

4.3



Manual del BOMBERO
Uso de Recursos Operativos

4.3 Bombas. Hidráulica básica para bomberos

TÍTULOS DE LA COLECCIÓN MANUAL DEL BOMBERO

Volumen 1 Operaciones de salvamento

- 1.1 Rescate en accidentes de tráfico
- 1.2 Trabajos y rescates en altura
- 1.3 Rescate acuático en superficie
- 1.4 Urgencias sanitarias para bomberos

Volumen 2 Control y extinción de incendios

- 2.1 Principios de lucha contra incendios
- 2.2 Incendios en interiores
- 2.3 Incendios forestales
- 2.4 Prevención de incendios

Volumen 3 Fenómenos naturales y antrópicos. Operaciones de ayudas técnicas

- 3.1 Riesgos naturales
- 3.2 Riesgo en accidentes con materias peligrosas
- 3.3 Redes de distribución e instalaciones
- 3.4 Principios de construcción y estabilización de estructuras

Volumen 4 Uso de recursos operativos

- 4.1 Equipos de protección respiratoria
- 4.2 Medios de extinción. Operaciones e instalaciones con mangueras
- 4.3 Bombas. Hidráulica básica para bomberos
- 4.4 Vehículos de los S.P.E.I.S
- 4.5 Manejo de herramientas y equipos

Volumen 5 Organización y desarrollo profesional

- 5.1 El Sistema Vasco de Atención de Emergencias
- 5.2 Seguridad y salud laboral
- 5.3 Aspectos legales de la intervención. Responsabilidades, deberes y derechos
- 5.4 Psicología de emergencias

Edición: Junio 2011.
Tirada: 1.800 ejemplares.
© Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
Departamento de Interior.
Internet: www.arkauteakademia.euskadi.net
Edita: Academia de Policía del País Vasco.
Carretera Gasteiz-Irún Km. 5. 01192 Arkaute - Álava.
Dirección proyecto: **Hilario Sein Narvarte.** *Asesor de la Academia de Policía del País Vasco.*
Autor: **Asier Luja García.** *Subinspector del Servicio de Prevención, Extinción de Incendios y Salvamento del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.*
Coordinación proyecto: **Javier Elorza Gómez.** *Subinspector del Servicio de Extinción de Incendios y Salvamento. Diputación Foral de Bizkaia.*
Diseño: Bell Comunicación, S. Coop.
Impresión: Centro Gráfico Ganboa
ISBN de la Obra Completa: 978-84-615-1638-4 / ISBN del Volumen 4: 978-84-615-1636-0 / ISBN de este libro: 978-84-615-1734-3
D.L.: SS-940-2011

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	7
1. FÍSICA BÁSICA. CONCEPTOS NECESARIOS	9
1.1 INTRODUCCIÓN	10
1.2 LA DENSIDAD DE LOS FLUIDOS	10
1.2.1 Densidad absoluta	10
1.2.2 Densidad relativa	11
1.3 CONCEPTO DE PESO	12
1.4 PESO ESPECÍFICO	13
1.5 LA VISCOSIDAD	13
1.6 PRESIÓN	15
1.6.1 Unidades de medida de la presión	15
1.6.2 Presión atmosférica	16
1.6.3 Presión relativa	17
1.6.4 Presión absoluta	17
1.6.5 Presión de vapor	18
2. LA HIDROSTÁTICA	19
2.1 INTRODUCCIÓN	20
2.2. LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA	20
2.3 TRANSMISIÓN DE PRESIONES	22

3. LA HIDRODINÁMICA	24
3.1 INTRODUCCIÓN	25
3.2 CAUDAL	26
3.3 VELOCIDAD	26
3.4 MOVIMIENTO DEL AGUA POR EL INTERIOR DE LAS INSTALACIONES	27
3.4.1 Movimiento laminar	27
3.4.2 Movimiento turbulento	27
3.5 PRINCIPIO DE CONTINUIDAD	27
3.6 ENERGÍA DE UN FLUIDO	28
3.7 TEOREMA DE BERNOULLI	29
4. ESTUDIO DE PRESIONES EN LAS INSTALACIONES DE BOMBEROS	32
4.1 PÉRDIDAS DE CARGA EN LAS INSTALACIONES	33
4.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PÉRDIDA DE CARGA	34
4.3 APLICACIÓN DE BERNOULLI A LAS INSTALACIONES DE BOMBEROS	35
5. BOMBAS EMPLEADAS EN LOS SERVICIOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS	37
5.1 INTRODUCCIÓN	38
5.2 CLASIFICACIÓN	39
5.2.1 Bombas de desplazamiento positivo o volumétricas	39
5.2.2 Bombas dinámicas o de energía cinética	40

5.3. BOMBAS CENTRÍFUGAS	40
5.3.1. Funcionamiento de las bombas centrífugas	40
5.3.2. Curvas de funcionamiento	41
5.4. BOMBAS INTEGRADAS EN LOS VEHÍCULOS DE EXTINCIÓN	43
5.4.1. Distribución de los elementos hidráulicos del conjunto bomba-vehículo	43
5.4.2. Abastecimiento	45
5.5. OTROS TIPOS DE BOMBA	47
5.5.1. Turbobombas	47
5.5.2. Electrobombas	48
5.5.3. Motobombas	49
6. EMPLEO DE ADITIVOS	50
6.1. INTRODUCCIÓN	51
6.2. HUMECTANTES	51
6.3. ESPESANTES	51
6.4. RETARDANTES	52
6.5. OTROS ADITIVOS	52
6.6. ESPUMAS	53
6.6.1. Introducción	53
6.6.2. Generación de espuma	53
6.6.3. Clasificación de espumas	56
6.6.4. Sistemas CAF (Compressed Air Foam)	60



PRESENTACIÓN

Según diversos estudios, parece que el ser humano descubre el fuego hace 400.000 o 500.000 años, y sin embargo, solo se tiene constancia de organizaciones destinadas a la lucha contra el mismo desde hace unos 2.000 años.

Tal y como reflejan los escritos fue precisamente en la antigua Roma, debido a la cantidad de incendios de carácter urbano que se producían en la época, donde se suscitó la necesidad de sustituir a los grupos de esclavos diseminados por la ciudad encargados de la extinción de incendios, por grupos perfectamente organizados y preparados considerados a posteriori como los primeros grupos de bomberos profesionales de la historia.

Se denominaban "vigiles" y se dividían en escuadras perfectamente organizadas en las que unos transportaban el agua mediante cadenas humanas, y otros la impulsaban hacia el fuego accionando de manera manual las bombas existentes en la época.

Desde entonces la técnica ha ido evolucionando hasta llegar a los equipos que hoy en día se emplean para la extinción de incendios. Equipos diseñados y desarrollados para facilitar las labores del bombero, favoreciendo el trabajo con una menor necesidad de esfuerzo físico y con mayores garantías de seguridad en la intervención.

La formación en los Servicios de Extinción de Incendios también ha ido evolucionando, tanto en lo relativo al conocimiento sobre nuevas técnicas como en lo relativo a la sensibilización de los bomberos y los responsables de los servicios respecto a su necesidad.

En primer lugar, y siempre con el objeto de que el lector comprenda las ecuaciones y teoremas aplicables durante los siguientes capítulos, se procede a definir una serie de conceptos relacionado con la física aplicables en cualquier definición hidráulica.



FÍSICA BÁSICA. CONCEPTOS NECESARIOS

- 1.1 INTRODUCCIÓN
- 1.2 LA DENSIDAD DE LOS FLUIDOS
- 1.3 CONCEPTO DE PESO
- 1.4 PESO ESPECÍFICO
- 1.5 LA VISCOSIDAD
- 1.6 PRESIÓN

1. FÍSICA BÁSICA. CONCEPTOS NECESARIOS



10

1.1 INTRODUCCIÓN

Un perfecto conocimiento de los medios de extinción y evidentemente, de las propiedades del agente extintor empleado, es sinónimo de un uso eficiente y posiblemente satisfactorio del mismo durante la intervención en el incendio. Para conocer las propiedades y comportamiento del agua, sin lugar a dudas, el agente extintor más empleado en la historia de los servicios de extinción de incendios de todo el mundo, se redacta este documento.

Para transmitir ese conocimiento, se procurará adaptar aquellos teoremas y ecuaciones que rigen la hidráulica, que es la rama de la física que estudia los fluidos, a las necesidades de los bomberos en el uso de los equipos y herramientas disponibles para el desarrollo de sus labores.

1.2 LA DENSIDAD EN LOS FLUIDOS

Uno de los conceptos de la física referido a la mecánica de fluidos que conviene tener en consideración a la hora de estudiar las aplicaciones de esta ciencia desde el enfoque de los servicios de bomberos es la densidad.

La densidad es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen. Expresándolo de una manera cualitativa, podría considerarse como la propiedad que permite medir la ligereza o pe-



sadez de una sustancia medida a volumen constante. Cuanto mayor sea la densidad de un cuerpo, más pesado parece.

1.2.1 DENSIDAD ABSOLUTA

La densidad es una propiedad intensiva de la materia (no depende de la cantidad de materia), resultado de la división de dos propiedades extensivas como son la masa y el volumen.

La densidad absoluta o densidad normal, también llamada densidad real, expresa la masa por unidad de volumen (Kg/m^3). Cuando no se hace ninguna aclaración al respecto, el término densidad suele entenderse en el sentido de densidad absoluta.

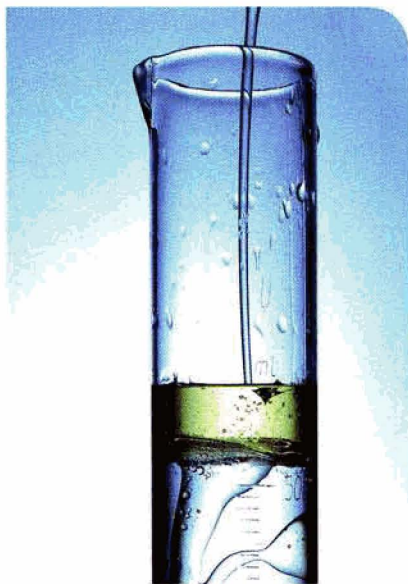
$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$



Veamos como ejemplo algunos valores de densidades para diferentes sustancias.

Sustancia	Densidad media (en kg/m ³)
Aceite	920
Acero	7.850
Agua	1000
Agua de mar	1.027
Aire	1,29
Gasolina	680
Alcohol	780
Magnesio	1.740

A modo de ejemplo, en la tabla anterior puede observarse como el aceite tiene una menor densidad que el agua, por esta razón, y por tratarse de dos fluidos inmiscibles, al verter uno sobre el otro, el aceite tenderá siempre a quedar en las capas superficiales por encima del agua.



También se observa, que el agua de mar resulta más densa que el agua pura. Esto se debe al porcentaje de sales disueltas en el medio líquido, ya que al aumentar este porcentaje, también lo hace su densidad.

Centrándonos en el caso concreto del agua, ésta puede encontrarse en la atmósfera en sus tres estados de agregación, es decir, sólido, líquido y gas. El agua al so-

lidificarse, tiende a disminuir su densidad. Por lo tanto a bajas temperaturas al formarse el hielo, se produce un aumento del volumen respecto al del agua en estado líquido. Este efecto, produce que en ríos, lagos o mares el hielo flote sobre la superficie en vez de hundirse en contra de lo que pudiera parecer por tratarse de un sólido.

A este respecto, mientras que el volumen de otros líquidos disminuyen por efecto del descenso de temperaturas, en el caso del agua, su volumen aumenta con temperaturas inferiores a 3,98°C, esto implica que la densidad del agua alcanzará su máximo valor al llegar a esa temperatura.

1.2.2 DENSIDAD RELATIVA

A diferencia de la absoluta, la densidad relativa, expresa la relación entre la densidad de una sustancia y una densidad elegida como valor de referencia, que en nuestro caso va a ser la del agua. El valor de la densidad objeto de estudio, se compara con la del agua, dando como resultado una magnitud adimensional.

$$\frac{\text{Densidad cuerpo}}{\text{Densidad referencia}} = \text{DENSIDAD RELATIVA}$$

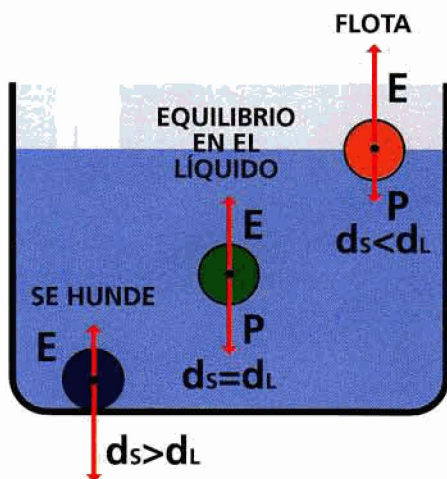
Dado que en general, la densidad de un material varía con las condiciones de temperatura y presión (al aumentar la presión aumenta la densidad y al aumentar la temperatura en cambio, disminuye), el valor que se usará como patrón para el cálculo de las densidades relativas, se establece en unas condiciones de 1 atmósfera de presión y 4°C. Bajo dichas condiciones, la densidad del agua tiene un valor de 1kg/l.

En la siguiente Tabla se pueden observar algunos ejemplos de valores de densidades relativas dando como valor de referencia, la del agua.

Agua	1.00
Aceite	0.92
Vidrio	2.53
Aluminio	2.70
Mercurio	13.55
Hielo	0.91



Una vez comentado lo anterior, se puede concluir que sustancias con menor densidad tienden a colocarse por encima de aquellas con mayor valor de densidad.



huecos de ventilación en caso de interiores y pudiendo afectar a pisos de viviendas superiores en caso de fuga.

1.3 CONCEPTO DE PESO

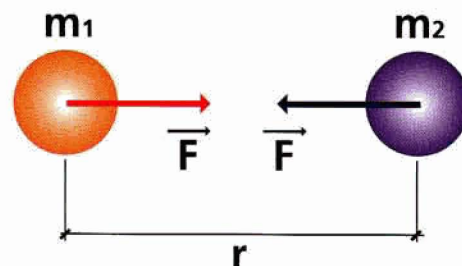
¿Es lo mismo la masa de un cuerpo y su peso? Es evidente que la respuesta a esta pregunta es negativa. La masa de un cuerpo, es una propiedad característica del mismo, que está relacionada con el número y clase de las partículas que lo forman. Se mide en kilogramos (kg). Por otro lado, el peso de un cuerpo es la fuerza de atracción gravitatoria que ejerce la tierra sobre dicho cuerpo, siendo la magnitud de la fuerza dependiente de la masa del cuerpo ya que la de la tierra es un dato conocido. Se mide en Newtons (N), en Kilogramos fuerza, Dinás...

12

En capítulos posteriores, se hablará por ejemplo, de la eficacia en la utilización de espumas sobre fuegos líquidos. Su menor valor de densidad provocará que se sitúe sobre la superficie del líquido, flotando sobre él y provocando entre otras cosas, el corte del aporte de oxígeno a la combustión (sofocación) y por lo tanto su extinción.

Para el caso de los gases, el valor de referencia empleado será el del aire, con una densidad de 1,29 kg/m³ medido en condiciones normales (1 atmósfera de presión y 0°C). Su densidad relativa se considerará =1.

Este valor, le permite al bombero interviniente de manera sencilla prever el comportamiento de un gas del cual conozca previamente su valor de densidad. A valores altos como el del butano (2,1), el gas tenderá a caer, con lo que el interviniente deberá saber que las mayores concentraciones se encontrarán a la altura del suelo. Para valores más bajos que el del aire (por ejemplo el gas ciudad con un valor de densidad relativa de 0,6), se entenderá que dependiendo de la temperatura, los gases ascenderán a cotas más altas, filtrándose por



$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Esto es debido al fenómeno de atracción mutua que ejercen entre sí dos cuerpos cualesquiera provistos de masa. La magnitud de la fuerza que se asocia es directamente proporcional a la masa de los cuerpos.

Donde:

G: constante gravitatoria universal:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

Mt: masa de la tierra. (5.9736 x 10²⁴ Kg)

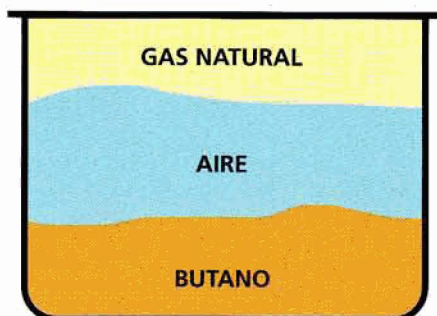
r: distancia entre cuerpos

rt: distancia del cuerpo en la superficie respecto del centro de la tierra (aproximadamente 6400 Km)

m: masa de los cuerpos

Por lo tanto el peso de un cuerpo en la superficie de la tierra es :

$$P = G \frac{m \cdot M_t}{r^2}$$



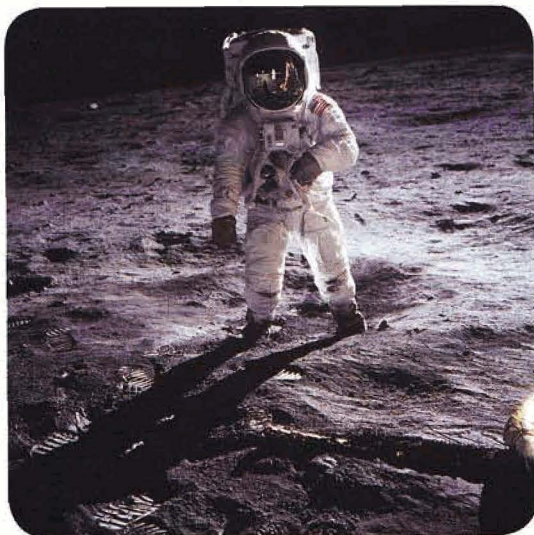
La relación entre el peso de un cuerpo y su masa recibe el nombre de gravedad. Según la ley de la gravitación universal, en la superficie de la Tierra la gravedad tiene un valor de:

$$g = G \frac{M_t}{r^2} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

El peso es una magnitud variable (de fuerza), cuyo valor depende de la distancia exacta al centro de la Tierra.

$$P = mg$$

Como ejemplo de fácil comprensión de lo anteriormente expuesto, se considera que una persona cuya masa sea de 70 Kg, pesará en realidad 686,7 Newton (70 Kg-fuerza). Esta persona en la Luna, seguiría teniendo la misma masa, (70 Kg) ya que seguiría estando compuesto por la misma cantidad de materia, este parámetro no varía. Dado que la fuerza gravitacional de la Luna es 6 veces inferior a la de la tierra, la fuerza de atracción, es decir su peso en la luna, será 6 veces menor, es decir 144,45 Newton (11,6 Kg-fuerza).



1.4 PESO ESPECÍFICO

El peso específico (γ) cualquiera de una sustancia se define como su peso por unidad de volumen. Se calcula al dividir el peso de la sustancia entre el volumen que ésta ocupa. En el sistema técnico, se mide en kilopondios por metro cúbico (kp/m³). En el Sistema Internacional de Unidades, en Newton por metro cúbico (N/m³).

$$\gamma = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}}$$

La diferencia entre el peso específico y la densidad, radica precisamente en la diferencia existente entre el peso y la masa de un cuerpo. Por lo tanto:

$$\gamma = \frac{\text{Masa x Gravedad}}{\text{Volumen}} = \text{Densidad x Gravedad}$$

13

1.5 LA VISCOSIDAD

Se considera la viscosidad como la oposición de los fluidos (gas o líquido) a las deformaciones tangenciales al aplicar una fuerza determinada, es decir, la oposición a fluir, oponiendo resistencia al movimiento de unas partículas sobre otras como resultante de los efectos combinados de la cohesión y la adherencia de dichas partículas.



