta un coeficiente de empuje horizontal de K = 0.6:

a) Buzamiento de la estratificación de 10º
b) Buzamiento de la estratificación de 30º

(Peso específico de la roca γ = 25 kN/m^3; Resistencia de la roca matriz c = 100 KPa, ϕ = 30º; Resistencia según estratificación: c = 0, ϕ = 20º)

Problema propuesto 2

3 Probetas de margas, son consolidadas isotrópicamente con 0.3 MPa, y se rompen con valores de los desviadores de 1.3, 1.9 y 2.5 MPa, y con velocidades del incremento de desviador de respectivamente 0.1 MPa/minuto, 0.05 MPa/minuto y 0.001 Mpa/minuto.

La resistencia al corte del material según el criterio de Mohr Coulomb se sabe que es:

c = 0.3 MPa ϕ = 45º

Se pide:

* Obtener los valores de la presión intersticial en la rotura para cada una de las probetas.
* Variación de la presión intersticial en la rotura con la velocidad del ensayo (utilizar para la velocidad de incremento de desviador escala logarítmica)

MECANICA DE ROCAS
PRÁCTICAS - TEMA 11

Ejercicio 1

En una formación se ha obtenido la siguiente serie de resultados de ensayos de rotura con la Prensa Franklin:

Identificación	Testigo	P (KN)
046701	Cilíndrico de 54 mm	5400
046702	Cilíndrico de 67 mm	8430
046703	Cilíndrico de 67 mm	6315
046704	Cilíndrico de 54 m	1230
046705	Rectangular de 8 x 6 cm	11054
046706	Rectangular de 3 x 3 cm	6320
046707	Irregular con superficie de rotura de 21 cm^2	9430

Obtener el valor estimado de la resistencia a compresión simple:

a) Considerando la media de las determinaciones anteriores

b) Considerando la media de las determinaciones anteriores menos los valores extremos.

Solución:

Código	P (KN)	S (mm^2)	T_{500} (Kpa)	Q_c (Kpa)	I_s	Q_c (MPa) Bieniawski
046701	5400	2290	3613	45162	1.85	44.4
046702	8430	3526	4081	51012	1.88	45.1
046703	6315	3526	3056	38200	1.41	33.8
046704	1230	2290	823	10288	0.42	10.08
046705	11054	4800	4245	53063		
046706	6320	900	8519	106487		
046707	9430	2100	6733	84165		

$Q_{c\ media}$ = 55482 Kpa = 5.5 Mpa

Eliminando código 04 y 06

$Q_{c\ media}$ = 54320 KPa = 54.3 MPa

Ejercicio 2

En un ensayo de compresión con galgas de un testigo de 54 mm de diámetro se han obtenido los siguientes valores:

Carga (KN)	Longitudinales			Transversales		
	Galga 1	Galga 2	Galga 3	Galga 4	Galga 5	Galga 6
20	0.153	0.126	0.174	0.046	0.042	0.052
40	0.280	0.293	0.285	0.069	0.072	0.066
60	0.398	0.367	0.452	0.093	0.096	0.092
80	0.609	0.511	0.630	0.128	0.134	0.128
100	0.645	0.660	0.692	0.120	0.133	0.126
120	0.774	0.792	0.830	0.136	0.144	0.142
140	0.903	0.924	0.969	0.135	0.137	0.134
148,320*	-	-	-	-	-	-

Se pide:

- Carga de rotura
- Variación del módulo de elasticidad con la carga
- Variación del coeficiente de Poisson con la carga

Solución:

Carga (KN)	Deformación long. en %				Deformación transv. en %				σ (KPa)	E (MPa)	ν
	Galga 1	Galga 2	Galga 3	Media	Galga 4	Galga 5	Galga 6	Media			
20	0.153	0.126	0.174	0.151	0.046	0.042	0.052	0.047	8733	5783	0.31
40	0.280	0.293	0.285	0.286	0.069	0.072	0.066	0.069	17466	6107	0.24
60	0.398	0.367	0.452	0.406	0.093	0.096	0.088	0.092	26198	6453	0.23
80	0.609	0.511	0.630	0.583	0.128	0.134	0.122	0.128	34931	5992	0.22
100	0.645	0.660	0.692	0.666	0.120	0.133	0.126	0.126	43664	6556	0.189
120	0.774	0.792	0.830	0.799	0.136	0.144	0.145	0.142	52397	6558	0.178
140	0.903	0.924	0.969	0.932	0.135	0.137	0.129	0.134	61129	6559	0.144
148,32	-	-	-		-				**64762**	-	

Ejercicio 3

De un macizo se tienen los siguientes parámetros de rotura:

σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)
-2	0
0	15
20	40
40	67

Obtener los parámetros de rotura de Hoek y Brown y la resistencia a tracción según el criterio anterior. Para una carga de confinamiento entre 5 y 8 MPa, cuál sería el criterio de rotura de Mohr-Coulomb.

Solución:

El criterio de rotura de Hoek y Brown es:

$$M = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)^2 - \sigma_c^{\ 2}}{\sigma_c x \sigma_3} \qquad\qquad \sigma_c = 15$$

Para σ_3 = -2, σ_1 = 0 m = 7.37 No

Para σ_3 = 20, σ_1 = 40 m = 0.86

Para σ_3 = 40, σ_1 = 67 m = 0.84

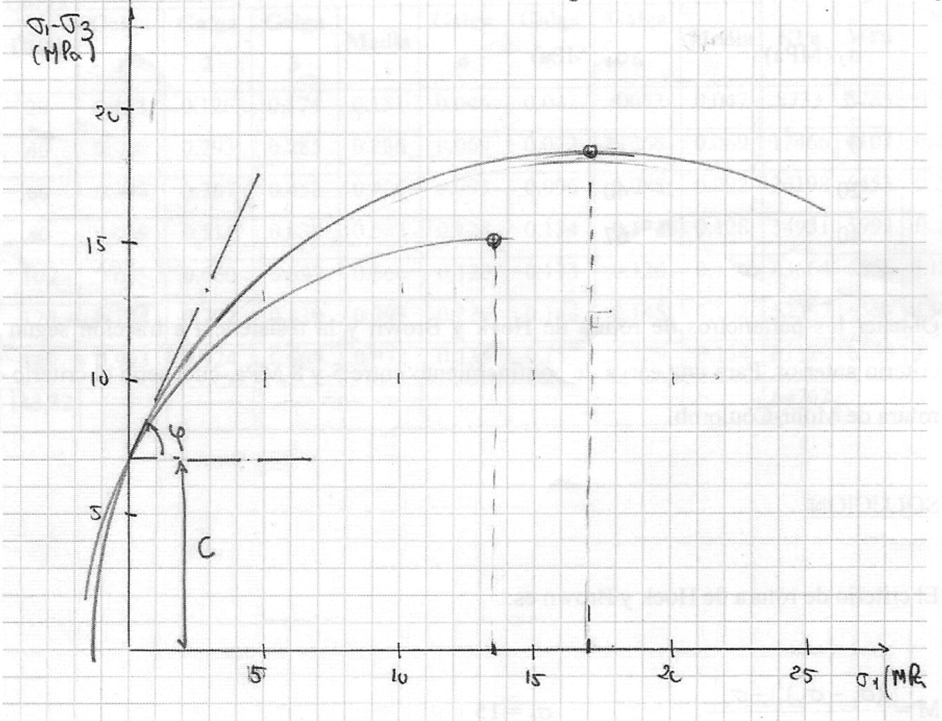
$$\left.\begin{matrix} m = 0.86 \\ m = 0.84 \end{matrix}\right\} = 0.85$$

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{12.75\sigma_3 + 225}$

$\sigma_T = \frac{1}{2} x \sigma_c (m - \sqrt{m^2 + 4})$ = - 9.92 MPa

Para $\sigma_3 = 5$ MPa $\sigma_1 = 21.99$ MPa $\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2} = 13.50$ MPa $\sigma_1 - \sigma_3 = 17.6$ MPa

Para $\sigma_3 = 8$ MPa $\sigma_1 = 26.08$ MPa $\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2} = 17.04$ MPa $\sigma_1 - \sigma_3 = 18.08$ MPa



PROBLEMAS PROPUESTOS

1. Se han ensayado en equipo triaxial 3 probetas de la misma roca con los resultados de la tabla adjunta:

	Muestra 1 (σ_3 = 5 MPa)			Muestra 2 (σ_3 = 10 MPa)			Muestra 3 (σ_3 = 20 MPa)		
	σ_1 (MPa)	ε_1 (%)	ε_{vol} (%)	σ_1 (MPa)	ε_1 (%)	ε_{vol} (%)	σ_1 (MPa)	ε_1 (%)	ε_{vol} (%)
	5	0,03	0,09	10	0,075	0,225	20	0,15	0,45
	10	0,08	0,12	20	0,20	0,30	40	0,53	0,80
	20	0,225	0,225	40	0,45	0,45	80	1,80	1,80
Rotura	40	0,475	0,375	60	0,93	0,80	100	2,30	2,10

Obtener:

a) Para cada una de las probetas, el módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson en la compresión isotrópica y en la rotura.

b) La variación del módulo "G" de deformación transversal con la deformación transversal en el plano octaédrico $\left[\varepsilon_s = \frac{e}{3}(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)\right]$ $\left(Valor \quad de \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)}\right)$ tomando en cada probeta los puntos de la compresión isotrópica y la rotura.

2. Con la tabla de resultados de ensayos del problema anterior se pide:

a) Obtener el criterio de rotura de Hoek y Brown.
b) De acuerdo con este criterio, obtener la resistencia a compresión y tracción de la roca.
c) Obtener el criterio de rotura de Mohr-Coulomb a partir de los resultados de los ensayos.
d) Obtener del criterio anterior la resistencia a compresión y a tracción.