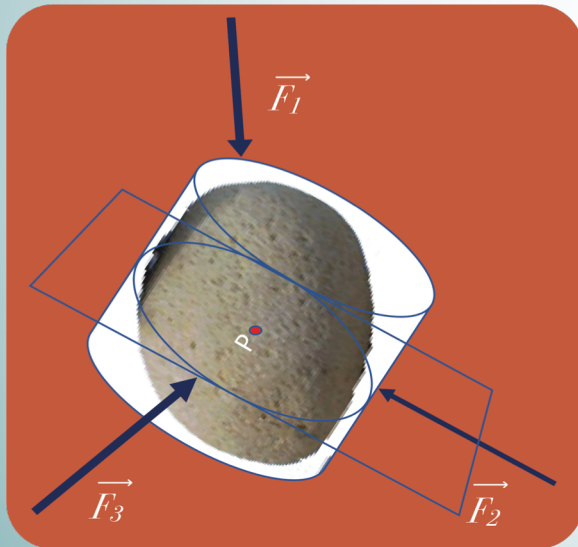


# Caracterización geomecánica de suelos y rocas

## Ejercicios de presión



**Alberto González Díez**

**Patricio Martínez Cedrún**

DPTO. DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y FÍSICA DE LA MATERIA  
CONDENSADA (CITIMAC)

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



# Unidades de Presión

## Unidades de presión

### Español

### Inglés

#### Unidades de Presión - Sistema Inglés

#### Units of Pressure - English System

libra por pulgada cuadrada (psi)

pound per square inch (psi) = 1 lbf/in<sup>2</sup>

libra por pie cuadrado (psf)

pound per square foot (psf) = 1 lbf/ft<sup>2</sup>

poundal por pie cuadrado (pdl/sq ft)

poundal per square foot (pdl/sq ft) = 1 pdl/ft<sup>2</sup>

pulgada de mercurio (inHg)

inch of mercury (conventional) (inHg)

tonelada US (corta) por pie cuadrado (sh tn/ ft<sup>2</sup>)

short ton per square foot (sh tn/ ft<sup>2</sup>)

#### Unidades de Presión - Sistema Métrico

#### Units of Pressure - Metric System

kilogramo por milímetro cuadrado (kg/mm<sup>2</sup>)

kilogram per square millimetre (kgf/mm<sup>2</sup>)

kilogramo por centímetro cuadrado (kg/cm<sup>2</sup>)

kilogram per square centimetre (kgf/cm<sup>2</sup>)

kilogramo por metro cuadrado (kg/m<sup>2</sup>)

kilogram per square metre (kgf/m<sup>2</sup>)

pascal (Pa) = N/m<sup>2</sup> = kg/(m•s<sup>2</sup>)

pascal (Pa) = N/m<sup>2</sup> = kg/(m•s<sup>2</sup>)

kilopascal (kPa) = 1.000 Pa

kilopascal (kPa) = 1,000 Pa

bar (bar) = 100.000 Pa

bar (bar) = 100,000 Pa

milibar (mbar) = 100 pascals (Pa)

millibar (mbar) = 100 pascals (Pa)

atmósfera (standard) (atm) = 1.033 kgf/cm<sup>2</sup>

standard atmospheres (atm) = 1.033 kgf/cm<sup>2</sup>

atmósfera (técnica) = 1 kgf/cm<sup>2</sup>

technical atmosphere = 1 kgf/cm<sup>2</sup>

milímetro de mercurio (mmHg) = 133,32 Pa

millimetres of mercury (mmHg) = 133.32 Pa

Para convertir	En	Multiplicar por
<b>Sistema Inglés</b>		
libras por pulgada cuadrada (psi)	kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	0.07031
libras por pulgada cuadrada (psi)	kilopascales (kPa)	6.89476
libras por pulgada cuadrada (psi)	bares (bar)	0.06895
libras por pulgada cuadrada (psi)	pulgadas de mercurio (inHg)	2.036254
libras por pulgada cuadrada (psi)	atmósferas (standard) (atm)	0.06804
libras por pulgada cuadrada (psi)	milímetros de mercurio (mmHg)	51.715
libras por pie cuadrado (psf)	libras por pulgada cuadrada (psi)	0.006944
libras por pie cuadrado (psf)	kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	0.0004882
libras por pie cuadrado (psf)	kilopascales (kPa)	0.4788
toneladas US por pie cuadrado (sh tn/ ft <sup>2</sup> )	libras por pulgada cuadrada (psi)	13.89
toneladas US por pie cuadrado (sh tn/ ft <sup>2</sup> )	kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	0.9765
pulgadas de mercurio (inHg)	libras por pulgada cuadrada (psi)	0.491098
pulgadas de mercurio (inHg)	kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	0.03453
pulgadas de mercurio (inHg)	pascales (Pa)	3386.389
pulgadas de mercurio (inHg)	milímetros de mercurio (mmHg)	25.4

Para convertir	En	Multiplicar por
<b>Sistema Métrico</b>		
kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	kilogramo por milímetro <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	0.01
kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	libras por pulgada cuadrada (psi)	14.22334
kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	libras por pie cuadrado (psf)	2047.68
kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	bares (bar)	0.9804
kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	kilopascales (kPa)	98,0665
kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	atmósferas (standard) (atm)	0.9678
kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	atmósferas (técnica) = 1 kgf/cm <sup>2</sup>	1
kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	milímetros de mercurio (mm Hg)	735.6
kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	pulgadas de mercurio (inHg)	28.96
kilogramos por metro cuadrado (kg/m <sup>2</sup> )	libras por pie cuadrado (psf)	0.2048
pascales (Pa)	milímetros de mercurio (mm Hg)	0.0075
pascales (Pa)	milibares (mb)	0.01
pascales (Pa)	atmósferas (standard) (atm)	0.000098692
kilopascales (kPa)	libras por pulgada cuadrada (psi)	0.14504
kilopascales (kPa)	kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	0.0102
kilopascales (kPa)	bares (bar)	0.01

Para convertir	En	Multiplicar por
<b>Sistema Métrico</b>		
bares (bar)	libras por pulgada cuadrada (psi)	14.5038
bares (bar)	kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	1,02
bares (bar)	kilopascales (kPa)	100
bares (bar)	pulgadas de mercurio (inHg)	29.53
bares (bar)	atmósferas (standard) (atm)	0.987
milibares (mbar)	pascales (Pa)	100
atmósferas (standard) (atm)	libras por pulgada cuadrada (psi)	14,7
atmósferas (standard) (atm)	kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	1033
atmósferas (standard) (atm)	pascales (Pa)	101325
atmósferas (standard) (atm)	milibares (mbar)	1013,25
atmósferas (standard) (atm)	milímetros de mercurio (mmHg)	760
atmósferas (técnica) = 1 kgf/cm <sup>2</sup>	kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	1
milímetros de mercurio (mmHg)	libras por pulgada cuadrada (psi)	0.01934
milímetros de mercurio (mmHg)	kilogramos por centímetro <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	0.00136
milímetros de mercurio (mmHg)	pulgadas de mercurio (inHg)	0.03937
milímetros de mercurio (mmHg)	pascales (Pa)	133.32
milímetros de mercurio (mmHg)	atmósferas (standard) (atm)	0.001316

# TABLAS DE CONVERSIÓN

## Unidades de presión

Unidad	bar	Pa	MPa	Kp/cm <sup>2</sup> (ar)	m.m. Hg (forr)	m.m. WS	psi	in.H <sub>2</sub> O	in. Hg
1 bar	1	10 <sup>5</sup>	0.1	1.02	750	102x10 <sup>1</sup>	14.50	401.5	295.3
1 Pa	10 <sup>-5</sup>	1	10 <sup>-6</sup>	1.02x10 <sup>-1</sup>	0.75x10 <sup>-1</sup>	0.102	0.1450x10 <sup>-1</sup>	4015x10 <sup>-1</sup>	295.3x10 <sup>-1</sup>
1 MPa	10	10	1	102	7500	102x10 <sup>1</sup>	1450	4015	2953
1 Kp/cm <sup>2</sup> (ar)	0.981	981x10 <sup>1</sup>	981x10 <sup>2</sup>	1	736	10 <sup>1</sup>	1422	393i	28.96
1 m.m. Hg (forr)	1.33x10 <sup>-1</sup>	1332	1333x10 <sup>4</sup>	1.36x10 <sup>-1</sup>	1	136	1.934x10 <sup>-2</sup>	05.35	3917x10 <sup>-1</sup>
1 m.m. WS	981x10 <sup>-1</sup>	981	981x10 <sup>-6</sup>	104	116x10 <sup>-2</sup>	1	1.422x10 <sup>-1</sup>	3917x10 <sup>-1</sup>	2896x10 <sup>-1</sup>
1 psi	6895x10 <sup>-2</sup>	6895	6895x10 <sup>-1</sup>	0.11x10 <sup>-1</sup>	51.70	031	1	2.036	2036
1 in. H <sub>2</sub> O	2.491x10 <sup>-1</sup>	2491	2.491x10 <sup>4</sup>	2.54x10 <sup>-1</sup>	1668	25A	3611x10 <sup>-1</sup>	1	7.6x10 <sup>-1</sup>
1 in. Hg	3.386x10 <sup>-2</sup>	3386	3386x10 <sup>-1</sup>	3.453x10 <sup>-1</sup>	254	345J	0.491	136	1

# Ejercicio de Presión



En la lista adjunta muestra una serie de valores de presión y que ejemplifican los siguientes casos que se describen a continuación.

Casos:

- 1, Presión ejercida por una mujer de estatura media (1,67 m; densidad del cuerpo humano 0,9 gr/cm<sup>3</sup>)
- 2, Presión de la atmosfera sobre la superficie del terreno (1,02 kg/cm<sup>2</sup>)
- 3, Presión ejercida por una gota de agua (altura media de una gota de agua 2,5 mm)
- 4, Presión sistólica típica del corazón (120 mm Hg)
- 5, Presión neumático turismos estándar (2,4 kg/cm<sup>2</sup>)
- 6, Presión del suministro de agua (4,9 bars)
- 7, Presión soportada por un submarino que se encuentra a una profundidad de 500 m en el mar (d=1030 kg/m<sup>3</sup>)
- 8, Presión a 100 m de columna de agua mar (d=1030 kg/m<sup>3</sup>)
- 9, Presión ejercida por la punta de un bolígrafo de 1mm de sección al escribir sobre un papel, cuando ejercemos una fuerza de 4 N
- 10, Presión sobre la base de una columna de sedimentos de 10 km de profundidad (d=2,7g/cm<sup>3</sup>)

Ordena la lista adjunta de menor a mayor presión, asignándole el número de caso correspondiente

"Caso" #	Pa	hPa	MPa
	25		
	15.000		
	15.998,40	159	0,015
	100.000,00	1.000,00	
	240.000		
	500.000		
	1.000.000		1
	4.000.000		
	4.910.000		4,9
			5,1
			270

"Caso" #	Pa	hPa	MPa
	25		
	15.000		
	15.998,40	159	0,015
	100.000,00	1.000,00	
	240.000		
	500.000		
	1.000.000		1
	4.000.000		
	4.910.000		4,9
			5,1
			270

Comentarios en azul.  
Utilizo como signo de exponencial el ^

# Soluciones

1ª, Presión ejercida por una mujer de estatura media (1,67 m; densidad del cuerpo humano 0,9 gr/cm<sup>3</sup>)

*La presión ejercida por una persona, objeto es:  $P = \rho g h$*

Presión de una persona en p<sup>ie</sup> = densidad \* aceleración de la gravedad \* altura de la persona

--densidad= 0,9 gr/cm<sup>3</sup> → 0,9 TN/m<sup>3</sup>

--aceleración de la gravedad= 1000 cm/s<sup>2</sup> → 10 m/s<sup>2</sup>

--altura persona = 167 cm → 1,67M

1. Presión= 0,9 10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup> x 10 m/s<sup>2</sup> x 1,67 m = 15,03\* 10<sup>3</sup> [kg\*m<sup>-3</sup>\* m\*s<sup>-2</sup>\*m]→Pa  
= 15.000 Pa= 0,015 MPa.

"Caso" #	Pa	hPa	MPa
	25		
<b>1ª solución</b>	15.000		
	15.998,40	159	0,015
	100.000,00	1.000,00	
	240.000		
	500.000		
	1.000.000		1
	4.000.000		
	4.910.000		4,9
			5,1
			270

*Comentarios en azul.  
Utilizo como signo de exponencial el ^*

# Soluciones

2ª, Presión de la atmosfera sobre la superficie del terreno (densidad de la atmósfera 1,013 kg/cm<sup>2</sup>)

*-apoyándonos en la solución anterior:*

- Presión atmosférica =  $1,013 \text{ kg/cm}^2 \cdot 0,981 \text{ bar} / (\text{kg/cm}^2) = 0,993753 \text{ bar} \cdot 10^5 \text{ Pa/bar}$
- = 99.375,3 Pa = 993,753 hPa ≈ **1013 hPa**.

"Caso" #	Pa	hPa	MPa
	25		
<b>1ª solución</b>	15.000		
	15.998,40	159	0,015
<b>2ª solución</b>	100.000,00	1.000,00	
	240.000		
	500.000		
	1.000.000		1
	4.000.000		
	4.910.000		4,9
			5,1
			270

Comentarios en azul.  
Utilizo como signo de exponencial el ^

# Soluciones

3ª, Presión ejercida por una gota de agua (altura media de una gota de agua 2,5 mm)

*Cálculo del espesor de una gota:*

*-Más o menos 20 gotas son un mililitro. Entonces una gota sería 1/20 ml, o 0.05 ml. Entonces considerando que la densidad del agua es 1g/ml 1Litro=1000 ml; 1Litro =1000 cm<sup>3</sup>--.....-1 ml = 1 cm<sup>3</sup>, podemos llegar a decir que una gota pesa aproximadamente 0.05 g.*

*Cálculo del volumen de una gota:*

*El volumen de una gota en las unidades de espesor de la gota, Sabemos que su volumen es = 0,05ml*

*como 1 ml = 1 cm<sup>3</sup>--*

*como 1 cm<sup>3</sup>= 1000 mm<sup>3</sup> --*

*0,05ml\*1000 mm<sup>3</sup>/ml = 50 mm<sup>3</sup>*

*50 mm<sup>3</sup> \* 10<sup>-3</sup> cm<sup>3</sup>/ mm<sup>3</sup>=0,05 cm<sup>3</sup>*

*Por otra parte, la superficie media de una gota de agua= 20 mm<sup>2</sup> \* 2,5 mm (altura media) = 50 mm<sup>3</sup>.*

•Presión gota apoyándonos en las soluciones anteriores:

•1 TN/m<sup>3</sup>\* 10 m/s<sup>2</sup>\*0,025 m =1\*10<sup>3</sup> Kg/m<sup>3</sup>\* 10 m/s<sup>2</sup>\*0,0025 m = 25 Pa

"Caso" #	Pa	hPa	MPa
<b>3ª solución</b>	25		
<b>1ª solución</b>	15.000		
	15.998,40	159	0,015
<b>2ª solución</b>	100.000,00	1.000,00	
	240.000		
	500.000		
	1.000.000		1
	4.000.000		
	4.910.000		4,9
			5,1
			270



*Comentarios en azul.  
Utilizo como signo de exponencial el ^*

# Soluciones

4<sup>a</sup>, Presión sistólica típica del corazón (120 mm Hg)

*Como 1mm Hg= 133,32 Pa—*

$$120 \text{ mm Hg} * 133,32 \text{ [Pa/ (mmHg)]} =$$

**15.998,4Pa**

"Caso" #	Pa	hPa	MPa
<b>3ª solución</b>	25		
<b>1ª solución</b>	15.000		
<b>4ª solución</b>	15.998,40	159	0,015
<b>2ª solución</b>	100.000,00	1.000,00	
	240.000		
	500.000		
	1.000.000		1
	4.000.000		
	4.910.000		4,9
			5,1
			270

*Comentarios en azul.  
Utilizo como signo de exponencial el ^*

# Soluciones

5ª, Presión neumático turismos estándar (2,4 kg/cm<sup>2</sup>)

• Presión 2,4 Kg/cm<sup>2</sup>-

*Como 1 kg/cm<sup>2</sup>= 10<sup>5</sup> Pa*

• 2,4 kg/cm<sup>2</sup>\* 10<sup>5</sup>[Pa/(kg/cm<sup>2</sup>)] = 240.000 Pa

"Caso" #	Pa	hPa	MPa
<b>3ª solución</b>	25		
<b>1ª solución</b>	15.000		
<b>4ª solución</b>	15.998,40	159	0,015
<b>2ª solución</b>	100.000,00	1.000,00	
<b>5ª solución</b>	240.000		
	500.000		
	1.000.000		1
	4.000.000		
	4.910.000		4,9
			5,1
			270

*Comentarios en azul.  
Utilizo como signo de exponencial el ^*

# Soluciones

6ª, Presión del suministro de agua (4,9 bars)

• Presión = 4,9 bar

*Como 1bar= 0,1 MPa-*

•  $4,9 \text{ bar} * 10^{-1} [\text{MPa}/\text{bar}] = 0,49 \text{ MPa}.$

*Como 1MPa=  $10^6\text{Pa}$ -*

•  $0,49 \text{ MPa} * 10^6 [\text{Pa}/\text{MPa}] = 490.000 \text{ Pa} \approx$

**500.000 Pa**

"Caso" #	Pa	hPa	MPa
<b>3ª solución</b>	25		
<b>1ª solución</b>	15.000		
<b>4ª solución</b>	15.998,40	159	0,015
<b>2ª solución</b>	100.000,00	1.000,00	
<b>5ª solución</b>	240.000		
<b>6ª solución</b>	500.000		
	1.000.000		1
	4.000.000		
	4.910.000		4,9
			5,1
			270

*Comentarios en azul.  
Utilizo como signo de exponencial el ^*

# Soluciones

7ª, Presión soportada por un submarino que se encuentra a una profundidad de 500 m en el mar ( $d=1030 \text{ kg/m}^3$ )

-Presión = densidad \* aceleración de la gravedad \* altura=  
 $1,03 \text{ gr/cm}^3 * 1000 \text{ cm/s}^2 * (5*10^4) \text{ cm} = 515*10^5$   
(dina/cm<sup>2</sup>).

-Presión = densidad \* aceleración de la gravedad \* altura=  
 $1030 \text{ Kg/m}^3 * 10 \text{ m/s}^2 * (5*10^2) \text{ m} = 5,150*10^6 \text{ Pa} = 5,1\text{MPa}$

"Caso" #	Pa	hPa	MPa
<b>3ª solución</b>	25		
<b>1ª solución</b>	15.000		
<b>4ª solución</b>	15.998,40	159	0,015
<b>2ª solución</b>	100.000,00	1.000,00	
<b>5ª solución</b>	240.000		
<b>6ª solución</b>	500.000		
	1.000.000		1
	4.000.000		
	4.910.000		4,9
<b>7ª solución</b>			5,1
			270



*Comentarios en azul.  
Utilizo como signo de exponencial el ^*

# Soluciones

8ª, Presión a 100 m de columna de agua mar ( $d=1030 \text{ kg/m}^3$ )

Presión = densidad \* aceleración de la gravedad \* altura =  $1,03 \text{ gr/cm}^3 * 1000 \text{ cm/s}^2 * 10^4 \text{ cm} = 103 * 10^5 \text{ (dina/cm}^2\text{)}$ .

Presión = densidad \* aceleración de la gravedad \* altura =  $1030 \text{ Kg/m}^3 * 10 \text{ m/s}^2 * 10^2 \text{ m} = 1,03 * 10^6 \text{ Pa} = 1,03 \text{ MPa}$

"Caso" #	Pa	hPa	MPa
<b>3ª solución</b>	25		
<b>1ª solución</b>	15.000		
<b>4ª solución</b>	15.998,40	159	0,015
<b>2ª solución</b>	100.000,00	1.000,00	
<b>5ª solución</b>	240.000		
<b>6ª solución</b>	500.000		
<b>8ª solución</b>	1.000.000		1
	4.000.000		
	4.910.000		4,9
<b>7ª solución</b>			5,1
			270

Comentarios en azul.  
Utilizo como signo de exponencial el ^

# Soluciones

9ª, Presión ejercida por la punta de un bolígrafo de 1mm de sección al escribir sobre un papel, cuando ejercemos una fuerza de 4 N.

*En esta respuesta se presta atención a cómo razona el alumno. Se pueden admitir dos soluciones, 1ª en el caso de que la sección sea igual diámetro o en el caso que sección sea igual a superficie. DRAE equipara sección a superficie por lo que la*

*Presión es igual a  $4,0 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ .*

*Si el alumno considera que sección es igual a diámetro se considera acertada si razona de manera equivalente. Pero tienen que discutir que pasa con la solución 7ª que da la misma solución.*

- Un bolígrafo de sección 1mm (diámetro) de sección = un diámetro 1 mm= radio de 0,5 mm
- Superficie de un círculo  $\pi \cdot r^2 = (0,25 \text{ mm})^2 \cdot \pi = 0,785398 \text{ mm}^2$
- Al escribir sobre un papel, ejercemos una fuerza de 4 N
- Presión= fuerza/superficie;  $P = 4\text{N}/0,785398 \text{ mm}^2 = 5,09295923 \text{ N/mm}^2$   
*como  $1\text{mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$  --*
- $5,09295923 \text{ (N/mm}^2) \cdot 1/10^{-6} \text{ (m}^2/\text{mm}^2) = 5.092.959 \text{ N/m}^2 = 5.09 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 5,1 \text{ MPa}$

"Caso" #	Pa	hPa	MPa
<b>3ª solución</b>	25		
<b>1ª solución</b>	15.000		
<b>4ª solución</b>	15.998,40	159	0,015
<b>2ª solución</b>	100.000,00	1.000,00	
<b>5ª solución</b>	240.000		
<b>6ª solución</b>	500.000		
<b>8ª solución</b>	1.000.000		1
<b>9ª solución</b>	4.000.000		
	4.910.000		4,9
<b>7ª solución</b>			5,1
			270

*Comentarios en azul.  
Utilizo como signo de exponencial el ^*

# Soluciones

10ª, Presión sobre la base de una columna de sedimentos de 10 km de profundidad ( $d=2,7\text{g/cm}^3$ )

• Presión = densidad \* aceleración de la gravedad \* altura =  $2,7 * 10^3 \text{ Kg/m}^3 * 10 \text{ m/s}^2 * 10^4 \text{ m} = 27 * 10^8 \text{ Pa} = 270 \text{ MPa}$ .

"Caso" #	Pa	hPa	MPa
<b>3ª solución</b>	25		
<b>1ª solución</b>	15.000		
<b>4ª solución</b>	15.998,40	159	0,015
<b>2ª solución</b>	100.000,00	1.000,00	
<b>5ª solución</b>	240.000		
<b>6ª solución</b>	500.000		
<b>8ª solución</b>	1.000.000		1
<b>9ª solución</b>	4.000.000		
<b>No existe</b>	4.910.000		4,9
<b>7ª solución</b>			5,1
<b>10ª solución</b>			270