



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**DESARROLLO CUALITATIVO DE LOS  
CONCEPTOS BÁSICOS DE LA MECÁNICA DE  
FLUIDOS: UNA APROXIMACIÓN AL  
PRINCIPIO DE BERNOULLI**

**JOHN JAIRO FORERO GONZALEZ**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias, Maestría en la Enseñanzas de las Ciencias Exactas y Naturales  
Bogotá, Colombia  
2017

# **DESARROLLO CUALITATIVO DE LOS CONCEPTOS BÁSICOS DE LA MECÁNICA DE FLUIDOS: UNA APROXIMACIÓN AL PRINCIPIO DE BERNOULLI**

**JOHN JAIRO FORERO GONZALEZ**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Director:

Dr.Rer.Nat. José Daniel Muñoz Castaño

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias, Maestría en la Enseñanzas de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2017

*(Dedicatoria o lema)*

*A mi Selene, quien con su luz iluminó las runas que me abrieron los ojos para ver el mundo diferente, demostrándome que el Amor, la perseverancia y la constancia hace mejores científicos.*



## **Agradecimientos**

Agradezco a mi familia por el constante apoyo y paciencia que me brindaron en este tiempo, y por otorgarme el mejor regalo que me pudieron dar: el estudio. Al profesor José Daniel Muñoz por mostrarme la importancia de ser docente crítico y reflexivo de nuestra práctica, contagiarme con su pasión hacia la enseñanza y por su dedicación y valiosos aportes a este trabajo de investigación.

A mi esposa, pues sin sus consejos y su tolerancia no sería el hombre que soy, gracias por entender la locura en la cual estoy sumergido. Y a mi hija, quien con su ternura y alegría me dio la fuerza y la voluntad para terminar mis estudios.



## Resumen

Este trabajo propone y desarrolla exitosamente una secuencia didáctica para la enseñanza del concepto de presión a estudiantes de grado décimo que utiliza el principio de Bernoulli como oportunidad de ilustrar el efecto de la presión en fenómenos sencillos. La secuencia consta de cinco unidades didácticas: *todo está hecho de átomos*, *presión en sólidos*, *presión en gases* (incluyendo gases ideales), *presión en líquidos* y *el principio de Bernoulli*, que se desarrollan con videos, experimentos demostrativos en aprendizaje activo, modelos mecánicos y secciones de clase magistral. La secuencia se implementó con 33 estudiantes del grupo 1003 del Colegio La Aurora I.E.D. de la localidad quinta de Usme, en un diseño pre-experimental con pre-test y post-test, utilizando un test de 16 preguntas diseñado para tal fin y complementado con el análisis cualitativo de las actividades de cierre de cada unidad. Los resultados muestran que los estudiantes comprenden correctamente los principios cualitativos de la presión, tanto en sólidos como en fluidos, y mejoran significativamente sus puntajes, pero tienen grandes dificultades en el reemplazo numérico directo y el manejo de ecuaciones. La secuencia constituye un aporte valioso a la enseñanza de este concepto, que suele omitirse del programa de grado décimo, pero que es parte integral de la formación y base de muchos fenómenos de la vida diaria.

**Palabras clave:** teoría atómica y estados de la materia, presión en sólidos, presión en gases, presión atmosférica, presión hidrostática, principio de Arquímedes, principio de Pascal, principio de Bernoulli.

## Abstract

This work introduces and develops with success a didactic sequence to teach the physical concept of pressure in high school by using Bernoulli's principle as an opportunity to illustrate the effect of pressure on simple phenomena. The sequence consists of five units, namely: *everything is done by atoms*, *pressure in solids*, *pressure in gases*, *pressure in liquids* and *Bernoulli's principle*, which are developed with videos, demonstrative experiments in active learning, mechanical models and regular lectures. It was implemented with 33 10<sup>th</sup> graders of the La Aurora High School in Usme (Bogota, Colombia), in a pre-experimental design with pre- and posttest, with a test of 16 questions, specially designed for this purpose. Results show that the students correctly understand the qualitative concept of pressure, both in solids and fluids, and there is a significative improvement of the test's scores, but they have big difficulties to replace numerical values and hand 1<sup>st</sup> orde equations. The sequence constitutes a valuable contribution to the tiecing of pressure, a concept that is usually omitted from the curriculum of 10<sup>th</sup> degree but is relevant for many daily phenomena.

**Keywords:** atomic theory an states of matter, pressure in solids, pressure in gases, atmospheric pressure, Arquimedes's principle, Pascal's principle, Bernoulli's principle.

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>VII</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>XI</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Características de la población y planteamiento del problema .....</b>	<b>3</b>
1.1 Características del colegio la Aurora I.E.D. y de la comunidad educativa de grado Decimo .....	3
1.2 Conceptos previos de los estudiantes de grado decimo .....	5
1.3 Definición del problema .....	5
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>9</b>
2.1 Objetivo General.....	9
2.2 Objetivos Especificos .....	9
<b>3. Referentes Conceptuales .....</b>	<b>11</b>
3.1 Antecedentes.....	11
3.2 Desarrollo historico del concepto de presión .....	13
3.3 Aspectos Disciplinarios .....	17
3.3.1 Todo esta hecho de Átomos .....	17
3.3.2 Presión en Solidos.....	21
3.3.3 Presión en Gases .....	23
3.3.4 Presión en Líquidos.....	25
3.3.5 Principio de Arquímedes .....	27
3.3.6 Presión Atmosférica .....	28
3.3.7 Principio de Pascal .....	29
3.3.8 Conservación de la masa (Ecuación de continuidad) .....	30
3.3.9 Principio de Bernoulli.....	31
3.3.10 Aplicaciones y consecuencias del principio de Bernoulli.....	33
3.4 Aspectos Didacticos .....	37
3.4.1 Estandares básicos de competencia en ciencias del MEN .....	37
3.4.2 Enseñanza para la Comprensión.....	38

---

<b>4. Diseño de la propuesta Didáctica.....</b>	<b>41</b>
4.1 Elementos de la Enseñanza para la Compensación.....	41
4.2 Generalidades de la propuesta didáctica.....	42
4.3 Secuencia Didáctica.....	43
4.4 Instrumentos de medición (Pre y Post Test).....	48
<b>5. Aplicación de la propuesta y análisis de resultado .....</b>	<b>49</b>
5.1 Elección del grupo de trabajo.....	49
5.2 Tiempo de desarrollo de la propuesta .....	49
5.3 Aplicación de la secuencia didáctica .....	50
5.4 Análisis cualitativo de las evaluaciones por sesión y del trabajo del aula .....	54
<b>6. Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>59</b>
<b>A. Anexo: Guía de Todo está hecho de átomos.....</b>	<b>61</b>
<b>B. Anexo: Guía de presión en sólidos .....</b>	<b>64</b>
<b>C. Anexo: Guía de presión en gases .....</b>	<b>67</b>
<b>D. Anexo: Guía de mecánica de fluidos .....</b>	<b>70</b>
<b>E. Anexo: Guía de mecánica de fluidos (Principio de Bernoulli).....</b>	<b>73</b>
<b>F. Anexo: Fotos de la experiencia .....</b>	<b>76</b>
<b>G. Anexo: Pre y Post Test .....</b>	<b>81</b>
<b>H. Anexo: Resultados pruebas pre y post test.....</b>	<b>86</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>89</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 3-1:</b> Esquema del Experimento de Torricelli [25-28]. .....	14
<b>Figura 3-2:</b> Experimento de Magdeburgo [28]. .....	16
<b>Figura 3-3:</b> a) Estructura molecular del agua b) Puente de hidrogeno [27]. .....	18
<b>Figura 3-4:</b> Distribución de Maxwell Boltzmann para un modelo de moléculas tridimensionales donde se cuenta con tres grados de libertad [35]. .....	20
<b>Figura 3-5:</b> Deformación de un sólido debido a una fuerza perpendicular a la superficie. ....	22
<b>Figura 3-6:</b> Globo sobre una cama de agujas .....	22
<b>Figura 3-7:</b> Diagrama que muestra el choque de partículas sobre las superficies de la caja en espacio cerrado [31]. .....	24
<b>Figura 3-8:</b> a) La fuerza ejercida por el fluido es perpendicular a las paredes del recipiente b) dirección de la fuerza de un fluido sobre un objeto inmerso en él. ....	26
<b>Figura 3-9:</b> Esquema de fuerzas de un pedacito de agua. ....	26
<b>Figura 3-10:</b> Flotación y principio de Arquímedes[29, 34]. .....	27
<b>Figura 3-11:</b> Esquema de una prensa hidráulica [28, 29]. .....	30
<b>Figura 3-12:</b> Diagrama representativo de la conservacion de la Masa . .....	30
<b>Figura 3-13:</b> Esquema de un flujo de un fluido [28]. .....	31
<b>Figura 3-14:</b> Diagrama del tubo de Venturi [25]. .....	33
<b>Figura 3-15:</b> Esquema de Atomizador [38]. .....	33

---

<b>Figura 3-16:</b> Flujo del aire alrededor de un corte transversal de un ala de un avión [39]. .....	34
<b>Figura 3-17:</b> Funcionamiento de la lengüeta de un clarinete.....	35
<b>Figura 3-18:</b> Tres experimentos demostrativos con un secador de pelo que ilustran el principio de Bernoulli .....	36
<b>Figura 3-19:</b> Efecto Magnus [27] . .....	37
<b>Figura 5-1:</b> Fotos de los estudiantes realizando el trabajo de clasificación. ....	50
<b>Figura 5-2:</b> Practica de la bomba y la cama de puntillas . .....	51
<b>Figura 5-3:</b> Esquema de los promedios de las respuestas correctas de la prueba de entrada y salida. ....	56

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 3-1:</b> Competencias propuestas por el MEN que tienen relación con la física de fluidos [11,12].....	37
<b>Tabla 5-1:</b> Consolidado estadístico de la prueba de salida. ....	55
<b>Tabla 5-2:</b> Prueba de normalidad del test de entrada y salida .....	57
<b>Tabla 5-3:</b> Prueba del t student al test de entrada y salida .....	57
<b>Tabla H-1:</b> Consolidado de resultados de la prueba de entrada aplicado a los estudiantes de 1003. ....	86
<b>Tabla H-2:</b> Consolidado de resultados de la prueba de salida aplicado a los estidiantes de 1003 . ....	87



# Introducción

Los procesos de enseñanza - aprendizaje de las ciencias que se dan en el aula de clase suelen estar desligados de los conocimientos previos que tienen los alumnos, desconociendo que cada uno de ellos se mueve en entornos culturales distintos y que interpretan de forma diferente los fenómenos que se le presentan [1]. El docente se suele limitar a transmitir verbalmente los conocimientos, y deja al estudiante relegado a un papel meramente de grabación, como si tuviese una mente que se puede formatear para adquirir y continuar con el conocimiento científico y el fin de la educación fuese llenar esa mente de información para que los alumnos la reproduzcan de la forma más fiel posible. En cambio, hay que construir los conceptos a partir de sus ideas previas, mejorando su intuición y enseñando a inferir lógicamente en el proceso, hasta el punto de que pueda utilizar estos conceptos para modelar y predecir situaciones de su vida cotidiana. Esto requiere un cambio profundo de las estructuras conceptuales y de las diferentes estrategias que se emplean para enseñar ciencia. Como lo afirma Pozo: *“La labor de la educación científica es lograr que los alumnos construyan en las aulas actividades, procedimientos y conceptos que por sí mismos no lograrían elaborar en contextos cotidianos y que, siempre que esos conocimientos sean funcionales, los transfieran a nuevos contextos y situaciones”* [2].

La enseñanza del concepto de presión no es ajena a este diagnóstico. Los estudios realizados hasta el momento se centran en el desarrollo del concepto a nivel macroscópico [3 - 7], y a nivel microscópico, la explicación de este concepto se deja a la termodinámica para explicar conceptos mucho más elaborados como la ley de los gases o la explicación del movimiento Browniano [8 - 10]. Sin embargo el tema de presión no se trata como un todo en todos los estados de la materia, sino fragmentada dependiendo del interés que el autor tenga, es decir, depende del tema que se trate. En este trabajo se considera que el concepto de presión es fundamental para construir y comprender los conceptos que encierran los comportamientos de la materia en sus diferentes estados y para construir el principio de Bernoulli y la dinámica de fluidos [11, 12]. Además, El tema de la mecánica de fluidos se encuentra descuidado por algunos currículos, aunque se encuentra en los

lineamientos curriculares y los estándares como fundamental para el avance científico y tecnológico de los estudiantes, pues se encuentra al final del programa de décimo, y raramente alcanza a ser visto en el curso.

Debido a esto se hace necesario buscar nuevos enfoques que permitan replantear los procesos de enseñanza-aprendizaje, en donde el maestro quiera enseñar, mostrar una actitud activa y reflexiva en su labor y el estudiante quiera aprender, sin descartar las ideas previas que tienen, que salen de su experiencia [14]. La enseñanza para la comprensión (EpC) reúne todos estos factores que permiten que el estudiante sea el que construya el conocimiento con ayuda del maestro, permitiendo resolver situaciones nuevas, crear nuevas cosas, es decir actuar flexiblemente con saber [15]. Siendo EpC un marco indicado para que los estudiantes comprendan cualitativamente los conceptos básicos de la mecánica de fluidos y así logren apropiarse de su conocimiento y sean autónomos en su proceso de enseñanza, y también para que el maestro en su necesidad de enseñar logre ir “más allá” convirtiéndose en un investigador de su aula y de los contenidos que enseña, buscando ampliar de manera sistemática el conocimiento de manera disciplinar [15].

El objetivo del presente trabajo es desarrollar una secuencia didáctica para construir de manera cualitativa el concepto de presión y su uso en la mecánica de fluidos, apoyado en el modelo de EpC. La atención se centra en la manera como los estudiantes construyen los conceptos básicos de presión y temperatura, utilizando los modelos que manejan desde su entorno y su argumentación a la hora de exponer y defender sus ideas. Se elaboraron cinco unidades que se desarrollaron en 14 clases, yendo desde el estudio molecular hasta los fluidos en movimiento. La secuencia se implementó con estudiantes de grado décimo del Colegio La Aurora I.E.D. en un diseño pre-experimental con pre-test y pos-test, logrando una mejora estadísticamente significativa en el desempeño de los estudiantes.

# **1. Características de la población y planteamiento del problema**

## **1.1 Características del colegio la Aurora I.E.D. y de la comunidad educativa de grado Decimo**

El colegio distrital La Aurora I.E.D. se encuentra ubicado en la localidad de Usme, al sur-orientado de Bogotá, más exactamente en el barrio La Aurora, que es un sector tradicionalmente comercial y residencial, por lo que la mayoría de los estudiantes viven en el mismo sector o en barrios vecinos. Aunque el estrato socioeconómico correspondiente a estos lugares es uno y dos, las posibilidades económicas de la mayoría de la población estudiantil les permiten acceso a libros, fotocopias e internet, además de solventar sus necesidades básicas.

El colegio está organizado a nivel académico en cuatro ciclos, distribuidos en dos ciclos para primaria y dos para bachillerato. En el ciclo IV, formado por los grados Noveno, Décimo y Undécimo, se empieza a ver el programa de física como tal, aunque en grados inferiores ya se han visto algunos conceptos, integrados a la asignatura de biología. El horario que maneja el colegio son cuatro bloques de clase al día, de 85 minutos cada uno, con un descanso de media hora entre el segundo y el tercer bloque de clase. Aunque algunos años atrás se manejaban tres especialidades (biotecnología, artística y empresarial), ya hace dos años que se eliminó la biotecnología, y las dos especialidades que en la actualidad permanecen se ven en contra-jornada, lo que posibilitó mayor intensidad horaria en las ciencias naturales (biología, física y química). En física, la intensidad horaria está repartida ahora en dos bloques de clase a la semana para los grados novenos y en tres para los grados décimos y undécimo, lo que permite mejorar el acompañamiento a los estudiantes y la profundidad de los temas que se ven.

El plan de estudios de la asignatura de física está distribuido en cinemática, para grado noveno; la mecánica newtoniana, la conservación de la energía, la termodinámica y la mecánica de fluidos, para grado décimo, y fenómenos ondulatorios, electromagnéticos y nociones de física moderna, para grado once, en concordancia con los lineamientos curriculares [17] y los estándares básicos de competencia del Ministerio de Educación Nacional [18]. Los fenómenos de la mecánica de fluidos no se abordan con el tiempo suficiente, ya que se ven en el último periodo de grado decimo, y en las dinámicas institucionales este es el periodo más segmentado, por la cantidad de actividades extra, lo que dificulta la enseñanza de este tema con la profundidad requerida. El tema tampoco se retoma en grado once, ya que los temarios en este grado son bastantes extensos para alcanzar verlos antes de las pruebas externas realizadas por el ICFES.

Los 34 estudiantes del curso 1003 de la jornada de la tarde con quienes se implementó la propuesta durante el segundo semestre de 2014 tienen edades entre 14 y 18 años, de los cuales 17 son hombres y 17 mujeres. En su mayoría, se caracterizan por su interés hacia los fenómenos físicos desconocidos, su motivación hacia los experimentos y simulaciones. Sin embargo, se les dificulta modelar fenómenos y hacer análisis cualitativo y cuantitativo de ecuaciones y gráficas. En cuanto a la solución de problemas, buscan realizar operaciones mecánicamente, usando la calculadora, pero sin analizar por qué lo hacen.

Con relación a las actividades extra-clase hay bastante irresponsabilidad, pues solo el 10% de los estudiantes las desarrollan a conciencia, un 60% las copia en el colegio y los demás no las realizan. Para mejorar este aspecto, se intentó poner tareas cortas de consulta en internet o de resolución de problemas (1 ó 2 ejercicios), pues el uso de la tecnología resulta ser muy importante en el entorno en el que se maneja el estudiante; sin embargo, solo el 30% las realiza. De manera que surge la paradoja de por qué si se tiene dominio de las herramientas virtuales no logran hacer una tarea en línea o que requiera de un computador.

Entre los estudiantes se percibe un problema de motivación hacia el estudio y una mala percepción de las ciencias naturales y las matemáticas, que se evidencia en los índices de deserción y retención escolar durante los últimos años. En efecto, el nivel de mortandad dentro del área de ciencias en general es bastante elevado (alrededor del 40% en el colegio), y una de las asignaturas con mayor dificultad en el último ciclo de la institución es

Física. Como consecuencia, se adolece de falta de cultura científica tendiente a formar la actitud científica en los estudiantes, o como mínimo motivación e imágenes positivas de la ciencia y el quehacer científico.

## **1.2 Conceptos previos de los estudiantes de grado Decimo**

En relación con los conceptos previos que tienen de la asignatura, cuando los estudiantes llegan a la implementación de la secuencia ya manejan conceptos como fuerza, trabajo y energía, que son necesarios en la construcción de los conceptos básicos de la mecánica de fluidos y, aunque tengan dificultades en procesos matemáticos, su nivel de comprensión es muy bueno, lo que les permite ver el fenómeno con mayor objetividad y certeza en la explicación y la aplicación a su entorno. La dificultad para comprender el lenguaje científico, que obstaculiza el proceso para conceptualizar y construir significados coherentes con el saber científico, es debida a la falencia que tienen en hábitos de lectura, ya que para ellos la actividad de leer es poca atractiva y aburrida. En este sentido, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física de fluidos se debe partir de la base de que los significados que han construido para conceptos como temperatura, presión, fuerza, trabajo y energía (entre otros) parten de su experiencia de cotidiana, y no de lo que hayan leído.

A nivel de las matemáticas presentan dificultad en el manejo de proporciones y en el cálculo de operaciones básicas con fracciones, números decimales y cantidades expresadas en notación científica. El no tener dominio sobre el álgebra necesaria para realizar despejes de ecuaciones genera complicaciones en la resolución de problemas. En cuanto a la construcción de gráficas, la mayoría utiliza la escala adecuada y ubica correctamente parejas ordenadas. Además, se ha observado una buena interpretación de las gráficas, pero de las ecuaciones. Esta buena interpretación de la información gráfica aprovechará para el estudio de la presión y sus relaciones.

## **1.3 Definición del problema**

La construcción de conocimiento de forma escalonada implica tomar primero las ideas intuitivas de los estudiantes para hacer luego un reconocimiento cualitativo de cada concepto y poder llegar finalmente a una comprensión cuantitativa del mismo. Este también

es el caso del tema de los fluidos, pues los fenómenos del agua, del aire y de los gases son todos, parte de la experiencia cotidiana, y por lo tanto todos tenemos ideas y modelos para explicarlos. En efecto, aunque los estudiantes no han sido instruidos sobre estos contenidos, tienen explicaciones sobre los aspectos más elementales relacionados con los fluidos, que en su mayoría no coinciden con el conocimiento científico que se desarrolla en la escuela. Estas primeras ideas y explicaciones sobre los fenómenos son generadas por la curiosidad y su entorno, que en alguna medida contienen elementos correctos por ser el primer acercamiento visual al conocimiento científico, también los pueden llevar a predicciones erróneas, por ello necesitan de una formación conceptual que les ayude a modificar sus explicaciones para hacerlas más generales y acertadas a la realidad del fenómeno. Estas ideas previas son la materia prima para iniciar la construcción. El objetivo, por lo tanto, no es reemplazarlas, sino modificarlas y moldearlas, hasta darles la estructura correcta construida por la ciencia. La labor del docente es diseñar a partir de allí una secuencia de construcción que le permita al estudiante, a partir de sus intuiciones, mejorar y elaborar sus conceptos a través de situaciones problemáticas, experimentos demostrativos, videos u otras actividades que permitan discutir y modificar sus ideas, hasta obtener una estructura capaz de predecir las situaciones más diversas. Los conceptos en física son ideas cualitativas, y es por esto que la construcción de los conceptos es en esencia cualitativa. Los modelos matemáticos no tienen otra finalidad que aumentar la precisión de nuestras predicciones, hasta el nivel de poder decir, no sólo qué va a pasar, sino cuánto va a dar cuando lo midamos.

Este enfoque requiere de un cambio profundo de las estructuras conceptuales y de las diferentes estrategias que se emplean para enseñar ciencia. Lograr que los alumnos aprendan ciencia requiere cambios que deben analizarse constantemente para saber si resultan efectivos o no para el aprendizaje. Esto deja a las instituciones y al docente con una responsabilidad de encontrar nuevas formas que le permitan al estudiante construir modelos que le permitan predecir, incluso en su vida cotidiana, y que cambien su concepción del mundo. A la luz de estas situaciones se plantea como pregunta orientadora, la siguiente:

¿Cuál podría ser una estrategia didáctica para la enseñanza cualitativa de los principios básicos de la mecánica de fluidos, que le permita al estudiante construir

los conceptos y explicar y predecir cualitativamente fenómenos cotidianos relacionados con ellos?

En respuesta a este interrogante se pretende implementar una propuesta didáctica alternativa para enseñar la mecánica de fluidos, que potencialice la comprensión de conceptos y temas que pocas veces se abordan en grado decimo y que probablemente pueden desarrollar actitud científica en los estudiantes y por ende generar imágenes y modelos explicativos próximos a los de la ciencia. La propuesta didáctica hará énfasis en lo cualitativo, pues más que fórmulas se pretende dar a los estudiantes un conjunto de imágenes mentales que les permitan intuir correctamente lo que sucede en situaciones relacionadas con la presión.



## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Diseñar una estrategia didáctica para la enseñanza cualitativa de los principios básicos de la mecánica de fluidos que le permita explicar y predecir correctamente fenómenos cotidianos relacionados ellos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los conceptos básicos de la mecánica de fluidos y sus relaciones de precedencia.
- Identificar los saberes de los estudiantes de grado décimo del colegio La Aurora IED, sobre estos conceptos y el comportamiento de los fluidos en general.
- Diseñar la estructura secuencia de la estrategia didáctica con base en los conceptos identificados y los saberes de los estudiantes.
- Implementar la estrategia didáctica diseñada y evaluar su eficacia en este caso particular de aplicación.



## **3. Referentes Conceptuales**

### **3.1 Antecedentes**

Dentro de los trabajos realizados para la didáctica de la mecánica de fluidos, La propuesta didáctica [19] aborda el estudio de los procesos físicos en el transporte de fluidos a través del sistema circulatorio. El trabajo integra conceptos interdisciplinarios, como la física, la biología y la medicina y supone la posibilidad de que los estudiantes encuentren significado a lo que van aprender, ya que se establece un vínculo tangible entre un concepto (densidad, energía y presión) y los procesos físicos que se dan en el cuerpo humano. Para ello implementa actividades como la lectura, realizar cuadros comparativos, mapas conceptuales y algunos problemas matemáticos. Encuentra que al realizar un cambio en la estructura de enseñanza (para este caso utilizan aprendizaje significativo) los estudiantes logran un desarrollo paulatino de las concepciones de presión y cómo estos se pueden trasladar a otros campos del saber. También concluye que al generar una propuesta interdisciplinaria les da otra visión de ver la ciencia.

Otro trabajo publicado en el 2005 [20], analiza las dificultades más frecuentes conceptuales y procedimentales que presentan los alumnos al estudiar el concepto de presión y su aplicación al estudio de los fluidos en equilibrio (flotación). Para eso propone actividades en las que incluyen la detección de ideas previas, la reflexión grupal en la que interactúan con sus compañeros, la realización de actividades procedimentales involucradas en experiencias sencillas, la realización de actividades de lectura y búsqueda de información en textos. Este trabajo solo se enfoca en mirar estas dificultades, pero no ofrece un método para solucionar o superar estas falencias. Ellos concluyen que los estudiantes no logran diferenciar conceptos como fuerza y presión, o, peso y empuje, no logran hacer relaciones y presentan limitantes de análisis y de lograr trasladar dicho conocimiento a otros escenarios. También proponen que las actividades que se propongan deben enmarcar una

ruta en la cual el estudiante pueda debatir sus ideas, pero sin que se salgan del tema que se está tratando.

Determinando como los niños interpretan las propiedades de los gases en un marco del campo de la mecánica utilizando definiciones como fuerza, se encuentra otro trabajo [21] donde se proponen una serie de experimentos para que los estudiantes relacionen el movimiento de los gases con la interacción entre sus partículas. En sus interpretaciones experimentales, los niños de 11 a 13 años hacen hincapié en que el movimiento es una causa de la presión dentro de un gas, y también genera un cambio en la presión. Esto les lleva a expresar marcos que se han observado de manera similar por Piaget y otros autores. Por ejemplo, se cree que el movimiento de aire en una dirección es causada o se puede generar por una fuerza específica en una dirección; Del mismo modo, el estado de equilibrio, eso quiere decir que cuando un gas está en reposo o se cree que no se está moviendo, es porque no hay fuerza en ese gas. Las interpretaciones de varios experimentos relacionados con la presión de aire se analizan teniendo en cuenta la edad de los estudiantes y las entrevistas individuales llevadas a cabo después de los experimentos realizados.

Una investigación que se hizo en los estudiantes de los primeros semestres de universidad [22], busca mirar las habilidades que tenían para conceptualizar, describir y analizar las explicaciones que tienen sobre la presión hidrostática, basados en sus concepciones previas. Desarrollaron talleres en que primero los estudiantes realizaron de forma individual y después de forma grupal y después de analizar estos resultados, diseñaron otros talleres y los contrastaron. Concluyeron que los estudiantes logran confundir la presión con la fuerza, la relación con la altura y no diferencian presiones cuando están dos líquidos en contacto, es decir no saben cuál es la causa de que en un líquido tenga presión. Concluyen que han escuchado el término de presión pero no relacionan su definición y creen que la fórmula de la presión hidrostática soluciona cualquier fenómeno de fluidos incluyendo los fluidos en movimiento. Sugieren que para confrontar estas falencias se diseñen estrategias que los estudiantes logren confrontar con sus ideas previas y haya un cambio en su pensamiento.

Otro estudio de investigación sobre las concepciones y reflexiones que tienen los estudiantes, sobre la concepción de presión aplicada a fluidos estáticos, se publicó en el 2004 [23]. En este estudio se realizan actividades como entrevistas y observaciones que

permiten analizar las ideas que tienen los estudiantes sobre estos fenómenos. Este artículo lo hacen en tres países europeos entre estudiantes y profesores en formación. Ellos encuentran que los estudiantes tienen concepciones difusas como que relacionan fuertemente la presión con la idea de peso y terminan confundiendo esta definición hasta con la masa y resalta que los estudiantes no logran generalizar fenómenos relacionados con la presión, sienten que estos hechos no se relacionan uno con otro y ven cada situación como aislada. Enfatizan que los estudiantes no tienen claro cómo se relaciona la presión con el comportamiento de los fluidos, debido a su composición estructural. Concluye que hay que generar estrategias en el cual los estudiantes logren cambiar sus concepciones previas y logren explicar el mismo concepto en diferentes escenarios.

### **3.2 Desarrollo histórico del concepto de presión**

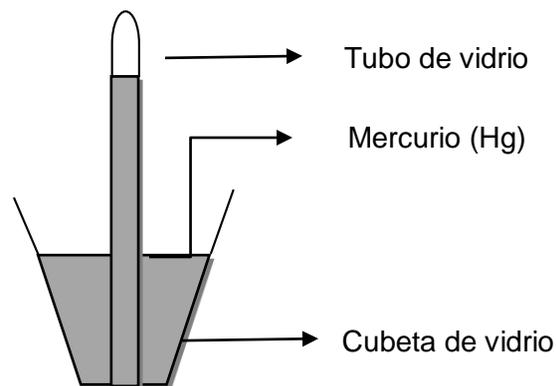
El concepto de presión en fluidos se desarrolla a partir del vacío, cuya existencia fue planteada desde la antigüedad por los atomistas. Demócrito fue el primero en hablar de átomos, corpúsculos indivisibles, que formaban toda la materia existente, pero para que los cuerpos pudieran moverse o partirse era necesario que estos átomos estuviesen rodeados por un espacio en el cual no podían existir nada, y a eso lo denominó vacío [24,25]. El vacío desafiaba toda escala de mediciones hasta el momento, ya que escapaba a los sentidos (pues no se podía ver o tocar), lo que generó mucha controversia alrededor de su existencia.

Aristóteles no pudo concebir la idea de vacío, ya que el espacio define el límite de los cuerpos, sin objetos el espacio no puede existir, es decir, un objeto es y el vacío no es y por lo tanto no puede existir, afirmando “La naturaleza tiene aversión al vacío y está libre de él” [27]. También afirmaba que los objetos solo pueden estar en el mundo sublunar el cual está compuesto por los cuatro elementos (tierra, aire, fuego, agua) y cada uno de los elementos ocupa su propio espacio y solo se podría sacar de ese espacio de una manera violenta, es decir, por una fuerza que se ejerza sobre el elemento [25, 26]. Un elemento en su espacio carece de fuerzas que actúen sobre él, carece de peso, debido a esto el aire no tiene peso en su condición normal y no ejerce ninguna fuerza sobre los cuerpos (no ejerce presión), porque de ser así nos aplastaría. Para confirmar si el aire pesa o no pesa Aristóteles realizó un experimento y para ello utilizó odres inflados y desinflados y no encontró ninguna variación que le permitiera concluir que el aire pesa, y si este no pesa

no puede ejercer una fuerza sobre la superficie del agua. Lo que no tuvo en cuenta fue que en ambos casos al pesar odres inflado y desinflado sobre la balanza tenía aire alrededor y según Arquímedes el empuje es igual al peso del aire desalojado y por eso aparentemente el aire no pesa [26]. Estas ideas del pensamiento de Aristóteles de explicar los fenómenos del entorno fueron aceptadas por los pensadores de la edad media, que siguieron creyendo la no posibilidad de la existencia del vacío, poniendo también al atomismo como algo que no puede existir, ya que es una aberración contra la palabra de Dios (creacionismo), y dejándole solo a él, dentro de su poder omnipotente, la posibilidad de crear. Estos pensadores afirmaron “Natura horret vacuum” “La naturaleza tiene horror al vacío” [26].

Después de un tiempo hubo pensadores que empezaron a cuestionar las teorías de Aristóteles en la interpretación del mundo, uno de ellos fue Galileo Galilei, quien hizo muchos aportes a la física sobre todo en el estudio del movimiento. Cuando estaba realizando una máquina para bombear agua, después de hacer ciertas mediciones, descubrió que el agua subiría por el tubo hasta cierto límite, él registró que el agua sube hasta una altura de 10 metros [28], lo que le hizo pensar que había algo que evitaba que el agua superara esta altura. Como no podían explicar los fenómenos de succión algunos afirmaron que se debía al “Natura horret vacuum”. Pero había otros que empezaron a rescatar la idea del peso del aire. Galileo realizó experimentos para mirar la posibilidad de que el aire pesaba y para ello utilizó vejigas de cerdo, una en condiciones normales y la otra llena de aire comprimido, demostrando que existe una variación de peso entre las vejigas [26], pero no relacionó este fenómeno con lo que ocurría con la bomba de agua y el límite de altura.

*Figura 3-1. Esquema del experimento de Torricelli*



Torricelli recogiendo las ideas de Galileo, se dio a la tarea de explicar la interrogante del por qué el agua solo sube una altura de 10 metros y en 1643 con la idea de que si utilizaba un líquido más denso esa altura disminuye [25 - 28], diseña un experimento que consistía en llenar con mercurio (más denso que el agua) un tubo de vidrio cerrado herméticamente por un lado, y posteriormente invertirlo, tapado, poniendo la boca abierta dentro de una cubeta con mercurio, para luego destaparlo (figura 3-1). El mercurio se mantenía dentro del tubo a una altura de 76 cm, dejando una porción sin llenar en la punta. Demostrando que el aire si pesa ejerciendo una fuerza sobre la superficie del líquido manteniendo la altura del líquido dentro del tubo. El mérito de Torricelli fue saber interpretar de manera diferente el fenómeno y demostrando que el peso del aire se puede traducir como la presión que hace este sobre un objeto. Obviamente fue criticado por los filósofos de ese tiempo ya que ese espacio que antes estaba ocupado por el mercurio y que al bajar por el tubo, no habría nada que pueda ocupar dicho espacio, solo se podía imaginar que no hubiera nada (vacío), que le llamaron vacío de Torricelli [26], y que horrorizaba tanto en su momento a Aristóteles, ya que habían diferentes opiniones. Unos creían que el vacío sí existía, pero no podían concebir que el aire pesase en el aire, y otros negaban rotundamente el vacío desde dos perspectivas: la primera desde la visión aristotélica, argumentando que en la parte superior quedaba una partícula de aire que se expandía por ese espacio, y la segunda desde la visión cartesiana, suponiendo que una materia sutil o éter penetraba por los hipotéticos poros del vidrio. Pero Descartes cuando explica su teoría de vórtices de alguna manera implícita acepta que el aire si pesa [28].

El vacío de Torricelli trajo muchos curiosos que concebían alguna posibilidad de entender el vacío. Pascal, quien defendía que el aire si pesa realizó experimentos del Puy de Dome [26]. Sujetó unos tubos de 14 metros de largo a los mástiles de los barcos, los llenó uno con agua y el otro con vino, al preguntar la gente le dijo que el vino quedaría debajo del agua y al realizarlo no ocurrió eso, y se lo atribuyo al peso específico de cada líquido, ya que el peso específico del agua es mayor que la del vino. Pero quería demostrar que realmente el peso del aire si existía y el causante de la presión atmosférica, para eso pensó que tenía que hacer el experimento de Torricelli en el vacío. Pascal imagino que si la presión del aire era la que generaba la columna, en ausencia de esta no se genera. Para estos realizó un experimento en una montaña aconsejado por Descartes colocando entre la base y la cumbre de la montaña varios experimentos de Torricelli, y observo que entre

el primero que estaba en la base y el último que estaba en la cima disminuía. Este experimento convenció a Pascal de que Torricelli tenía razón y el aire si tenía peso [28].

El científico alemán Otto Von Guericke 1654 [26] quiso demostrar la fuerza de la presión atmosférica, para ello ideó un experimento conocido como "los hemisferios de Magdeburgo", el cual consiste en dos medios cascarones de cobre que se unen y se les extrae el aire, y cada uno de los hemisferios es atado a unos caballos (figura 3-2). Los caballos halaron los cascarones con toda su fuerza, pero no pudieron ser separados, lo que demostró la fuerte actuación del peso del aire (la presión atmosférica) sobre el exterior de los mismos, teniendo en cuenta que al sacar todo el aire se generaba vacío, demostrando que si existe y que fue negado durante 2000 años [25, 28].

*Figura 3-2 Experimento de Magdeburgo [28]*



Más adelante el concepto de presión se utilizó para el estudio de los gases relacionando este concepto con volumen y temperatura de forma macroscópica [24, 25, 28]. Algunos científicos observaron el sistema dejando uno de los tres constante y variaba los otros dos conceptos. Como lo hizo el científico francés Gay-Lussac [26], quien analizó procesos donde permanece el volumen constante, variando la presión y la temperatura del sistema, y encontró una relación directamente proporcional. El físico irlandés Robert Boyle y el físico francés Edme Mariotte [26], estudiaron procesos a temperatura constante, mientras variaban la presión y volumen y encontraron que la relación es inversamente proporcional. El científico francés Jacques Charles estudio el comportamiento de un gas dejando la presión constante y variando el volumen y la temperatura, concluyendo que estos son directamente proporcionales. Finalmente al físico holandés Van der Waals, quien trabajó en la ecuación de estado y logro generalizar la relación P, V, T [28].

El concepto de presión también ayudo para describir el comportamiento de los fluidos tanto en reposo como en movimiento, como lo plantea Daniel Bernoulli donde define la presión como la fuerza normal que realiza un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene, tratándose de un fluido en reposo y cuando este fluido se encuentra en movimiento la presión disminuye si la rapidez del fluido es muy grande [28-30]. Johann Bernoulli analiza al fluido como un continuo y para que esto se dé, introduce una idea de que el fluido debe tener una presión interna, idea que le pareció interesante a Euler ya que si existe esta presión entonces debemos estudiar, desde un punto de vista microscópico (modelo molecular), la presión y la temperatura para saber cómo se comporta el sistema [31]. Daniel Bernoulli analiza que al estudiar un fluido como lo plantea Euler habría una gran cantidad de moléculas interactuando unos con otros y que para describir este tipo de comportamiento de  $N$  partículas se necesita de un modelo estadístico [31]. El concepto de presión se amplificó al desarrollar el modelo molecular de los gases, con los trabajos realizados por el físico austriaco Ludwig Boltzmann, quien encontró que la presión es proporcional a la energía de traslación media de las moléculas (Temperatura), y al número de partículas por unidad de volumen [31].

De esta descripción histórica-epistemológica se puede concretar que el concepto de presión nace a partir de la persecución experimental del vacío, no obstante la idea de la presión se mantuvo y fue atractiva para estudio de los científicos, dada su constancia en la naturaleza y aplicabilidad al desarrollo de la ciencia-tecnología.

### **3.3 Aspectos Disciplinarios**

#### **3.3.1 Todo está hecho de Átomos**

Vivimos en un nivel existencial delimitado por nuestros sentidos, pero existen otras escalas de realidad a las que podemos acceder a través de instrumentos. Una de ellas es el mundo microscópico de los átomos. Todo está hecho de átomos. Un átomo es la unidad más pequeña de materia que puede ser separada de las demás por reacciones químicas [24]. Una molécula es un arreglo entre varios átomos que forman sistemas estables, y muchas

de sus propiedades físicas y químicas derivan de la forma en que se unen los átomos de sus moléculas.

Cada molécula de agua, por ejemplo, está compuesta por dos átomos de hidrógeno que se enlazan con un átomo de oxígeno ( $H_2O$ ). Los seis electrones de valencia del oxígeno se encuentran distribuidos en cuatro orbitales, dos con dos electrones y dos con un solo electrón, que se alejan espacialmente lo más posible entre sí, formando los vértices de un tetraedro (Figura 3-3a). Los orbitales con un solo electrón se enlazan con sendos átomos de hidrógeno para formar la molécula de agua, compartiendo sus electrones en enlaces covalentes, y por eso los átomos de hidrógeno forman con el oxígeno un ángulo de  $104.5^\circ$ . Como el oxígeno es muy electronegativo, los electrones de estos enlaces están con mayor probabilidad cerca del oxígeno que del hidrógeno, por lo que éstos quedan con una carga superficial positiva. Los dos orbitales restantes del oxígeno, que tienen dos electrones cada uno, tienen una carga superficial negativa y, por lo tanto, pueden atraer a los átomos de hidrógeno de otras moléculas de agua, estableciendo lo que se conoce como un *punte de hidrógeno* (Figura 3-3b). Estos puentes forman la estructura tridimensional del hielo, llena de grandes espacios vacíos, que hacen que el hielo flote en el agua.

Figura 3-3 a) Estructura molecular del agua      b) Puente de Hidrogeno



Todas las sustancias simples, como el agua, aparecen en nuestra vida cotidiana en tres estados: sólido, líquido o gas. La materia en estado sólido mantiene forma y volumen, un líquido mantiene volumen pero no forma y un gas cambia de forma y ocupa el volumen total del recipiente que lo contiene. A nivel microscópico una estructura en estado sólido está compuesta por átomos que se encuentran fuertemente unidos unos con otros, lo que le permite conservar su forma y volumen, aunque sus átomos vibren alrededor de sus posiciones de equilibrio. En estado líquido, las moléculas se unen en agrupaciones que

llamamos “*clusters*”, de 4 a 20 moléculas cada una [32], que se deforman y se deslizan unas sobre otras, de manera que el sistema fluye adecuándose a cualquier forma, pero conservando su volumen. En cambio, en los gases las moléculas son libres de moverse independientemente, chocando unas con otras y con las paredes del recipiente que lo contiene, y por eso un gas no tiene forma ni volumen definido.

Podemos hacer un símil del comportamiento molecular de la materia en sus diferentes estados con una caja de madera y unas canicas, cuando tenemos la caja en reposo y las canicas cubriendo su superficie podemos ver que estas guardan una estructura sólida y fija, como se aprecia la materia en estado sólido. Si movemos la caja con un movimiento leve pero constante, se aprecia que las canicas empiezan a moverse de una manera organizada no conservando una estructura rígida como antes, pero si se forma grupos de canicas conservando alguna estructura, como ocurre en un líquido. Ahora si a ese sistema, caja canicas, se empieza a mover fuerte y azarosamente las canicas se mueven por toda la caja de forma aleatoria, y sus trayectorias no son definidas, como se comporta un gas.

Una evidencia experimental de la existencia de las moléculas es el movimiento Browniano [31, 33]. Este fenómeno fue visto por primera vez por el botánico Robert Brown en el siglo XIX. El experimento consiste en observar al microscopio granos de polen o virutas de estaño en suspensión dentro de un líquido, y comprobar que éstos se mueven aleatoriamente. Este comportamiento del movimiento azaroso no se pudo explicar hasta que en 1905 Albert Einstein mostró que el movimiento se genera por los choques producidos por las moléculas de agua que rodean a cada grano en suspensión. Esta es una de las primeras evidencias experimentales de la existencia de los átomos [32].

La energía cinética de los movimientos de vibración, traslación y rotación de todas las moléculas son lo que llamamos *energía cinética interna* [31]. En un cuerpo en estado sólido, esta energía corresponde principalmente a las vibraciones de los átomos alrededor de sus posiciones de equilibrio; en el líquido, corresponde a los desplazamientos, rotaciones y vibraciones de los clusters, y en los gases, a las rotaciones y traslaciones de las moléculas individuales. Este concepto coincide muy bien con lo que los niños identifican como calor: un vaso de agua hirviendo tiene para ellos el doble de esta energía que medio vaso de agua hirviendo, y entre mayor sea la temperatura, mayor es la “cantidad de calor” que contiene. Lastimosamente, la evolución histórica de la termodinámica terminó asignándole el nombre de *calor* a otro concepto, relacionado con el trabajo [25, 32].

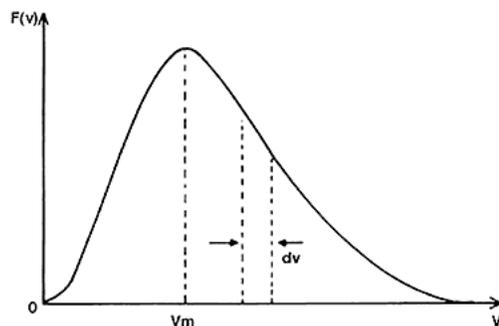
La *temperatura* no es más que una medida de la energía cinética por grado de libertad o, aproximadamente, de la energía cinética por molécula. Una molécula de un gas noble, como el He, sólo necesita de tres variables para dar su posición (x, y, z), por lo que decimos que tiene tres grados de libertad. En cambio, una molécula diatómica, como CO, O<sub>2</sub> o N<sub>2</sub>, no sólo puede desplazarse en x, y, z, sino que también puede rotar y vibrar. Por lo tanto, decimos que tiene cinco grados de libertad. Cada grado de libertad contribuye con  $\frac{1}{2}k_B T$  a la energía cinética interna [31]. La capacidad calorífica no es más que el factor de proporción entre la temperatura y la energía cinética interna, y por lo tanto da cuenta del número total de grados de libertad del sistema.

En un gas de moléculas monoatómicas toda la energía cinética es de traslación, y la energía promedio es igual a  $\langle E \rangle = \frac{3}{2} N k_B T$ , donde  $N$  es el número de moléculas,  $k_B$  es la constante de Boltzmann y  $T$ , la temperatura. Considere un gran número de moléculas moviéndose en un espacio tridimensional. La magnitud de la velocidad no es la misma para todas las moléculas, sino que forman una distribución de velocidades conocida como la distribución Maxwell-Boltzmann [31, 32],

$$f(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left( \frac{m}{2k_B T} \right)^{\frac{3}{2}} < v^2 > e^{-\frac{m \langle v^2 \rangle}{2k_B T}}, \quad (1)$$

que también se cumple aproximadamente para líquidos (figura 3-4)

*Figura 3-4 Distribución de Maxwell Boltzmann para un modelo de moléculas tridimensionales donde se cuenta con tres grados de libertad [35]*



En un líquido, las moléculas que tienen mayor velocidad pueden escapar, llevándose consigo una energía mayor que la del promedio. La energía que queda en el sistema se

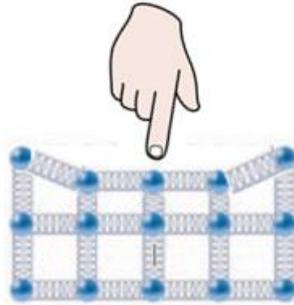
redistribuye por colisiones entre las moléculas restantes y la temperatura del sistema disminuye, generando una nueva distribución. Entonces, nuevas partículas alcanzan la velocidad de escape, y al hacerlo el proceso vuelve a comenzar, pero cada vez es más lento. Este es el proceso de evaporización [32]. Por eso la ropa que se pone a secar por evaporación se siente más fría que el medio en el que se encuentra. El viento puede acelerar el proceso, pues da energía cinética adicional a las moléculas de agua y les permite escaparse con mayor facilidad.

Consideremos un cubo de hielo que ponemos a derretir en un sartén sobre una estufa. El calor que absorbe puede servir para aumentar la velocidad (energía cinética) o la distancia (energía potencial) entre sus moléculas. Sólo la primera es aumento de temperatura. Al principio, la energía se usa para aumentar la vibración de las moléculas de agua, y por lo tanto la temperatura sube. Cuando la temperatura alcanza cierto valor ( $0^{\circ}\text{C}$ ), los enlaces entre moléculas comienzan a romperse. El calor que absorbe se gasta en romper los enlaces (energía potencial) y, por eso, no aumenta la temperatura, hasta que el bloque se separa en clusters que pueden moverse libremente. El material se ha convertido así en un líquido, y el calor que absorbe de aquí en adelante se invierte en aumentar la energía cinética de los clusters, por lo que la temperatura vuelve a aumentar. A la cantidad de calor que se necesita para hacer que un gramo de sustancia pase de sólido a líquido sin cambiar de temperatura se le llama calor latente, y es igual a la energía necesaria para romper suficientes enlaces como para que el material se divida en clusters. Lo mismo pasa cuando se pasa de líquido a gas: el calor se gasta en romper los enlaces de los clusters hasta dejar moléculas individuales, y el total da un nuevo calor latente. El calor latente depende del material y del cambio de fase [28, 32].

### 3.3.2 Presión en sólidos

La materia en estado sólido está compuesta de partículas que están firmemente unidas entre sí, manteniendo su forma y volumen. Cuando se aplica una fuerza sobre una superficie determinada del sólido, éste tiende a deformarse [24, 34]. Los enlaces entre las moléculas, que podemos considerar como resortes, ejercen entonces una fuerza de contacto sobre la superficie del objeto que aplica la fuerza (figura 3-5).

Figura 3-5 Deformación de un sólido debido a una fuerza perpendicular a la superficie



Esta fuerza superficial (de contacto) se puede descomponer siempre en una componente perpendicular a la superficie (fuerza normal,  $f_n$ ) y una componente paralela (fuerza de rozamiento,  $f_t$ ). La presión es la fuerza normal por unidad de área. Es decir que la presión aumenta a medida que la fuerza ejercida aumenta y disminuye cuando el área aumenta, lo cual se puede expresar como

$$P = \frac{f_n}{A} \quad . \quad (2)$$

Los cuerpos se rompen o se desmoronan cuando la presión aumenta por encima de cierto valor umbral, conocido como *dureza*, que está relacionado con la energía de los enlaces.

Tomemos, por ejemplo un globo de fiesta inflado. Si lo pinchamos con una sola puntilla, éste explotará, ya que la fuerza ejercida se concentra en un área pequeña, pues la presión es grande y se rompe. Pero, si en vez de una sola puntilla tenemos una cama de puntillas (figura 3-6), el globo no estalla, porque la fuerza se reparte equitativamente sobre todas las puntillas, es decir el área aumenta y la presión disminuye. Lo mismo ocurre cuando se usan zapatos de tacón. A medida que el área del tacón sea más pequeña, la presión aumenta, y por eso las mujeres se cansan más rápido con estos zapatos, ya que la presión que reciben es muy grande.

Figura 3-6 Globo sobre una cama de agujas



Cuando se pone dos cuerpos en contacto, podemos determinar cuál es más duro. En efecto, al presionarlos uno contra otro, como cuando, por ejemplo, intentamos rayar una roca con una puntilla, el que sea menos duro se desmoronará primero (normalmente, la roca). Por eso se dice que un material es más duro si puede rayar a otros materiales. Al aumentar la fuerza normal, el material menos duro se desmorona, y el área de contacto microscópico crece hasta que la presión ejercida sea igual a la dureza de dicho material. El acero es más duro que la madera, porque el acero puede rayar a la madera, y el diamante es muy duro, porque puede rayar casi cualquier otro material, incluido el acero.

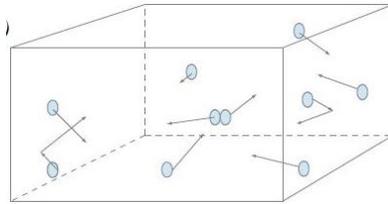
### 3.3.3 Presión en Gases

Los gases son partículas libres que se mueven en libremente chocando unas con otras y con las paredes del recipiente que lo contiene, por lo tanto la presión sobre las paredes va a depender de la fuerza que haga cada partícula sobre la superficie del recipiente al chocar contra ella (figura 3-7). Estos choques moleculares son perfectamente elásticos, sin pérdida de energía cinética. Si aumenta la velocidad de las moléculas, la presión va a aumentar, ya será necesario hacer más fuerza para invertir su velocidad en cada choque. Como la energía cinética, y la velocidad, crecen con la temperatura, la presión del gas aumentará al aumentar su temperatura [35]. Esto se conoce como la *ley de Gay-Lussac*,  $P = cte T$  con  $P$  la presión y  $T$  la temperatura. Esta ley se evidencia en muchas experiencias interesantes. Por ejemplo, si calentamos una lata con agua hasta punto de ebullición y precipitadamente la sumergimos en agua con hielo, de manera que se selle la abertura de la lata, la presión al interior de la lata disminuye, porque la temperatura disminuye. Como la presión al exterior se mantiene constante, en algún punto la diferencia de presiones es suficiente como para aplastar la lata<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=bnELfHhNNzY>.

Figura 3-7 Diagrama que muestra el choque de partículas sobre las superficies de la caja en espacio cerrado [31]



Si el volumen aumenta a temperatura constante, las partículas mantienen su velocidad, pero demoran más tiempo en ir de un lado al otro del recipiente, y los choques contra las paredes se hacen menos frecuentes. Como la fuerza es el cambio de movimiento por unidad de tiempo, y cada choque implica un cambio de movimiento, la fuerza (y la presión) son proporcionales al número de choques por unidad de tiempo. Al aumentar el volumen, el número de choques por unidad de tiempo disminuye, y con él la presión. Por lo tanto, a mayor volumen, menor presión. Esto se conoce como la *ley de Boyle- Mariotte*, que nos dice que la presión de un gas a temperatura constante es inversamente proporcional a su volumen ( $V$ ),  $PV = cte$  [28, 32]. Pensemos, por ejemplo en un masmelo que colocamos dentro de una jeringa comprimida. Si tapamos la entrada de aire y halamos del pistón de la jeringa, el masmelo crece, porque las burbujas de aire en su interior disminuyen la presión, y por lo tanto aumentan su volumen<sup>2</sup>.

Todos estos fenómenos se pueden ilustrar inflando un globo de fiesta al que se le han introducido canicas, que representan las moléculas del gas. Si agitamos el globo entre las manos, aumentamos la velocidad de las canicas. Aumentar la agitación simboliza, por lo tanto, un aumento de temperatura. La presión es la fuerza de los golpes en que se sienten en las manos. Aumentar la agitación (temperatura) produce un aumento en la fuerza de los choques (presión) que se puede sentir, evidenciando la ley de Gay-Lussac. Si inflo el globo, aumento el volumen, y con la misma agitación de antes sentiré menos golpes por unidad de tiempo, evidenciando la ley de Boyle-Mariotte. Si deposito más canicas (es decir

---

<sup>2</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=ULdmv-iPQvA>

si aumento el número  $N$  de moléculas) se sienten más golpes por unidad de tiempo, y por lo tanto la presión aumenta,  $P = cte N$  [34, 35]. Todos estos efectos concluyen que los tres sistemas están relacionados entre sí y que se pueden condensar en una sola ley que es la ecuación de estado de los gases ideales,

$$PV = Nk_B T , \quad (3)$$

en donde  $N$  es el número de partículas del gas y  $k_B$  es la constante de Boltzmann. Esta ley funciona para gases ideales, es decir para aquellos gases que no tienen fuerzas de atracción o repulsión entre sus moléculas y en los que los choques entre moléculas son perfectamente elásticos.

De la ecuación de estado para los gases ideales se deduce también que, si la presión es constante, el volumen y la temperatura son directamente proporcionales, lo que se conoce como la *ley de Charles* ( $V = cte T$ ). Por ejemplo, si cubrimos la boca de una botella vacía con un globo de fiesta y se introduce la botella en agua hirviendo, el globo se infla; y si después colocamos la botella en agua con hielo, rápidamente la temperatura disminuye y el globo se desinfla<sup>3</sup>.

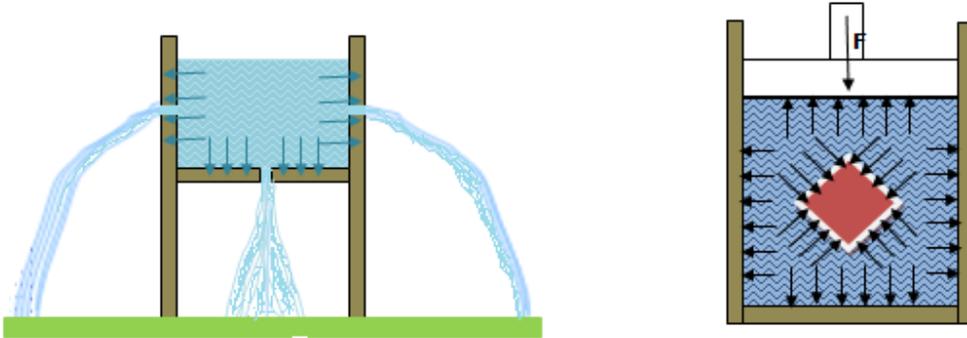
### 3.3.4 Presión en Líquidos

A nivel microscópico, un líquido está formado por grupos de moléculas “cluster” que se deslizan una sobre otras, permitiendo que estas estructuras fluyan, pero sin separarse. La presión depende principalmente de la fuerza que estos clusters ejercen al chocar contra las paredes del recipiente (figura 3-8).

---

<sup>3</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=TnxvDYwd4k>

Figura 3-8 a) La fuerza ejercida por el fluido es perpendicular a las paredes del recipiente  
b) dirección de la fuerza de un fluido sobre un objeto inmerso en él.

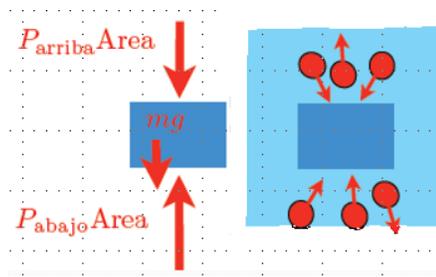


En un líquido en reposo, la presión aumenta linealmente con la profundidad, y es la misma en todas direcciones [28, 29]. Esto se puede evidenciar fácilmente cubriendo la mano y el antebrazo con una bolsa plástica larga y delgada e introduciéndola en el agua. A medida que la mano baja, se evidencia que la bolsa se pega más fuertemente alrededor de la mano, y que eso no depende de la orientación de la mano en el agua.

La diferencia de presiones en dirección vertical es la encargada de compensar el peso. Considere por ejemplo un bloquecito de agua en reposo (figura 3-9). La fuerza de los golpes de los clusters de agua en la superficie inferior debe ser mayor que la fuerza de los golpes de los clusters de agua sobre la superficie superior, pues debe compensar el peso del bloque de agua. Como cada una de estas fuerzas es igual a la presión por el área de la superficie,  $\Delta P \cdot Area = mg$  y como la masa del bloque es igual a la densidad del líquido por el volumen del bloque,  $m = \rho \cdot Area \cdot \Delta h$  se tiene que

$$\Delta P = \rho g \Delta h \quad (4)$$

Figura 3-9. Esquema de fuerzas de un pedacito de agua

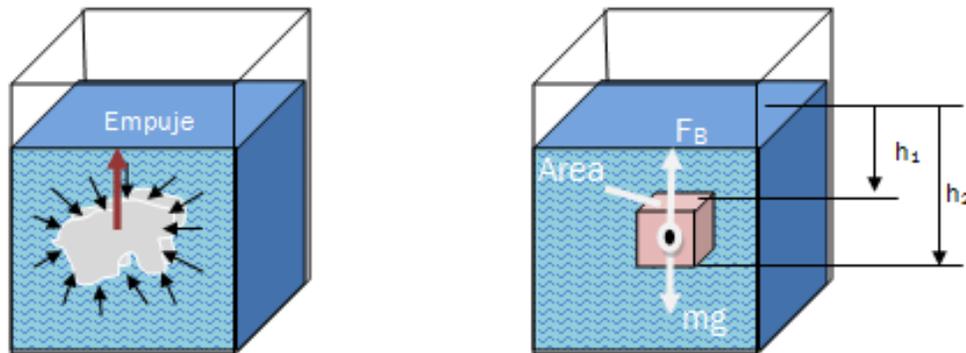


Es decir que si aumentamos la profundidad vamos aumentando la presión [29]. Por ejemplo, los diques y las represas en la parte de la base se hacen más gruesas para soportar las presiones mayores que deben soportar allí.

### 3.3.5 Principio de Arquímedes

Si en el ejemplo anterior reemplazamos el bloque de agua por un bloque de iguales dimensiones, pero de cualquier otro material, las moléculas del agua circundante chocarán contra el bloque igual que antes, y la fuerza que ejercen, que llamamos *empuje*, será la misma anterior, como se muestra en la figura 3-10, donde  $F_B$  es la fuerza de empuje y  $mg$  es la fuerza que ejerce la gravedad sobre el bloque (peso). Este es el principio de Arquímedes, que nos dice que *“Un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido es empujado hacia arriba con una fuerza igual al peso del fluido desalojado, que actúa verticalmente a través del centro de gravedad del fluido antes de ser desplazado”*. [29, 34, 35]

Figura 3-10 Flotación y principio de Arquímedes.



Las aplicaciones del principio de Arquímedes son muchas, pero sin duda una de las más importantes es la flotabilidad de los cuerpos, ya que nos predice las condiciones para que un cuerpo flote de manera estable. Pensemos, por ejemplo, en un barco, que flota a pesar de estar hecho de acero. Como la quilla es hueca, el volumen de agua desalojado por el barco es muy grande, y el peso de ese volumen de agua desalojado es igual al peso del barco.

### 3.3.6 Presión Atmosférica

El aire sobre nosotros es un gas compuesto por infinidad de moléculas (aproximadamente 80% de  $N_2$  y 20% de  $O_2$ ). El choque de estas moléculas sobre cualquier superficie da como resultado la presión  $P_{atm}$  que ejerce la atmosfera sobre dicha superficie [26, 28 ,34]. Las ventosas son un claro ejemplo de cómo funciona la presión atmosférica. Las ventosas son unas chupas que se adhieren a la superficie fuertemente gracias a la presión atmosférica, ya que al aplicar una fuerza sobre ellas empuja el aire que hay entre la ventosa y la superficie sacando la mayoría de las partículas y generando un vacío parcial, por lo tanto interna es menor que la atmosférica y la ventosa permanece pegada a la superficie. Al levantar el borde, entra aire, las fuerzas se equilibran y la ventosa se despega<sup>4</sup>.

Otro ejemplo espectacular de la realidad de la presión atmosférica es el de los hemisferios de Magdeburgo, que describimos en la sección 3.2. Al retirar parcialmente el aire entre los hemisferios, la presión atmosférica no es compensada desde el interior y ejerce una fuerza total sobre cada hemisferio igual a  $F = P_{atm}A$ , donde  $A = \pi R^2$  es el área de la base de cada hemisferio. Con hemisferios de radio  $R = 20\text{cm}$  y una presión atmosférica de aproximadamente  $P_{atm} = 100000 \text{ Pa}$ , la fuerza resulta ser de 12567 Newtons, es decir igual al peso de 1.3 Tons. Por lo tanto, no es una sorpresa que dos tiros de 8 caballos no sean suficientes para separarlos.

La presión atmosférica depende de la altura sobre el nivel del mar. En efecto, si se considera que el aire es un gas ideal a temperatura aproximadamente constante (en grados Kelvin), la densidad es proporcional a la presión, y en consecuencia, las dos disminuyen exponencialmente a medida que nos alejamos del nivel del mar [26, 32]. Por eso, la presión en Bogotá es 550mmHg, mientras que la presión en Cartagena es de 770mmHg. Por eso, un balón inflado en Bogotá resulta desinflado cuando se lleva a Cartagena.

---

<sup>4</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=9Yy6un4WLKU>

### 3.3.7 Principio de Pascal

Volvamos a retomar el bloquecito de agua de la figura 3-10. Como el bloquecito permanece en reposo horizontal, la suma de fuerzas horizontales debe ser cero. Por lo tanto, las presiones sobre dos caras opuestas diferentes a la superior y la inferior deben ser iguales (Figura 3-10a). Esto quiere decir que la presión no cambia en dirección horizontal. Este hecho se expresa como el **principio de Pascal**, que establece que todos los puntos de un líquido en reposo (y conectados por el mismo líquido) están a la misma presión si están a la misma profundidad, o en otras palabras *“La presión aplicada a un fluido encerrado en un recipiente se transmite por igual a todos los puntos del fluido y a las paredes del recipiente que lo contiene”* [28, 29,30].

Este principio se puede ver aplicado al funcionamiento de prensa hidráulica. Una prensa hidráulica son dos émbolos A y B que tienen diferentes diámetros uno muy pequeño con respecto al otro, los cuales están comunicados por un tubo (Figura 3-11). Por cualquiera de los dos émbolos se puede ejercer una presión al líquido. De acuerdo con el principio de Pascal, esta presión se es la misma sobre los dos émbolos. Si en el pistón pequeño, de área  $S_A$ , se aplica una fuerza  $F_A$ , la presión sobre el pistón pequeño será  $P_A = \frac{F_A}{S_A}$ , que es la misma que sobre el pistón grande de área  $S_B$  que es  $P_B = \frac{F_B}{S_B}$ , y al igualarlos la fuerza en B  $F_B$  resulta ser

$$F_B = \frac{S_B}{S_A} F_A \quad , \quad (5)$$

es decir, mayor que la fuerza ejercida en A. Si el fluido es incompresible (un líquido), su volumen se conserva, y el desplazamiento de cada pistón resulta ser inversamente proporcional a su área. Por lo tanto, el trabajo realizado por las dos fuerzas es el mismo (como debe ser).

Figura 3-11 Esquema de una prensa hidráulica.



### 3.3.8 Conservación de la masa (ecuación de continuidad)

La conservación de la masa se puede ilustrar de la siguiente manera. Supongamos que hay un salón de clases que tiene dos puertas (figura 3-12). Por una puerta entran tres estudiantes por segundo, y por la otra sale un estudiante por segundo. Si al principio había 10 estudiantes en el salón, luego de un segundo habrá 12, luego de 2 segundos, 14, luego de 3, 16, y así sucesivamente. Vemos que la velocidad a la que crece el número de estudiantes en el salón (2 estudiantes por segundo) es igual al flujo de entrada (2 estudiantes por segundo) menos el flujo de salida (1 estudiante por segundo). Esto es porque la única forma de que aumenten los estudiantes en el salón es que entren, y la única forma de que disminuyan es que salgan [36]. Lo mismo pasa con la cantidad de agua. Considere, por ejemplo, un tanque de agua al que entran 3 litros por minuto y sale un litro por minuto. La cantidad de agua en el tanque aumenta en dos litros cada minuto.

Figura 3-12 Diagrama representativo de la conservación de la masa.



De tal manera que debemos tener en cuenta cuanta masa entra al sistema ( $m_e$ ), cuanta masa se queda en el sistema ( $\Delta m_{cv}$ ) y cuanta masa sale del sistema ( $m_s$ ). Eso es la conservación de la energía en donde la masa que entra menos la masa que sale, nos da cuanta masa hay en el sistema, definido como

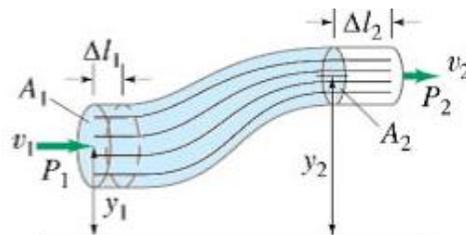
$$\Delta m_{cv} = m_e - m_s \quad , \quad (6)$$

### 3.3.9 Principio de Bernoulli

Hasta el momento se han analizado los fluidos en reposo, en donde la presión solo depende de la profundidad. En un fluido en movimiento, la presión también depende de la velocidad del fluido en cada punto. En efecto, en el caso en que el patrón de velocidades del fluido no cambie con el tiempo (lo que se conoce como *flujo estacionario*) y la densidad del fluido sea casi constante (*incompresible*), la presión disminuye allí donde la velocidad aumenta. A esto se le conoce como el *principio de Bernoulli* [28, 29, 32, 34].

Para demostrarlo, consideremos un tubo con diferentes secciones y alturas, como el que se muestra en la figura 3-13. Sea  $v_1$  la velocidad de entrada,  $P_1$  la presión del líquido en la sección de entrada y  $A_1$  el área de la sección transversal de entrada, y sean  $v_2$ ,  $P_2$  y  $A_2$  la velocidad, la presión del líquido y el área de la sección transversal de salida, respectivamente. Si dejamos pasar una fracción de tiempo  $\Delta t$ , el fluido de entrada avanza una distancia  $\Delta l_1 = v_1 \Delta t$  a la entrada y una distancia  $\Delta l_2 = v_2 \Delta t$  a la salida. Como el fluido es incompresible, el volumen de agua que entra al tubo debe ser igual al volumen que sale,  $\Delta V = A_1 v_1 \Delta t = A_2 v_2 \Delta t$ , y por lo tanto  $A_1 v_1 = A_2 v_2$ . Esta la ecuación de continuidad para flujo estacionario, y se deduce que, para un flujo incompresible  $vA$  es una constante.

Figura 3-13. Esquema de un flujo de un fluido [28]



Por su parte, la energía del agua ha cambiado. El aumento de energía potencial es

$$\Delta E_p = \rho \Delta V g (h_2 - h_1) \quad , \quad (7)$$

y el aumento de energía cinética resulta ser

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2) \quad . \quad (8)$$

Este aumento de energía debe ser igual al trabajo realizado por el resto del fluido sobre la sección que se movió, es decir por las presiones a la entrada y a la salida del tubo. A la entrada, la fuerza ejercida va en dirección del desplazamiento, y por lo tanto el trabajo que realiza es positivo. Lo opuesto pasa a la salida del tubo, donde el trabajo realizado es negativo. Por lo tanto, el trabajo total es

$$\Delta W = F_1 \Delta X_1 = P_1 A_1 v_1 \Delta t - P_2 A_2 v_2 \Delta t = P_1 \Delta V - P_2 \Delta V \quad .$$

Reuniendo todo lo anterior, se tiene que

$$\Delta W = \Delta E_p + \Delta E_c \quad , \quad (9)$$

o, reemplazando,

$$P_1 \Delta V - P_2 \Delta V = \rho \Delta V g (h_2 - h_1) + \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2) \quad .$$

de donde se deduce que

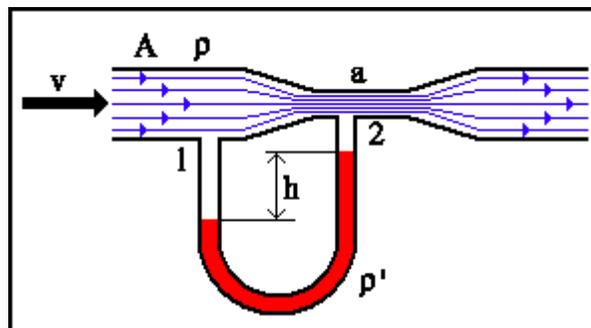
$$\frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + P_2 = \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 + P_1 = cte \quad (10)$$

Y este es el teorema de Bernoulli que se considera el teorema fundamental de la mecánica de fluidos, cuando uno considera un fluido en equilibrio se puede deducir la ecuación de la presión hidrostática. Algunas de las aplicaciones conocidas son el efecto Venturi, el funcionamiento de un atomizador, la sustentación del ala de un avión, y el efecto Magnus [30, 34].

### 3.3.10 Aplicaciones y consecuencias del principio de Bernoulli

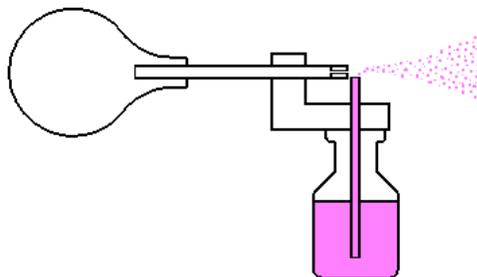
Cuando miramos el flujo a través de un tubo podemos analizar que si el tubo esta horizontal, no va a ver variación en la altura y podemos garantizar que la presión sobre esa una línea horizontal es la misma. Bajo estas condiciones la velocidad de un fluido es inversa con la presión: entre mayor sea la velocidad del fluido, menor es la presión en ese punto. A esto se le conoce como Efecto Venturi [32]. Miremos un tubo con una sección ancha 1 y delgada en 2 (figura 3-14). El líquido que pasa por la sección 1 tiene menor velocidad, que en la sección 2, pero en la sección 1 hay mayor presión, que en la sección 2  $v_1 < v_2$  y  $P_1 > P_2$ .

Figura 3-14. Diagrama del tubo de Venturi [25]



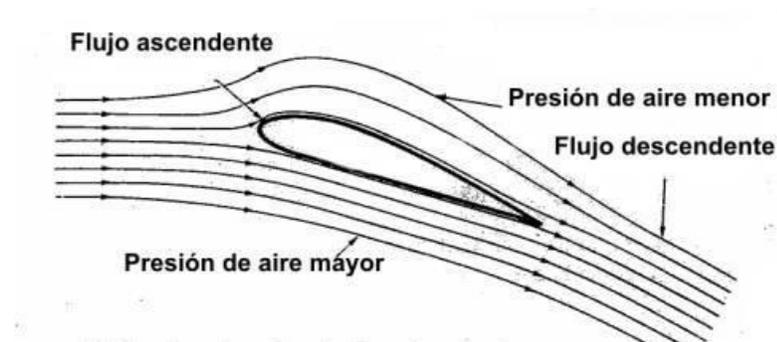
Otra aplicación del principio de Bernoulli es el funcionamiento de un atomizador (figura 3-15). En un atomizador hay una corriente de aire que pasa por la parte superior del tubo vertical generando una disminución de la presión, en comparación con la presión de la superficie del líquido, haciendo que el líquido suba por el tubo y la corriente divide el líquido y lo dispersa [28, 34].

Figura 3-15. Esquema de Atomizador [38]



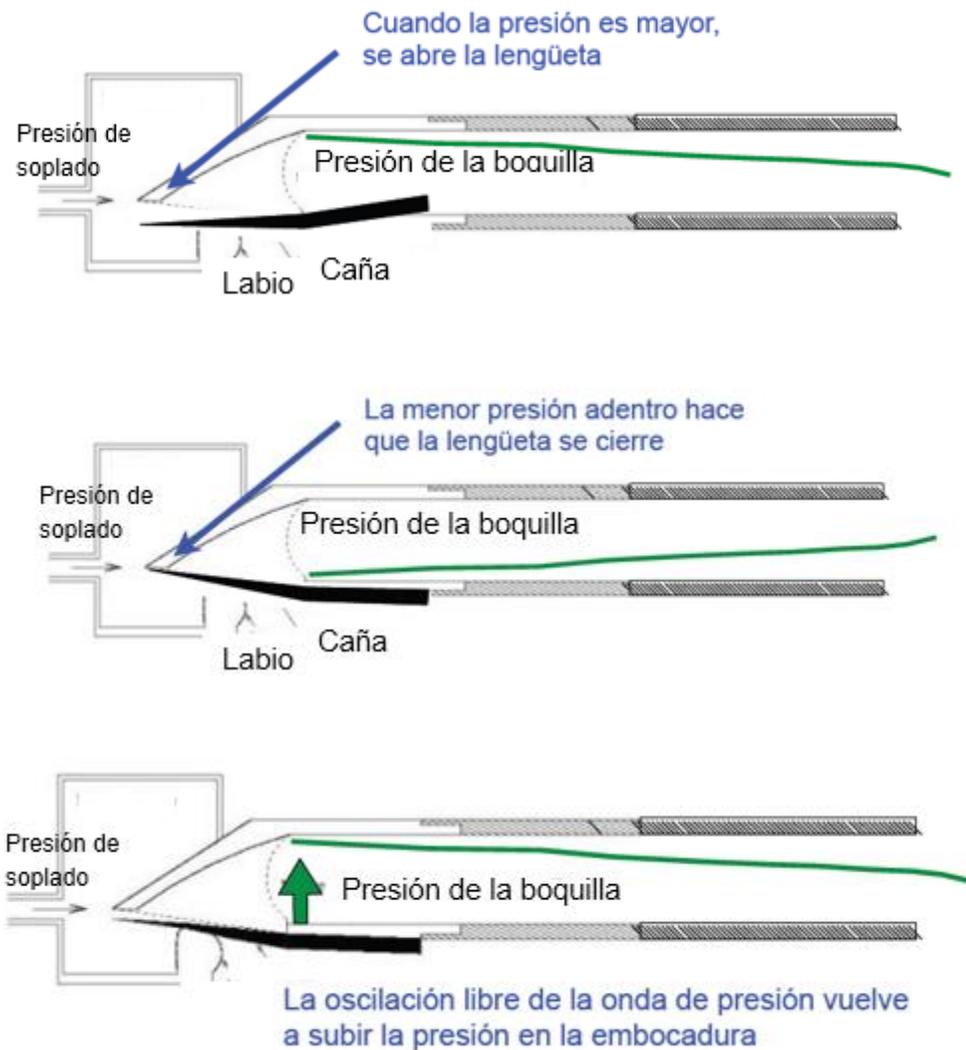
Los aviones experimentan una fuerza neta en dirección hacia arriba, llamada fuerza de sustentación [28, 32, 34] que los mantiene en el aire. Esta fuerza se aplica sobre las alas, teniendo en cuenta factores como la forma del ala, la velocidad del avión y la inclinación con respecto a las líneas del flujo del aire (Figura 3-16). Esto permite que las líneas de corriente sobre el ala se acerquen sobre el ala y por debajo se alejan, por principio de Bernoulli esto genera una diferencia de presión, menor arriba que abajo del ala y hace que el avión vuele.

Figura 3-16 Flujo de aire alrededor de un corte transversal de un ala de un avión [39]



Otra aplicación es el funcionamiento de una lengüeta en un instrumento de viento, como el clarinete (Figura 3-17). La presión dentro del tubo oscila como una cuerda, con un extremo fijo en la punta abierta del tubo (pues la presión atmosférica es constante) y un vientre en el extremo cerrado donde se sopla. Para sostener la oscilación, habría que soplar al mismo ritmo al que oscila la presión, como cuando se impulsa un columpio. La lengüeta se encarga de ello. Cuando la presión que oscila en el interior del tubo sube, llega a ser mayor que afuera y la lengüeta se abre, permitiendo la entrada de aire. Al entrar el aire a buena velocidad, baja la presión en el interior, por el principio de Bernoulli, impulsando la presión hacia abajo. Ahora la presión es menor adentro que afuera, y la lengüeta se cierra. Como el aire es elástico, la presión vuelve a subir, y el proceso se vuelve a repetir. De esa manera no hay necesidad de soplar al mismo ritmo de la oscilación (ej: 440 veces por segundo para una nota *La*), porque la lengüeta se encarga de ello.

Figura 3-17 Funcionamiento de la lengüeta de un clarinete.



También hay varios experimentos sencillos que ilustran el Principio de Bernoulli, y que se pueden realizar en el aula de clase, con la ayuda de un secador de pelo (Figura 3-18). Por ejemplo, si tomamos de un extremo dos hojas de papel y las dejamos colgar verticales y paralelas de nuestras manos, separadas unos 5 cm entre sí, y soplamos en medio, uno pensaría que las hojas tendrían a separarse por acción del viento, pero pasa lo contrario: las hojas tienden a pegarse. Esto se debe al principio de Bernoulli, ya que en la región interna donde soplamos la velocidad aumentó, y por ende la presión es menor entre las hojas que por fuera de ellas. En consecuencia, la fuerza sobre la cara interna de cada hoja es menor que sobre su cara externa, y las hojas se pegan. También podemos hacer que una bola de icopor flote sobre un chorro de aire que lanza una secadora. Si la bola está en

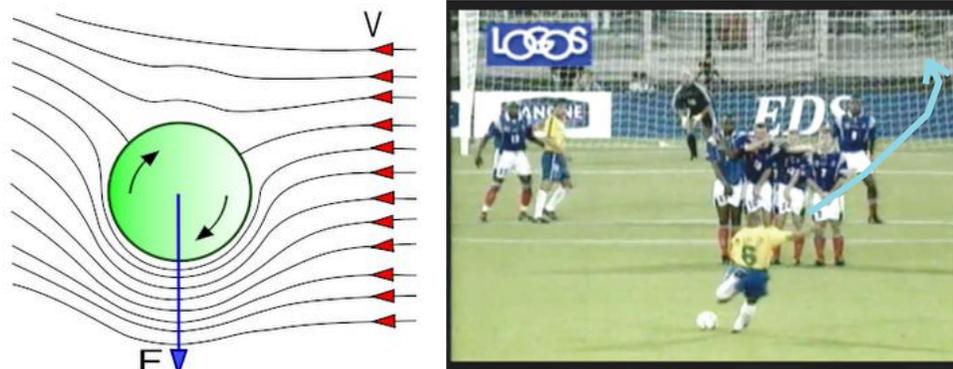
el centro de la corriente, la velocidad del aire es la misma por todos lados, al igual que la presión, y la fuerza horizontal sobre la bola es cero. Si la bola se desvía del centro del chorro, la velocidad del aire resulta ser mayor en el centro del chorro que en la periferia. En consecuencia, por el principio de Bernoulli, la presión será menor en el centro que en la periferia, y la bola se ve empujada nuevamente hacia el centro del chorro del secador. Por eso, la flotación es estable. Finalmente, conectamos un tubo de PVC al secador, al final del cual pegamos un embudo. Si lo colocamos boca abajo e introducimos una pelota de ping-pong, ésta se quedará pegada al embudo, sin caer. Si observamos con cuidado, observaremos que en realidad no está pegada: la pelota deja un pequeño espacio por donde sale el aire a gran velocidad. Como la velocidad es grande, la presión será baja (por el principio de Bernoulli), y habrá menos presión allí arriba que abajo (donde la presión es la atmosférica), compensando el peso. En consecuencia, la pelota no se cae.

*Figura 3-18. Tres experimentos demostrativos con un secador de pelo que ilustran el principio de Bernoulli.*



Sin duda una de las aplicaciones más espectaculares del principio de Bernoulli es el efecto Magnus [28] en la cual muestra porque una pelota se curva, cuando esta gira dentro de un fluido (Figura 3-19). Si imaginamos que la pelota no se desplaza pero el aire si, la pelota gira en un sentido, y hacia donde gira arrastra el aire, haciendo que el aire en ese lado de la pelota se mueva más rápido que en el otro. En consecuencia, la presión es menor al lado donde arrastra el aire que al lado donde lo frena. Esta diferencia de presión origina una fuerza neta perpendicular a la velocidad de traslación, que lo desvía lateralmente, generando la trayectoria curva. Como lo enunció Magnus: “*Un cuerpo que gira en el seno de un fluido viscoso en movimiento, cuyas líneas de corrientes son perpendiculares al eje de giro, queda sometido a una fuerza, perpendicular al eje y las líneas de corriente*” [32].

Figura 3-19 Efecto Magnus [32]



### 3.4 Aspectos Didácticos

#### 3.4.1 Estándares básicos de competencia en ciencias del MEN

Los estándares propuestos en el año 2000 por el Ministerio de Educación Nacional, MEN, para ciencias naturales apunta a desarrollar la capacidad de poner en práctica el conocimiento en la solución de problemáticas del entorno natural, intentando una aproximación al conocimiento científico y a los diferentes entornos de las ciencias naturales (vivo, físico y químico). Para la física de fluidos el MEN plantea alcanzar, en ciclo cuatro y ciclo cinco, competencias como:

Tabla 3-1. Competencias propuestas por el MEN que tienen relación con la física de fluidos. [11, 12]

Competencia específica del conocimiento científico	Competencia específica del entorno físico
1 Utilizo las matemáticas para modelar, analizar y presentar datos y modelos en forma de ecuaciones, funciones y conversiones.	1 Establezco relaciones entre las variables de estado en un sistema termodinámico para predecir cambios físicos y químicos y las expreso matemáticamente.
2 Establezco relaciones causales y multicausales entre los datos recopilados.	2 Comparo los modelos que explican el comportamiento de gases ideales y reales.

3 Registro mis observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas.	3 Comparo sólidos, líquidos y gases teniendo en cuenta el movimiento de sus moléculas y las fuerzas electroestáticas
4 Propongo y sustento respuestas a mis preguntas y las comparo con las de otros y con las de teorías científicas.	4 Explico el comportamiento de fluidos en movimiento y en reposo.
5 Formulo hipótesis con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos.	5 Relaciono energía y movimiento.
6 Formulo preguntas específicas sobre una observación o experiencia y escojo una para indagar y encontrar posibles respuestas	6 Verifico el efecto de presión y temperatura en los cambios físicos y químicos.

Las competencias que tiene la tabla 3-1 en su mayoría están planteadas para grado noveno. Sin embargo, en el colegio La Aurora la mecánica de fluidos se estudia en últimos periodos de grado decimo.

Pese a que en los estándares solo hay un ítem que menciona directamente el estudio y comportamiento de los fluidos, se ha planteado que esta rama de la física es fundamental en el estudio del comportamiento de la materia y de sus aplicaciones en la vida cotidiana. El concepto de presión sí es mencionado en los estándares, aunque solamente relacionado con los procesos termodinámicos. Sin embargo, este concepto también está íntimamente relacionado con el estudio de los fluidos, y por ello es indispensable desarrollar una forma de enseñar el concepto de presión en general, no solamente ligado a gases ideales, para poder completar satisfactoriamente las competencias propuestas para mecánica de fluidos.

### 3.4.2 Enseñanza para la Comprensión

El modelo pedagógico que orienta este trabajo es el de *Enseñanza para la Comprensión (EpC)*. Este es un enfoque de tipo constructivista que incentiva la capacidad de pensar y actuar flexiblemente no solamente en los estudiantes sino también en el maestro, aplicando los conocimientos a un contexto y asumiendo que comprender es interiorizar conocimientos, traducirlos a su propio entorno y transformarlos para resolver cualquier

problema que se le presente. El modelo pedagógico Enseñanza para la Comprensión, es un proyecto pedagógico que nació en el marco del proyecto ZERO en la Harvard Graduate School of Education [15]. El modelo fue el fruto de un trabajo colaborativo de investigadores pedagógicos y docentes que se basaron en teorías desarrolladas por algunos investigadores que hicieron parte de la creación de este diseño como David Perkins, Howard Gardner, Vito Perrone

La enseñanza para la comprensión busca que a los estudiantes se les permita ser pensadores críticos dentro y fuera del aula de clase, gente que plantea y resuelve problemas y que es capaz de sortear cualquier dificultad que se le presente. Las escuelas deben enfocarse en la pieza central del aprendizaje la comprensión, para que ellos puedan construir por si solos el conocimiento. El enfoque propone realizar cuatro preguntas orientadoras para establecer las directrices del trabajo [16], a saber:

- ¿Qué es lo que realmente queremos que los estudiantes comprendan? (cognitivo, procedimental y actitudinal).
- ¿Para qué queremos que comprendan ese tema o concepto? (aplicación)
- ¿Cómo involucramos a los estudiantes en estos temas que deseamos que comprendan? (actividades)
- ¿Cómo sabrán tanto docentes como alumnos que están construyendo esa comprensión? (evaluación)

Para contestar estas preguntas los investigadores plantearon un camino sistemático que hay que desarrollar para llegar a la comprensión del tema que se propone. Este camino se dividió en cuatro partes. Sus elementos son: *Tópicos generativos, metas de comprensión, desempeños de comprensión y evaluación diagnóstica continua* [16]. Cada elemento centra la investigación alrededor de una de las preguntas clave que encierran, qué vale la pena comprender, para que estos conceptos claves y fundamentales logren motivar al estudiante en su proceso de formación y de esa manera lograr, que no solo se quede ese concepto en su saber, si no que aplique este aprendizaje en diferentes escenarios, lo relacione con otros y evalúe sus procesos.



## 4. Diseño de la Propuesta Didáctica

### 4.1 Elementos de la Enseñanza para la Comprensión

Las dificultades que presentan los estudiantes para aprender ciencia, muestra que debemos buscar elementos nuevos que permitan que el estudiante se apropie de su propio proceso de querer aprender y de esa manera generar catarsis en cada uno de los conocimientos adquiridos. Enseñanza para la comprensión brinda estos espacios de auto evaluación donde cada participante (maestro - estudiante) es consciente de lo que ha avanzado, es decir, es un proceso reflexivo y flexible para llegar dicha meta planteada, ya que es consiente que cada individuo logra de manera diferente llegar a las metas propuestas. Por eso el marco que encierra EpC es el más apropiado para que el estudiante logre de una manera sistémica comprender el desarrollo de los conceptos de la mecánica de fluidos y así construir satisfactoriamente el concepto del principio de Bernoulli a partir de la definición de presión. Contestaremos las 4 preguntas orientadoras para el trabajo.

- ¿Qué es lo que realmente queremos que los estudiantes comprendan? (cognitivo, procedimental y actitudinal).

Que construyan de manera cualitativa los conceptos básicos que encierran la mecánica de fluidos, para entender el principio de Bernoulli.

- ¿Para qué queremos que comprendan ese tema o concepto? (aplicación)

La mecánica de fluidos tiene una variedad de aplicaciones en nuestra vida cotidiana que desconocemos su funcionamiento, desde salida del agua por una manguera, cuando nos aplicamos algún perfume o colonia para salir, porque ya las ventosas nos funcionan después de tanto uso o no sirven en cualquier superficie, entender las curvas que generan las pelotas en un partido de futbol, flotabilidad de los barcos o la sustentación de las alas de una avión, etc.

- ¿Cómo involucramos a los estudiantes en estos temas que deseamos que comprendan? (actividades)

Se buscan actividades que no peleen con sus criterios previos que tienen, sino que por lo contrario a partir de estos construir o transformar ese conocimiento a uno más acertado. Para eso utilizaremos, situaciones problémicas basado en la metodología del aprendizaje activo, combinado con clase magistral en donde se apoye y se oriente a que ellos transformen su pensamiento a uno más acertado del fenómeno. Por eso debemos enfatizarnos en la construcción de los conceptos básicos e ir avanzando a otros más complejos.

- ¿Cómo sabrán tanto docentes como alumnos que están construyendo esa comprensión? (evaluación)

La evaluación debe ser continua y por eso en cada clase se propone una actividad que dé cuenta de ese proceso de reflexión y avance en la construcción de los conceptos básicos de la mecánica de fluidos. La evaluación puede ser cualitativa (preguntas reflexivas, escritos, mapas conceptuales) o cuantitativa (desarrollo de ejercicios o gráficas de variables).

Basado en estos elementos se diseñó la secuencia didáctica, que se centró en el desarrollo del tema fundamental en la construcción de la Mecánica de Fluidos y es la presión.

## **4.2 Generalidades de la propuesta didáctica**

La secuencia didáctica propuesta aborda la mecánica de fluidos desde un enfoque cualitativo en cinco unidades que construyen los conceptos de manera sistemática. La primera unidad cubre los conceptos de modelo molecular, y temperatura, en la segunda unidad se aborda el concepto de presión, y estos constituyen la base para abordar, en una tercera unidad, las leyes de gases ideales. En la cuarta unidad se construyen los principios de Pascal y de Arquímedes, para desembocar, en la quinta unidad, en el principio de Bernoulli y algunas de sus aplicaciones más vistosas. Esta secuencia está diseñada para

doce sesiones de clase, tres veces por semana. En cada unidad se especifica su tiempo de duración, preguntas problematizadoras referentes al tema de estudio, la metodología a seguir, la evaluación que se hará por sesión y las actividades que complementan lo hecho en clase.

En general se emplean ayudas didácticas como videos, simulaciones, applets de física y experimentos demostrativos para enfatizar en una imagen molecular correcta que posibilite la comprensión de los conceptos de temperatura y presión. Las metodologías se adaptan a cada etapa de la secuencia didáctica, pero en general se usan herramientas de la teoría de cambio conceptual [14], para generar conflicto cognitivo, aprendizaje activo [2] para guiar el pensamiento durante los experimentos demostrativos y clase magistral [16], para establecer cuantitativamente las leyes de los gases ideales, los principios de Pascal y Arquímedes y la demostración del principio de Bernoulli.

### 4.3 Secuencia didáctica

La descripción del camino a seguir conceptualmente, el porqué de las prácticas y las metodologías a llevar, se sintetizan para cada guía de trabajo que conforma la secuencia didáctica planteada.

#### Unidad 1 Todo Está Hecho de Átomos

Tiempo estimado	Dos sesiones
<b>Meta de comprensión</b>	Predecir de manera cualitativa el comportamiento de las moléculas que componen cuerpos en diferentes estados (sólido, líquido, gas).
<b>Tópicos Generativos</b>	Molécula, sólido, líquido, gas.
<b>Ayudas didácticas</b>	Videos, montajes de modelos moleculares, microscopio.
<b>Discusión</b>	¿Cómo se comportan las moléculas en un sólido, un líquido o un gas? ¿Podemos ver los átomos? ¿Existe alguna evidencia acerca de la existencia de las moléculas (Ej: el movimiento browniano)? ¿Por qué el hielo flota en el agua? Su estructura molecular ocupa más espacio, los cristales.

<p><b>Desempeños de comprensión</b></p>	<p>(Sesión 1) De acuerdo con el aprendizaje activo mostrar imágenes de algunos objetos que tengan que ver con los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso) para indagar preconceptos acerca de su estructura molecular (anexo A). Presentar el video de los estados de la materia, y volver a preguntar por el comportamiento de las moléculas en cada estado. Modelar el comportamiento de las moléculas a través del montaje de canicas dentro de una caja, y mostrar cómo al mover las canicas o las pelotas lentamente éstas vibran y se mantienen agrupadas, y a medida que las agitemos más van separándose y cambiando sus movimientos para formar un líquido y luego un gas. Con una simulación (<a href="https://www.youtube.com/watch?v=yAyvHz7ZXuA">https://www.youtube.com/watch?v=yAyvHz7ZXuA</a>) comprobar el comportamiento de los tres estados. Estudiar el ciclo del agua y el proceso de evaporización. Ver los videos “The Inner life of the cell” (<a href="https://www.youtube.com/watch?v=B_zD3NxSsD8">https://www.youtube.com/watch?v=B_zD3NxSsD8</a>) y fragmentos del capítulo de cosmos “Átomos volando” [32], que describen el funcionamiento de las cosas a nivel microscópico y como todo está hecho de átomos.</p> <p>(Sesión 2) montaje con granos de polen en agua, ver al microscopio lo que sucede con las partículas de polen, presentar video del movimiento Browniano pedir que expliquen porque se mueven así las partículas. Mostrar los diferentes procesos (solidificación, vaporización, condensación, fusión y sublimación) que realiza los objetos para cambiar de estado, con ejemplos y applets (<a href="https://www.youtube.com/watch?v=qh61SXzGpWA">https://www.youtube.com/watch?v=qh61SXzGpWA</a>) mostrando el comportamiento molecular. Finalmente, poner un hielo en un vaso con agua y mostrar la foto de un iceberg. Mostrar la simulación del cristal de hielo (<a href="https://www.youtube.com/watch?v=qiw1pVRaeBU">https://www.youtube.com/watch?v=qiw1pVRaeBU</a>). Con estos elementos, construir una explicación desde el punto de vista microscópico al fenómeno de flotación de hielo en agua.</p>
<p><b>Evaluación</b></p>	<p>Presentar un escrito corto donde se generen explicaciones desde el punto de vista molecular para el movimiento browniano y para la flotación del hielo en el agua.</p>
<p><b>Actividad complementaria</b></p>	<p>Indaga acerca de otras formas cristalinas y realiza en casa el experimento de cristales de sal disponible en: <a href="http://pendientedemigracion.ucm.es/info/analitic/Asociencia/Cristalizacion.pdf">http://pendientedemigracion.ucm.es/info/analitic/Asociencia/Cristalizacion.pdf</a></p>
<p><b>Guías para la realización de la unidad didáctica</b></p>	<p>Ver Anexo A.</p>

### Unidad 2 Presión en Sólidos

Tiempo estimado		Una sesión
<b>Meta de comprensión</b>	de	Comprender el concepto de presión a nivel macroscópico de manera cualitativa y cuantitativamente e)
<b>Tópicos Generativos</b>		Presión, Fuerza, Dureza
<b>Ayudas didácticas</b>		Videos, experimentos demostrativos, Video beam, Computador
<b>Discusión</b>		¿Qué tan duro empujan? ¿La presión y la fuerza son lo mismo?, presión también depende del área de contacto (Fuerza normal) ¿Cómo funcionan los tacones? ¿Una bomba se explota al contacto con una cama de puntillas? Presión, ¿Qué tan fácil se desmorona? Dureza.
<b>Desempeños de comprensión</b>	de	De acuerdo con el aprendizaje activo mostrar una cama de agujas y una bomba inflada y generar una situación problemática para indagar preconceptos acerca de la presión, para luego realizar el experimento demostrativo y volver a cotejar lo observado con lo que creían cada uno (Anexo B). Presentar el video que muestra cómo el peso de un helicóptero puede ser soportado por un conjunto enorme de huevos ( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=lpITmB7cXBY">https://www.youtube.com/watch?v=lpITmB7cXBY</a> ) y volver a preguntar sobre la posible explicación a este fenómeno. Determinar que la presión depende de la fuerza normal. Introducir el concepto de dureza, y mostrar un video de la facilidad que tiene un material para trabajar con otro ( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=7KVms2clb_s">https://www.youtube.com/watch?v=7KVms2clb_s</a> ). Finalmente, mirar diferentes situaciones en donde se evidencie la presión (Tacones). Luego realizan algunos ejercicios para calcular presiones.
<b>Evaluación</b>		Solucionar problemas conceptuales y cuantitativos.
<b>Actividad complementaria</b>		Investigar sobre la diferencia entre dureza y resistividad de los materiales
<b>Guías para la realización de la unidad didáctica</b>		Ver Anexo B.

### Unidad 3. Presión en Gases

Tiempo estimado		Dos sesiones
<b>Meta de comprensión</b>	de	Comprender el concepto de presión a nivel microscópico para hacer predicciones correctas de sus efectos sobre los fluidos.
<b>Tópicos Generativos</b>		Gas, Presión, Temperatura, energía
<b>Ayudas didácticas</b>		Videos, simulación, experimentos demostrativos de las leyes de los gases
<b>Discusión</b>		¿Cómo hacen presión los gases? Sus moléculas golpean. ¿Si se mueven más rápido habrá más presión? Energía promedio de las partículas.
<b>Desempeños de comprensión</b>	de	(Sesión 1) La presión en un gas como los choques de las partículas contra las paredes se presenta a través del símil del globo lleno de canicas. ¿Qué pasa con la presión si aumento la temperatura (si se bate más rápido)?

	<p>¿Qué pasa con la presión si aumento el volumen (si se infla el globo)? ¿Qué pasa si aumento el número de moléculas (canicas)?. Se muestra un video de qué es temperatura a nivel molecular (<a href="https://www.youtube.com/watch?v=mvjr4Djc3Mo">https://www.youtube.com/watch?v=mvjr4Djc3Mo</a>). Retomar el experimento del globo con algunas canicas, para hacer los símiles de temperatura y presión. Presentar una simulación de los gases (<a href="https://www.youtube.com/watch?v=VLvz7RGdxRY">https://www.youtube.com/watch?v=VLvz7RGdxRY</a>), buscando establecer los efectos de la velocidad, la masa y la cantidad de moléculas. Realizar experimentos sobre las diferentes situaciones de las leyes de los gases ideales (Boyle – Mariotte; Gay-Lussac; Charles) como Masmelos en una jeringa, el huevo en la botella, la lata en un cambio drástico de temperatura y aplicaciones de cada uno de ellas, como al buceo. Analizar la influencia de la temperatura en el proceso de la presión.</p> <p>(Sesión 2). Se plantea el experimento de Magdeburgo y se indaga cualitativamente el concepto de presión. Definir la presión como la fuerza promedio, que es la fuerza de cada choque multiplicada por cuántos choques hay.</p>
<b>Evaluación y actividad complementaria</b>	Realizar un termómetro casero y explicar cómo funciona ( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=I2TY1ueT-ms">https://www.youtube.com/watch?v=I2TY1ueT-ms</a> )
<b>Guías para la realización de la unidad didáctica</b>	Ver Anexos C y D.

#### Unidad 4. Presión en líquidos

<b>Tiempo estimado</b>	<b>tres sesiones</b>
<b>Meta de comprensión</b>	Comprender el concepto de presión a nivel microscópico, para hacer predicciones correctas de sus efectos sobre los fluidos.
<b>Tópicos Generativos</b>	Fuerza, atmosfera, empuje.
<b>Ayudas didácticas</b>	Videos, simulación, experimentos demostrativos de presión.
<b>Discusión</b>	Si los líquidos hacen presión, ¿qué pasa si me sumerjo en una piscina? Presión hidrostática. ¿Qué tan duro choca las moléculas de la atmosfera? Presión atmosférica.
<b>Desempeños de comprensión</b>	(Sesión 1) Al sumergir la mano en una pecera se busca complementar dicho concepto. Importante es que varios estudiantes realicen estas experiencias para que puedan sentir los efectos de la presión y apropien así el concepto. Para presión atmosférica presentar el video acerca de la atmosfera. Analizar la historia del problema de Galileo y Torricelli, luego si se cuenta con los implementos hacer la demostración del barómetro de mercurio o de agua, mostrar imágenes de variación de la presión con la altitud e indagar por qué sucede esto. Mostrar algo acerca de las unidades de medida de la presión y sus equivalencias.

	(sesión 2) Principio de Arquímedes implicaciones y aplicaciones (un barco y un submarino). El principio de Pascal explicación, el agua es incompresible y las aplicaciones que tiene y construir una prensa hidráulica con dos jeringas en grupos de máximo de tres estudiantes. (Sesión 3) laboratorio del principio de Arquímedes.
<b>Evaluación</b>	Elaboración de guías de laboratorio de Arquímedes, en donde se registra predicciones, hipótesis conclusiones y aplicaciones
<b>Actividad complementaria</b>	Realizar una maquina utilizando el principio de Pascal
<b>Guías para la realización de la unidad didáctica</b>	Ver Anexo E.

### Unidad 5. Principio de Bernoulli

<b>Tiempo estimado</b>	<b>tres sesiones</b>
<b>Meta de comprensión</b>	Desarrollar de manera cualitativa y cuantitativa el principio de Bernoulli a partir de los conceptos de fuerza y energía y observar sus aplicaciones en la vida cotidiana.
<b>Tópicos Generativos</b>	Presión, energía, continuidad.
<b>Ayudas didácticas</b>	Videos, simulación, experimentos demostrativos del principio de Bernoulli.
<b>Discusión</b>	Cuando la velocidad aumenta, ¿qué pasa con la presión? Bernoulli. ¿Por qué los balones generan comba? Efecto Magnus. ¿Cómo vuelan los aviones? ¿Cómo funciona un aspersor?
<b>Desempeños de comprensión</b>	(sesión 1) Se inicia con el concepto de continuidad, lo que entra menos lo que sale es igual a cuanto aumenta adentro (conservación de la masa), utilizando como ejemplo lo que pasa en un salón de clases con los niños que entran y salen. Luego mediante la MAA se presenta un secador son una bola de icopor y una botella plástica y se plantea una situación problema para construir cualitativamente el concepto del principio de Bernoulli (entre más velocidad menor presión) (anexo F). (Sesión 2) se realizan diferentes experimentos mostrando el principio de Bernoulli como dos hojas de papel y se soplan el del embudo y una pelota de ping pong y algunos videos mostrando sus aplicaciones ( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Pizt2ig8BWM">https://www.youtube.com/watch?v=Pizt2ig8BWM</a> ) ( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=BWOUmTEMMAc">https://www.youtube.com/watch?v=BWOUmTEMMAc</a> ) ( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=mHHnecyr5Bk">https://www.youtube.com/watch?v=mHHnecyr5Bk</a> ). Luego se presenta una situación problema de un plano inclinado una pelota y un cilindro de papel hueco y se pregunta ¿cómo serán sus trayectorias? y se analiza de nuevo el principio. Se construye de manera cuantitativa el concepto. (Sesión 3) se resuelven ejercicios del principio de Bernoulli y se explica algunas particularidades como Venturi y Magnus. Se explica el funcionamiento y las aplicaciones de cada uno apoyándonos en los

	videos ( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=23f1jvGUWJs">https://www.youtube.com/watch?v=23f1jvGUWJs</a> ) y en situaciones cotidianas como la salida de agua de un tanque o el tiro libre de Roberto Carlos ( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=NyMfhu7yaJo">https://www.youtube.com/watch?v=NyMfhu7yaJo</a> ), y se menciona el coeficiente de arrastre.
<b>Evaluación</b>	Elaboración de guías de laboratorio en donde se registra predicciones, hipótesis conclusiones y aplicaciones y desarrollo de ejercicios
<b>Actividad complementaria</b>	Realizar una maquina utilizando el principio de Bernoulli
<b>Guías para la realización de la unidad didáctica</b>	Ver Anexo F.

#### 4.4 Instrumentos de medición (Pre y Post test)

El instrumento de medición tiene como finalidad permitir el análisis de los resultados de la secuencia didáctica en los estudiantes de grado décimo del colegio la Aurora I. E. D., jornada tarde. Este instrumento se aplica como prueba de entrada, previamente a la implementación de la secuencia didáctica, y como prueba de salida, con el fin de medir cómo cambia el desempeño de los estudiantes por la aplicación de la secuencia didáctica.

La prueba consiste en 16 preguntas distribuidas en diferentes temas claves dentro de la secuencia diseñada, presión en líquidos (preguntas 1, 2, 13, 16), Principio de Arquímedes (preguntas 3, 14, 15), presión en gases (preguntas 4, 5, 6), presión en sólidos (pregunta 7), Principio de Bernoulli (preguntas 8, 10, 11, 12) y principio de Pascal (preguntas 9). Algunas de las preguntas fueron tomadas del banco de preguntas del ICFES [35] y algunas de ellas fueron modificadas para escribirlas en un lenguaje mucho más entendible para los estudiantes. El test se puede consultar en el Anexo G.

## **5. Aplicación de la propuesta y Análisis de resultado**

### **5.1 Elección del grupo de trabajo**

El Colegio la Aurora I.E.D. tiene aproximadamente 2000 estudiantes, distribuidos en dos jornadas (mañana y Tarde). En la jornada de la tarde se tienen dos cursos de nivel décimo, 1003 y 1004, el primero con especialización en artística y el segundo con especialización en la gestión comercial. Debido a las múltiples actividades desarrolladas en el último periodo a nivel institucional solo hubo tiempo para poder desarrollar la secuencia solamente con el grupo 1003.

### **5.2 Tiempo de desarrollo de la propuesta**

El tiempo tomado para el desarrollo de la propuesta desde el momento del test de entrada hasta el momento de entrega y análisis de resultados después de la prueba de salida fue de 14 sesiones (1190 minutos), que se distribuyeron entre martes en el primer bloque, miércoles al tercer bloque y viernes en el primer bloque de clases. Además de este tiempo asignado académicamente, también se establecieron asesorías en contra-jornada los miércoles en la mañana y los lunes al último bloque, horario en que lo estudiantes podían asistir sin problemas, pues este día de la semana tienen gestión de proyecto y es más fácil que los estudiantes puedan ir a esas asesorías. En estas asesorías básicamente los estudiantes presentaron sus experimentos de presión y elaboraron los escritos respectivos para explicar correctamente lo observado, además de recibir asesoría para la solución de problemas.

## 5.3 Aplicación de la secuencia didáctica

A continuación analizaremos guía por guía los momentos desarrollados y los frutos que se obtuvieron en el desarrollo de las clases y en la actividad de evaluación de cada unidad.

### G.1. *Todo está hecho de moléculas*

Este primer momento fue importante, ya que entender de manera clara los estados de la materia es indispensable para comprender el concepto de presión en cualquier estado. Al preguntar qué entendían por estados de la materia y cómo clasificaban algunos ejemplos, se evidenciaron algunas confusiones. Por ejemplo, todos afirmaron que las nubes y la neblina son agua en estado gaseoso. Cuando se aclaró cómo se comportan a nivel molecular los estados fue más sencillo llegar a comprender por qué las nubes están en estado líquido y no gaseoso. Estas ideas se reforzaron con dos videos. El primero, “átomos violentos” de la serie Cosmos, Una Odisea Espacial, permitió explicar la historia y estructura de las moléculas y la vida dentro de una gota de agua. El segundo, “The inner life of the cell”, muestra el funcionamiento celular. Estos videos sirvieron para entender que también las cosas vivas están hechas de átomos. Los applets y videos fueron importantes para mostrar el comportamiento de la materia a nivel molecular, tanto en los procesos para ir de un estado a otro como en la explicación del movimiento Browniano, que según la historia es el primer hecho que evidencia el comportamiento atómico más tarde desarrollado por las ideas de Einstein y Perrin. Por su parte, los experimentos para evidenciar el Movimiento Browniano utilizando un microscopio no se pudieron realizar, porque el colegio no contaba con los materiales para hacerlo y los microscopios que el autor pudo conseguir no fueron de la calidad adecuada para evidenciar el movimiento.

*Figura 5-1. Fotos de los estudiantes realizando el trabajo de clasificación.*



Como actividad de evaluación de la unidad, se pidió a los estudiantes que presentaran un escrito corto donde dieran explicaciones desde el punto de vista molecular para el movimiento browniano y para la flotación del hielo en el agua. Estos escritos permitieron visualizar que entendían que las interacciones entre los granos de polen y el agua se debían al movimiento de los cluster y hacían que los granos de polen se portaran de manera errática. En el hielo flotan la mayoría (90%) explicaba que la flotación se debía a la densidad del agua congelada, ya que esta era menos que el agua en estado líquido, pero no pudieron llegar más allá sobre la estructura ya que no explicaron sobre el puente de hidrogeno que permite que las moléculas en el hielo se expandan más.

### **G2. Presión en sólidos**

Ya teniendo en claro los estados de la materia, se procedió a introducir el concepto de presión en sólidos. De la experiencia de una cama de agujas y una bomba (Figura 5-2), implementada con el método de aprendizaje activo, se evidencia notoriamente que confunden fuerza con presión, y aunque muchos predicen que la bomba no explota, la explicación es muy ambigua. Por ejemplo, algunos estudiantes dicen que como nivel expansión de las moléculas o cosas que se entierran pero no deja salir el aire. Con la explicación de que la fuerza se reparte sobre el área generada por todas las puntillas lograron ver por primera vez la diferencia entre presión y fuerza, que quedó aún más firme con el video de un helicóptero posándose sobre cajas de huevos y con el ejemplo de los zapatos de tacón. Posteriormente se introdujo con videos el concepto de dureza. Al principio se vio que lo confundían con el concepto de resistencia, pero esto se solucionó con ejemplos como el del diamante, que a pesar de ser duro es muy frágil. Como evaluación de la unidad se colocaron algunos ejercicios de reemplazo algebraico para calcular presión en diferentes situaciones. Los estudiantes se les dificultan el manejo de variables matemáticas en la solución de ejercicios, ya que el despeje de variables no lo hacen bien.

*Figura 5-2 Práctica de la bomba y la cama de puntillas*



### **G3 Presión en Gases**

Valiéndonos de la teoría molecular se construyó una definición de presión en gases como originada por el choque de las moléculas del gas, y de temperatura como proporcional a la energía cinética por molécula. Para ello se trabajó el ejemplo de una bomba con canicas, que muestra que más presión crece con la temperatura y el número de partículas y disminuye con el volumen. Las leyes de los gases ideales se construyen así, primero desde el punto de vista cualitativo, reforzadas por experimentos demostrativos y videos. En estas sesiones aumento el interés cuando realizaron los experimentos como el de la compresión de una lata o el masmelo dentro de una jeringa. Estos experimentos se realizaron en grupos, lo que produjo buenos resultados, porque cuando los estudiantes manipulan las cosas, sin necesidad de medir, tienden mucho más. A algunos grupos la lata no les colapsó, porque no hubo un cambio drástico en la temperatura, pero veían como la lata se chupaba un poco. Las experiencias se complementaron con videos del mismo fenómeno pero con otros elementos. Se terminó con un video del experimento de Magdeburgo, que se utilizó también para mostrar que la presión atmosférica actúa igual en todas direcciones.

La parte cuantitativa se realizó mediante la solución de ejercicios sencillos, con operaciones numéricas sencillas, que buscaban reforzar el concepto. Aquí también se utiliza “applets” para mirar con más detalle el proceso de P, V, T en un gas y cómo se comporta variando una o varias variables en el proceso.

Como evaluación y ejemplo de aplicación y se realizó un termómetro casero en el cual se utiliza alcohol etílico, un pitillo, colorante y una botella plástica. En la botella plástica con tapa, abrían un agujero en la tapa, pasar el pitillo luego se vierte el alcohol en la botella más o menos casi la mitad y un colorante para poder ver el alcohol en el pitillo transparente. Se cierra fuertemente y entre el agujero y el pitillo ponemos plastilina para lograr un cierre hermético solo puede salir el líquido por el pitillo. De esa manera se construye un termómetro. Esto fueron los que presentaron los estudiantes, inclusive se midieron cosas como agua hirviendo o agua con hielo y veíamos como el alcohol subía y bajaba en el pitillo. Algunos intentaron de generar una escala.

### ***G4 Presión en líquidos***

Esta unidad incluye la presión hidrostática en líquidos, los principios de Arquímedes y Pascal, y (a pesar del nombre de la unidad) algunos elementos adicionales de la presión atmosférica. La presión nivel microscópico se sigue entendiendo aquí como producida por choques, que en el caso de un líquido son los choques de los “clusters” de moléculas. La experiencia de introducir el brazo en una pecera efectivamente sirvió para entender que el agua ejercía presión en todas las direcciones y que dicha presión aumentaba con la profundidad, pero no cambia al moverse en dirección horizontal. A esta altura del trabajo realizado de la secuencia didáctica, los estudiantes tienen más desarrollo matemático, y pueden describir los fenómenos de manera más cuantitativa.

Como actividad de evaluación se realizó una experiencia para evidenciar el principio de Arquímedes. Su realización fue difícil, porque al introducir la masa en el agua, el desplazamiento del líquido era muy pequeño, y por lo tanto la masa que se debía poner en la balanza era muy pequeña. El efecto solo se logró apreciar cuando la masa estaba casi totalmente sumergida. A los estudiantes se les dificulta usar ecuaciones para encontrar relaciones entre variables y encontrar posibles resoluciones numéricas del experimento, pero son buenos graficando datos a escalas pertinentes.

Como actividad complementaria, se pidió que desarrollaran una máquina que funcionara con base en el principio de Pascal. Algunos estudiantes hicieron puentes levadizos, brazos hidráulicos, y hasta una ciudad que se movía (como los ascensores), evidenciando que el principio de Pascal sí funcionaba. Solo algunos grupos tuvieron problemas, pues no sellaban bien los tubos o permitían espacios de aire dentro de ellos. Las dos actividades fueron supremamente enriquecedoras.

### ***G5 Principio de Bernoulli***

En esta última guía se retoma todo lo visto anteriormente. Lo que buscábamos en las etapas anteriores era construir el concepto de presión y, ya teniéndolo claramente aplicarlo a fluidos en movimiento. Valiéndonos de dos conceptos que los estudiantes ya habían visto anteriormente, que son el trabajo y la energía, podemos construir cuantitativamente el principio de Bernoulli. Pero antes se introdujo el tema con una práctica de aprendizaje activo utilizando la práctica demostrativa de una bola de icopor que queda pegada a un

embudo cuando se *sopla* por el embudo. Cuando se observa que la bola se pega más al embudo no hubo una explicación entendible, pues aunque sabían que pasaba algo con la presión no lograron deducirlo. La explicación solo se hizo evidente cuando se realizó la experiencia de soplar entre dos hojas paralelas. Ellos pensaban que las hojas se separarían mucho más, y cuando pasó lo contrario, pudieron aceptar que la presión y la velocidad tienen una relación inversa, es decir entre más velocidad menos presión y entre menos velocidad mayor presión. Esta idea se complementó con videos de experimentos que fueron explicando sus aplicaciones, como Venturi, Torricelli y Efecto Magnus, en donde se mostró el mejor gol de tiro libre que hizo Roberto Carlos aprovechando este fenómeno.

Esta secuencia potencializó varias cosas como el trabajo en equipo, el análisis crítico de la situación, intentando justificar de una manera organizada pero entendible el comportamiento del fenómeno y aclarar mucho más los conceptos. La participación durante la lluvia de ideas para ejemplarizar el uso de los conceptos fue muy buena y se vieron estudiantes proponiendo sus ideas, cuando en bimestres anteriores ni les interesaba saber lo que pasaba en clase.

Entre las cosas negativas, vale la pena resaltar el poco manejo de ecuaciones, y la existencia de falencias en conceptos fundamentales como fuerza y energía. A la hora de contestar las preguntas, se les dificulta no poder hablar con sus compañeros y comparar respuestas, pero esto se puede superar no siendo tan estricto con los tiempos y evitando interrupciones entre clase y clase por actividades externas del colegio, ya que se pierde continuidad y toca retomar cosas ya vistas.

## **5.4 Análisis cualitativo de las evaluaciones por sesión y del trabajo de aula**

Se inicia la aplicación con la prueba de entrada, que como se ha mencionado antes consta de 16 preguntas de selección múltiple con única respuesta. Se aplica la prueba de entrada al curso 1003, con cuyos estudiantes se llevó a cabo la implementación de la secuencia didáctica. En el Anexo H se muestran los resultados obtenidos en la prueba de entrada. Estos resultados nos muestran los preconceptos que tienen los estudiantes sobre el tema y el manejo de ese conocimiento en su entorno. Mirando los resultados podemos analizar

que más del 73% tienen respuestas inferiores a 5 preguntas correctas, evidenciando su bajo nivel de conocimiento sobre el tema y sus aplicaciones a parte la pregunta 9 es la más baja de todas y tiene relación con el principio de pascal y las preguntas 4, 8, 10, 11, 12 y 13 también son bajitas con 5 o 6 respuestas correctas que tienen que ver en situaciones que involucra presión en gases, Bernoulli y presión hidrostática en donde se evidencia que existe un desconocimiento en las aplicaciones de los fluidos y cómo se comportan en aplicaciones de nuestro entorno. Podemos claramente inferir que los estudiantes si han escuchado el termino de presión pero lo logran confundir con el concepto de fuerza y aunque estos estén relacionados uno con el otro no son lo mismo y se hace pertinente diferenciarlos y aparte es evidente que no predicen con buena exactitud los fluidos en movimiento quizás para ellos aunque estén relacionados sientan el movimiento del viento en su rostro, hayan jugado con mangueras o visto la fórmula uno le es difícil interiorizar que ese movimiento es indispensable en su vida y que tienen muchas aplicaciones a su alrededor.

En el diseño pedagógico y psicométrico planteado se consideró una prueba única que serviría como pre test y post test. Como resultado de la aplicación de la prueba de salida se encontró un aumento notorio de respuestas correctas y las preguntas planteadas (figura 5-3). En muchas hubo un cambio significativo de respuestas buenas como se muestra en el Anexo H.

Tabla 5-1. Consolidado estadísticos de la prueba de salida.

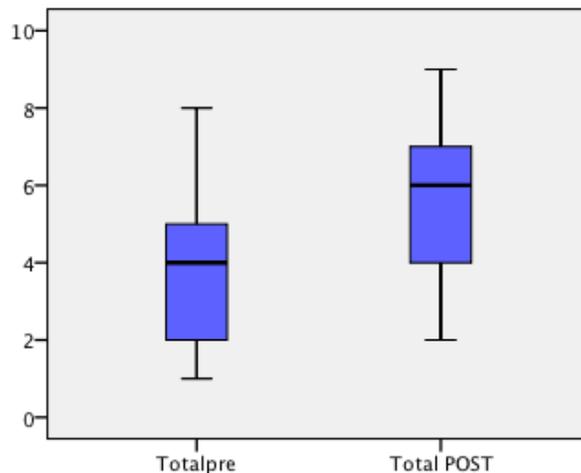
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Total pre	33	1	8	4.00	1.989
Total Post	33	2	9	5.48	1.787
N valido	33				

Al realizar una comparación entre la prueba de entrada y la prueba de salida podemos evidenciar un avance notorio en la contestación de la prueba ya que cuando las comparamos podemos ver un aumento en la media (Tabla 5-1), aunque al mirar el valor de las respuestas no hubo un avance claro allí, esto se puede deber a la variedad de temas

que se intentó abarcar en las preguntas y al análisis de cada uno de ellas. Este aumento en la media nos indica que el desarrollo de la secuencia didáctica tuvo impacto positivo en la construcción del concepto y la desviación en ambas pruebas es pequeña, esto nos lleva considerar que la propuesta es satisfactoria, aunque se puede llegar a mejores resultados si enfocamos los esfuerzos a un tema en particular y no varios como en este caso.

Teniendo en cuenta los resultados de la tabla 5-1 nos indica que hubo respuestas que no cambiaron significativamente como las evidenciadas en las pregunta 9, 10 y 12 en la cual no se observó un gran aumento. La pregunta 9 es sobre el principio de Pascal y mirando las respuestas muchos escogieron teniendo en cuenta el área como un todo y no el área del cilindro ya que la relación cambia por el cuadrado del radio. Esto muestra que los estudiantes no logran interpretar más allá de lo visto en la fórmula, ya que la relación con el área es inversamente proporcional. En las otras preguntas son de análisis numérico de una aplicación de Bernoulli, y aunque se trató en clase, el desarrollo de este punto en la prueba es difícil para los estudiantes, ya que realizar desarrollos cuantitativos se les dificulta y más si las fórmulas se vuelven más complejas.

*Figura 5-3. Esquema de los promedios de las respuestas correctas de la prueba de entrada y de salida.*



Para mirar que tan significativa y pertinente fue el desarrollo de la prueba se realizó unas pruebas de normalización y para ello se utilizaron dos métodos el de Kolmogorov-Smirnov y la de Shapiro-Wilk. Como la prueba fue aplicada a un grupo menor de 50 (33 estudiantes) utilizaremos la segunda (Tabla 5-2) en estos resultados podemos observar que el nivel de significancia de ambas pruebas son mayores a 0.05, esto implica que los datos siguen una

distribución normal por lo tanto se pueden comportar como una distribución gaussiana.

Tabla 5-2. Prueba de normalidad del test de entrada y salida.

	Kolmogorov-Smimov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Tamaño del Grupo	Significancia	Estadístico	Tamaño del Grupo	Significancia
Total Pre	.179	33	.009	.936	33	.052
Total Post	.189	33	.004	.947	33	.112

Como ya sabemos que la distribución está normalizada y la población es pequeña, entonces utilizamos la distribución t de student para determinar las diferencias entre las dos pruebas aplicadas y poder construir el intervalo de confianza. Dicho intervalo nos garantizará si la prueba tiene una significancia buena y es pertinente para describir el proceso de los estudiantes antes y después de aplicada la secuencia. La tabla 5-3 muestra los resultados al aplicar t de student a la distribución normalizada, en donde podemos observar que el valor de t es de -3.594, es decir tres veces la desviación estándar, lo que podemos mirar es un valor muy pequeño inferior al 1% lo que garantiza que la significancia de prueba a prueba fue del 99% logrando que los estudiantes hayan avanzado notoriamente en su desempeño dentro del tema enseñado para esta secuencia.

Tabla 5-3. Prueba del t student al test de entrada y salida.

	Diferencias relacionadas					t	Tamaño del grupo	Significancia (bilateral)
	Media	Desviación	Error de la media	95% intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Total pre – Total Post	-1.5	2.373	.413	-2.326	-.643	- 3.5 94	33	.001

Lo que significa que hubo un avance significativo en la evolución de los conocimientos pero la manera del cómo se presentaron algunas preguntas no fueron pertinentes para ver ese proceso y que por lo tanto habría que enfocarlás de manera diferente evitando las posibles confusiones que pudieron ocasionar estas preguntas.

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

En este trabajo se desarrolló una secuencia didáctica para la enseñanza cualitativa de los principios básicos de la mecánica de fluidos que les permitiera a los estudiantes explicar y predecir correctamente fenómenos cotidianos relacionados con ellos, especialmente con el principio de Bernoulli. El análisis de resultados muestra que los estudiantes comprenden correctamente los principios cualitativos de la presión, tanto en sólidos como en fluidos, logrando interiorizar conceptos más elementales como los estados de la materia, todo está hecho de átomos y moléculas e identificar correctamente el origen del movimiento browniano, y, aunque no deducen las consecuencias de la estructura del hielo sobre su densidad, pueden explicar correctamente fenómenos sencillos que involucran gases ideales, como el funcionamiento de un termómetro casero.

Se observaron grandes dificultades en el manejo de ecuaciones, incluso el reemplazo numérico directo les fue difícil. Este hecho se refleja en la prueba de salida, donde las preguntas numéricas obtienen los puntajes más bajos. El análisis estadístico de los resultados del Pre-test y el Post-test muestra una diferencia estadísticamente significativa (con un nivel de certeza del 99.9%). Este resultado, junto con los obtenidos cualitativamente de cada unidad, nos lleva a concluir que la secuencia didáctica logra enseñar los conceptos de presión de forma cualitativa.

Los resultados obtenidos nos llevan a sugerir que el test de evaluación de la secuencia didáctica debería construirse utilizando solamente preguntas cualitativas, ya que la dificultad numérica que tienen los estudiantes de este curso es tan grande que incluso se presentan dificultades con el reemplazo numérico. Alternativamente se puede pensar en un trabajo de refuerzo para desarrollar las habilidades de reemplazo numérico y despeje de ecuaciones de primer grado.

Por otra parte, el uso de actividades y experimentos demostrativos captura la atención, mejora la participación e involucra, incluso más, a los estudiantes que suelen mostrar

apatía en la clase. En un grupo grande (superior a 30 estudiantes), como en el que se desarrolló la secuencia, las prácticas experimentales por grupos logran involucrar un mayor número de estudiantes que los experimentos demostrativos. Por eso se sugiere cambiar algunos experimentos demostrativos a prácticas en las que estudiantes interactúen con ellos y no tantos demostrativos. El principio de Bernoulli se evidenció como una oportunidad excelente para identificar el efecto de la presión sobre muchos fenómenos, incluso cotidianos, pues una vez entendida la idea de que a mayor velocidad, menor presión, los estudiantes construían explicaciones en la dirección correcta. La forma cómo está planteada la secuencia permite no solo construir los conceptos de la mecánica de fluidos, también sirve para revisar los procesos termodinámicos ya que los conceptos de presión y temperatura de gases también son básicos en el desarrollo de la termodinámica.

Este trabajo propone y desarrolla exitosamente una secuencia didáctica para la enseñanza del concepto de presión que utiliza el principio de Bernoulli como oportunidad de ilustrar el efecto de la presión en fenómenos sencillos. De esta manera, constituye un aporte valioso a la enseñanza de este concepto, que suele omitirse del programa de grado décimo, pero que es parte integral de la formación y base de muchos fenómenos de la vida diaria.

# A. Anexo: Guía de Todo está hecho de Átomos



COLEGIO LA AURORA I.E.D  
 ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES  
 CIENCIAS FÍSICAS  
 Guía de Todo está hecho de átomos  
 Clasifiquemos



Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor

Nombre \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_

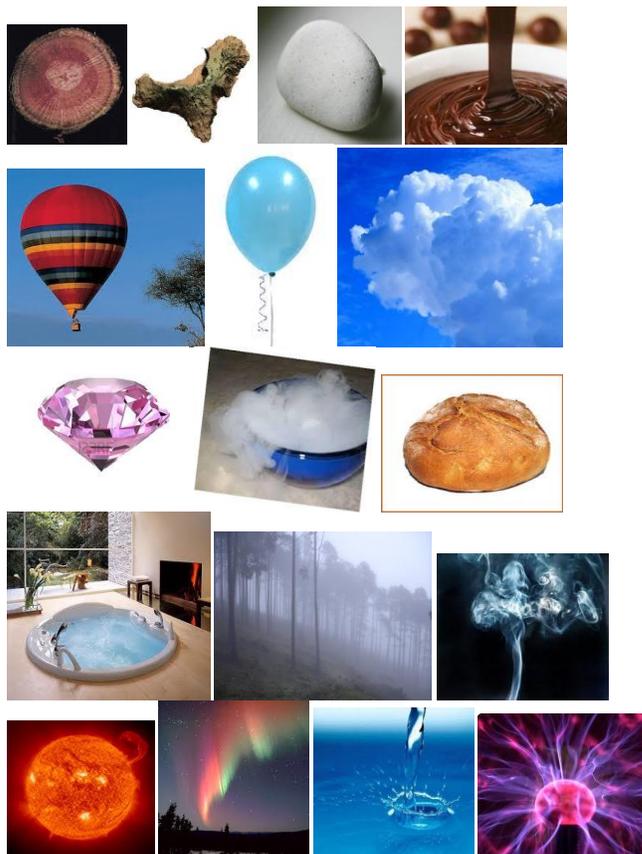
CLASIFIQUEMOS LOS ELEMENTOS

*Hoja de Predicciones Resumen Individual*

**INTRUCCIONES** Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios

Se tienen unas láminas que representan unas características particulares de la materia

- ¿De cuantas maneras puedo clasificarlos?
- ¿Qué criterio utilizo para realizar esa clasificación?
- ¿Qué características tienen en común para poder determinar que un objeto está en ese grupo y no en otro?





**COLEGIO LA AURORA I.E.D**  
**ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES**  
**CIENCIAS FÍSICAS**  
**Guía de Todo está hecho de átomos**  
**Clasifiquemos**



**Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor**

**Grupo** \_\_\_\_\_

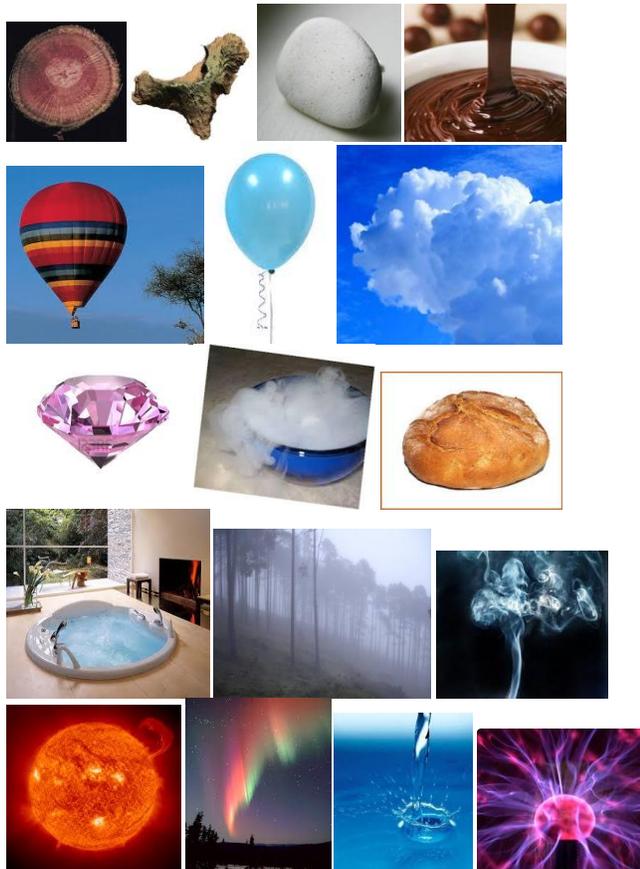
**CLASIFIQUEMOS LOS ELEMENTOS**

***Hoja de Predicciones Resumen Grupal***

**INTRUCCIONES** Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios

Se tienen unas láminas que representan unas características particulares de la materia

- ¿De cuantas maneras puedo clasificarlos?
- ¿Qué criterio utilizo para realizar esa clasificación?
- ¿Qué características tienen en común para poder determinar que un objeto está en ese grupo y no en otro?





**COLEGIO LA AURORA I.E.D**  
**ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES**  
**CIENCIAS FÍSICAS**  
**Guía de Todo está hecho de átomos**  
**Clasifiquemos**



**Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor**

**Grupo** \_\_\_\_\_

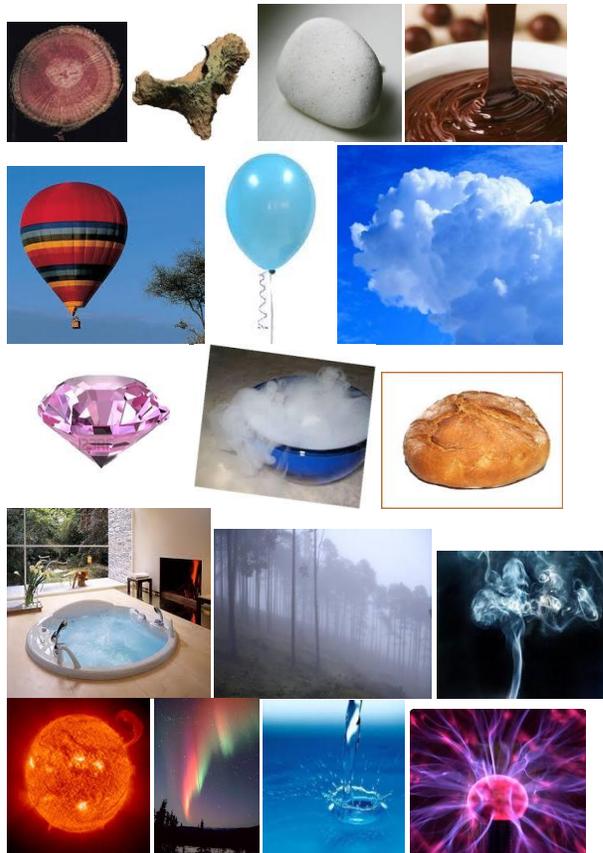
**CLASIFIQUEMOS LOS ELEMENTOS**

***Hoja de Resultados***

**INTRUCCIONES** En esta hoja puede escribir resúmenes y conclusiones

Se tienen unas láminas que representan unas características particulares de la materia

- ¿Por qué clasifico las láminas de esa manera?
- ¿Qué criterio utilizo para realizar esa clasificación?
- ¿Qué características diferencia a la roca, el agua y el aire?
- ¿De qué depende la forma de estos tres objetos?



## B. Anexo: Guía de Presión en Sólidos



COLEGIO LA AURORA I.E.D  
 ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES  
 CIENCIAS FÍSICAS  
 Guía de Presión en Sólidos  
 LA BOMBA RESISTENTE



Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor

Nombre \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_

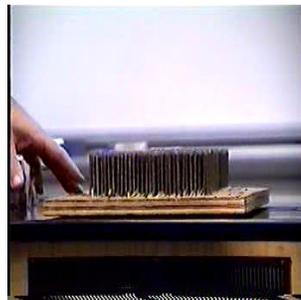
CLASE TEORICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

*Hoja de Predicciones Resumen Individual*

**INTRUCCIONES** Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios

Se tiene una cama de puntillas y un globo lleno de aire

- ¿Que pasara con el globo cuando se ponga encima de la cama de puntillas? Explique su respuesta





COLEGIO LA AURORA I.E.D  
ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES  
CIENCIAS FÍSICAS  
Guía de Presión en Sólidos  
LA BOMBA RESISTENTE

Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor

Grupo \_\_\_\_\_

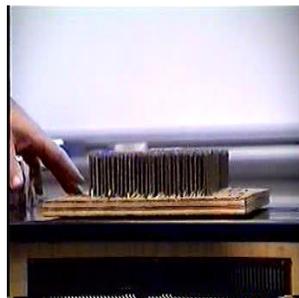
CLASE TEORICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

**Hoja de Predicciones Resumen Grupal**

**INTRUCCIONES** Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios

Se tiene una cama de puntillas y un globo lleno de aire

- ¿Que pasara con el globo cuando se ponga encima de la cama de puntillas? Explique su respuesta





**COLEGIO LA AURORA I.E.D**  
**ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES**  
**CIENCIAS FÍSICAS**  
**Guía de Presión en Sólidos**  
**LA BOMBA RESISTENTE**

**Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor**

**Grupo** \_\_\_\_\_

CLASE TEORICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

*Hoja de Resultados*

**INTRUCCIONES** En esta hoja puede escribir resúmenes y conclusiones

Se tiene una cama de puntillas y un globo lleno de aire

- ¿Qué paso con el globo cuando se puso encima de la cama de puntillas?
- ¿Por qué cree que el globo no estallo cuando se puso el globo?
- ¿Qué diferencia hay cuando se coloca la bomba en una sola puntilla a colocarlo en la cama de puntillas? (que características influyen)
- En la vida cotidiana ¿En dónde se observa este fenómeno?



## C. Anexo: Guía de Presión en Gases



COLEGIO LA AURORA I.E.D  
 ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES  
 CIENCIAS FÍSICAS  
 Guía de Presión en Gases  
 El sonido del choque



Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor

Nombre \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_

CLASE TEORICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

**Hoja de Predicciones Resumen Individual**

**INTRUCCIONES** Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios

Se tiene una gran cantidad de canicas y un globo. Se colocan en el interior de la bomba unas canicas y se infla un poco.

- ¿Qué pasa si se bate más rápido el globo con las canicas?
- ¿Qué pasa si se infla más el globo con la misma cantidad de canicas que anteriormente?
- ¿Qué pasa si se colocan más canicas al mismo globo inflado inicialmente?





**COLEGIO LA AURORA I.E.D**  
**ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES**  
**CIENCIAS FÍSICAS**  
**Guía de Presión en Gases**  
**El sonido del choque**

**Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor**

**Grupo** \_\_\_\_\_

CLASE TEORICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

***Hoja de Predicción Resúmen Grupal***

**INTRUCCIONES** Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios

Se tiene una gran cantidad de canicas y un globo. Se colocan en el interior de la bomba unas canicas y se infla un poco.

- ¿Qué pasa si se bate más rápido el globo con las canicas?
- ¿Qué pasa si se infla más el globo con la misma cantidad de canicas que anteriormente?
- ¿Qué pasa si se colocan más canicas al mismo globo inflado inicialmente?





**COLEGIO LA AURORA I.E.D**  
**ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES**  
**CIENCIAS FÍSICAS**  
**Guía de Presión en Gases**  
**El sonido del choque**



Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor

Grupo\_\_\_\_\_

CLASE TEORICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

***Hoja de Resultados***

**INTRUCCIONES** En esta hoja puede escribir resúmenes y conclusiones

Se tiene una gran cantidad de canicas y un globo. Se colocan en el interior de la bomba unas canicas y se infla un poco.

- ¿Qué paso si se batió más rápido el globo con las canicas?
- ¿Qué paso si se infla más el globo con la misma cantidad de canicas que anteriormente?
- ¿Qué paso si se colocan más canicas al mismo globo inflado inicialmente?
- ¿Qué característica es afectada por el movimiento de las canicas?
- ¿con que magnitudes se puede relacionar esta característica?
- ¿Qué aplicaciones existen en la actualidad?



## D. Anexo: Guía de Mecánica de fluidos (Presión Hidrostática)



COLEGIO LA AURORA I.E.D  
 ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES  
 CIENCIAS FÍSICAS  
 Guía de Mecánica de Fluidos  
 Hemisferios de Magdeburgo



Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor

Nombre \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_

CLASE TEORICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

*Hoja de Predicciones Resumen Individual*

**INTRUCCIONES** Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios

Tenemos dos hemisferios y los sumergimos en un balde lleno de agua y los unimos dentro del agua cuando lo saquemos al aire

- ¿Qué pasara si soltamos la parte inferior?





**COLEGIO LA AURORA I.E.D**  
**ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES**  
**CIENCIAS FÍSICAS**  
**Guía de Mecánica de Fluidos**  
**Hemisferios de Magdeburgo**



**Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor**

**Grupo** \_\_\_\_\_

CLASE TEORICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

***Hoja de Predicciones Resumen Grupal***

**INTRUCCIONES** Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios

Tenemos dos hemisferios y los sumergimos en un balde lleno de agua y los unimos dentro del agua cuando lo saquemos al aire

- ¿Qué pasara si soltamos la parte inferior?





**COLEGIO LA AURORA I.E.D**  
**ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES**  
**CIENCIAS FÍSICAS**  
**Guía de Mecánica de Fluidos**  
**Hemisferios de Magdeburgo**



**Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor**

**Grupo** \_\_\_\_\_

CLASE TEORICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

*Hoja de Resultados*

**INTRUCCIONES** En esta hoja puede escribir resúmenes y conclusiones

Tenemos dos hemisferios y los sumergimos en un balde lleno de agua y los unimos dentro del agua cuando lo saquemos al aire

- ¿Qué pasa cuando soltamos la parte inferior?
- ¿Qué hace que esto ocurra?
- ¿Cómo es la presión adentro del recipiente con respecto a fuera de él?
- 



## E. Anexo: Guía de Mecánica de fluidos (Principio de Bernoulli)



COLEGIO LA AURORA I.E.D  
 ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES  
 CIENCIAS FÍSICAS  
 Guía de Mecánica de Fluidos  
 La Pelota Loca

Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor

Nombre \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_

CLASE TEORICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

*Hoja de Predicciones Resumen Individual*

**INTRUCCIONES** Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios

Se tiene una botella plástica sin la base, boca abajo como se muestra en el gráfico, una bola de icopor dentro de ella y un secador en la parte inferior de la botella. Si se activa el secador y se acerca a la boca de la botella

- ¿Qué sucederá con la bola de icopor?
- ¿Cómo es la trayectoria del aire alrededor de la pelota? Dibújelo





**COLEGIO LA AURORA I.E.D**  
**ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES**  
**CIENCIAS FÍSICAS**  
**Guía de Mecánica de Fluidos**  
**La Pelota Loca**

**Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor**

**Grupo** \_\_\_\_\_

**CLASE TEORICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA**

***Hoja de Predicciones Resumen Grupal***

**INTRUCCIONES** Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios

Se tiene una botella plástica sin la base, boca abajo como se muestra en el gráfico, una bola de icopor dentro de ella y un secador en la parte inferior de la botella. Si se activa el secador y se acerca a la boca de la botella

- ¿Qué sucederá con la bola de icopor?
- ¿Cómo es la trayectoria del aire alrededor de la pelota? Dibújelo





**COLEGIO LA AURORA I.E.D**  
**ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES**  
**CIENCIAS FÍSICAS**  
**Guía de Mecánica de Fluidos**  
**La Pelota Loca**



**Entregue la hoja cuando sea requerida por el profesor**

**Grupo** \_\_\_\_\_

CLASE TEORICA INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

***Hoja de Resultados***

**INTRUCCIONES** En esta hoja puede escribir resúmenes y conclusiones

Se tiene una botella plástica sin la base, boca abajo como se muestra en el gráfico, una bola de icopor dentro de ella y un secador en la parte inferior de la botella. Si se activa el secador y se acerca a la boca de la botella

¿Qué pasó con la bola de icopor al acercar el secador a la botella?, explique.

Cómo es la trayectoria del aire alrededor de la pelota?, explique.

¿Qué causa que la bola de icopor se acerca más a la boquilla de la botella?

Compare las propiedades físicas del aire a la que está sometida la bola de icopor cuando funciona el secador y cuando no funciona.

Qué pasa con la velocidad del aire cuando pasa por diferentes diámetros y que pasa con la presión del aire?

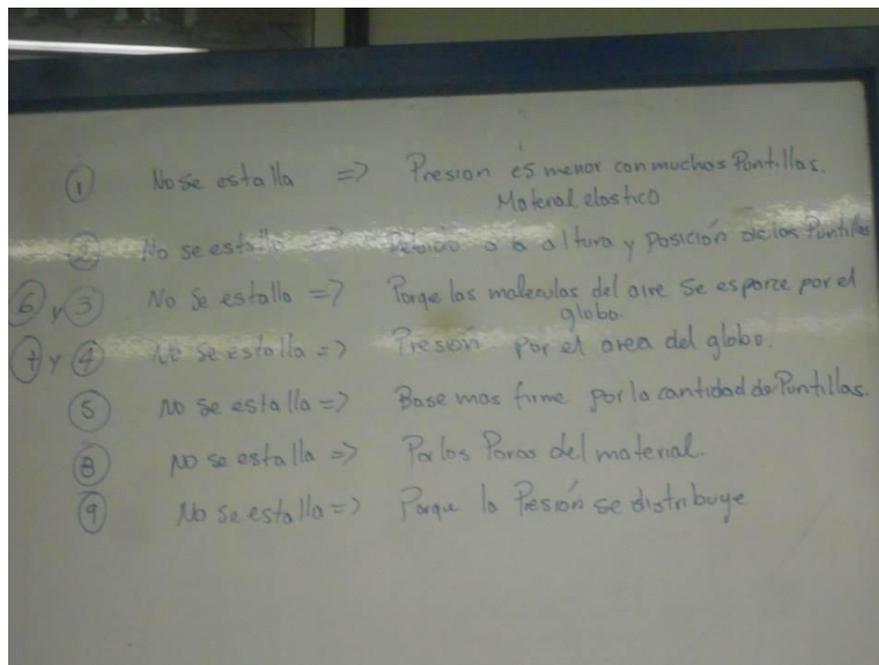
En la vida cotidiana en dónde se puede observar el mismo fenómeno? Enumere al menos 3 aplicaciones del fenómeno observado.

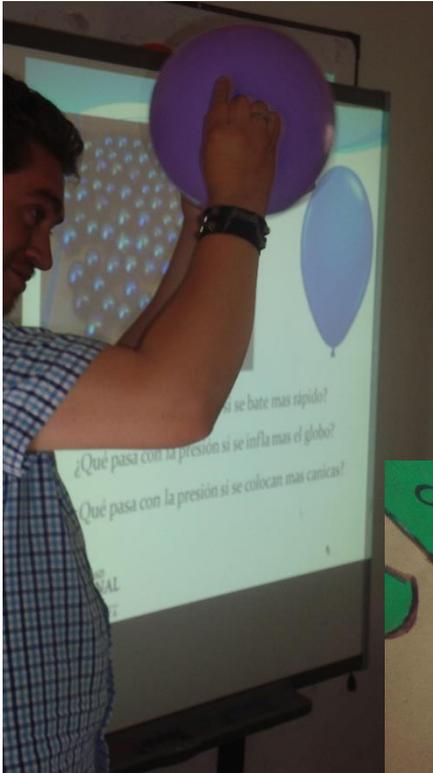


## F. Anexo: Fotos de la experiencia



## Fotos de presión en solidos

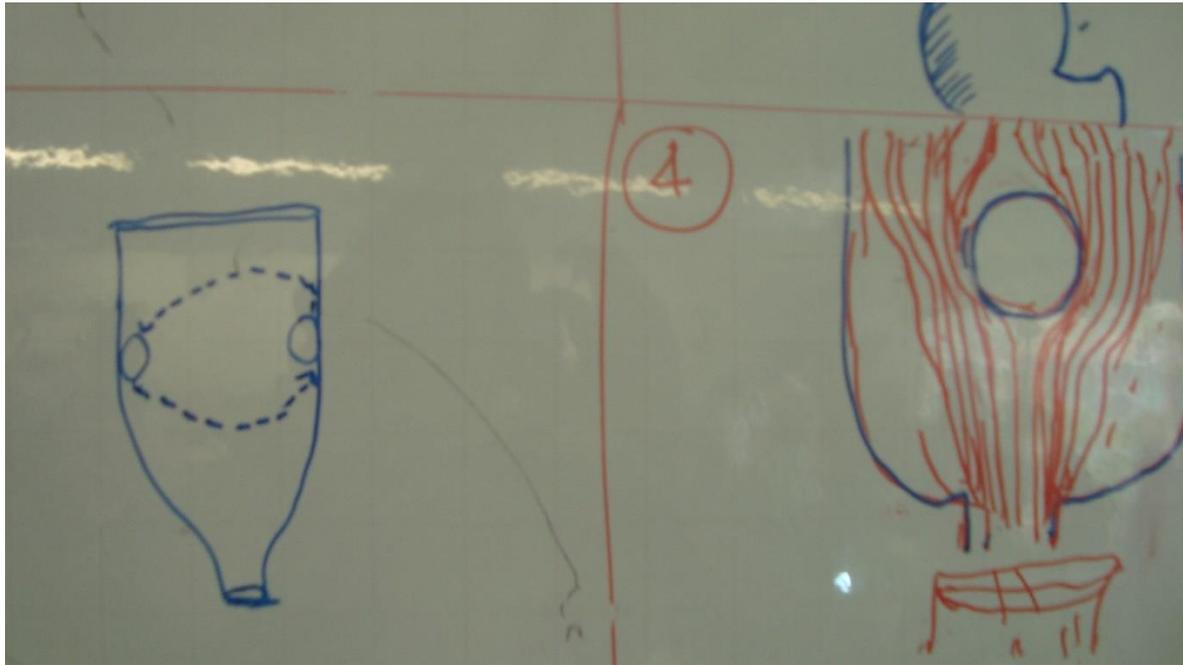


**Fotos gases****Máquinas de pascal**



Bernoulli





## G. Anexo: Pre test y post test



COLEGIO LA AURORA IED

Física

Prueba de entrada

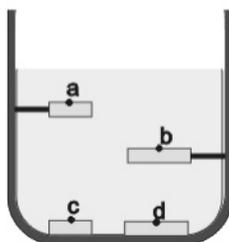
201\_



Nombre \_\_\_\_\_

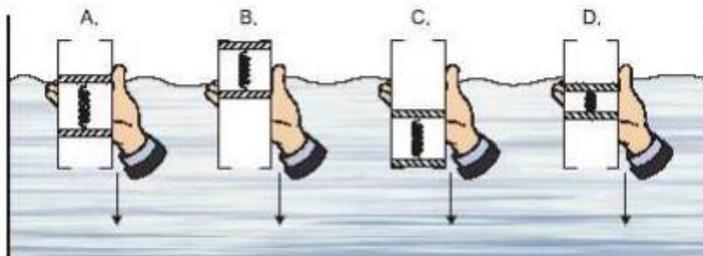
Fecha \_\_\_\_\_

1. En un líquido se sumergen 4 monedas de igual espesor. El tamaño de a es igual al de c y el de b igual al de d. Adicionalmente las monedas a y b están sostenidas por un par de soportes. De las siguientes expresiones, la que más se adecua a los valores de las presiones hidrostáticas en los puntos señalados en las monedas, es el indicado en



- A  $(P_a = P_c) < (P_b = P_d)$   
 B  $P_a > P_b > (P_c = P_d)$   
 C  $(P_a < P_b) < (P_c = P_d)$   
 D  $P_a < P_b < P_c < P_d$

2. Se fabrica un instrumento para estudiar la presión hidrostática conectando dos émbolos de plástico con un resorte e introduciéndolos en un tubo. Los émbolos evitan que el fluido llene el espacio entre ellos y pueden deslizarse sin rozamiento a lo largo del tubo. Al ir introduciendo el instrumento en un tanque con agua los émbolos se mueven dentro del tubo y adoptan la posición.



3. Un submarino se encuentra a una profundidad  $h$ . Para ascender bombea al exterior parte del agua acumulada en sus tanques. Tres científicos que están discutiendo la razón por la que sucede llegan a afirmar lo siguiente:

Científico 1: El submarino asciende, porque el empuje aumenta

Científico 2: El submarino asciende, porque el empuje aumenta y el peso disminuye

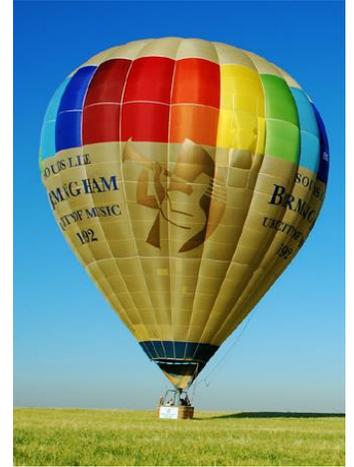
Científico 3: El submarino asciende, porque la fuerza neta está orientada hacia arriba

Las razones que son correctas

- A. los científicos 1 y 2
- B. los tres científicos
- C. sólo el científico 3
- D. sólo el científico 2

4. Un globo que contiene una cantidad constante de gas  $m$  se encuentra sobre el suelo como lo muestra la figura. Podemos asegurar que la presión al interior del globo es igual a la presión atmosférica ya que la tela del globo es elástica y no deja salir gas. Además la temperatura y el volumen inicialmente son  $T_0$  y  $V_0$  respectivamente. Si se enciende la llama la temperatura del gas aumenta por lo tanto sucede que:

- A. ha disminuido su presión
- B. ha aumentado su densidad
- C. ha aumentado el volumen
- D. ha disminuido su masa



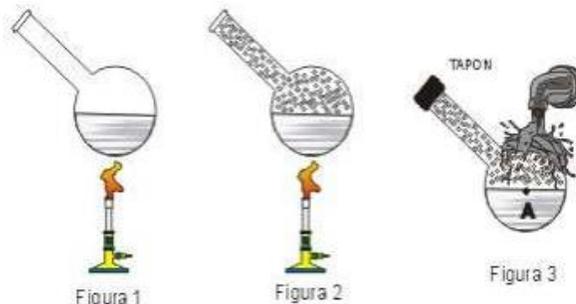
5 La energía media por partícula de un gas ideal se puede calcular mediante la expresión

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT \quad K = \text{Constante de boltzmann}$$

En un recipiente hermético y aislado se tiene un gas ideal cuyas moléculas se mueven con rapidez promedio  $v_1$ . Si el volumen del recipiente se reduce a la cuarta parte mientras la presión se mantiene constante, se puede concluir que la velocidad promedio de las moléculas del gas después de la compresión es

- A  $v_1$
- B  $\frac{v_1}{2}$
- C  $\frac{v_1}{4}$
- D  $4v_1$

6. Un balón de laboratorio con agua en su interior es calentado por un mechero como se muestra en la figura 1. Cuando el agua alcanza el punto de ebullición empieza a transformarse en vapor y a llenar todo el balón como se aprecia en la figura 2. Luego el balón se tapa, el mechero se retira, y se coloca bajo una ducha de agua fría como se ilustra en el figura 3.



Entonces finalmente la presión en el punto A dentro del balón

- A. es mayor que la presión atmosférica
- B. es menor que la presión atmosférica
- C. es igual a la presión atmosférica

D. no depende de la temperatura del vapor

7. Juan y Miguel son dos buenos amigos y se fueron a esquiar a Finlandia, en el camino a la cumbre de la montaña se percatan de las huellas que dejan en la nieve ya que Juan calza 41 y Miguel 37, ya que a pesar de que los dos tienen el mismo peso dejan huellas diferentes con respecto a la profundidad de sus huellas. Después de una larga discusión concluyen que esto se debe a:

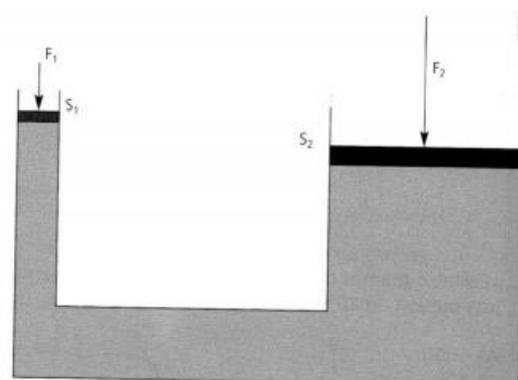
- A. La fuerza que ejercen sobre el suelo es la misma, pero Juan que calza el número 41 lo hace sobre una superficie mayor que Miguel que lo hace con el número 37. Como ejerce mayor presión la que calza un número más pequeño, las huellas de Miguel en la nieve serán más profundas.
- B. La fuerza que ejercen sobre el suelo es la misma, pero Juan que calza el número 41 lo hace sobre una superficie mayor que Miguel que lo hace con el número 37. Como ejerce mayor presión la que calza un número más grande, las huellas de Juan en la nieve serán más profundas.
- C. La fuerza que ejercen sobre el suelo no son las mismas, porque Juan que calza el número 41 lo hace con mayor fuerza sobre una superficie mayor que Miguel que calza 37 lo hace con menor fuerza sobre una superficie menor por lo tanto las huellas de Juan en la nieve serán más profundas.
- D. La fuerza que ejercen sobre el suelo no son las mismas, porque Juan que calza el número 41 lo hace con mayor fuerza sobre una superficie mayor que Miguel que calza 37 lo hace con menor fuerza sobre una superficie menor por lo tanto las huellas de Miguel en la nieve serán más profundas.

8. Cuando la ventana de una habitación se encontraba abierta, la cortina de la habitación se salió parcialmente por la ventana. El anterior hecho pudo haber sucedido, porque la velocidad del aire

- A. afuera de la habitación es mayor que la de adentro y la presión adentro es menor que la de afuera
- B. adentro de la habitación es mayor que la de afuera y la presión afuera es menor que la de adentro
- C. afuera de la habitación es mayor que la de adentro y la presión de afuera es menor que la de adentro
- D. adentro de la habitación es menor que la de afuera y la presión afuera es mayor que la de adentro

9. En la prensa hidráulica mostrada, si el radio del pistón menor se triplica y el radio del pistón mayor se mantiene aplicando la misma fuerza al pistón menor, entonces la fuerza en el pistón mayor:

- a) aumenta nueve veces
- b) se triplica
- d) se reduce a la novena parte
- e) se reduce a la tercera parte



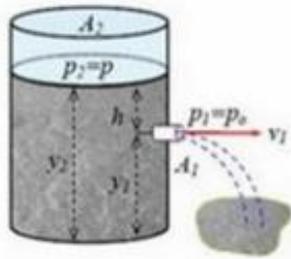
**Las preguntas 10 y 11 se contestan con la siguiente información**

El principio de Bernoulli describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea corriente. Este expresa que un fluido ideal moviéndose a lo largo de un conducto su energía permanece constante descrita por la expresión

$$P + \rho gh + \rho \frac{v^2}{2} = \text{constante}$$

En donde P es la presión sobre el fluido,  $\rho$  la densidad del fluido, g la gravedad y v la velocidad del fluido dentro del conducto.

Se tiene un estanque de densidad  $\rho$  el que presenta un orificio en un costado con un diámetro muy pequeño comparado con el diámetro del tanque, este se encuentra a una altura  $y_1$ , del fondo del recipiente cilíndrico como se muestra en la figura. La cantidad de aire por encima del cilindro se encuentra a una presión P



10. la expresión que representa la velocidad de salida es

A.  $v = \sqrt{\frac{2gh}{P}}$     B.  $v = \sqrt{\frac{2gh-P}{P}}$     C.  $v = \sqrt{\frac{P}{2gh}}$     D.  $v = \sqrt{2gh}$

11. La expresión que determina el gasto es

A.  $Q = \pi r^2 \sqrt{\frac{2gh}{P}}$     B.  $Q = \pi r^2 \sqrt{\frac{2gh-P}{P}}$     C.  $Q = \pi r^2 \sqrt{\frac{P}{2gh}}$     D.  $Q = \pi r^2 \sqrt{2gh}$

12. Si la altura del agua por encima del agujero es de 450mm y el diámetro de la abertura del agujero es de 6mm (asuma  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ). La rapidez con que sale el agua del orificio y la cantidad de agua que sale del orificio es: ( $P = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ )

A.  $3 \frac{\text{m}}{\text{s}} ; 2,7 \times 10^{-3} \pi \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$   
 B.  $1 \frac{\text{m}}{\text{s}} ; 9 \times 10^{-4} \pi \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$   
 C.  $9,4 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}} ; 8,4 \times 10^{-6} \pi \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$   
 D.  $1,06 \times 10^2 \frac{\text{m}}{\text{s}} ; 9,54 \times 10^{-2} \pi \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

13. sumergido en un lago, un buzo constata que la presión absoluto en el medidor que se encuentra en su pulso corresponde a  $1,6 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ . Un barómetro indica la presión atmosférica local de  $1,0 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ . Considere la densidad del agua  $10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$  y la aceleración de la gravedad de  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . En relación a la superficie, el buzo se encuentra a una profundidad de:

- A. 1,6m  
 B. 6 m  
 C. 16 m

D. 5 m

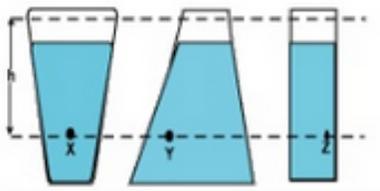
14. Dentro del agua las personas se sienten más livianas en virtud de la fuerza ejercida por el agua sobre el cuerpo sumergido. A esta fuerza descrita por el principio de Arquímedes se denomina empuje. Se puede afirmar que

- A. la dirección del empuje puede ser horizontal
- B. el empuje es siempre mayor que el cuerpo sumergido
- C. el empuje es igual al peso del cuerpo
- D. el empuje es proporcional al volumen del agua desplazada

15. Un cubo de hielo, al derretirse en un recipiente con agua, hace que el nivel de agua

- A. disminuya, pues la densidad del hielo es menor que la del agua
- B. aumente, pues el volumen del hielo es mayor que el volumen del hielo en estado líquido
- C. permanezca igual, pues el empuje generado por el agua es igual al peso del hielo
- D. aumente, pues el hielo hace que el agua se enfríe

16. las figuras representan tres recipientes conteniendo el mismo líquido. Los puntos X, Y y Z se encuentran a una profundidad h. con relación a la presión  $P_x$ ,  $P_y$  y  $P_z$  en los puntos X, Y y Z. Se puede concluir que



- A.  $P_x < P_z < P_y$    B.  $P_x > P_y < P_z$    C.  $P_x = P_y = P_z$    D.  $P_x > P_z > P_y$

## H. Anexo: Resultado pruebas pre y post test

Tabla H-1. Consolidado de resultados de la prueba de entrada aplicado a los estudiantes de 1003.

Estudiante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total pre
Estudiante 1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	4
Estudiante 2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Estudiante 3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Estudiante 4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	5
Estudiante 5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Estudiante 6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Estudiante 7	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
Estudiante 8	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Estudiante 9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Estudiante 10	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Estudiante 11	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	6
Estudiante 12	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5
Estudiante 13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Estudiante 14	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Estudiante 15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3
Estudiante 16	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Estudiante 17	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	5
Estudiante 18	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Estudiante 19	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	8
Estudiante 20	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	6
Estudiante 21	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
Estudiante 22	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Estudiante 23	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	7
Estudiante 24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3
Estudiante 25	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	6
Estudiante 26	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3
Estudiante 27	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Estudiante 28	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	6
Estudiante 29	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	8
Estudiante 30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Estudiante 31	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4
Estudiante 32	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
Estudiante 33	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	5

Tabla H-2. Consolidado de resultados de la prueba de salida aplicado a los estudiantes de 1003.

<b>Estudiante</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>Total post</b>
Estudiante 1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6
Estudiante 2	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	5
Estudiante 3	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	6
Estudiante 4	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	7
Estudiante 5	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	6
Estudiante 6	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	6
Estudiante 7	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	5
Estudiante 8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3
Estudiante 9	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	7
Estudiante 10	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7
Estudiante 11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3
Estudiante 12	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	6
Estudiante 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
Estudiante 14	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	7
Estudiante 15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3
Estudiante 16	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Estudiante 17	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	8
Estudiante 18	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	5
Estudiante 19	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	6
Estudiante 20	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	8
Estudiante 21	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	7
Estudiante 22	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Estudiante 23	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	6
Estudiante 24	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	7
Estudiante 25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
Estudiante 26	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	8
Estudiante 27	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4
Estudiante 28	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Estudiante 29	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	6
Estudiante 30	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	4
Estudiante 31	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	9
Estudiante 32	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
Estudiante 33	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	6



## Bibliografía

- [1] FLORES, Fernando. Y AGUIRRE, María, (2003) Educación en Física incursiones en su investigación. 1 ed. México D.F: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
- [2] POZO, Juan Ignacio y GOMEZ, C. (2004). Aprender y enseñar ciencia. Ediciones Morata. Madrid.
- [3] DILBER, R. (2011) Students' understandings of air pressure. In: Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies. Volume 3, Issue 4, October, pp. 751-760
- [4] CLAVIJO Nina, ÁNGEL Homer, PARIS Roberto (2006) ¿Cómo interpretan los estudiantes la presión hidrostática? En: Revista Colombiana DE Física, VOL. 38, No. 2. 2006, pp. 682-684
- [5] MATURANO Carla, MAZZITELLI Claudia, NÚÑEZ Graciela y PEREIRA Raúl (2005), Dificultades conceptuales y procedimentales en temas relacionados con la presión y los fluidos en equilibrio. En: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 4 N° 2
- [6] BESSON, U. (2004), Students' conceptions of fluids. International Journal of Science Education Volume 26, Issue 14, 19 November, pp. 1683-1714
- [7] P. Kariotoglou and D. Psillos (1993) Pupils' Pressure Models and their Implications for Instruction. Research in Science & Technological Education, vol 11, pp. 95-108
- [8] MARTÍNEZ, J.M. y PÉREZ, B.A. (1997) Estudio de propuestas alternativas en la enseñanza de la termodinámica básica. En: Revista Enseñanza de las Ciencias, 15 (3), pp. 287-300.
- [9] BECERRIL, J.; HERNÁNDEZ, O.; FLORES, S. y TREJO, L. (2009). Estudio experimental de la relación presión vs temperatura a volumen y cantidad de sustancia constantes para aire. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 3592-3596
- [10] TORTOSA MORENO, Montserrat y TORRA BITLLOCH, Immaculada. (2005). “¿Puede hervir y estar más frío?” y “la presión como detective”: estudio de experimentos en tiempo real Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona
- [11] Hillard J, Branch K and Butterfield A (2015), Teaching fluid dynamics with the ball-in-tube device. International Journal of Mechanical Engineering Education, Vol. 43(1), pp. 15–22

- [12]. BARBOSA L. H. 2003. Un movimiento discrepante en el estudio de una ley de la física de fluidos: la ecuación de Bernoulli Revista Colombiana de Física, VOL. 35, No. 1, 95
- [14] SANMARTI, N., (2000). El diseño de unidades didácticas. En PERALES, Francisco Javier, Cañal de León, Pedro. Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias. Marfil Alcoy. España.
- [15] STONE, Wiske Martha. (1999). La Enseñanza para la Comprensión, Vinculacion entre la investigación y la practica Editorial Paidós. Buenos Aires.- Argentina
- [16] Blythe, Tina. (1999). La enseñanza para la comprensión, guía para el docente. Ed. Paidós. Buenos Aires - Argentina.
- [17] MEN. (1998). Lineamientos curriculares. Ciencias naturales y educación ambiental. Santa fe de Bogotá. Ministerio de Educación Nacional.
- [18] MEN. (2004). Estándares básicos en competencias en ciencias naturales y ciencias sociales.
- [19] MOSQUERA Arlex Alirio (2011) La Física de los fluidos en el sistema circulatorio – propuesta didáctica para comprender los fenómenos físicos de fluidos en el organismo humano. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- [20] Dificultades conceptuales y procedimentales en temas relacionados con la presión y los fluidos en equilibrio, Revista Electrónica de la Enseñanza de las Ciencias, San Juan, Argentina. (2005)
- [21] A study of some frameworks used by pupils aged 11 to 13 years in the interpretation of air pressure, European Journal of Science Education Volume 4, Issue 3, pp. 299-309, (1982)
- [22] ¿Cómo interpretan los estudiantes la presión hidrostática?, Revista Colombiana DE Física, VOL. 38, No. 2. 2006, pp. 682-684, (2006)
- [23] Students' conceptions of fluids. International Journal of Science Education Volume 26, Issue 14, 19 November, pp. 1683-1714, (2004).
- [24] VALENZUELA, Cristóbal. (1995) Química general: introducción a la química teórica. Universidad de Salamanca.
- [25] VALERO M. (1976) Física 1, Editorial Norma. Bogotá - Colombia

- 
- [26] VENEGAS J. Texto de Física tomo I: Mecánica y Termología. Editorial Norma. Cali – Colombia.
- [27] GARCIA, Ramón. Pelayo y Gross (1979). Enciclopedia de las ciencias vol 2. Ediciones Larousse. México D.F.
- [28] GIANCOLI D. (2006), Física: principios con aplicaciones. Editorial Pearson educación de México S.A: Naucalpan de Juárez - México.
- [29] SMITS, Alexander. (2003). Mecánica de fluidos una introducción física. México D.F: Alfaomega grupo editor S.A. 6 p
- [30] MOTT, Robert. (1996). Mecánica de Fluidos Aplicada. Prentice Hall Hispanoamérica. México.
- [31] TIPLER P. (1985). Física Moderna. Editorial Reverte. Barcelona – España.
- [32] BURBANO de Ercilla S., BURBANO E., GRACIA C. Física General Edición 32. Editorial Tebar. Madrid – España.
- [33] EINSTEIN, A. (1956) "Investigations on the Theory of Brownian Movement". New York: Dover. ISBN 0-486-60304-0
- [34] KUNDU Pijush K, Ira M Cohen, David R Dowling. (2011) Fluid mechanics. El Sevier. USA.
- [35] REIF, F. (1985). Física Estadística, Curso de Berkeley Vol 5. Editorial Reverte. Barcelona España.
- [36] MORAN M., SHAPIRO H. (2005). Fundamentos de Termodinámica Técnica. Editorial Reverte. Barcelona - España
- [37] TYSON Neil de Grasse, (2014) Serie Cosmos: Una odisea de Espacio – Tiempo. Capítulo 6, Átomos Violentos.