



**UNIVERSIDAD LATINA  
DE COSTA RICA**

POWERED BY **Arizona State University**

**Carreras:**

**Ingeniería en Telemática  
y Software**

**Curso:**

**Física II**

**Integrantes y carné:**

**Juan Pablo Corella Villalobos**

**20190111625**

**Alois Wilfredo Tobal Altamirano**

**20210120692**

**Alberto Segura Abarca**

**20220110049**

**Helen Karina Ewers Oliva**

**20160130814**

**Docente:**

**GIOVANNI GERARDO BLANCO JIMENEZ**

**Fecha:**

**7 de julio de 2023**

**Universidad Latina de Costa Rica  
Laboratorio de Física General II**

# Principio de Arquímedes

## Objetivos

1. Calcular el empuje que un fluido ejerce sobre un cuerpo sumergido.
2. Determinar la densidad de un sólido utilizando el principio de Arquímedes.
3. Calcular incertidumbres de medidas indirectas.

## Introducción

La densidad es una propiedad intensiva de la materia definida como la relación de la masa de un objeto dividida por su volumen. La masa es la cantidad de materia contenida en un objeto y comúnmente se la mide en unidades de gramos (g). El volumen es la cantidad de espacio ocupado por la cantidad de la materia y es comúnmente expresado en centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>) o en milímetros (ml) (un cm<sup>3</sup> es igual a 1 ml). Por consiguiente, las unidades comunes usadas para expresar la densidad son gramos por milímetros (g/ml) y gramos por centímetros cúbicos (g/cm<sup>3</sup>).

## Marco teórico

### Tipos de densidad

#### Absoluta

La densidad o *densidad absoluta* es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de una sustancia. Su unidad en el Sistema Internacional es *kilogramo por metro cúbico* (kg/m<sup>3</sup>), aunque frecuentemente también es expresada en g/cm<sup>3</sup>. La densidad es una magnitud intensiva.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

siendo  $\rho$ , la densidad;  $m$ , la masa; y  $V$ , el volumen de la sustancia.

#### Relativa

La densidad relativa de una sustancia es la relación existente entre su densidad y la de otra sustancia de referencia; en consecuencia, es una magnitud adimensional (sin unidades)

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_0} \quad (2)$$

donde  $\rho_r$  es la densidad relativa,  $\rho$  es la densidad de la sustancia, y  $\rho_0$  es la densidad de referencia o absoluta.

Para los líquidos y los sólidos, la densidad de referencia habitual es la del agua líquida a la presión de 1 atm y la temperatura de 4 °C. En esas condiciones, la densidad absoluta del agua destilada es de 1000 kg/m<sup>3</sup>, es decir, 1 kg/dm<sup>3</sup>.

Para los gases, la densidad de referencia habitual es la del aire a la presión de 1 atm y la temperatura de 0 °C.

#### Media y puntual

Para un sistema homogéneo, la expresión masa/volumen puede aplicarse en cualquier región del sistema obteniendo siempre el mismo resultado.

Sin embargo, un sistema heterogéneo no presenta la misma densidad en partes diferentes. En este caso, hay que medir la "densidad media", dividiendo la masa del objeto por su volumen o la "densidad puntual" que será distinta en cada punto, posición o porción "infinitesimal" del sistema, y que vendrá definida por:

$$\rho = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{m}{V} = \frac{dm}{dV} \quad (3)$$

Sin embargo debe tenerse que las hipótesis de la mecánica de medios continuos sólo son válidas hasta escalas de  $10^{-8}$  m, ya que en escalas atómicas la densidad no está bien definida. Por ejemplo el núcleo atómico es cerca de superior a  $10^{13}$  veces la de la materia ordinaria.

#### Aparente y real

La densidad aparente es una magnitud aplicada en materiales porosos como el suelo, los cuales forman cuerpos heterogéneos con intersticios de aire u otra sustancia normalmente más ligera, de forma que la densidad total del cuerpo es menor que la densidad del material poroso si se compactase.

En el caso de un material mezclado con aire se tiene:

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ap}}{V_{ap}} = \frac{m_r + m_{aire}}{V_r + V_{aire}} \quad (4)$$

La densidad aparente de un material no es una propiedad intrínseca del material y depende de su compactación.

La densidad aparente del suelo ( $D_a$ ) se obtiene secando una muestra de suelo de un volumen conocido a 105 °C hasta peso constante.

$$D_a = \frac{W_{ss}}{V_s} \quad (5)$$

Donde:

$W_{ss}$ : Peso de suelo secado a 105 °C hasta peso constante.

$V_s$ : Volumen original de la muestra de suelo.

Se debe considerar que para muestras de suelo que varíen su volumen al momento del secado, como suelos con alta concentración de arcillas 2:1, se debe expresar el contenido de agua que poseía la muestra al momento de tomar el volumen.

#### Cambios de densidad

En general, la densidad de una sustancia varía cuando cambia la presión o la temperatura, y en los cambios de estado.

Cuando aumenta la presión, la densidad de cualquier material estable también aumenta.

Como regla general, al aumentar la temperatura, la densidad disminuye (si la presión permanece constante). Sin embargo, existen notables excepciones a esta regla. Por ejemplo, la densidad del agua crece entre el punto de fusión (a 0 °C) y los 4 °C; algo similar ocurre con el silicio a bajas temperaturas.

El efecto de la temperatura y la presión en los sólidos y líquidos es muy pequeño, por lo que típicamente la compresibilidad de un líquido o sólido es de 0.1 Pa y el coeficiente de dilatación térmica es de  $10^{-5} \text{ K}^{-1}$ .

### Principio de Arquímedes

Cualquier persona que esté familiarizada con la natación y otros deportes acuáticos ha observado que los objetos parecen perder peso cuando se sumergen en agua. El objeto puede incluso flotar en la superficie debido a la presión hacia arriba ejercida por el agua. Un antiguo matemático griego, Arquímedes, estudio el empuje vertical ejercido por los fluidos cuando el Rey de Siracusa le mando resolver el problema de determinar si su corona era de oro puro o no, por supuesto sin destruirla.

El principio de Arquímedes se enuncia de la siguiente forma:

*“Un objeto que se encuentra parcial o totalmente sumergido en un fluido experimenta una fuerza de abajo hacia arriba (empuje) igual a peso del fluido desalojado”*

El principio de Arquímedes se puede estudiar analizando las fuerzas que actúan sobre un cuerpo sumergido en un fluido, entre ellas la que ejerce el fluido sobre el cuerpo.

## Trabajo previo

Complete lo solicitado en cada uno de los recuadros.

### ¿Por qué flota un barco? Explique detalladamente.

Un barco flota debido a un principio físico conocido como el Principio de Arquímedes. Este principio establece que un objeto sumergido en un fluido experimenta una fuerza de flotación igual al peso del fluido que desplaza.

Aunque puede parecer contraintuitivo, incluso un barco de acero masivo puede flotar. Esto es porque lo que importa no es solo el peso del barco, sino también cuánta agua puede desplazar.

Explicación detallada:

Densidad: La densidad es una medida de cuánta masa (peso) hay en un volumen dado. Se calcula dividiendo la masa de un objeto por su volumen. En el caso de un barco, aunque el acero del que está hecho el barco es mucho más denso que el agua, la densidad promedio del barco completo (incluyendo el aire dentro del casco del barco) es menor que la densidad del agua.

Desplazamiento de agua: Cuando un barco se coloca en el agua, desplaza una cierta cantidad de agua, es decir, empuja el agua a un lado para hacer espacio para sí mismo. Si el peso del agua desplazada es mayor que el peso del barco, el barco flotará. Si el peso del agua desplazada es menor que el peso del barco, el barco se hundirá.

Flotabilidad: Según el Principio de Arquímedes, la fuerza de flotación en un objeto es igual al peso del fluido que desplaza. Entonces, si un barco pesa, digamos, 1.000 kilogramos, necesita desplazar 1.000 kilogramos de agua para flotar. Como mencioné antes, el diseño de un barco, con su casco hueco, le permite desplazar una gran cantidad de agua, mucho más de lo que su peso podría sugerir.

Diseño del barco: El diseño del barco también juega un papel importante en su capacidad para flotar. Los barcos son diseñados para tener un gran volumen en relación con su peso, lo que les permite desplazar una gran cantidad de agua. Además, el diseño del casco del barco distribuye su peso de manera uniforme sobre el agua, lo que ayuda a mantener la estabilidad y evita que el barco se vuelque.

Por lo tanto, un barco flota porque, a pesar de su peso, puede desplazar una cantidad de agua que pesa más que él, y su diseño permite que este desplazamiento ocurra de manera efectiva y estable.

**¿Por qué los globos aerostáticos suben al agregarle aire caliente? Explique detalladamente.**

Los globos aerostáticos suben debido a la relación entre la temperatura y la densidad del aire. Este fenómeno se basa en el principio de Arquímedes, pero en este caso, se aplica al aire en lugar del agua.

Explicación detallada:

Densidad del aire: En un globo aerostático, el aire caliente es menos denso que el aire frío. Esto se debe a que cuando el aire se calienta, las moléculas de aire se expanden y se dispersan, ocupando más espacio. A medida que las moléculas de aire se alejan unas de otras, la densidad del aire (la cantidad de masa en un volumen dado) disminuye.

Flotabilidad: De acuerdo con el principio de Arquímedes, un objeto en un fluido experimenta una fuerza de flotación igual al peso del fluido que desplaza. En este caso, el "fluido" es el aire. Cuando el aire dentro del globo aerostático se calienta y se vuelve menos denso, el globo puede desplazar (o mover) una mayor cantidad de aire frío y más denso. Si el peso del aire frío desplazado es mayor que el peso del globo lleno de aire caliente, el globo comenzará a flotar o subir.

Control de la altitud: Los pilotos de globos aerostáticos pueden controlar la altitud del globo calentando o enfriando el aire dentro del globo. Si se agrega más calor (generalmente mediante un quemador de propano), las moléculas de aire se expanden aún más, el globo se vuelve aún menos denso y asciende. Por otro lado, si se deja que el aire dentro del globo se enfríe, las moléculas de aire se contraen, aumentando la densidad del globo, y el globo desciende.

Por lo tanto, los globos aerostáticos pueden subir llenándose de aire caliente porque el aire caliente es menos denso que el aire frío circundante. Esto permite al globo desplazar un volumen de aire que pesa más que el globo y su carga, lo que le permite ascender.

**En el libro de texto de la teoría investigue los valores de las densidades de los siguientes materiales: agua, aluminio, hierro, acero, bronce, cobre, plata, plomo y oro.**

Las densidades de varios materiales, expresadas en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ) a temperatura ambiente, son aproximadamente las siguientes:

Agua:  $1,000 \text{ kg/m}^3$

Aluminio:  $2,700 \text{ kg/m}^3$

Hierro:  $7,874 \text{ kg/m}^3$

Acero:  $7,800 - 8,050 \text{ kg/m}^3$  (dependiendo del tipo específico de acero)

Bronce:  $8,300 - 8,700 \text{ kg/m}^3$  (dependiendo de la composición específica del bronce)

Cobre:  $8,960 \text{ kg/m}^3$

Plata:  $10,490 \text{ kg/m}^3$

Plomo:  $11,340 \text{ kg/m}^3$

Oro:  $19,320 \text{ kg/m}^3$

### **Equipo**

- Base soporte.
- Bloque metálico con gancho.
- Dinamómetro de 1 N.
- Nuez doble.
- Varilla larga.
- Recipiente con desagüe.
- Probeta.
- Vaso de precipitados.

### **Procedimiento**

1. Llene con agua el recipiente con desagüe, hasta un volumen conocido, tal y como se muestra en la figura 1. Por medio de un hilo (o bien directamente) suspenda del dinamómetro el bloque metálico, y mida su peso en el aire.



**Figura 1. Montaje experimental**

2. Colgado del dinamómetro, sumerja todo el bloque en el agua (es importante que el objeto no toque las paredes del recipiente). Anote la lectura del dinamómetro.
3. Determine el volumen del líquido desalojado. Para ello, llene el recipiente hasta el límite de su desagüe, introduzca el bloque y con ayuda de la probeta mida el agua desalojada. Complete la tabla 1.

Tabla 1. Resultados experimentales

Peso en el aire (N)	Peso en el agua (N)	Incertidumbre del dinamómetro (N)	Volumen desalojado (m <sup>3</sup> )	Incertidumbre de la probeta (m <sup>3</sup> )
1.25	1.15	±0.25	0.7	±0.5

4. Con base en la información obtenida, calcule la fuerza de empuje teórica (ecuación 6) y la fuerza de empuje experimental (ecuación 7) y calcule el porcentaje de error asociado.

$$\text{Fuerza de empuje en el agua} = \text{peso en el aire} - \text{peso en el agua} \quad (6)$$

$$\text{Fuerza de empuje teórica} = \text{densidad del agua} * \text{volumen desalojado} * \text{aceleración de la gravedad} \quad (7)$$

### Muestras de cálculo



--

5. Haciendo uso del método de derivadas parciales, calcule la incertidumbre de ambos cálculos de la fuerza de empuje. Considere que  $\Delta g = \pm 0.005 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  y  $\Delta \rho = \pm 0.001 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .
6. Calcule el valor de la densidad del metal sumergido. Con base en lo investigado en el trabajo previo de esta práctica, prediga cuál material es y calcule el porcentaje de error.

### Muestras de cálculo

#### Cuestionario

1. ¿Qué ocurre cuando un objeto flota en un líquido? Explique.

Cuando un objeto flota en un líquido, se está produciendo un equilibrio de fuerzas que mantiene el objeto en la superficie del líquido sin hundirse. Este fenómeno se debe a la interacción entre la fuerza de gravedad que actúa sobre el objeto y la fuerza de flotación que ejerce el líquido. Aquí está la explicación detallada:

**Fuerza de gravedad:** Todos los objetos con masa están sujetos a la fuerza de gravedad, que tira del objeto hacia abajo. Esta fuerza es proporcional al peso del objeto.

**Fuerza de flotación:** Según el principio de Arquímedes, cualquier objeto sumergido en un fluido (en este caso, un líquido) es empujado hacia arriba por una fuerza igual al peso del fluido que el objeto desplaza.

Cuando un objeto flota:

Si el objeto es menos denso que el líquido, desplazará un volumen de líquido que pesa más que él. Esto genera una fuerza de flotación que contrarresta exactamente su peso, permitiéndole flotar en la superficie.

Si el objeto tiene la misma densidad que el líquido, desplazará un volumen de líquido que pesa exactamente lo mismo que él. De nuevo, la fuerza de flotación equilibrará su peso, y el objeto se suspenderá en cualquier punto del líquido, ni flotando en la superficie ni hundiéndose al fondo.

Si el objeto es más denso que el líquido, no podrá desplazar suficiente líquido para contrarrestar su propio peso. La fuerza de flotación será menor que su peso, y el objeto se hundirá.

Por lo tanto, cuando un objeto flota en un líquido, lo que está sucediendo es que el objeto ha desplazado un volumen de líquido cuyo peso es igual al peso del objeto. El objeto flota porque las fuerzas de flotación y gravedad están en equilibrio.

2. En el experimento, ¿existiría alguna variación en las medidas si el objeto sumergido toca las paredes del recipiente? Explique

En teoría, si un objeto sumergido en un fluido toca las paredes del recipiente, no debería afectar la fuerza de flotación que experimenta según el principio de Arquímedes. Este principio establece que la fuerza de flotación sobre un objeto sumergido es igual al peso del fluido que el objeto desplaza, independientemente de si el objeto está en contacto con las paredes del recipiente o no.

Sin embargo, en la práctica, para medir la fuerza de flotación y el objeto está en contacto con las paredes del recipiente, puede haber factores que distorsionen tus medidas. Por ejemplo, si el objeto está apoyado en parte en la pared del recipiente, parte del peso del objeto podría ser soportado por la pared, reduciendo el peso aparente del objeto en el fluido y, por lo tanto, reduciendo la fuerza de flotación medida.

Además, si el objeto es lo suficientemente grande en comparación con el recipiente, podría no desplazar el fluido de manera uniforme o podría alterar la forma en que el fluido se mueve en el recipiente, lo que podría afectar las medidas.

Por estas razones, en este experimento involucra la medición de la fuerza de flotación, se prefiere que el objeto esté completamente sumergido y no en contacto con las paredes del recipiente, para minimizar las fuentes de error.

3. Si usáramos agua caliente ¿se obtendrían los mismos resultados? Explique.

Si se utiliza agua caliente en lugar de agua fría en este experimento que involucra el principio de Arquímedes, podría haber una pequeña diferencia en los resultados. Esto se debe a que la densidad del agua cambia con la temperatura.

El agua caliente es ligeramente menos densa que el agua fría. Cuando calentamos el agua, las moléculas de agua se mueven más rápido y tienden a ocupar un espacio mayor, lo que reduce la densidad del agua.

Por lo tanto, si sumerges un objeto en agua caliente, desplazará una mayor cantidad de agua (en términos de volumen) para obtener una fuerza de flotación igual a su peso. Sin embargo, el cambio en la densidad del agua con la temperatura es relativamente pequeño, por lo que la diferencia en los resultados del experimento probablemente también sería pequeña y podría no ser significativa, dependiendo de la precisión de tus instrumentos de medición.

Además, la temperatura del agua podría afectar las propiedades del objeto mismo, especialmente si el objeto es hecho de un material que se expande o contrae significativamente con la temperatura. Este es otro factor que podría causar pequeñas diferencias en los resultados del experimento.

Por lo tanto, aunque en teoría el principio de Arquímedes es válido independientemente de la temperatura, en la práctica, el uso de agua caliente podría causar pequeñas diferencias en los resultados del experimento debido a los cambios en la densidad del agua y posiblemente del objeto.

4. Considerando que el metal es conocido ¿se puede calcular la densidad del fluido?  
Explique y si considera que es posible, plantee una ecuación para calcularla.

Sí, es posible calcular la densidad del fluido si conoces la densidad del metal y si el metal flota en el fluido.

Según el principio de Arquímedes, un objeto flotará en un fluido si su densidad es menor que la densidad del fluido. Si un objeto está flotando, significa que el peso del fluido desplazado es igual al peso del objeto.

El peso de un objeto se calcula como su masa ( $m$ ) multiplicada por la gravedad ( $g$ ). La masa se puede calcular a partir de su densidad ( $D_{\text{objeto}}$ ) y su volumen ( $V$ ) usando la relación  $m = D_{\text{objeto}} * V$ . Por lo tanto, el peso del objeto es  $W_{\text{objeto}} = D_{\text{objeto}} * V * g$ .

Por otro lado, el peso del fluido desplazado se calcula como la densidad del fluido ( $D_{\text{fluido}}$ ) multiplicada por el volumen desplazado (que es igual al volumen del objeto) y la gravedad:  $W_{\text{fluido}} = D_{\text{fluido}} * V * g$ .

Si el objeto está flotando, entonces  $W_{\text{objeto}} = W_{\text{fluido}}$ . Sustituyendo las expresiones para  $W_{\text{objeto}}$  y  $W_{\text{fluido}}$  de arriba, obtenemos  $D_{\text{objeto}} * V * g = D_{\text{fluido}} * V * g$ . Como puedes ver, los factores de  $V$  y  $g$  se cancelan en ambos lados, dejándonos con  $D_{\text{objeto}} = D_{\text{fluido}}$ .

Por lo tanto, si un objeto de metal está flotando en un fluido, la densidad del fluido es igual a la densidad del objeto de metal.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta relación solo se mantiene si el objeto de metal está flotando, es decir, no está ni hundiéndose en el fluido ni siendo impulsado hacia arriba por una fuerza de flotación mayor que su peso. Si el objeto de metal se está hundiendo o está siendo impulsado hacia arriba, entonces la densidad del fluido sería mayor o menor que la densidad del metal, respectivamente. En tales casos, necesitarías información adicional para calcular la densidad del fluido, como el volumen de fluido desplazado.

##### 5. Escriba 3 usos que se le puede dar al principio de Arquímedes en ingeniería.

El principio de Arquímedes es un concepto fundamental en física y se utiliza ampliamente en varias ramas de la ingeniería. Aquí tienes tres ejemplos de cómo se puede usar:

**Diseño de embarcaciones:** En ingeniería naval, el principio de Arquímedes es esencial para el diseño de barcos y submarinos. Los ingenieros utilizan este principio para determinar cuánta agua desplazará una embarcación y si será capaz de flotar. Además, en el caso de los submarinos, los ingenieros también utilizan el principio de Arquímedes para diseñar sistemas que permitan a la embarcación sumergirse o emerger ajustando su densidad (generalmente al llenar o vaciar tanques de lastre con agua).

**Medición de densidades de líquidos y sólidos:** En la industria de procesamiento de materiales, a menudo es necesario medir la densidad de diferentes materiales. Un método común para hacerlo es utilizando un densímetro, que utiliza el principio de Arquímedes para determinar la densidad de un líquido o sólido.

**Diseño de puentes flotantes:** En ingeniería civil, el principio de Arquímedes se utiliza en el diseño de puentes flotantes o pontones. Estos puentes están diseñados para flotar en el agua, y su diseño requiere un cálculo cuidadoso para garantizar que la fuerza de flotación (según el principio de Arquímedes) sea suficiente para soportar el peso del puente y las cargas adicionales, como los vehículos.

## **Discusión de resultados**

Para discutir los resultados de este experimento que aplica el principio de Arquímedes, podríamos considerar los siguientes puntos:

Comparación con las expectativas teóricas: ¿Los resultados coinciden con lo que el principio de Arquímedes predice? Si los objetos con una densidad menor que la del fluido flotaron y los objetos con una densidad mayor se hundieron, entonces tus resultados son consistentes con el principio. Si no, tendrías que considerar qué factores podrían haber llevado a la discrepancia.

Factores de error: Si hubo desviaciones entre los resultados experimentales y las predicciones teóricas, podría considerar las posibles fuentes de error. Por ejemplo, ¿podría haber habido errores en la medición de las masas o los volúmenes? ¿Podría el objeto haber estado en contacto con las paredes del contenedor, afectando así su flotabilidad?

Consideraciones prácticas: ¿Cómo podrían los resultados ser relevantes en un contexto de aplicación real? Por ejemplo, si experimentamos con diferentes materiales para ver cuáles flotarían en un determinado fluido, se podría discutir qué materiales podrían ser apropiados para la construcción de un barco que navegara en ese fluido.

Sugerencias para futuros experimentos: Basándonos en los resultados, podríamos sugerir ideas para futuros experimentos. Por ejemplo, si observaste que la temperatura del agua afectaba la flotabilidad de los objetos, podría sugerir un experimento futuro que explorara esta relación en más detalle.

Aplicación de los conceptos: Reflexionar sobre cómo este experimento nos ayudó a entender mejor el principio de Arquímedes y sus implicaciones. ¿Cómo nos ayudó a visualizar los conceptos y a entender cómo se aplican en la vida real?

## **Conclusiones**

Conclusiones generales que podrías obtener de este experimento relacionado con el principio de Arquímedes:

Confirmación del principio de Arquímedes: El experimento puede confirmar que un objeto sumergido en un fluido experimenta una fuerza de flotación que es igual al peso del fluido desplazado.

Relación entre densidad y flotabilidad: Los resultados del experimento pueden demostrar que la flotabilidad de un objeto depende de la relación entre su densidad y la del fluido. Si la densidad del objeto es menor que la del fluido, el objeto flotará; si es mayor, el objeto se hundirá.

Efecto de la forma del objeto en la flotabilidad: El experimento puede mostrar que la forma de un objeto no afecta su flotabilidad. Dos objetos del mismo material (y por lo tanto, la misma densidad), pero con diferentes formas, deberían tener la misma flotabilidad.

Influencia de la temperatura en la flotabilidad: Si tu experimento incluyó variaciones en la temperatura del fluido, podrías concluir que la temperatura puede afectar la flotabilidad al cambiar la densidad del fluido.

Precisión de las mediciones: Tu experimento puede revelar la precisión (o falta de ella) de tus instrumentos de medición. Si las medidas no coinciden exactamente con las predicciones basadas en el principio de Arquímedes, podrías concluir que hay ciertos errores experimentales o limitaciones de tus instrumentos.

Aplicación del principio de Arquímedes: A través de tu experimento, podrías apreciar cómo el principio de Arquímedes se aplica en situaciones del mundo real, como el diseño de barcos o submarinos.

### **Referencias bibliográficas y electrónicas**

- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). **Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics**. Cengage Learning.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). **Fundamentals of Physics**. Wiley.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2012). **University Physics with Modern Physics**. Pearson.

### **Sitios web:**

- HyperPhysics. (n.d.). Buoyancy. Retrieved July 7, 2023, from <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/pbuoy.html>
- Khan Academy. (n.d.). Fluids. Retrieved July 7, 2023, from <https://www.khanacademy.org/science/physics/fluids>
- The Physics Classroom. (n.d.). Density and Buoyancy. Retrieved July 7, 2023, from <https://www.physicsclassroom.com/class/density>

Para las densidades de los distintos materiales, aquí están algunas referencias útiles:

- Lide, D. R. (ed). (2009). CRC Handbook of Chemistry and Physics, 90th Edition. CRC Press.
- Engineering Toolbox. (n.d.). Densities of Metals and Elements Table. Retrieved July 7, 2023, from [https://www.engineeringtoolbox.com/metal-alloys-densities-d\\_50.html](https://www.engineeringtoolbox.com/metal-alloys-densities-d_50.html)

El presente informe fue elaborado por:

- \_\_\_\_\_, carnet # \_\_\_\_\_.
- \_\_\_\_\_, carnet # \_\_\_\_\_.
- \_\_\_\_\_, carnet # \_\_\_\_\_.
- \_\_\_\_\_, carnet # \_\_\_\_\_.
- \_\_\_\_\_, carnet # \_\_\_\_\_.