



TEMA 3. FÍSICA APLICADA A LAS OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS.

1.- ANTECEDENTES

La Física, se ocupa de describir y analizar los principios básicos que rigen el mundo, y la podemos definir como la ciencia que estudia los fenómenos físicos y las leyes básicas por las que estos se rigen. Entenderemos como “fenómeno físico”, las modificaciones experimentadas por los cuerpos y que no afectan su naturaleza. Por Ejemplo, si a un trozo de madera lo cortamos, lanzamos al aire, o lo introducimos en agua, lo estaremos sometiendo a fenómenos físicos, pues la madera sigue siendo madera. Si por el contrario quemamos la madera, estamos realizando un “fenómeno químico”.

2.- MAGNITUDES FÍSICAS FUNDAMENTALES Y DERIVADAS

Es toda cualidad o propiedad de los cuerpos que se puede medir. Por ejemplo, la longitud de un hierro, el peso de una roca, etc.

Existen magnitudes que quedan definidas por un número, tal como la temperatura, la masa, etc.; a estas magnitudes se las llama **escalares**. Otras como sucede con la velocidad o la fuerza, necesitan algo más para quedar totalmente definidas. Por ejemplo no basta con decir que tenemos una fuerza de 10 kilopondios, será necesario indicar su dirección y sentido (vector). A este último tipo de magnitudes se les llama **vectoriales**.

Se llaman magnitudes fundamentales a aquellas que no dependen de otras. Las magnitudes fundamentales para toda la física son: **longitud, masa, tiempo, intensidad de corriente, temperatura termodinámica, intensidad luminosa y cantidad de sustancia.**

Todas las demás son magnitudes derivadas, es decir, definidas a partir de las siete anteriores, como la fuerza, la densidad, el volumen y tantas otras que nos irán apareciendo y que en su momento se definirán en función, de las fundamentales.

Para medir las magnitudes se utilizan UNIDADES de medida, que son una parte arbitraria de la magnitud que se quiere medir, y a la que se le ha dado el valor de la unidad.

3.- SISTEMAS DE UNIDADES

Existen tres sistemas de medidas: Internacional M.K.S. (Giorgi); el C.G.S. y el Técnico.

El Sistema Internacional (S.I.) fue adoptado en 1960 por la Conferencia General de Pesas y Medidas, en la actualidad está recomendado utilizar únicamente este sistema.

Las magnitudes y unidades principales utilizados por cada uno son:

SISTEMAS DE MEDIDAS

Magnitud	Sistema C.G.S.	Sistema Internacional	Sistema Técnico
Longitud	cm	m	m
Masa	gr	Kg	UTM
Tiempo	seg	Seg	Seg
Velocidad	cm/seg	m/seg	m/seg
Fuerza	dina	newton	Kp
Trabajo	ergio	julio	Kpm
Presión	bar	pascal	Kp/m ²
Potencia	ergio/seg	watio	Kpm/seg
Velocidad cinemática	stoke	m ² /seg	m ² /seg
Velocidad absoluta	poise	Kg/mseg	UTM/mseg

Tabla 1: Unidades de los diferentes sistemas

4.- LA FUERZA

Fuerza es toda causa capaz de alterar el estado de reposo o de movimiento de los cuerpos o de producir deformaciones en ellos.

Las fuerzas pueden ser de Contacto o a Distancia. Las primeras son aquellas en la que el cuerpo que ejerce la fuerza está en contacto directo con el cuerpo sobre el que se aplica dicha fuerza, por ejemplo la fuerza que ejerce una prensa sobre una probeta de hormigón. Las segundas son aquellas en las que los cuerpos no están en contacto directo, por ejemplo la atracción que experimentan las limaduras de hierro en las proximidades de un imán. Para distinguir una fuerza necesitamos conocer los elementos que la definen:

La dirección, el sentido, la intensidad y el punto de aplicación.

La unidad de fuerza (F) en el Sistema Internacional es el Newton (N) que se define como: “la fuerza que, aplicada a un cuerpo de masa (m) igual a 1 kilogramo, le produce una aceleración (a) de 1 m/s^2 en su misma dirección y sentido”. Luego **$F=m \cdot a$**

Como esta fuerza es muy pequeña se suele utilizar el kilonewton (kN).

Se utiliza también frecuentemente otra unidad de fuerza, el kilopondio (kp), cuya equivalencia con el Newton es: 1 kilopondio = 9,8 Newton

Las fuerzas aplicadas a los materiales las denominamos esfuerzos, y pueden ser:

De compresión, dos fuerzas aplicadas sobre una misma dirección pero en sentido contrario convergente. Estas fuerzas que soporta la pieza tienden a aplastarla, como es el caso por ejemplo, de las pilas de un puente o los pilares de un edificio.

De Tracción: dos fuerzas aplicadas sobre una misma dirección pero en sentido contrario divergente. Por ejemplo los cables verticales del puente.

De flexión, cuando las fuerzas que actúan sobre la pieza tienden a doblarla, como sucede con las vigas o el tablero de los puentes.

De corte o cizalladura, cuando las fuerzas que soporta la pieza tienden a cortarla. Este es el tipo de esfuerzo al que están sometidos los puntos de apoyo de las vigas.

De torsión, cuando las fuerzas que soporta la pieza tienden a retorcerla. Este es el caso de las cargas descompensadas por el viento, los ejes, los cigüeñales y las manivelas.

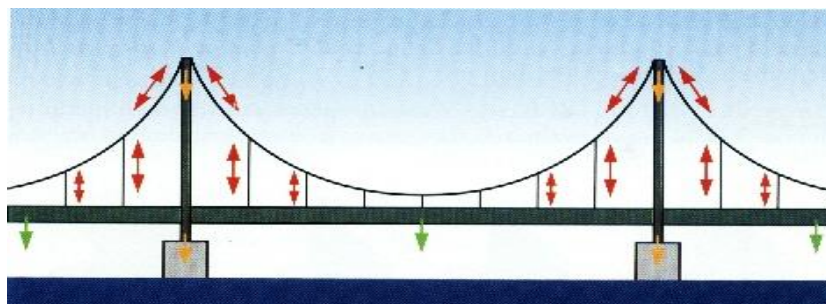


Figura Nº 1: Esquema de un puente colgante con sus diferentes esfuerzos.

5.- EL PESO

Sabemos por experiencia que todo cuerpo situado cerca de las proximidades de la superficie de la Tierra, experimenta una fuerza vertical y dirigida hacia abajo. A esta fuerza le llamamos peso y se pone de manifiesto, cuando soltamos un cuerpo o cuando queremos levantarlo del suelo; para conseguirlo, tenemos que aplicarle una fuerza hacia arriba, igual o mayor que su peso.

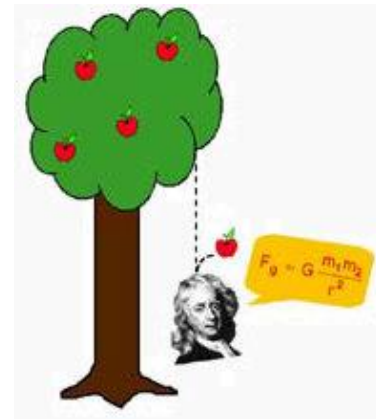


Figura Nº 2: Representación de la Fuerza de la gravedad en el manzano de Newton

El Peso de un cuerpo (P), es la fuerza ejercida sobre su masa (m) por la atracción gravitatoria de la Tierra (g) y dirigida verticalmente hacia abajo, luego $P = m \cdot g$

La atracción gravitatoria terrestre produce sobre los objetos una aceleración que se llama aceleración de la gravedad (g) y que su valor es prácticamente constante. Suele tomarse como valor medio $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

6.- LA DENSIDAD

La densidad es una de las propiedades más características de una sustancia. Se define como: “la masa de la unidad de volumen”. Se obtiene dividiendo una masa conocida de sustancia (m) entre el volumen que ocupa (V), luego $d = m/V$

La unidad de densidad en el Sistema Internacional, es el kilogramo (kg) entre el metro cúbico (m^3), es decir kg/m^3 .

Sin embargo, es muy frecuente expresar la densidad en g/cm^3 .

7.- EL PESO ESPECÍFICO

El Peso Específico de una sustancia es el peso de la unidad de volumen. Se obtiene dividiendo un peso conocido de una sustancia (P) entre el volumen que ocupa (V), luego $P_e = P / V$.

La unidad de peso específico en el Sistema Internacional, es el Newton (N) (unidad de peso/fuerza) entre el metro cúbico (m^3) (unidad de volumen). También es frecuente expresar el peso específico en otras unidades como kilopondios por metro cúbico kp/m^3 etc.

El peso específico y la densidad son evidentemente magnitudes distintas, como hemos visto en sus definiciones, pero entre ellas hay una íntima relación que vamos a hallar:

Recordamos que: $P = m \cdot g$ (peso = masa gravedad)

$$P_e = P/V = m \cdot g/V = m/V \cdot g = d \cdot g, \text{ luego } P_e = d \cdot g$$

El peso específico de una sustancia es igual a su densidad por la aceleración de la gravedad.

8.- RELACIÓN ENTRE EL PESO Y LA MASA

No todos los cuerpos tienen el mismo peso. Esto indica que la atracción de la Tierra no es igual para todos ellos, aunque caigan libremente con la misma aceleración.

Los cuerpos que pesan más son los de mayor masa y los que menos pesan son los que tienen menor masa. El peso y la masa son dos magnitudes distintas, pero muy relacionadas: “El peso de un cuerpo es directamente proporcional a su masa, siendo la gravedad (g) la constante de proporcionalidad”.

Si llamamos “P” al peso y “m” a la masa de un cuerpo, se tiene que $P = m \cdot g$

9.- RELACIÓN ENTRE LA FUERZA, LA MASA Y EL MOVIMIENTO

A finales del siglo XVII Isaac Newton formula su teoría general sobre el movimiento. Dicha teoría se recoge en tres leyes, que establecen todas las posibles relaciones entre las fuerzas y los movimientos que dichas fuerzas producen en los cuerpos.

- Primera ley: Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o de movimiento con velocidad constante mientras no actúe sobre él ninguna fuerza exterior.
- Segunda ley: La fuerza ejercida sobre un cuerpo es directamente proporcional a la aceleración que se le comunica. La constante de proporcionalidad es la masa del cuerpo. Esto se puede escribir con la fórmula conocida $F = m \cdot a$
- Tercera ley: Conocida como el principio de acción y reacción, y en la que a toda fuerza (acción) se opone otra igual y de sentido opuesto (reacción).



Figura Nº 3: Fotografía de bolas de acero aplicando el tercer principio de Newton.

10.- LA PRESIÓN

Las fuerzas que se ejercen por contacto producen deformaciones sobre los cuerpos. La deformación que una fuerza produce sobre un cuerpo depende de tres factores.

- De la magnitud de la fuerza aplicada.
- De la extensión de la superficie sobre la que se aplica.
- De las características del cuerpo sobre el que se aplica la fuerza.

La relación entre la fuerza (F) y la superficie (S), recibe el nombre de presión, y se define como: “El cociente entre la intensidad de la fuerza y la superficie sobre la que dicha fuerza actúa”, luego $P = F/S$

Donde P es la fuerza de presión, F es la fuerza normal es decir perpendicular a la superficie y S es el área donde se aplica la fuerza.

En el Sistema Internacional la unidad de presión recibe el nombre de “Pascal” (Pa), que es la presión ejercida por una fuerza de intensidad 1 Newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado. $1 \text{ Pascal} = 1 \text{ Newton} / 1 \text{ m}^2$

Esta unidad es muy pequeña, por lo que se utilizan múltiplos “kilopascal” (kPa) que equivale a mil pascales o “megapascal” (Mpa) que equivale a un millón de pascales.

Sin embargo todavía seguimos utilizando otras unidades de presión que no pertenecen al Sistema Internacional, como el kilopondio por centímetro cuadrado (kp/cm²) o la atmósfera técnica (at) que corresponde a la presión ejercida por una columna de agua de 10 metros de altura: $1 \text{ at} = 98.066,5 \text{ Pa}$.

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kp/cm}^2 = 9,8 \cdot 10^4 \text{ pascales} = 9,8/100 \text{ Megapascals} = 1/10 \text{ MPa}$$

En la práctica es suficientemente aproximado decir:

$$10 \text{ atmósferas} = 10 \text{ kp/cm}^2 = 1 \text{ MPa} = 1.000 \text{ kPa} = 1.000.000 \text{ Pa}$$

La Presión en un fluido. Al fluido cuando se le aplica una fuerza sin que cambie sensiblemente su forma empezará a fluir bajo el efecto del esfuerzo cortante en lugar de deformarse elásticamente.

Presión atmosférica.

Es el peso de la columna de aire al nivel del mar.

$$P_{\text{Atm.}} = 1 \text{Atm.} = 760 \text{ mm-Hg} = 14.7 \text{ lb/in}^2 (\text{psi}) = 30 \text{ in-Hg} = 2116 \text{ lb/ft}^2$$

Presión barométrica.

Es la presión que se mide mediante un barómetro* el cual se puede usar como un altímetro y puede marcar la presión sobre o bajo el nivel del mar.

(* Barómetro: Instrumento que sirve para medir la presión atmosférica)

Presión manométrica.

Es la presión que se mide en un recipiente cerrado o tanque.

Presión absoluta.

$$P_{\text{ABS.}} = P_{\text{ATM.}} + P_{\text{MAN.}}$$

Es igual a la suma de la presión atmosférica más la presión manométrica.

11.- EL TRABAJO

Cuando se aplica una fuerza sobre un cuerpo y dicho cuerpo se desplaza debido a la acción de esta fuerza, se dice que la fuerza ha realizado un Trabajo.

El Trabajo (T) realizado por una fuerza que se aplica sobre un cuerpo depende tanto de la intensidad de la fuerza (F) como del desplazamiento producido por dicha fuerza (d).

Para calcular el trabajo se utiliza la siguiente fórmula: $T = F \cdot d$

En esta fórmula:

T es el trabajo realizado medido en julios (J)

F es la fuerza aplicada en la dirección del desplazamiento, medida en newton (N)

d es el desplazamiento efectuado por el cuerpo, medido en metros (m)

Si, para arrastrar un carro es preciso comunicar una fuerza de $F = 100 \text{ N}$ ($\text{N} = \text{newton}$) y se desplaza una distancia $d = 20$ metros el trabajo resulta ser:

$$T = F \times d = 100 \times 20 = 2.000 \text{ J. (J = Julio)}.$$

La unidad de trabajo en el Sistema Internacional es el “Julio” (J), que se define como: “el trabajo que realiza una fuerza de un Newton para desplazar un cuerpo una distancia de un metro. Siempre que multipliquemos Newton x metros ($\text{N} \times \text{m}$) obtendremos Julios.

12.- LA POTENCIA

Es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo. Esto equivale a la velocidad de cambio de energía en un sistema o al tiempo empleado en realizar un trabajo. La potencia mecánica es la potencia transmitida mediante la acción de las fuerzas físicas de contacto o elementos mecánicos asociados como palancas, engranajes, etc. Es el trabajo realizado por unidad de tiempo en la parte física, medido a menudo en caballos de fuerza (HP) o kilovatios (kW).

Algunas fuerzas realizan el mismo trabajo que otras, pero lo hacen en menos tiempo. Así por ejemplo, un camión traslada un metro cúbico de tierras en mucho menos tiempo que un hombre con una carretilla. La “Potencia” indica la relación (división) que existe entre el trabajo realizado y el tiempo que se ha empleado en realizarlo.

La unidad de potencia en el Sistema Internacional es el vatio (W). También se utiliza el caballo de vapor (CV) que equivale a 735 vatios y el Kilovatio (kW), que son 1000 vatios. Aunque el caballo de vapor no es una unidad del Sistema Internacional, todavía se usa más que el vatio, especialmente en vehículos terrestres y motores eléctricos.

La potencia se calcula por la fórmula: $P = W / t$

En esta fórmula:

P es la potencia desarrollada, expresada en vatios (W).

W es el trabajo realizado, expresado en julios (J).

t es el tiempo empleado, expresado en segundos (s).

13.- LA ENERGÍA

Cuando se realiza un trabajo, la energía se transmite de unos cuerpos a otros. El cuerpo que realiza un trabajo transmite parte de su energía al cuerpo sobre el que se ha realizado el trabajo.

Por ejemplo un motor de gasolina transmite gran parte de su energía a la máquina en la que está colocado, así consigue que la máquina funcione.

Según lo dicho, para medir la energía que se transmite de un cuerpo a otro, se mide el trabajo que el primer cuerpo ha realizado sobre el segundo. Por esta razón la energía se expresa en las mismas unidades que el trabajo, es decir, en julios (J).

Los cuerpos pueden poseer dos tipos de energía:

a) **Energía Cinética.**

Se llama “Energía Cinética” la energía que tienen los cuerpos en movimiento, y se calcula por la fórmula $E_c = \frac{1}{2} m v^2$

En esta fórmula:

E_c es la energía cinética, medida en julios (J)

m es la masa del cuerpo, medida en Kilogramos (Kg)

v es la velocidad del cuerpo, medida en metros por segundo (m/s)

b) **Energía Potencial Gravitatoria.**

Es la energía que tiene un cuerpo debido a su posición respecto a la superficie terrestre, y se calcula por la fórmula $E_p = m g h$

En esta fórmula:

E_p es la energía potencial gravitatoria, medida en julios (J)

m es la masa del cuerpo, medida en kilogramos (kg)

g es la aceleración de la gravedad medida en metros por segundo cuadrado (m/s²)

h es la altura a la que se encuentra el cuerpo, medida en metros (m)

En los circuitos y equipos eléctricos, la energía transportada produce diferentes efectos:

-Efectos de la corriente eléctrica. Destacaremos, por su importancia, el efecto térmico, químico y magnético.

-Efecto térmico o efecto Joule. Una de las principales aplicaciones de la energía eléctrica proviene de su posibilidad de transformación en calor. Esta conversión, conocida por efecto Joule, se explica como el resultado de los choques que experimentan las cargas eléctricas del cuerpo por la que circula la corriente, que elevan así su temperatura.

14.- LA PALANCA

La palanca es la máquina simple más conocida y está formada por una barra rígida que se apoya en un punto.



Figura Nº 4: Ejemplo de palanca

La distancia del punto de apoyo a donde se aplica la fuerza motriz se llama “brazo motor” (X_m), y la distancia del punto de apoyo donde está la fuerza resistente se llama “brazo de resistencia” (X_r)

Para que la palanca esté en equilibrio debe cumplirse la siguiente ley, llamada “ley de la palanca”: “La fuerza motriz multiplicada por el brazo motor es igual a la fuerza resistente multiplicada por el brazo de resistencia

$$F_m \cdot X_m = F_r \cdot X_r$$

Según se encuentren situados la fuerza motriz, la fuerza resistente y el punto de apoyo tenemos tres géneros de palanca.

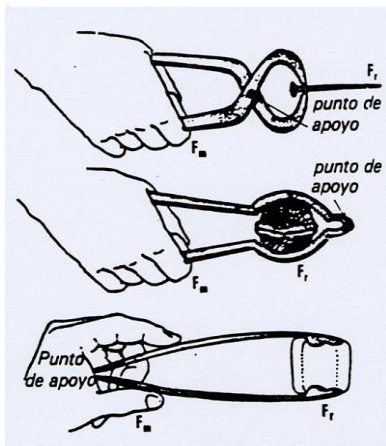


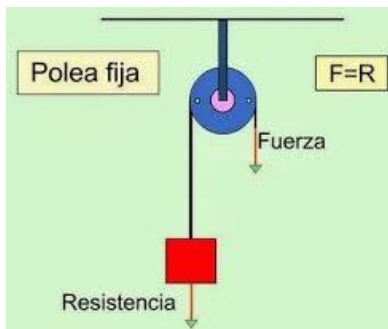
Figura Nº 5: Ejemplos de diferentes palancas

“**De primer género**” es la que el punto de apoyo se encuentra entre la fuerza motriz y la fuerza resistente, como por ejemplo las tijeras y las tenazas.

“**De segundo género**” es la que tiene el punto de apoyo en un extremo, la fuerza motriz en el otro extremo y la fuerza resistente en el centro, como por ejemplo la carretilla.

“**De tercer género**” es la que tiene el punto de apoyo en un extremo, la fuerza resistente en el otro y la fuerza motriz en el centro, como por ejemplo las pinzas.

15.- LA POLEA FIJA



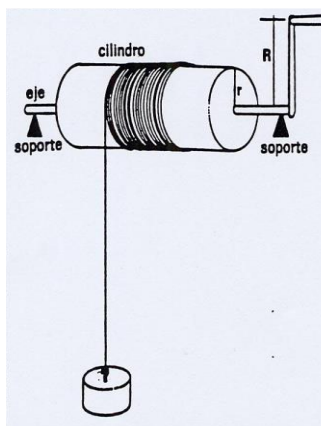
La polea fija es una máquina simple formada por un disco que gira alrededor de un eje. El disco lleva un surco por el que se desliza una cuerda.

En la polea fija no hay multiplicación de la fuerza que se aplica, como sucede en la palanca, sino que en la polea la fuerza motriz (F) es igual a la fuerza resistente (R). $F=R$

Figura Nº 6: Esquema de polea fija

Para vencer la fuerza resistente es mucho más fácil ejercer la fuerza motriz hacia abajo que ejercerla en cualquier otra dirección, y esto es precisamente lo que hace la polea, cambia el sentido de la fuerza y disminuye el esfuerzo.

16.- EL TORNO



El torno es una máquina que está formada por un cilindro atravesado por un eje que se apoya en dos soportes. Dicho cilindro puede girar mediante una manivela que está unida al eje.

La ley que describe el funcionamiento de esta máquina es: Fuerza motriz * radio de la manivela = Fuerza resistente * radio cilindro

Figura Nº 7: Esquema de torno.

17.- GENERALIDADES FÍSICAS EN UN CIRCUITO HIDRÁULICO

La utilización de circuitos hidráulicos es muy empleada en la actualidad. Equipos como grúas, excavadoras, elevadores, monta-cargas e incluso robots, usan este tipo de accionamiento debido a la simplicidad con que se convierten esfuerzos pequeños en grandes fuerzas.

Los principios físicos que permiten explicar el funcionamiento de un circuito hidráulico son los siguientes principios hidráulicos:

- a) Un líquido puede asumir cualquier forma y puede ser bidireccional sin que esto afecte el movimiento libre del flujo.
- b) La Ley de Pascal que sostiene que cuando un fluido dentro de un contenedor es sometido a presión, la presión se transmite igualmente en todas direcciones y a todas las caras del contenedor. Éste es el principio que se usa para entender el ariete en un cilindro hidráulico.

La presión ejercida sobre un punto cualquiera de un líquido en equilibrio se transmite íntegramente a los demás

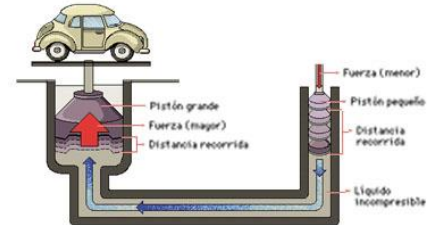


Figura Nº 8: Esquema de prensa hidráulica. Elevador de vehículos

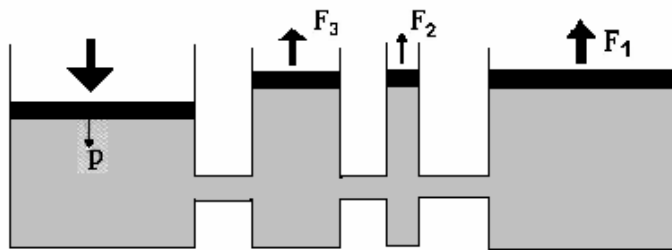


Figura Nº 9: Principio hidráulico

$$P = F / s \quad F_3 = p \times S_3 \quad F_2 = p \times S_2 \quad F_1 = p \times S_1$$

$$p = F / S = F_1 / S_1 = F_2 / S_2 = F_3 / S_3$$

El siguiente esquema nos permitirá entender cómo se comportan las fuerzas entre dos cilindros dotados de pistones y conectados a través de un fluido dotado de pistones y conectados a través de un fluido. En el esquema hay un cilindro pequeño (1) y otro grande (2) cada uno de los cuales tendrá su respectiva área de acuerdo al diámetro, es decir área 1 y área 2. Cuando se aplica una fuerza F_1 al pistón 1, este empuja el fluido al pistón 2 y en él se produce una fuerza ascendente F_2 amplificada en la misma proporción que la relación entre las áreas del cilindro 1 y 2.

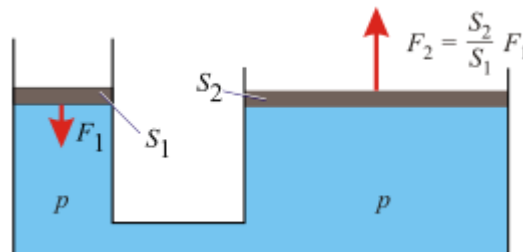


Figura Nº 10: Ley de Pascal

Si suponemos ahora que el cilindro 2 tiene 100 veces más área que el cilindro 1, tendríamos que 1 Kg aplicado sobre el pistón 1, se traduce en 100 Kg de empuje en el cilindro 2. Este

incremento de fuerza se produce a expensas del aumento del recorrido del pistón 1, lo que significa que al mismo tiempo el movimiento del pistón 1 es 100 veces mayor que el del pistón 2.

Las razones para la utilización de este tipo de dispositivos son:

- Pueden generarse colosales fuerzas utilizando pequeños motores de accionamiento.
- Los sistemas hidráulicos son muy duraderos y seguros.
- Puede regularse la velocidad de accionamiento de forma continua o escalonada, sin la necesidad de mecanismos adicionales.
- Un mismo motor puede accionar múltiples mecanismos de fuerza, incluso de manera simultánea.
- El motor y los mecanismos de fuerza así como los mandos pueden estar a distancia acoplados por tubos.
- Pueden lograrse movimientos muy exactos.
- Tienen auto frenado.

El fluido más comúnmente utilizado es algún aceite ligero (aceite hidráulico) derivado del petróleo debido a su innata cualidad lubricante que alarga la vida de las piezas en rozamiento del sistema. Estos aceites deben tener las características básicas siguientes:

- Una viscosidad no muy alta y modificada poco con la temperatura
- Elevada resistencia a la formación de espuma.
- Elevada estabilidad con el tiempo.
- No deben ser agresivos a los materiales de goma, como mangueras y empaquetaduras.
- Mientras más capacidad lubricante, mejor.