



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

El Principio de Pascal a través de una experiencia educativa utilizando el sensor de presión de un dispositivo móvil

Apellidos y nombre: Tarrazó-Serrano, Daniel (dtarrazo@fis.upv.es)¹
Onrubia-Fontangordo, Lucas (luonfon@doctor.upv.es)¹
Gasque, María (mgasque@fis.upv.es)¹
Gonzalez-Pavón, César (csagonpa@fis.upv.es)¹
Castiñeira-Ibáñez, Sergio (sercasib@fis.upv.es)¹

Departamento/Centro: ¹Departamento de Física Aplicada
Universitat Politècnica de València

1 Resumen de las ideas clave

Este trabajo trata de dar una visión práctica del Principio de Pascal, justificando que la presión aplicada en un punto de un fluido incompresible en reposo se distribuye de manera uniforme en todas direcciones. Para ilustrar este concepto, se realiza un experimento práctico que utiliza el sensor de presión de un teléfono móvil y el software *Phyphox* [1]. Con esta configuración, podemos observar cómo se transmite una presión adicional en un sistema cerrado y en equilibrio, representado aquí por una bolsa hermética, validando la transmisión uniforme de presión en todos los puntos del fluido contenido.

2 Objetivos

Después de leer este documento, el estudiantado será capaz de:

- Comprender y definir el Principio de Pascal comprobando que cuando se ejerce una presión sobre un fluido incompresible en equilibrio, dicha presión se transmite con igual intensidad a todos los puntos del fluido.
- Diseñar y realizar un experimento accesible utilizando un móvil, una bolsa hermética (tipo zip, que se considera indeformable) y el software libre *Phyphox*, que permita observar y medir cambios de presión, relacionando estos resultados con el concepto teórico.
- Interpretar los datos de presión obtenidos con *Phyphox*, empleando el sensor de presión del móvil para validar experimentalmente el Principio de Pascal en un sistema cerrado.
- Desarrollar destrezas analíticas y experimentales al diseñar y llevar a cabo experimentos con sensores digitales, fomentando el aprendizaje práctico en física.

3 Introducción

En el estudio de la Física de fluidos, uno de los conceptos fundamentales es el de presión hidrostática. Este concepto se refiere a la presión que un fluido perfecto (incompresible y no viscoso, en el que no existen esfuerzos tangenciales o cortantes) en reposo ejerce sobre las paredes del recipiente que lo contiene y sobre cualquier objeto sumergido en él. La presión (P) en un punto dentro de un fluido en reposo se define como la relación entre la fuerza elemental (dF) que actúa sobre el elemento de superficie (dS) que contiene al punto [2, 3]:

$$P = \frac{dF}{dS} \quad (1)$$

Si la fuerza es constante en todos los puntos de una superficie plana (S), al tratarse de un fluido perfecto sólo se tendrá en cuenta la componente de la fuerza perpendicular a la superficie (F), es decir, no se consideran los esfuerzos tangenciales por lo que la presión se define como:

$$P = \frac{F}{S} \quad (2)$$

Esta característica permite que la presión se transmita uniformemente en el fluido, siendo un punto de partida fundamental para entender el Principio de Pascal.

Basándose en el concepto de presión hidrostática, el Principio de Pascal establece que cualquier cambio de presión en un punto de un fluido incompresible y en reposo se transmite con igual

intensidad en todas las direcciones y a todos los puntos del fluido. En otras palabras, si se ejerce una presión adicional en cualquier parte de un sistema cerrado de fluido, esta presión se distribuirá uniformemente en todo el sistema. Para comprender este principio, consideremos un elemento de elemento de volumen en forma de cuña, de espesor la unidad sumergido en un punto (x, y) de un fluido perfecto en reposo (Figura 1).

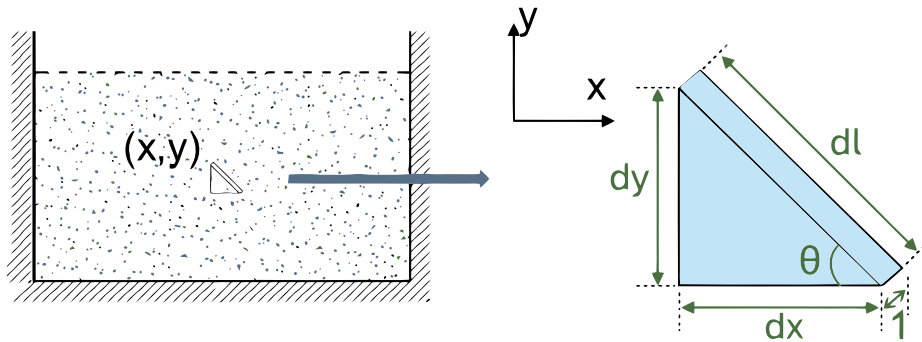


Figura 1: Elemento de volumen sumergido en un fluido perfecto en reposo.

Al tratarse de un fluido perfecto, no hay esfuerzos cortantes, y las fuerzas debidas a la presión del fluido sobre el elemento de volumen serán perpendiculares a la superficie de cada una de las caras (Figura 2 izquierda). Se considera además el peso del elemento de volumen, aplicado en su centro de gravedad, que en este caso será:

$$dP = dm \cdot g = \rho \cdot dV \cdot g = \rho g \cdot \frac{1}{2} dx dy \quad (3)$$

A partir de la definición de presión de la Ecuación 1 se deduce $dF = P \cdot dS$, y se pueden expresar las distintas fuerzas en función de la presión que ejerce el fluido sobre cada cara (Figura 2 derecha).

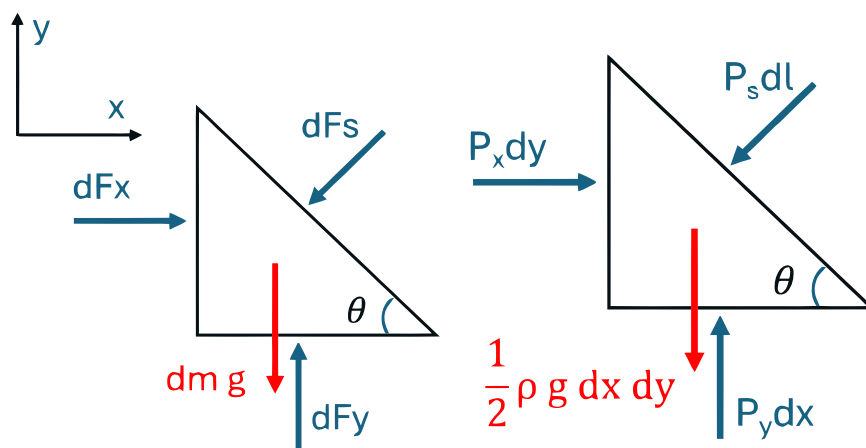


Figura 2: Diagrama de distribución de fuerzas.

Dado que el fluido está en equilibrio estático se pueden plantear las ecuaciones de equilibrio:

$$\sum dF_x = 0 \rightarrow P_x dy - P_s dl \cdot \text{sen } \theta = 0$$

$$\sum dF_y = 0 \rightarrow P_y dx - P_s dl \cdot \cos \theta - \frac{1}{2} \rho g dx dy = 0$$

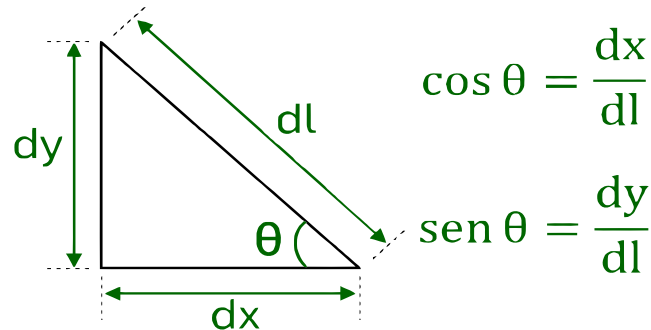


Figura 3: Esquema geométrico donde se representan las relaciones trigonométricas.

Al ser $dx = dl \cos \theta$, y $dy = dl \text{sen } \theta$ (Figura 3), y considerando despreciables los infinitésimos de segundo orden respecto a los de primer orden ($\frac{1}{2} \rho g dx dy \approx 0$), las ecuaciones de equilibrio se pueden reescribir de la siguiente forma:

$$\sum dF_x = 0 \rightarrow P_x dy - P_s dl = 0$$

$$\sum dF_y = 0 \rightarrow P_y dx - P_s dl = 0$$

Se puede concluir por tanto que $P_x = P_y = P_s$, llevando al enunciado formal del principio de Pascal [4] ya descrito anteriormente:

“La presión en un punto de un fluido en reposo se transmite íntegramente en todas direcciones y sentidos a los demás puntos del fluido.”

En la práctica, esto significa que cualquier presión aplicada en una parte de un sistema cerrado de fluido se transmitirá sin pérdida a todas las partes del sistema, incluyendo las paredes del recipiente que lo contiene. Este principio es fundamental para el funcionamiento de dispositivos hidráulicos como los frenos de los automóviles, las prensas hidráulicas y otros sistemas en los que una pequeña presión ejercida en un área puede generar una gran fuerza en otra.

En este artículo, se presenta un experimento sencillo y accesible que permite a los estudiantes observar el principio de Pascal de forma directa utilizando un teléfono móvil con sensor de presión capaz de detectar las variaciones de presión y la aplicación *Phyphox*. Este enfoque innovador permite realizar mediciones de presión en tiempo real, mostrando cómo se distribuye la presión en un sistema cerrado, como una bolsa de plástico hermética, cuando se aplica una fuerza externa en cualquier punto de la superficie. Al realizar este experimento, el estudiantado puede explorar la Física de forma práctica, aprovechando herramientas digitales de uso cotidiano.

4 Desarrollo

La finalidad del experimento es obtener los incrementos de presión en el interior de un fluido incompresible a través de la colocación de diferentes masas en diferentes posiciones. Cuando generamos una presión en la bolsa rellena de un fluido indeformable (agua) desde cualquier punto, estamos ejerciendo una fuerza F sobre una superficie (zona de la bolsa donde aplicamos la presión) [5]. Según el principio de Pascal, esta presión se distribuye uniformemente dentro de la bolsa. Esto significa que, aunque actuemos en un solo punto, la presión P dentro de la bolsa se incrementa de igual forma en todas las direcciones. Por tanto, si añadimos masas idénticas, lo que se obtiene son incrementos de presión idénticos. También se puede afirmar que, dado el equilibrio de presiones y el efecto en toda la bolsa, es indistinta la colocación del sensor de presión al aplicar la presión. En la Figura 4 se muestra el experimento propuesto a modo de esquema para entender la relación entre la teoría y el experimento.

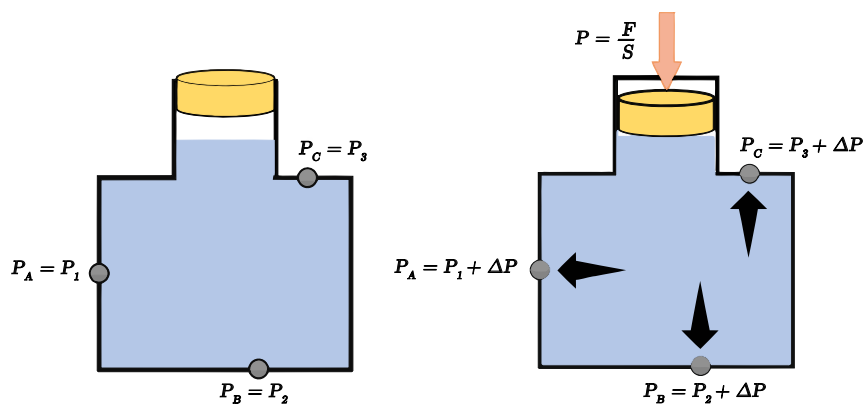


Figura 4: Propuesta del experimento demostrativo del Principio de Pascal.

4.1 Materiales Necesarios

Los materiales requeridos para la realización del experimento son los siguientes:

1. Bolsa hermética no elástica, como puede ser una bolsa de congelado.
2. Conjunto de pesas planas.
3. Móvil con sensor de presión con protección IP68 (que permita ser sumergido), con la aplicación *Phyphox* instalada.
4. Recipiente de plástico para colocar en su interior la bolsa hermética.
5. Herramienta informática para análisis numérico (hoja de cálculo).

4.2 Procedimiento

Para llevar a cabo el experimento, comenzamos llenando una bolsa hermética no elástica (bolsa de congelado en este caso), con agua hasta aproximadamente el 90 % de su capacidad, asegurándonos de eliminar cualquier burbuja de aire que pudiera quedar atrapada en el interior. Colocamos la bolsa llena dentro de un recipiente de plástico para proporcionarle estabilidad y sellamos la bolsa herméticamente para evitar posibles fugas. A continuación, preparamos el dispositivo móvil con la aplicación *Phyphox* instalada. En la Figura 5, se muestra el menú de la aplicación donde se debe seleccionar el modo "Presión" y a continuación le damos a "Ejecutar"

para que tome medidas temporales. Introducimos el móvil dentro de la bolsa, asegurándonos de que quede completamente sumergido en el agua, y registra el valor inicial de presión indicado por la aplicación. Este valor servirá como referencia para los incrementos posteriores.



Figura 5: Menú *Phyxox* utilizado para la realización del experimento.

Con el dispositivo listo dentro de la bolsa y la aplicación registrando la presión inicial, se establece una lectura de referencia (P_0) sin aplicar ninguna fuerza adicional. Esta lectura representa la presión de equilibrio en el sistema cerrado y servirá como punto de comparación para los cambios de presión que se registrarán al ejercer una fuerza en el sistema. Una vez se mantiene durante un tiempo P_0 , aplicamos una presión adicional en la bolsa en diferentes puntos de su superficie. Para ello, se toman medidas con el móvil colocado en dos posiciones distintas dentro de la bolsa, asegurando así que la presión transmitida es uniforme en toda la bolsa, independientemente de la ubicación del sensor. Cuando se coloca la primera masa sobre la bolsa, la aplicación Phyxox muestra un aumento de presión en el móvil (P_1). Este incremento debe ser el mismo en ambas posiciones del móvil dentro de la bolsa, validando que la presión aplicada en un punto de un sistema cerrado se distribuye uniformemente en todas las direcciones. Al repetir el procedimiento con una segunda masa, se observa un nuevo aumento en la lectura de presión (P_2), acorde a la fuerza adicional aplicada. Nuevamente, el hecho de que la presión aumente de manera consistente en ambas posiciones confirma la uniformidad de la transmisión de la presión, independientemente de dónde se aplique la fuerza. Es importante esperar un tiempo para que se establezca la medida y tener varios puntos temporales, es decir un registro continuo del incremento de presión (P_i) [5]. En resumen, se debe de repetir el procedimiento colocando la misma masa en diferentes puntos de la bolsa, como los bordes o en posiciones intermedias, registrando en cada caso los valores obtenidos. Este paso nos permite comprobar si el incremento de presión es uniforme, independientemente del punto de aplicación. En la Figura 6 se muestran ejemplos de la realización de las medidas.



Figura 6: Ejemplo de realización de las medidas experimentales.

Todos los datos obtenidos pueden ser transferidos a una hoja de cálculo para su posterior análisis. Es importante, llevar un registro mediante un cuaderno de laboratorio en el orden y el incremento de masa que se realiza. Para este ejemplo, se han utilizado piezas sencillas de 50 g agrupadas de una en una y en bloques de cuatro para generar incrementos de 50 y 200 g respectivamente. Una vez terminado, la aplicación permite visualizar los datos de forma manual en la aplicación o bien exportarlo como un archivo de texto para ser procesado en cualquier programa de tratamiento numérico (hojas de cálculo, Matlab, etc.). En la Figura 7 se muestra una figura de variación de la presión respecto al tiempo. En la parte izquierda, los registros obtenidos con masas individuales de 50 g y en la de la derecha con incrementos de 200 g.

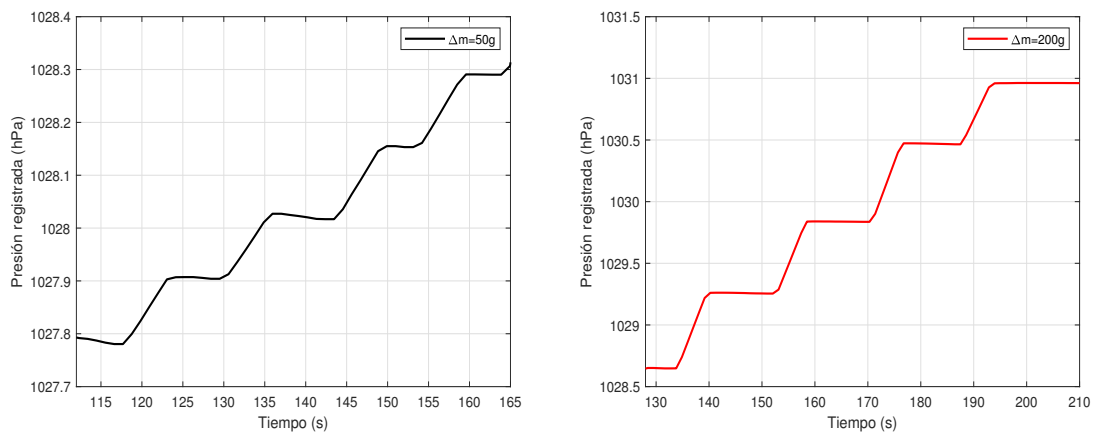


Figura 7: Datos exportados a programa de tratamiento de datos.

En este ejemplo, hemos medido los valores estables para incrementos de 50 g y de 200 g. En la Tabla 1, se muestran los resultados obtenidos cuando los valores de P_i son constantes. Realizando las diferencias entre medidas, se obtiene el incremento del valor de presión. Se puede observar que, para incrementos de 50 g, independientemente de la posición, se provoca un incremento de presión (ΔP) de 0.15 Pa y para los incrementos de 200 g obtenemos 0.60 Pa, es decir 4 veces más. Aunque como se ha mencionado anteriormente, el sensor de presión del móvil no está calibrado para medir debajo del agua, los incrementos de presión son constantes y verifican el Principio de Pascal.

Tabla 1: Resultados obtenidos de presión mediante el sensor de presión utilizando *Phyphox*.

$\Delta m = 50 \text{ g}$		$\Delta m = 200 \text{ g}$	
Valores	Presión (hPa)	Valores	Presión (hPa)
P_0	1028.78	P_0	1028.7
P_1	1027.93	P_1	1029.3
P_2	1028.08	P_2	1029.9
P_3	1028.23	P_3	1030.5
ΔP	0.15	ΔP	0.60

A modo de resumen, en la Figura 8, se muestra un esquema de montaje, medidas y datos exportados. De esta forma queda sintetizado el experimento completo.

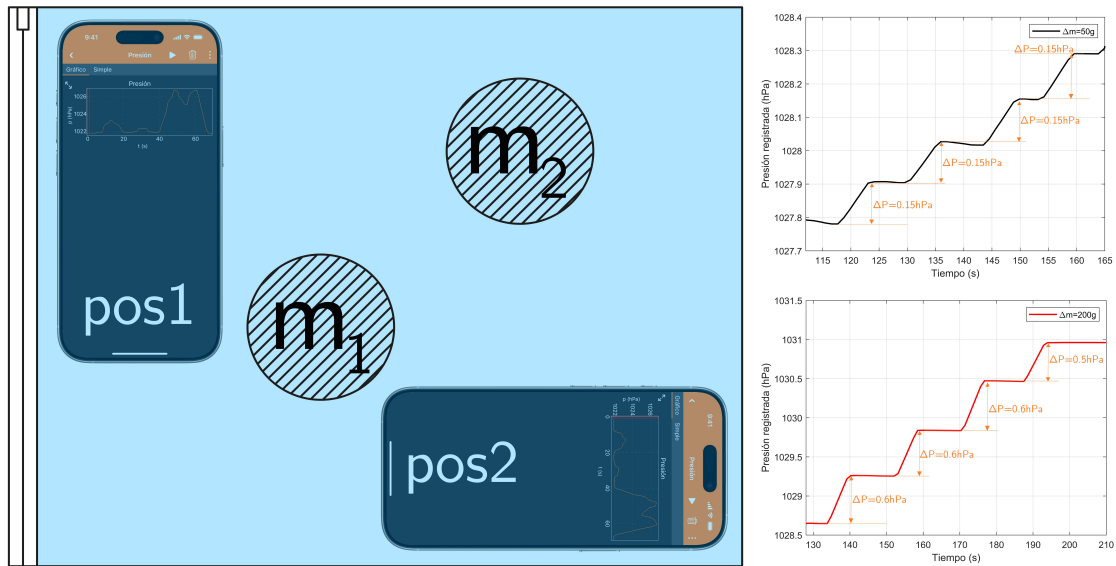


Figura 8: Esquema de realización del experimento.

5 Cierre

A lo largo de este documento, hemos analizado y experimentado el Principio de Pascal mediante un ejercicio sencillo, en el que un dispositivo móvil en una bolsa hermética permite visualizar cómo la presión aplicada en un punto de un sistema cerrado se transmite de forma uniforme a todos los puntos del fluido. Este experimento práctico, basado en herramientas digitales accesibles y abiertas como *Phyphox*, facilita la comprensión de conceptos físicos complejos al hacerlos tangibles e interactivos [6]. Además, esta actividad fomenta en los estudiantes la adquisición de habilidades analíticas y experimentales, integrando teoría y observación práctica para consolidar el aprendizaje de la Física de fluidos.

Referencias

- [1] Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. *Physics Education*, 53(4), 045009.
- [2] Freedman, R. A., & Young, H. D. (2014). *University Physics with Modern Physics* (13.a ed.). Pearson.
- [3] Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2013). *Physics for Scientists and Engineers*. Cengage Learning.
- [4] Pascal, B. (1663). *Traitez de l'équilibre des liqueurs, et de la pesanteur de la masse de l'air*. Guillaume Desprez.
- [5] Cunningham, J., & Herr, N. (1994). *Hands-On Physics Activities with Real-Life Applications: Easy-to-Use Labs and Demonstrations for Grades 8 - 12*. Jossey-Bass.
- [6] Rothwell, J. (2018). Using Smartphones as Experimental Tools in Physics Lessons: Measurement of Gravitational Acceleration and Verification of Pascal's Principle. *Physics Education*, 53(2), 025009.