



Trabajo de grado

Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en las estudiantes del grado décimo del Colegio Madre Elisa Roncallo

Línea de profundización

Enseñanza y aprendizaje de las ciencias: enfoques didácticos

Autor

Juan Mauricio Ruiz Bautista

Asesor

German Hernando Bautista

Facultad De Ciencia y Tecnología
Departamento de Física
Bogotá, Mayo 2015

RESUMEN ANALITICO EN EDUCACION-RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en las estudiantes del grado décimo del colegio Madre Elisa Roncallo.
Autor(es)	Ruiz Bautista, Juan Mauricio
Director	Bautista, German Hernando
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2015.68p
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	ENSEÑANZA DE LA FÍSICA, APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO, SIMULACIÓN, EXPERIMENTACIÓN ACTIVA.

2. Descripción
Trabajo de grado que se propone contribuir al aprendizaje significativo del Principio de Bernoulli y la Ecuación de Continuidad en las estudiantes de décimo grado del Colegio Madre Elisa Roncallo. Se llevó a cabo una Investigación Acción en el Aula en seis fases sucesivas de identificación del problema, recolección de información diagnóstica, diseño de un plan de acción, implementación y evaluación. La metodología didáctica se evaluó en un grupo focal, encontrando que las estrategias propuestas fomentaron el interés por el aprendizaje de la física y favorecieron el aprendizaje significativo porque potenciaron habilidades de pensamiento de orden superior en las estudiantes.

3. Fuentes
Ausbel, D., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). <i>Educational Psychology, a cognitive view</i> (Segunda ed.). Nueva York: Rinehart and Wiston.
Brown, J., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. <i>Educational Researcher</i> , 32-42.
Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. <i>Revista Electrónica de Investigación Educativa</i> , 5(2).
Jou, D., Llevo, E., & Pérez, C. (1994). <i>Física para las ciencias de la vida</i> . Madrid: Mc Graw Hill.

Martínez, M. (2000). La investigación-acción en el aula. *Agenda Académica*, VII(1), 27-39.

Membiela, P. (2002). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia Tecnología Sociedad*. Madrid: Narcea Ediciones.

Ministerio de Educación Nacional, MEN. (2011). *Estándares básicos de competencias en ciencias naturales*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.

Novak, J. D. (1987). Human Constructivism: Toward a Unity of Psychological and Epistemological Meanin Making. *Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and mathematics Education*, (pág. Julio 27). Ithaca, NY.

Paradinas. (2008). El nacimiento de la física médica: orígenes y desarrollos en el siglo XX. *Revista de la Sociedad Española de la Historia de las Ciencias y las Técnicas*, 31, 209-220.

Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.

4. Contenidos

El trabajo consta de cinco capítulos. En el primer capítulo se describe el planteamiento y descripción del problema, los objetivos del estudio, la justificación y los antecedentes. El segundo capítulo es el marco teórico disciplinar y pedagógico. En el marco teórico disciplinar se describen los principales elementos conceptuales y teóricos relacionados con el Principio de Bernulli y la Ecuación de Continuidad. El marco pedagógico gira en torno a las estrategias para fomentar el aprendizaje significativo. En el tercer capítulo se describe la metodología de Investigación Acción en el Aula y sus fases, la estrategia metodológica, el tipo de investigación, las características de la población y las técnicas de recolección de información. En el cuarto capítulo se realiza el análisis de la información mediante categorías de análisis, base de las conclusiones y recomendaciones del estudio, descritas en el capítulo cinco del documento.

5. Metodología

Se llevó a cabo una Investigación Acción en el Aula en seis fases: En la primera fase se identificó y delimitó el problema a investigar. La segunda fue la recolección de información diagnóstica alrededor de las principales dificultades que presentan las

estudiantes para el aprendizaje de la dinámica de fluidos y la falta de motivación por el aprendizaje de la física, mediante observación participante. En la tercera fase de la investigación se estructuró y diseñó un plan de acción para la intervención del problema. En la cuarta fase de la investigación se ejecutó el plan de acción. Finalmente se llevó a cabo una fase de evaluación del plan mediante un grupo focal con una muestra de sujetos voluntarios previo consentimiento informado a sus padres, para terminar con el análisis de la información de acuerdo a las categorías de análisis, y la construcción de conclusiones, la última fase de la investigación.

Población: Grado décimo del Colegio Maria Madre Elisa Roncallo (10 estudiantes).

Instrumentos de recolección de información: observación participante y grupo focal.

Tipo de análisis de la información: cualitativo descriptivo.

6. Conclusiones

El presente trabajo, más allá de ser requisito para la culminación de mis estudios de pregrado, surgió de mi preocupación permanente como profesor de física sobre cómo diseñar estrategias didácticas para motivar a las estudiantes hacia el estudio de ésta disciplina y favorecer la comprensión de los conceptos sobre la memorización. Por eso decidí convertir mi aula de clase en un laboratorio y transformar la dinámica del aula en beneficio de mis estudiantes.

Con base en los postulados del constructivismo y el aprendizaje significativo entendí que mi responsabilidad en el aula es la de generar escenarios para favorecer el aprendizaje de mis estudiantes contextualizando los temas de estudio con sus intereses para que disfruten el aprendizaje y se conviertan en autodidactas.

El uso del prototipo experimental para simular las arterias sanas y atrofiadas en el aula de clase me permitió describir el Principio de Continuidad y la Ley de Bernoulli de forma contextualizada y dinámica. Mediante esta experiencia, las estudiantes se involucraron de manera activa en el proceso educativo, se mejoró la motivación hacia el estudio de la hidrodinámica y se favoreció el aprendizaje significativo porque de acuerdo a las palabras de las estudiantes, comprendieron los conceptos al relacionarlos con situaciones de la vida real y su propia cotidianidad.

La experimentación y la simulación situada fomentó el aprendizaje significativo en las estudiantes porque lograron conectar la información nueva con aquella que ya tenían, relacionaron los conceptos de la Ley de Bernoulli y la Ley de Continuidad con los fluidos de su organismo de forma correcta, y de esta manera se potenciaron habilidades de pensamiento superior como el análisis y la conceptualización.

Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en las
estudiantes del grado décimo del colegio Madre Elisa Roncallo 5

Las estrategias de enseñanza: experimentación y simulación situada, mejoraron la motivación de las estudiantes por el aprendizaje de la Ley de Continuidad y el Principio de Bernoulli porque permitieron acercar los conceptos de la hidrodinámica al contexto de las estudiantes, contextualizando los saberes de la física con los saberes pertinentes al diario vivir de las estudiantes.

Mediante las estrategias diseñadas en el plan de acción para la enseñanza de la dinámica de fluidos se favorecieron los diferentes estilos de aprendizaje de las estudiantes, logrando la aprehensión de los conceptos. En el aula de clase coexisten diversos estilos de aprendizaje, y nuestra responsabilidad como maestros es diseñar estrategias didácticas que lleguen a los diferentes estudiantes, para no privilegiar un estilo de aprendizaje sobre otro.

La estrategia de Investigación Acción en el Aula me posicionó como un maestro investigador de las problemáticas del aula con el fin de darles solución de manera estructurada y dinámica en el contexto escolar. Este tipo de experiencias permiten sistematizar el proceso de enseñanza y aprendizaje en beneficio de la calidad de la educación.

A partir de esta experiencia seguiré reflexionando continuamente acerca de la mejor manera de enseñar los diferentes conceptos físicos para dar solución a las diversas problemáticas pedagógicas que surgen en el aula día tras día.

Elaborado por:	Juan Mauricio Ruíz Bautista
Revisado por:	German Hernando Bautista

Fecha de elaboración del Resumen:	21	06	2015
--	----	----	------

Contenido

RAE	2
Lista de figuras	8
Lista de tablas.....	8
Lista de fotografías	8
Capítulo 1: Introducción	10
Planteamiento y descripción del problema	10
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos	12
Justificación	12
Antecedentes.....	13
Capítulo 2: Marco teórico	16
Marco teórico disciplinar.....	16
Relaciones entre la física y las ciencias de la salud	16
Hidrodinámica.....	17
Fluido	18
Fluido Ideal.....	18
Incompresibilidad	18
Caudal.....	18
Presión	19
Presión hidrostática.....	19
Ecuación de continuidad.....	20
Ecuación de Bernoulli	21
Aplicación en el sistema circulatorio	26
Flujo laminar y flujo turbulento	26
Resistencia al flujo, circuito cerrado y necesidad de bombeo	28
Afecciones del sistema circulatorio	29

Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en las
estudiantes del grado décimo del colegio Madre Elisa Roncallo 7

Marco teórico pedagógico	31
Modelos pedagógicos en la enseñanza de las ciencias	31
Teoría de aprendizaje significativo	33
Estrategias para el aprendizaje significativo	35
Capítulo 3: Marco Metodológico	38
Investigación Acción	38
Investigación Acción en el Aula	39
Principios de la Investigación Acción en el Aula	39
Estrategia metodológica de la investigación	40
Tipo de investigación	40
Fases de la investigación	40
Técnicas de recolección de información	41
Población	42
Muestra	42
Consideraciones éticas	42
Capítulo 4: Resultados y análisis de la información	43
Categorización de la información preliminar	43
Estructuración del plan de acción	45
Diseño y desarrollo del prototipo experimental	45
Plan de acción en el aula	47
Implementación del plan de acción.....	47
Recordando ideas	47
Estructuración de la información	48
Evaluación de la actividad.....	49
Capítulo 5: Conclusiones	53
Bibliografía	55
Anexo 1: Consentimiento informado	60
Anexo 2: Transcripción grupo focal	61
Anexo 3: Fotografías	64

Lista de figuras

Figura 1: Cambio de sección para el flujo por una tubería.	21
Figura 2: Esquema general de análisis del principio de Bernoulli.	22
Figura 3: A la izquierda, flujo laminar, a la derecha flujo turbulento.	27
.....	27
Figura 4: Movimiento en <i>láminas cilíndricas</i> de un líquido al interior de una tubería.	27
Figura 5: Perfil de velocidades del flujo.	28
Figura 6: Arteriosclerosis (Arteria normal y arteria obstruida).	29
Figura 7: Fases de la Investigación.	41

Lista de tablas

Tabla 1: Diagnóstico de la población de estudio de acuerdo a categorías de análisis.	43
Tabla 2: Estructura del plan de acción.	44
Tabla 3: Categorización de la información recolectada en el grupo focal.	52

Lista de fotografías

Fotografía 1: Momento de recordar ideas. Estudiantes del grado décimo Colegio Madre Elisa Roncallo.	61
Fotografía 2: Momento de recordar ideas. Estudiantes del grado décimo Colegio Madre Elisa Roncallo.	64
Fotografía 3: Momento de recordar ideas. Estudiantes del grado décimo Colegio Madre Elisa Roncallo.	65
Fotografía 4: Herramientas y partes para el ensamble del prototipo experimental para la simulación aproximada de las condiciones de una arteria sana y atrofiada. .	65

Fotografías 5: Proceso de ensamble del prototipo experimental para la simulación aproximada de las condiciones de una arteria sana y atrofiada.....	66
Fotografía 6: Prototipo experimental para la simulación aproximada de las condiciones de una arteria sana y atrofiada terminado (vista completa).....	66
Fotografía 7: Prototipo experimental para la simulación aproximada de las condiciones de una arteria sana y atrofiada terminado (vista de sección).	67
Fotografía 8: Momento de estructuración de la información. Estudiantes del grado décimo Colegio Madre Elisa Roncallo.....	67
Fotografía 9: Momento de estructuración de la información. Estudiantes del grado décimo Colegio Madre Elisa Roncallo.....	68

Capítulo 1: Introducción

El presente trabajo se propone contribuir al aprendizaje significativo del Principio de Bernoulli y la Ecuación de Continuidad en las estudiantes de décimo grado del Colegio femenino Madre Elisa Roncallo, ubicado en la Localidad de Usme. El problema de investigación surgió desde mi preocupación personal como profesor de física en torno a cómo puede mejorarse la motivación de las estudiantes hacia el estudio de ésta disciplina y en cómo favorecer el aprendizaje significativo de los conceptos físicos, particularmente la hidrodinámica, en el aula.

El documento está estructurado en cinco capítulos. En el primer capítulo se describe y plantea el problema de la investigación, la pregunta de investigación, los objetivos, la justificación y los antecedentes del estudio. En el segundo capítulo, el marco teórico, se detallan los principales conceptos teóricos, tanto disciplinares como pedagógicos en los que se enmarca la investigación. En el tercer capítulo se precisa el marco metodológico, la población, las fases de la investigación y las técnicas de recolección de información. En el cuarto capítulo se muestran los resultados y se realiza el análisis de la información con base a las categorías propuestas. Finalmente, en el último, el quinto capítulo se precisan las conclusiones del estudio.

Planteamiento y descripción del problema

La Física es una disciplina que construye modelos de la naturaleza para interpretar el mundo, un corpus teórico de conocimientos que ha cimentado el desarrollo de las ciencias básicas y sus posteriores aplicaciones en diversos campos del saber: desde la ingeniería y la tecnología hasta las ciencias de la salud. Debido a los grandes aportes de la física al desarrollo de las sociedades y la cultura, desde su consolidación como ciencia moderna su enseñanza se ha posicionado en el plan de estudios, no sólo de diversas profesiones sino también en la enseñanza media, secundaria y primaria.

De acuerdo a los estándares básicos de competencias (MEN, 2011), en Colombia se promueve la enseñanza de la física con el objeto de formar ciudadanos y ciudadanas con los conocimientos y herramientas que aporta la disciplina, capaces de formular preguntas, analizar información y establecer relaciones para la búsqueda de soluciones a problemas determinados y pertinentes a sus intereses particulares.

A pesar de la importancia del aprendizaje de la física para la transformación de las sociedades, diversas investigaciones coinciden en la creciente desmotivación de los estudiantes por el estudio de esta disciplina y en general, por las ciencias naturales (Villarreal, Lobo y Gutiérrez, 2005) (Aguilar y Alamino, 1998), promovida por una enseñanza repetitiva y memorística, y sin ninguna conexión con los propios intereses de los estudiantes y su contexto. Díaz Barriga y Hernández (2002) plantean que una de las mayores problemáticas para el aprendizaje de los escolares es la manera como se privilegian saberes abstractos, descontextualizados y poco útiles, sobre los conocimientos con sentido y aplicabilidad.

En la misma dirección de las consideraciones anteriores, Milicic (2008) discute la problemática que emerge cuando se enseña la física en contextos académicos distintos al contexto de formación de los físicos. El autor describe en su investigación las insuficiencias de la enseñanza de la física en el aula y plantea que cuando se presenta como un campo de conocimientos aislado, alejado de la ejemplificación y la aplicación, con escasas referencias a las interrelaciones con la sociedad y el mundo real, los estudiantes ignoran las aplicaciones y utilidades que puede tener la física y se origina desmotivación hacia su estudio.

La falta de motivación de los estudiantes hacia el estudio de la física no sólo está documentada con resultados de diversas investigaciones. Como profesor del Colegio Madre Elisa Roncallo, ésta es una situación que vivo a diario en mis clases de física y que me lleva a reflexionar sobre mí actuar pedagógico, en búsqueda de redefinir y reconstruir mis procesos de enseñanza. El PEI del colegio considera que la institución debe perseguir la formación de individuos con conocimiento de sí mismo y de su entorno, con valores y aptitudes para desenvolverse en diferentes contextos, solucionar problemas de su cotidianidad y mejorar la calidad de vida mediante el crecimiento cognoscitivo, socio-cultural, espiritual y personal (Consejo Directivo, 2002). De acuerdo al PEI institucional, los conocimientos de la física son esenciales para el cumplimiento de las metas educativas de la institución.

Es así como la inquietud y preocupación por acercar a las estudiantes a conceptos de la física es una constante en mí actuar docente, y es el punto de partida de este estudio. Meses atrás, en una clase magistral sobre la ecuación de continuidad y el Principio de Bernoulli, mientras trabajábamos los conceptos desde el punto de vista matemático y las estudiantes realizaban cálculos alrededor de la velocidad de un fluido en secciones de un tubo con diferentes áreas me cuestionaba cómo, a pesar de las múltiples aplicaciones del tema en la vida diaria y el cuerpo humano, las estudiantes no parecían interesadas en el tema. En este momento empezó mi reflexión personal sobre cómo acercar a las estudiantes a los conceptos de la física,

Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en las estudiantes del grado décimo del colegio Madre Elisa Roncallo 12

particularmente de la hidrodinámica, tema de mi interés personal con muchas aplicaciones en la vida diaria, particularmente en la fisiología.

Después de una exhaustiva revisión bibliográfica y con la orientación del director del trabajo, decidimos implementar una estrategia en el aula para fomentar el aprendizaje significativo de la hidrodinámica mediante la experimentación y la simulación situada. Así, surgió la pregunta de investigación de la que trata este trabajo:

¿La experimentación y la simulación situada favorecen el aprendizaje significativo de los conceptos relacionados con la ecuación de continuidad y el principio de Bernoulli en las estudiantes de décimo grado del Colegio Madre Elisa Roncallo?

Objetivo General

Contribuir al aprendizaje significativo del Principio de Bernoulli y la Ecuación de Continuidad de las estudiantes de décimo grado del Colegio Madre Elisa Roncallo mediante la experimentación y la simulación situada.

Objetivos Específicos

- Diseñar un prototipo experimental que simule de forma aproximada la dinámica de fluidos.
- Implementar el prototipo experimental en una clase de física como herramienta para la experimentación y la simulación situada.
- Evaluar la estrategia didáctica de experimentación y simulación situada en la enseñanza de la dinámica de fluidos.

Justificación

Una de las principales críticas a la enseñanza de las ciencias en la escuela es la forma como se reproducen conocimientos de manera descontextualizada y poco motivante, mediante una enseñanza teórica que promueve los aprendizajes memorísticos y que vistos desde los ojos de los estudiantes parecen conocimientos poco útiles para su vida (Díaz Barriga y Hernández, 2002).

Es preciso entonces, encontrar un camino para la enseñanza coherente, significativa y propositiva, que mejore la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de las

ciencias y que les permita adquirir conocimientos útiles para resolver problemáticas de la vida diaria que contribuyan a mejorar su calidad de vida.

Teóricos de la pedagogía proponen como solución a los déficits metodológicos de la escuela diversos métodos para fomentar el aprendizaje significativo. Brown, Collins y Duguid (1989) plantean que la enseñanza debe estar centrada en prácticas educativas auténticas y desarrollarse en contextos pertinentes, bajo la premisa que *“aprender y hacer son acciones inseparables”*.

Es así como cobra relevancia encaminar el presente trabajo hacia la generación de escenarios de aprendizaje significativo mediante la experimentación y la simulación situada, para contribuir a la aprehensión del Principio de Bernulli y la Ecuación de Continuidad. El teorema de Bernulli representó un gran avance en la dinámica de fluidos y sus aportes fueron evidentes en la fisiología para la interpretación del sistema cardiovascular (Paradinas, 2008), además, enfermedades como la arterioesclerosis se producen por el estrechamiento de las arterias, que provocan un aumento en la velocidad del flujo y una consiguiente disminución de la presión (Valiente, 2007). La fisiología cardiovascular es entonces un escenario propicio para contextualizar el Principio de Bernulli y la Ecuación de Continuidad en la escuela, que ayudaría a las estudiantes a la comprensión de la dinámica de fluidos, sus implicaciones en el flujo sanguíneo y la importancia de una buena alimentación para evitar enfermedades arteriales, contribuyendo así, desde la física, a formar individuos con elementos que les permitan mejorar su calidad de vida, tal y como propone el PEI de la institución.

Mediante este trabajo no sólo se busca contribuir a la buena salud de las estudiantes mediante la contextualización de problemas físicos en el cuerpo humano, sino que el investigador buscará dar solución a una problemática del aula para mejorar sus prácticas de enseñanza, en beneficio de la calidad de la educación.

Antecedentes

El trabajo sinérgico entre médicos y físicos a lo largo del siglo XIX permitió construir un conocimiento más profundo del cuerpo humano mediante la interrelación de teoría, práctica y experimentación, en pro del bienestar individual de cada sujeto. Diversas investigaciones describen cómo los avances científicos promovidos por la física han hecho grandes aportes a las ciencias de la salud, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de muchos individuos en el mundo entero. Por ejemplo Ríos (2008) realiza un análisis histórico de la enseñanza de la física y sus aportes en la fundación de la primera Facultad de Medicina de México, así como los temas que deberían conocer los estudiantes de Medicina para una mayor comprensión de los temas biológicos.

A nivel de la escuela muy pocas investigaciones se han llevado a cabo para la enseñanza contextualizada de la física con el cuerpo humano, pero a nivel superior, estas investigaciones han cobrado relevancia y pertinencia en el campo de la Educación Universitaria. Sin embargo, después de una exhaustiva investigación bibliográfica no se encontraron evidencias sobre montajes experimentales que se utilicen en el campo de la hemodinamia para la enseñanza de la dinámica de fluidos del cuerpo humano. Es muy escasa la bibliografía que se encuentra sobre el tema, pero cabe anotar que gracias a los estudios en este campo se pueden analizar desde el punto de vista médico y físico enfermedades como las isquemias o tromboflebitis.

En la bibliografía consultada se encontraron los siguientes referentes para la investigación: Valiente (2007) ofrece la posibilidad al estudiante de conocer la importancia de la Biofísica, centrando su atención en la hemodinamia para contextualizar la comprensión teórica con la práctica en situaciones clínicas reales. Fasce (2001) muestra de forma clara cómo problemas de contexto en medicina basados en conocimientos físicos permiten una mayor comprensión en los estudiantes de áreas relacionadas con la salud y Lifshitz (2004) enfatiza en cómo la calidad de hospitales y clínicas dependen en gran medida de la formación de sus miembros y los requisitos necesarios para una competencia clínica con futuro.

Rangel (2000) realiza un estudio histórico y matemático detallado en el que describe los conocimientos que se deben adquirir para comprender la hemodinamia y los conceptos de mecánica de fluidos necesarios para su comprensión, enfatizando en la relación con los fenómenos fisiológicos, y Ponce (2004) describe las tendencias en la educación a través de los años y cómo las tecnologías y la simulación ayudan a mejorar la enseñanza y el aprendizaje en la carrera de Medicina.

En la Universidad Pedagógica Nacional se han llevado a cabo también trabajos de grado relacionados con la Física y la Medicina. En los trabajos de Bejarano (1990), Cáceres (1992) y Llorente (2006) se relacionan los conceptos de electricidad en el cuerpo humano; Díaz (1992) y Rincón (2000) realizan sendos estudios sobre el transporte y mediciones de potencial en membranas, y Parrado (1996) describe el paradigma físico en torno a la articulación de la rodilla.

Con respecto a la mecánica de fluidos, se encuentran los siguientes trabajos de grado en la Universidad Pedagógica Nacional: Arias (1992), Gómez (2005) y Mendieta (2011), abordan los principios de dinámica y conservación en los fluidos; Romero (1993) y Vergara (2003) estudian la hidrodinámica y la hidromecánica; Ávila (2006) y Vargas (2010) realizan trabajos de grado sobre los flujos turbulentos y (Rubio, 2006) describe la relación entre el movimiento de fluidos y campos electromagnéticos. En cuanto al principio de Bernoulli específicamente, se encontraron tres trabajos de grado realizados en la Universidad Pedagógica Nacional

y uno en la Universidad Nacional. En el primero, Cáceres (1996) diseñó un folleto explicativo de los conceptos de tensión y presión arterial; Mogollón (2009) desarrolló un software educativo orientado a la enseñanza del teorema de Bernoulli y Gutierrez (2003) sistematizó una propuesta pedagógica para la enseñanza del principio de Bernoulli por medio de talleres, para el grado quinto de básica primaria. En la Universidad Nacional, (Mosquera, 2011) presenta una estrategia pedagógica para favorecer el aprendizaje de los fenómenos físicos de fluidos en el organismo humano enfocada hacia estudiantes de secundaria de una Institución Educativa de Bogotá.

En esta revisión bibliográfica se evidencia que la interrelación entre los conceptos físicos y las ciencias de la salud ha sido utilizada por diversos investigadores para diseñar estrategias didácticas que permitan a los estudiantes acercarse de manera dinámica y creativa al aprendizaje contextualizado de la física, con resultados positivos. Específicamente con respecto al principio de Bernoulli, se han desarrollado estrategias para la enseñanza, pero hasta el momento no se han reportado investigaciones en las que se utilice la simulación y la experimentación activa para favorecer el aprendizaje en la enseñanza media, lo que supone un aporte significativo de este trabajo al campo de la didáctica de la física.

El problema a investigar surgió de la reflexión y la preocupación por mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula de clase y pretende convertir el aula de clase en un laboratorio para diseñar propuestas pedagógicas transformadoras.

Capítulo 2: Marco teórico

Marco teórico disciplinar

Relaciones entre la física y las ciencias de la salud

El conocimiento disciplinar desarrollado por la física ha representado grandes aportes a las ciencias de la salud. Algunos consideran a Leonardo da Vinci como el primer físico médico, por cuanto se interesó particular y profundamente en la mecánica del movimiento humano, desarrollando ciertos prototipos experimentales para describir lo que posteriormente se denominó *Biomecánica del cuerpo humano* (Paradinas, 2008). Posteriores desarrollos de la física contribuyeron a avances reconocidos en biología, entre los cuales se destaca el uso del microscopio, desarrollado por el holandés van Leeuwenhoek durante el siglo XVII. Los trabajos en electromagnetismo del siglo XIX permitieron a los físicos hacer contribuciones al diagnóstico y tratamiento médico (Aguilar y Alamino, 1998).

En relación con el diagnóstico, la utilización de las corrientes eléctricas permitió avances notables en el campo de la electroencefalografía y la electrocardiografía, presentando mediciones cada vez más exactas en el momento de realizar los exámenes. Con la ayuda de los rayos X, las tomografías computarizadas, las resonancias magnéticas, las unidades de cobalto 60, los aceleradores lineales, los ciclotrones y la radiología digital se ha logrado un gran avance en el diagnóstico de lesiones cancerígenas (OIEA, 2010).

En el campo del tratamiento médico, los detectores mosfett, la caracterización de cristales termoluminiscentes, la dosimetría de radiaciones y los principios físicos de la radiocirugía estereotáctica han representado un gran avance en la detección de tumores cancerosos (Plazas, 2012). Estos aportes de la física han contribuido en su posicionamiento como uno de los pilares científicos de las ciencias de la salud (Paradinas, 2008).

Además de los aportes al diagnóstico y tratamiento médico, la física también ha realizado grandes aportes a la fisiología y la comprensión del funcionamiento del cuerpo humano, desde muchos campos, pero para los propósitos de este trabajo, se describirán los aportes desde la hidrodinámica. En la antigua Grecia, Galeno

demostró, por métodos físicos, que por las arterias circula sangre y no aire, como pensaban Erasístrato y Herófilo, además mostró las diferencias estructurales entre venas y arterias y describió las válvulas del corazón (Paradinas, 2008). William Harvey, considerado el padre de la fisiología, en 1628 publicó sus estudios sobre la función cardiovascular y demostró por primera vez que el corazón impulsaba la sangre a través de los vasos sanguíneos de acuerdo a un patrón determinado. Stephen Hales, por medio de estudios hemodinámicos, completó la fisiología del sistema circulatorio propuesto por William Harvey y concluyó que los “humores animales” y los “jugos vegetales” se mueven y desplazan de acuerdo con las leyes de la Hidráulica (Mosquera, 2011). Harvey también realizó una importante contribución en la Biología al mostrar que bajo un patrón mecánico, se alcanza la interpretación del sistema cardiovascular, de acuerdo a los principios que lo explican como un fenómeno puramente físico y mecánico.

Hidrodinámica

La hidrodinámica es la parte de la dinámica que trata del movimiento de los fluidos, las causas y condiciones del movimiento y el porqué de su cambio (Gutierrez C, 2006). En su expresión más completa, las leyes de la hidrodinámica son bastante complejas para los fluidos reales. Sin embargo, al hacer uso de ciertas limitaciones o aproximaciones, se pueden aplicar los conceptos de la hidrodinámica de forma más comprensible.

Uno de los más grandes impulsores del estudio de la dinámica de los fluidos es Daniel Bernoulli, (1700 – 1782). La ecuación de Bernoulli presentada por primera vez en su *Hidrodinámica*, explica muchas de las aplicaciones en esta disciplina. El teorema de Bernoulli implica una relación entre los efectos de la presión, la velocidad y la gravedad e indica que la velocidad aumenta cuando la presión disminuye (Mosquera, 2011).

El estudio de los movimientos de la sangre, de los mecanismos que modifican su circulación a través del aparato cardiovascular y de las fuerzas que la impulsan mediante la aplicación de principios físico mecánicos es una rama de la hidrodinámica, conocida como *hemodinamia* (Valiente, 2007). El sistema cardiovascular distribuye la sangre y la recolecta por todas las secciones completas del lecho circulatorio, para lo cual mantiene una diferencia de presión y un flujo sanguíneo adecuado para la perfusión de los diferentes órganos y tejidos.

Para entender cómo funciona el sistema circulatorio, es importante aclarar ciertos principios físicos básicos de la hidrostática y la hidrodinámica, que se revisarán a continuación:

Fluido

Fluido se refiere al estado de la materia en que las moléculas están unidas entre sí únicamente por fuerzas débiles. Esto causa que cambien de forma fácilmente, sea incluso por su peso propio, como por acciones exteriores que obligan al fluido a moverse. Se consideran líquidos y los gases fluidos, cuyos cambios dependen de la temperatura. Como ejemplos a temperatura ambiente, los fluidos más comúnmente conocidos son el agua y el aire (Díaz, 2006). La sangre, elemento de estudio del presente trabajo, se comporta también como un fluido (Jou, Llevo y Pérez, 1994).

En Física, el comportamiento de los fluidos reales es difícil de expresar en forma matemática. Por ello, se define el concepto de fluido ideal, que permite entender más fácilmente el comportamiento de los fluidos.

Fluido Ideal

Un fluido ideal es la idealización de un fluido, en la cual se considera que no hay pérdidas de energía por el contacto entre partículas del fluido, ni cuando estas entran en contacto con las paredes del conducto por el cual se mueven. A esto se le llama tener viscosidad nula. Además de esta condición, que causa que el fluido ideal se mueva “libremente”, los fluidos ideales cumplen otras condiciones que se presentan a continuación (Niño, 2007):

Incompresibilidad

Los fluidos ideales son incompresibles, es decir, no importa qué acciones se efectúen sobre el fluido, la densidad es siempre una constante a una temperatura constante. Por lo tanto, el volumen de todas las porciones del fluido permanece inalterado sobre el curso de su movimiento cuando el flujo o el fluido es incompresible. En esencia, las densidades de los líquidos son constantes y así el flujo de ellos es típicamente incompresible (Niño, 2007).

Caudal

El caudal mide la cantidad de fluido que cruza una superficie de control en un determinado tiempo. Las unidades en que se mide son volumen sobre tiempo, que en el Sistema Internacional son metro cúbico sobre segundo (m^3/s).

Presión

La presión se define como la cantidad de fuerza perpendicular ejercida por un fluido sobre una superficie. Matemáticamente la expresión para hallar la presión es:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Dónde: F Fuerza en Newton [N]
A Área en metros cuadrados [m^2]
P Presión en Pascales [Pa]

La presión es directamente proporcional a la fuerza aplicada, e inversamente proporcional al área.

Presión hidrostática

La presión que ejerce un fluido en un punto depende de las interacciones entre las moléculas del fluido en ese punto. Por lo tanto depende de las características del fluido y de las condiciones en las que se encuentre.

En el caso de un líquido en reposo, se tiene que la presión es causada principalmente por la cantidad de líquido que ejerce su peso por encima del punto analizado. Por lo anterior, la presión es igual en todos los puntos que se encuentren a un mismo nivel. Como la densidad de un fluido es constante cuando la temperatura no cambia, entonces a mayor profundidad, mayor será la presión, ya que habrá mayor cantidad de líquido por encima del punto en mención. De este modo, la presión aumenta linealmente con la profundidad desde la superficie. Además, sobre la superficie, también está actuando el peso del aire de la atmósfera.

De este modo, la expresión de la presión absoluta en la hidrostática es:

$$P = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h \quad (2)$$

Dónde: P Presión absoluta en Pascales [Pa]
 P_{atm} Presión atmosférica en Pascales [Pa]
 ρ Densidad del líquido en kilogramos por metro cúbico [$\frac{Kg}{m^3}$]
g Aceleración de la gravedad en metros por segundo cuadrado [$\frac{m}{s^2}$]

h altura de la columna de líquido tomada desde el punto de medición, hasta la superficie del líquido, en metros [m]

La presión total está dada por la suma entre la presión atmosférica y el peso de la columna de líquido que hay por sobre el punto donde se está midiendo dicha presión.

Ecuación de continuidad

La ecuación de continuidad es una consecuencia de la aplicación de la ley de la conservación de la masa al flujo de un líquido incompresible, ideal, con régimen estacionario. Un líquido ideal es un líquido imaginario, que no posee viscosidad y al ponerse en movimiento circulará permanentemente sin detenerse (Díaz, 2006).

Supongamos que se hace circular el fluido por una tubería circular, que tiene un área transversal A_1 y que bajo las condiciones analizadas, fluye con una velocidad promedio V_1 . En la condición mencionada, se tiene que por una sección de esta primera tubería atraviesa una cantidad de fluido, por unidad de tiempo dada por (Díaz, 2006):

$$Q_1 = A_1 \cdot v_1 \quad (3)$$

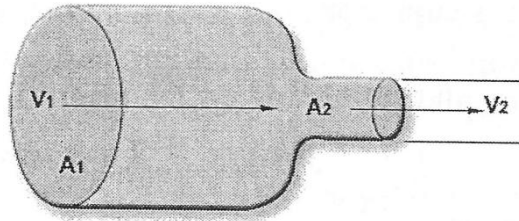
Dónde: Q Caudal en metros cúbicos por segundo [m^3_s]

A_1 Área transversal en metros cuadrados [m^2]

v_1 Velocidad promedio en metros por segundo [m_s]

El caudal es el resultado del producto entre el área de la sección que atraviesa el fluido, multiplicado por la velocidad promedio con que se mueven las partículas. Más adelante en este marco teórico, se analizará con más detenimiento cómo se comporta la velocidad de todas las partículas que componen un fluido conducido por una tubería circular.

Figura 1: Cambio de sección para el flujo por una tubería.¹



Después se hace pasar el mismo flujo, pero se cambia el área transversal de la tubería a A_2 como se muestra en la Figura 1. Dada esta condición de flujo, como la cantidad de fluido se mantiene constante, y el fluido es incompresible, se tiene que:

$$Q_1 = Q_2$$

El caudal que cruza el área 1 es igual al caudal que cruza el área 2:

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

Como ya se indicó, cada caudal es el resultado de multiplicar cada área por el caudal que la atraviesa. De la ecuación anterior se despeja la velocidad en la segunda área:

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot v_1 \quad (4)$$

Por lo cual la velocidad del fluido al pasar a una tubería de menor diámetro, aumentará en proporción a la relación entre las áreas: $\frac{A_1}{A_2}$

La ecuación de continuidad se cumple en líquidos ideales que no tienen viscosidad y que por ser incompresibles el flujo se mantiene totalmente estacionario, es decir no cambia con el tiempo.

Ecuación de Bernoulli

El principio de Bernoulli se aplica inicialmente a fluidos ideales con flujo estacionario no turbulento, no viscoso e incompresible. El flujo estacionario significa que todas las

¹ Imagen modificada (Jou, Llevo, & Pérez, 1994).

partículas del líquido que pasen por un punto tengan la misma velocidad y sigan en una misma línea de corriente y que estas condiciones no cambian con el tiempo. Cuando el flujo es no turbulento, cada partícula del líquido se mueve en líneas rectas (líneas de corriente), las cuales nunca se cruzan. A este se le llama flujo laminar. Que el flujo sea no viscoso, implica que no hay pérdidas de energía por fricción entre partículas que se mueven por diferentes líneas de corriente, ni contra las paredes del tubo por que circula el líquido. Que el flujo sea incompresible quiere decir que mantiene su volumen, y esto es cierto a temperatura constante porque la densidad no cambia (Niño, 2007).

Si bien se establecen muchas condiciones para determinar la ecuación, es importante entender inicialmente el principio bajo condiciones ideales, para después aplicarlo al caso real objeto de este estudio.

La Ecuación de Bernoulli se establece al aplicar el principio de conservación de la energía mecánica al flujo de fluidos. El principio de conservación de la energía implica que entre dos puntos, o en dos estados del mismo fluido, la energía total (sumatoria de energías de todo tipo) se mantiene constante. La energía mecánica está dada por la siguiente expresión (Niño, 2007):

$$E_{mec} = \frac{m.v^2}{2} + m.g.h \quad (5)$$

Dónde: E_{mec} Energía mecánica en Joule [J]

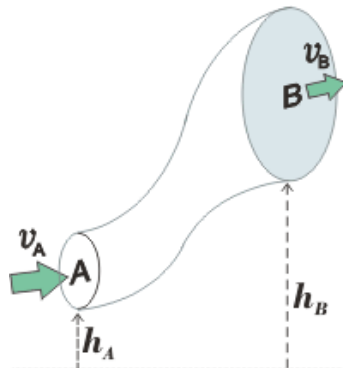
m masa en Kilogramos [kg]

v velocidad en metros por segundo [m_s]

g Aceleración de la gravedad en metros sobre segundo cuadrado [m_{s^2}]

h altura sobre un punto de referencia en metros [m]

Figura 2: Esquema general de análisis del principio de Bernoulli.



En la ecuación 5, el primer término de la derecha corresponde a la energía cinética, que se asigna debido al movimiento. El segundo término corresponde a la energía potencial gravitatoria, que es producida por el campo gravitacional (Niño, 2007).

En el caso de los fluidos, la presión hidrostática del fluido en cada punto aporta una cantidad de energía adicional al análisis, igual al trabajo realizado por dicha presión en cada punto: se puede obtener del siguiente modo:

$$\Delta E_{presion} = \Delta W_{presion} = Fuerza \cdot \Delta x$$

Esta expresión indica que el producto entre la fuerza ejercida por el líquido que está por detrás del punto de interés, multiplicada por el desplazamiento diferencial que se produce, es el trabajo realizado por dicha fuerza. Si en la expresión de trabajo se reemplaza la expresión de fuerza, en términos de la presión obtenida de la ecuación (1)

$$\Delta W_{presion} = P \cdot Area \cdot \Delta x$$

El producto del área por el desplazamiento diferencial, es un diferencial de volumen, entonces se tiene que:

$$\Delta W_{presion} = P \cdot \Delta Vol$$

De acuerdo a las consideraciones teóricas descritas hasta el momento, se puede entonces saber que la energía que aporta la presión en cada extremo de las secciones de análisis mostradas en la figura 2, están dadas por:

$$\Delta E_{presion} = P \cdot \Delta Vol \quad (6)$$

Dónde: $\Delta E_{presion}$ Energía debido a la presión en Joule [J]
P presión en pascales [Pa]
 ΔVol diferencial de Volumen en metros cúbicos [m³]

En el caso del flujo que se está analizando, es más útil manejar estas energías por unidad de volumen, es decir, al dividir cada una por el volumen de fluido que está pasando por cada sección (Figura 2), se tiene que:

$$\frac{\Delta E_{cinetica}}{\Delta Vol} = \frac{\Delta m \cdot v^2}{2 \cdot \Delta Vol} = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \rightarrow \rho = \frac{\Delta m}{\Delta vol} \quad (7)$$

Dónde:	$\Delta E_{cinetica}$	Energía en Joule [J]
	ΔVol	Volumen en metros cúbicos [m ³]
	Δm	masa en kilogramos [kg]
	v	velocidad en metros por segundo [m s]
	ρ	densidad en kilogramos por metros cúbico [$\frac{kg}{m^3}$]

Lo anterior es cierto, dado que la masa de fluido que pasa por cada una de las áreas de estudio del problema (Δm), es a la que se le mide la energía cinética ($\Delta E_{cinetica}$), y la expresión de la densidad ρ de un material dado, está dada por la relación del masa sobre el volumen. Para la energía potencial se tiene que:

$$\frac{\Delta E_{potencial}}{\Delta Vol} = \frac{\Delta m \cdot g \cdot h}{\Delta Vol} = \rho g h \quad (8)$$

Dónde:	$\Delta E_{potencial}$	Energía en Joule [J]
	ΔVol	Volumen en metros cúbicos [m ³]
	Δm	masa en kilogramos [kg]
	v	velocidad en metros por segundo [m s]
	ρ	densidad en kilogramos por metros cúbico [$\frac{kg}{m^3}$]
	g	Aceleración de la gravedad en metros sobre segundo cuadrado [m s ²]
	h	altura sobre un punto de referencia en metros [m]

Lo anterior es válido, por la misma razón que se explicó para la energía cinética. Para la energía dada debido a la presión del fluido se tiene que:

$$\frac{\Delta E_{presion}}{\Delta Vol} = \frac{P \cdot \Delta Vol}{\Delta Vol} = P \quad (9)$$

Dónde:	$\Delta E_{presion}$	Energía en Joule [J]
	ΔVol	Volumen en metros cúbicos [m ³]
	P	Presión en pascales [Pa]

Como se mencionó anteriormente, el fundamento del principio de Bernoulli es que la suma de las energías en dos puntos del fluido se debe mantener constante, en el caso del flujo de un líquido ideal. Se tiene entonces que:

$$E_A = E_B \quad (10)$$

Por lo que al reemplazar todos los términos se tiene que:

$$\frac{\Delta E_{cinetica}}{\Delta Vol}_A + \frac{\Delta E_{potencial}}{\Delta Vol}_A + \frac{\Delta E_{presion}}{\Delta Vol}_A = \frac{\Delta E_{cinetica}}{\Delta Vol}_B + \frac{\Delta E_{potencial}}{\Delta Vol}_B + \frac{\Delta E_{presion}}{\Delta Vol}_B$$

Si se reemplaza cada término por su expresión según las ecuaciones 7, 8 y 9, se tiene que:

$$\frac{\rho \cdot v_A^2}{2} + \rho g h_A + P_A = \frac{\rho \cdot v_B^2}{2} + \rho g h_B + P_B \quad (11)$$

Dónde: ρ densidad en kilogramos por metros cúbico [$\frac{kg}{m^3}$]

v velocidad en metros por segundo [$\frac{m}{s}$]

g Aceleración de la gravedad en metros sobre segundo cuadrado [$\frac{m}{s^2}$]

h altura sobre un punto de referencia en metros [m]

De este modo, la ecuación 11 da cuenta del principio de Bernoulli en su expresión matemática más conocida. Todas las variables en esta ecuación pueden ser conocidas en un momento dado, en cada uno de los puntos del fluido (Niño, 2007).

Al realizar el análisis dimensional de la ecuación 11, se obtiene lo siguiente:

$$\frac{kg}{m^3} \times \frac{m^2}{s} + \frac{kg}{m^3} \times \frac{m}{s^2} \times m + Pa \quad (12)$$

$$Pa = \frac{kg}{m \times s^2} \quad (13)$$

Teniendo en cuenta la ecuación 12, las unidades de la ecuación de Bernoulli, para todas las energías, que fueron divididas por un volumen, son:

$$\frac{kg}{m \times s^2} + \frac{kg}{m \times s^2} + \frac{kg}{m \times s^2} \quad (14)$$

De acuerdo a los planteamientos teóricos y matemáticos para determinar el principio de Bernoulli, se concluye lo siguiente:

- El principio de Bernoulli en una extensión del principio de conservación de la energía mecánica, al caso de fluidos, siempre medido en dos puntos diferentes en el recorrido de dicho fluido. Si bien está planteado con la condición de ser aplicado a fluidos ideales, es aplicable al caso de estudio de alguna condición del flujo sanguíneo, bajo ciertas consideraciones, que se tratarán más adelante.
- El resultado directo de que la sumatoria de energías sea constante, implica que el aumento en alguna, producirá el efecto contrario en otra. Si se mantiene la energía potencial constante, un aumento en la energía cinética - que se lograría, por ejemplo, disminuyendo el área de la tubería para aumentar la velocidad- ocasionaría una disminución de la energía debido a la presión.

Aplicación en el sistema circulatorio

En el caso del sistema circulatorio, los fluidos no son ideales, por lo que es necesario introducir algunos conceptos adicionales para ampliar el Principio de Bernoulli al estudio de fluidos como la sangre. Para ello es necesario diferenciar ciertos conceptos adicionales:

Flujo laminar y flujo turbulento

De acuerdo al principio de conservación de la energía y la ecuación de Bernoulli, en el caso ideal no hay pérdidas de energía dentro del sistema. Sin embargo, en la realidad, se presentan pérdidas no solo por fricción del fluido con las paredes del tubo que lo conduce, sino que existen ciertas pérdidas debidas al movimiento relativo entre partículas del fluido (Jou, Llevo y Pérez, 1994). Sin embargo, cuando los movimientos relativos entre partículas son bajos y las partículas casi no cambian de velocidad ni de trayectoria, se dice que el flujo es *laminar*. El caso contrario, cuando los movimientos y cambios de dirección y velocidad son muy bruscos, se denomina flujo *turbulento* (Díaz, 2006). Se muestra de manera ilustrativa en la Figura 3 la diferencia entre estos dos flujos:

Figura 3. A la izquierda, flujo laminar, a la derecha flujo turbulento.



No es posible definir una frontera concreta entre el flujo laminar y el flujo turbulento. Sin embargo, a bajas velocidades, el flujo es principalmente laminar. En el caso del sistema circulatorio, el flujo se puede considerar laminar (Jou, Llevo, & Pérez, 1994).

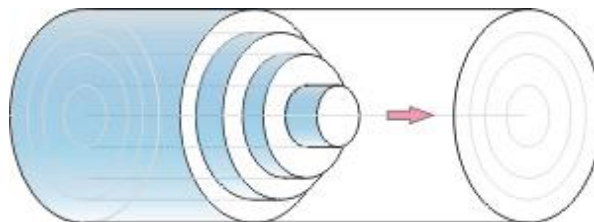
Viscosidad, densidad y perfil de flujo de velocidades

En el desarrollo del principio de Bernoulli, se estableció como condición que el fluido no tenía *viscosidad*. Esta condición implica que las partículas de una línea de corriente no tienen fricción producida por las otras líneas de corriente que la rodean. Bajo estas condiciones, el líquido, después de alcanzar cierta velocidad, la mantendría indefinidamente como lo expresa la primera ley de Newton. Sin embargo, este no es el caso de los fluidos reales.

La fricción interna entre partículas que se mueven por líneas o láminas de corriente paralelas se relaciona con la *viscosidad*, que es una propiedad intrínseca del líquido en cuestión (Niño, 2007). La viscosidad depende directamente de la temperatura, pero no de la densidad, como se podría llegar a pensar. Un líquido poco denso, puede ser muy viscoso, o viceversa.

De lo anterior, y junto con la idea de flujo laminar, se tiene que mientras el fluido se mueve en una tubería circular, el movimiento se puede representar como se muestra en la figura 4.

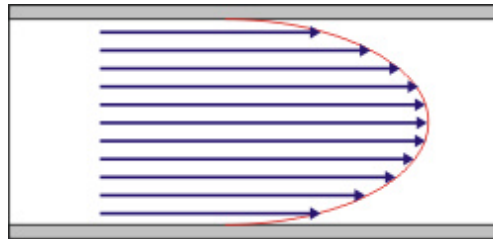
Figura 4: Movimiento en *láminas cilíndricas* de un líquido al interior de una tubería.



Se observa en esta figura, como se desarrollan “capas” cilíndricas con distintas velocidades, donde las capas exteriores, por estar en contacto con la pared de la tubería, se mueven más lento, y las capas internas cada vez se mueven más rápido, debido a que la fricción entre capas es menor que la fricción con la tubería de conducción (Niño, 2007).

De este modo, en un solo instante, las partículas que van pasando por la sección del tubo, presentan un perfil de velocidades como se muestra en la Figura 5.

Figura 5: Perfil de velocidades del flujo.



Lo anterior indica que la velocidad no es constante dentro del flujo, y por lo tanto, tendría que ser medida punto por punto, lo cual en la realidad, no resulta práctico. Por ello, las velocidades que se usan para la ecuación 11 son un promedio de estas velocidades y no es posible realizar la medición de dicha velocidades de manera directa (Díaz, 2006).

Resistencia al flujo, circuito cerrado y necesidad de bombeo

Como se ha visto hasta el momento, para el caso de los fluidos reales, debido a la viscosidad, la fricción con las paredes de la tubería y a que el flujo no sea laminar perfecto, se va a producir una pérdida constante de energía que hace que el principio de Bernoulli no se cumpla del todo. A la sumatoria de todos estos efectos, se le puede asignar un valor que agrupe todos sus efectos, al cual se le llama *resistencia hidrodinámica*, que lo que causa es que en ausencia de una energía externa que compense las pérdidas haría que el flujo disminuyera hasta detenerse.

Dicha resistencia depende de varios factores: la longitud de la tubería de conducción, es decir, entre mayor el recorrido, mayor la pérdida. El área de la sección de la tubería, es decir, entre más pequeña mayor dificultad de paso, y por ello mayor resistencia. De la viscosidad, es decir, a mayor viscosidad, mayor resistencia.

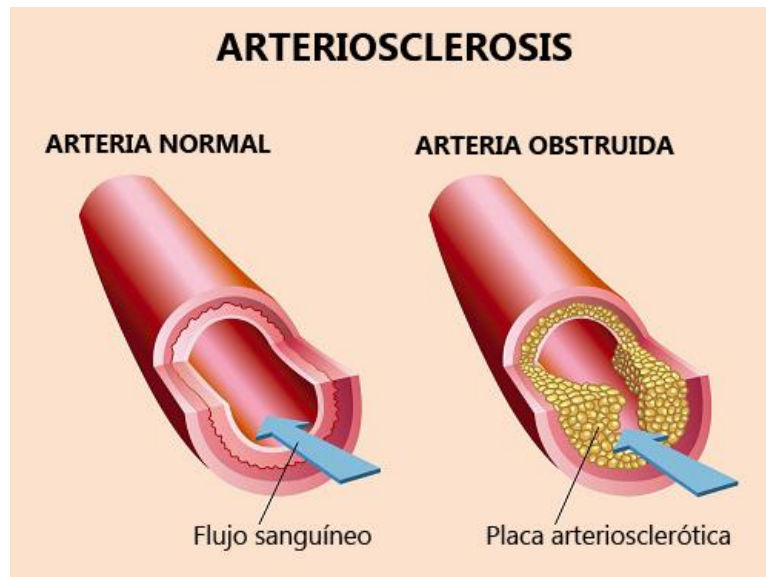
En el caso del sistema circulatorio humano o animal, las pérdidas totales producidas al circular la sangre, son compensadas por el bombeo del corazón, que se encarga de introducir a un ritmo constante más energía al sistema, para que finalmente la circulación no sea detenida por la resistencia (Jou, Llevo y Pérez, 1994).

Además, el sistema nervioso central autónomo, se encarga del control de la presión arterial. Esta tarea la realiza al ampliar o reducir el área transversal de los capilares para que, en caso que sea necesario, se disminuya la resistencia y se aumente el caudal, por ejemplo en casos de emergencia.

Afecciones del sistema circulatorio

Mientras el sistema circulatorio funciona con normalidad, los valores de presión, resistencia y necesidad de bombeo (ritmo cardiaco), se mantienen dentro rangos que no representan peligro para la salud. Sin embargo, cuando se presentan obstrucciones atípicas en las arterias, por ejemplo debido a depósitos de grasa, se causa una disminución del área disponible para el paso del fluido sanguíneo, condición conocida como arterioesclerosis (Jou, Llevo y Pérez, 1994).

Figura 6: Arteriosclerosis (Arteria normal y arteria obstruida).



Tomado de: <http://static.mejorconsalud.com/wp-content/uploads/2013/10/Aterosclerosis1.jpg>

En la arterioesclerosis, el estudio del flujo en el cambio de sección, presenta un importante desafío a la luz del principio de Bernoulli y demás conceptos de hidrodinámica. Sin embargo, se puede inferir, con la teoría expuesta hasta el momento, que cuando se producen reducciones en las áreas por las que circula el flujo sanguíneo, producto de obstrucciones grasas, se verá aumentada de manera directa la resistencia del sistema, afectando inmediatamente y de manera negativa, las presiones, los caudales y por lo tanto las necesidades de bombeo, es decir el ritmo cardíaco.

La arterioesclerosis es la primera causa de muerte en todo el mundo y es responsable de más de 15 millones de muertes anuales. En los países en vía de desarrollo las muertes asociadas a la arterioesclerosis han mostrado una tendencia creciente año tras año, debido al aumento continuo del número de personas en riesgo y a la falta de políticas para manejar los factores de riesgo. De acuerdo a estudios médicos la prevención primordial de la arterioesclerosis debe empezar por promover estilos de vida saludable como ejercicio, control de peso y una alimentación sana y balanceada (Ruiz Morales, 2007). Esta situación evidencia los riesgos graves para la salud y la necesidad manifiesta de prevenir su ocurrencia mediante una sana alimentación.

Marco teórico pedagógico

La Educación en el sentido amplio de la palabra es una actividad humana implícita en la visión de cada cultura, que facilita el crecimiento de sus miembros gracias al permanente intercambio con el medio. En la medida en que éste saber se hace explícito, aparece la pedagogía. La evolución moderna de la pedagogía como ciencia y como disciplina teórico-práctica, sistematiza los saberes de la educación, sus métodos, procedimientos y objetivos, y como toda ciencia, está inmersa en la visión que se tenga del hombre, como ser que crece en la cultura de una sociedad (Lucio, 1989).

La enseñanza es una práctica social específica, un proceso sistemático e institucional mediante el cual se organiza el quehacer educativo y el proceso de enseñanza-aprendizaje. La ciencia que orienta los métodos, estrategias y eficiencias de la enseñanza es la didáctica, que tiende a especializarse en torno a áreas o parcelas del conocimiento. La didáctica orienta la labor del docente, se expresa en un currículo y se concretiza en el aula de clase (Lucio, 1989).

Las prácticas de enseñanza están inmersas en un modelo pedagógico, que responde a determinadas visiones temporales sobre la ciencia y la investigación. A continuación se realizará una breve descripción de las tendencias pedagógicas y didácticas que han orientado los currículos para la enseñanza de las ciencias, particularmente de la física, a partir de los paradigmas en investigación.

Modelos pedagógicos en la enseñanza de las ciencias

En el siglo XVIII, cuando empezó la enseñanza formal de la física en las universidades europeas, se enmarcó en el paradigma positivista, y durante los siglos XIX y XX, el positivismo, llamado también empirismo lógico o positivismo lógico, fue el modelo pedagógico adoptado por los físicos para el proceso educativo en occidente (Gallego, Pérez y Gallego, 2009).

El positivismo es un método hipotético-deductivo que orientó el proceso de enseñanza de las ciencias desde el enfoque reduccionista y transmisionista. Bajo este enfoque, el profesor se considera como el encargado de transmitir la información, las reglas y las “verdades” de la ciencia y del mundo tal cual es, mientras que el papel del estudiante es de receptor pasivo de la información; el

contenido del currículo sigue un diseño lineal y la manera de enseñar y evaluar corresponde a una relación de causa y efecto mediante parámetros ordenados, demostrables, repetibles y comparables (Pope y Gilbert, 1983). Los métodos de enseñanza positivista se apoyaron en las teorías psicológicas del desarrollo que se centran en la pasividad de la mente como el asociacionismo, el conductismo y la psicología de estímulo-respuesta (Novak, 1987). El positivismo fomentó la enseñanza formalista y mecánica de los conceptos físicos, que se transmitían como verdades absolutas, sin ninguna conexión con la historia de la humanidad, y promovió el aprendizaje memorístico, repetitivo, fragmentado y desprovisto de interés.

Aunque el paradigma positivista de la ciencia entró en crisis durante las primeras décadas del siglo XX, sus preceptos dominaron la psicología, la educación y la enseñanza de las ciencias, particularmente la física, hasta la década de 1970, cuando las investigaciones sobre la manera como se construye la ciencia y como aprenden las personas permitieron el surgimiento de nuevos paradigmas y modelos pedagógicos.

Los aportes de Kelly, Ausbel y Piaget en psicología cognitiva y Dewey en pedagogía progresista, prepararon el camino para la consolidación, en la década de 1970, de un nuevo paradigma conocido como constructivismo (Novak, 1987). Este paradigma, llamado también interpretativo o hermenéutico, es lógico-inductivo, e incorpora las ideas básicas del aprendizaje significativo al contexto educativo para convertir el proceso de enseñanza-aprendizaje en un diálogo en el que se incorporan las ideas previas de los estudiantes para que reflexionen y construyan conocimiento sobre diferentes aspectos de la realidad (Ausbel, Novak y Hanesian, 1978). Con el constructivismo, el profesor ya no busca mostrar “verdades” sino puntos de vista frente a una situación que concierne a todos los presentes en el aula de clase, el estudiante se convierte en sujeto activo del proceso de enseñanza-aprendizaje, y la evaluación se transforma en un diálogo permanente, continuo y holístico (Jurado, 2011).

El surgimiento del constructivismo en la enseñanza de las ciencias y particularmente de la física fue posible a partir del cambio en la concepción de la manera como se construye el conocimiento científico, considerado a partir de la década de 1970 como *“un conjunto de procesos de construcción social, cuya evolución está sujeta a intereses económicos, políticos y sociales y con profunda influencia en los grandes cambios de la sociedad”* (Galagovsly, 2005). El paradigma constructivista se integró al movimiento educativo Ciencia/Tecnología/Sociedad, CTS, que nació en Estados Unidos durante la década de 1960, como respuesta a la crisis que engendró el

positivismo en la relación entre la sociedad con la ciencia y la tecnología (Membiela, 2002).

La nueva concepción de la ciencia como constructo social originó nuevas propuestas para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales, fundamentadas en la motivación al estudiante para la toma de conciencia sobre el papel activo que ésta ha desempeñado en la transformación de la sociedad, en búsqueda de acercar las ciencias naturales a objetos y situaciones cotidianas para mostrarle a los estudiantes una nueva forma de ver, estudiar y experimentar la ciencia (Membiela, 2002). En este mismo sentido, la teoría sociocultural propuesta por Vygotsky (1979) plantea *“la necesidad de establecer conexiones entre sujeto y contexto, como elemento esencial para la construcción consciente del conocimiento”*.

En el constructivismo el docente asume una intención permanente dirigida a que el alumno aprenda. El maestro que se comporta de forma constructiva en el aula cuenta con tres características muy importantes (Díaz Barriga F, 2002):

- Se centra en el aprendizaje porque es un creador de condiciones propicias para que el alumno aprenda.
- Vincula los temas o contenidos del programa a las necesidades, intereses o experiencias cercanas al alumno.
- Logra que el alumno disfrute el aprendizaje y se vuelva autodidacta.

El constructivismo se alimenta de la teoría de aprendizaje significativo propuesta por Ausubel, quien propone que el aprendizaje se da en el alumno y la labor del docente es crear ambientes favorables para que el aprendizaje suceda (Díaz Barriga, 2002).

Teoría de aprendizaje significativo

El aprendizaje significativo es, según el teórico norteamericano David Ausubel, el tipo de aprendizaje en que un estudiante relaciona la información nueva con la que ya posee, reajustando y reconstruyendo ambas informaciones en este proceso. Dicho de otro modo, la estructura de los conocimientos previos condiciona los nuevos conocimientos y experiencias, y éstos, a su vez, modifican y reestructuran aquellos. Este concepto y teoría están enmarcados en el marco de la psicología constructivista (Díaz Barriga, 2002).

El aprendizaje significativo ocurre cuando una nueva información se conecta con un concepto relevante preexistente en la estructura cognitiva, esto implica que las

nuevas ideas, conceptos y proposiciones pueden ser aprendidos significativamente en la medida en que otras ideas, conceptos o proposiciones relevantes estén adecuadamente claras y disponibles en la estructura cognitiva del individuo y que funcionen como un punto de anclaje a las primeras. El aprendizaje significativo es una aprendizaje relacional, en el que el sentido lo da la relación del nuevo conocimiento con conocimientos anteriores, situaciones cotidianas, experiencias propias y/o situaciones reales (Ferreyra & Pedrazzi, 2007).

El aprendizaje significativo se da cuando se forma una conexión entre las ideas previas y la nueva información, generando conocimiento, y se diferencia del aprendizaje por repetición o memorístico, en que este último es una mera incorporación de datos que carecen de significado para el estudiante, y que por tanto no pueden ser relacionados con sus propias ideas. Para favorecer el aprendizaje significativo los docentes deben crear ambientes en los que el estudiante entienda lo que está aprendiendo, y en oposición al aprendizaje mecanicista, se fomente la comprensión más que la memorización (Ferreyra & Pedrazzi, 2007).

Ausubel, considera que hay distintos tipos de aprendizajes significativos:

- Las representaciones: la adquisición del vocabulario que se da previo a la formación de conceptos y posteriormente a ella.
- Conceptos: para construirlos se necesita examinar y diferenciar los estímulos reales o verbales, abstracción y formulación de hipótesis, probar la hipótesis en situaciones concretas, elegir y nominar una característica común que sea representativa del concepto, relacionar esa característica con la estructura cognoscitiva que posee el sujeto y diferenciar este concepto con relación a otro aprendido con anterioridad, identificar este concepto con todos los objetos de su clase y atribuirle un significante lingüístico.
- Proposiciones: se adquieren a partir de conceptos preexistentes, en los cuales existe diferenciación progresiva (concepto subordinado); integración jerárquica (concepto supraordinado) y combinación (concepto del mismo nivel jerárquico).

La investigadora Díaz Barriga (2003) afirma que desde la perspectiva del aprendizaje significativo, el aprendizaje se entiende como los cambios en las formas de comprensión y participación de los sujetos en una actividad conjunta. Debe comprenderse como un proceso multidimensional, un sistema cuyos componentes son:

- El sujeto que aprende.
- Los instrumentos utilizados en la actividad, privilegiadamente los de tipo semiótico.
- El objeto a apropiarse u objetivo que regula la actividad (saberes y contenidos).
- Una comunidad de referencia en que la actividad y el sujeto se insertan.
- Normas o reglas de comportamiento que regulan las relaciones sociales de esa comunidad.
- Reglas que establecen la división de tareas en la misma actividad.

Estrategias para el aprendizaje significativo

Dewey propone que “*toda auténtica educación se efectúa mediante la experiencia*”, genera cambios tanto en la persona que aprende como en el entorno y debe promover el pensamiento reflexivo y contextualizado. Con base a las propuestas de Dewey, se han desarrollado diferentes estrategias para la enseñanza, cuya característica común es que el profesor utiliza los procedimientos de manera flexible y adaptativa para promover aprendizajes significativos en los estudiantes (Díaz Barriga & Hernández, 2002).

Entre las principales estrategias para el aprendizaje se cuentan:

- *Solución de problemas auténticos.*

Consiste en presentar a los estudiantes situaciones reales relacionadas con la aplicación del conocimiento que se pretende enseñar para que éstos analicen el caso y construyan una o varias propuestas de solución. Esta estrategia ha sido ampliamente utilizada en la enseñanza de la medicina con logros pedagógicos importantes: se fomenta la motivación por al aprendizaje, se logra una mayor retención y comprensión de los conceptos y se fomenta el desarrollo de habilidades de alto nivel (Díaz Barriga y Hernández, 2002).

- *Proyectos.*

Esta estrategia consiste en promover la resolución de problemas cotidianos mediante la ejecución de proyectos relacionados con los intereses de los estudiantes. Con esta estrategia se busca que los estudiantes investiguen, construyan y analicen información de forma experiencial, de acuerdo a los objetivos específicos de la tarea (Posner, 1998). Los campos de aplicación son múltiples, desde el aprendizaje científico y el quehacer investigativo en las disciplinas antropológico-sociales, pasando por la creación artística y literaria, el aprendizaje multimedia y de las ciencias de la comunicación, el análisis institucional u organizacional, entre otros.

Mediante el método de proyectos el estudiante aprende a través de la experiencia de manera activa y directa porque parte de sus propios intereses para encontrar soluciones prácticas a problemas de la vida real (Díaz Barriga y Hernández, 2002).

- *Servicio a la comunidad.*

Mediante esta estrategia los estudiantes aprenden de manera colaborativa involucrándose activamente en experiencias comunitarias organizadas y planeadas cuidadosamente entre la escuela y la comunidad, de acuerdo a las necesidades de la población. Se enfatiza en la responsabilidad social relacionada con la ayuda al otro mediante la toma de conciencia moral, social y cívica. El aprendizaje basado en el servicio proporciona a los estudiantes la oportunidad de aplicar los conceptos de la escuela en la resolución de problemas de su comunidad, fomenta la reflexión y el análisis de manera colaborativa y traspasa los límites del aula para que el estudiante adquiera sentido de responsabilidad social, pertenencia a su comunidad y cuidado hacia los demás (Díaz Barriga y Hernández, 2002).

- *Prácticas situadas o aprendizaje in situ en escenarios reales.*

Esta estrategia es ampliamente utilizada en el contexto universitario y busca el desarrollo de habilidades y conocimientos propios de la profesión mediante la práctica en escenarios reales. Enfatiza en la utilidad o funcionalidad de lo aprendido para la solución de problemas de la comunidad de pertenencia (Díaz Barriga y Hernández, 2002).

- *Experimentación y simulación situada.*

Mediante esta estrategia se pretende que los estudiantes desarrollen procesos cognitivos de razonamiento de forma contextualizada y significativa en el aula de clase, mediante la experimentación y/o la simulación de problemas o casos de la vida real como investigaciones médicas, experimentación social o encuestas de opinión. Se pretende que los contenidos sean cercanos a los intereses de los estudiantes de tal manera que se fomente la motivación hacia el aprendizaje para que se involucren de manera colaborativa en la resolución de problemas de su vida real y se fomente el pensamiento reflexivo (Díaz Barriga y Hernández, 2002).

Las diversas estrategias mencionadas buscan favorecer el aprendizaje significativo sobre el aprendizaje memorístico. En esta investigación se trabajarán la *experimentación y simulación situada* como estrategias para crear condiciones que favorezcan el aprendizaje significativo de las estudiantes, vinculando los contenidos del programa con sus necesidades y experiencias cercanas, buscando que éstas

Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en las
estudiantes del grado décimo del colegio Madre Elisa Roncallo 37

disfruten el aprendizaje y se mejore la motivación hacia el estudio de la
hidrodinámica.

Capítulo 3: Marco Metodológico

Para el desarrollo del trabajo, se propone la metodología de Investigación Acción en el Aula, un tipo de investigación relativa al campo educativo que busca mejorar las prácticas docentes mediante el reconocimiento de las capacidades investigativas del docente sobre su propio actuar en el aula. La Investigación Acción en el Aula surge en el paradigma crítico social, y es considerada la corriente educativa de la investigación acción propuesta por Kurt Lewin.

Investigación Acción

La investigación acción, IA, es una forma de hacer investigación que nació con la nueva visión del hombre y de la ciencia emergida en el siglo XX, producto de la crisis del positivismo. El término IA fue utilizado por primera vez en 1944 por Kurt Lewin, quien lo propuso para definir una nueva forma de ligar el enfoque experimental de la ciencia con programas de acción social, para responder a los problemas de la humanidad. En este tipo de investigación se realiza simultáneamente la expansión del conocimiento científico y la solución de problemas sociales; es una investigación que conduce a la acción mientras fomenta el desarrollo de competencias en sus participantes, e implica un compromiso con el proceso de desarrollo y emancipación de los seres humanos (Martínez, 2000).

En la IA, el manejo de los fenómenos se realiza en forma de espiral construida por etapas de planeación, acción y obtención de información sobre el resultado de la acción, en un proceso cíclico. Esta forma de investigación derivó en dos vertientes: La investigación Acción Participativa, IAP, vertiente sociológica inspirada en las ideas de Kurt Lewin, Sol Tax y Fals Borda, y la Investigación Acción en el Aula, corriente educativa inspirada en los trabajos de Paulo Freire, Hilda Taba, L. Stenhouse y Jhon Elliott (Martínez, 2000).

La Investigación Acción Participativa, IAP, más que una forma de investigar, es una vivencia cultural, política y científica que surgió de la crítica a la vacuidad académica, la excesiva especialización y las prácticas sectarias y verticales. Es un proceso abierto de vida y trabajo que persigue la transformación de la sociedad con el uso de métodos de investigación cualitativos y una nueva forma dialógica de relación sujeto/objeto que promulga la horizontalidad, el respeto a la diferencia, el reconocimiento de los derechos del otro, y los puntos de vista holísticos (Fals Borda y Rahman, 1989).

En la IAP el investigador se convierte en un activista comprometido dispuesto a modificar sus propias concepciones ideológicas en busca del progreso de las clases explotadas, la producción de conocimiento para la libertad y la transformación hacia formas más satisfactorias de sociedad (Fals Borda y Rahman, 1989).

Investigación Acción en el Aula

La introducción de la IA en el campo educativo obedece a las inquietudes de educadores e instituciones educativas sobre los problemas que se derivan del proceso pedagógico. Sus tópicos de investigación se relacionan con las actividades de la vida en el aula, los contenidos programáticos, los métodos didácticos, los conocimientos significativos y las actividades docentes. Busca elaborar, experimentar, evaluar y redefinir los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante la auto-crítica y la reflexión, con el fin de transformar la práctica pedagógica en beneficio de la comunidad educativa (Martínez, 2000). Este tipo de investigación se desarrolla por fases sucesivas de diseño, identificación del problema, análisis del problema, recolección de la información, categorización, estructuración, diseño y ejecución del plan de acción y finalmente evaluación de la acción ejecutada.

Principios de la Investigación Acción en el Aula

Los principios de Investigación Acción en el Aula son definidos por Martínez (2000) así:

- La estrategia, técnicas e instrumentos de la investigación están directamente relacionados y determinados por la naturaleza del fenómeno a investigar.
- El docente se convierte en un investigador que actúa e interactúa con una situación problema derivada de la cotidianidad en el aula. El fenómeno es analizado por el docente-investigador, a quien se le reconoce la capacidad de desarrollar su propio pensamiento, plantear sus propias teorías y elaborar, implementar y evaluar el plan de acción que conlleve a la transformación de la vida en el aula.
- El docente-investigador asume una postura exploratoria sobre la dinámica y compleja vida del aula. La investigación reconoce que el aula es una situación particular, con hechos que se producen en escenarios concretos e involucran a personas específicas, con diversas formas de pensar y de asumir las situaciones y fenómenos a estudiar.

Estrategia metodológica de la investigación

Tipo de investigación

Investigación Acción en el aula con técnicas cualitativas de recolección de información.

Fases de la investigación

Fase 1: Identificación y análisis del problema. Durante esta fase se identificó el problema a estudiar, se estableció la pregunta de investigación y se realizó un análisis preliminar del problema en la interacción con las estudiantes del grado décimo del Colegio Madre Elisa Roncallo. El problema a investigar es la falta de motivación de las estudiantes hacia el estudio de la física, y se proponen dos estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de un tema de la física: La Ley de Continuidad y el Principio de Bernoulli.

Fase 2: Recolección y categorización de información. En esta fase se realizó un diagnóstico alrededor de las principales dificultades de las estudiantes en el aprendizaje del Principio de Bernoulli y la Ley de Continuidad mediante observación participante.

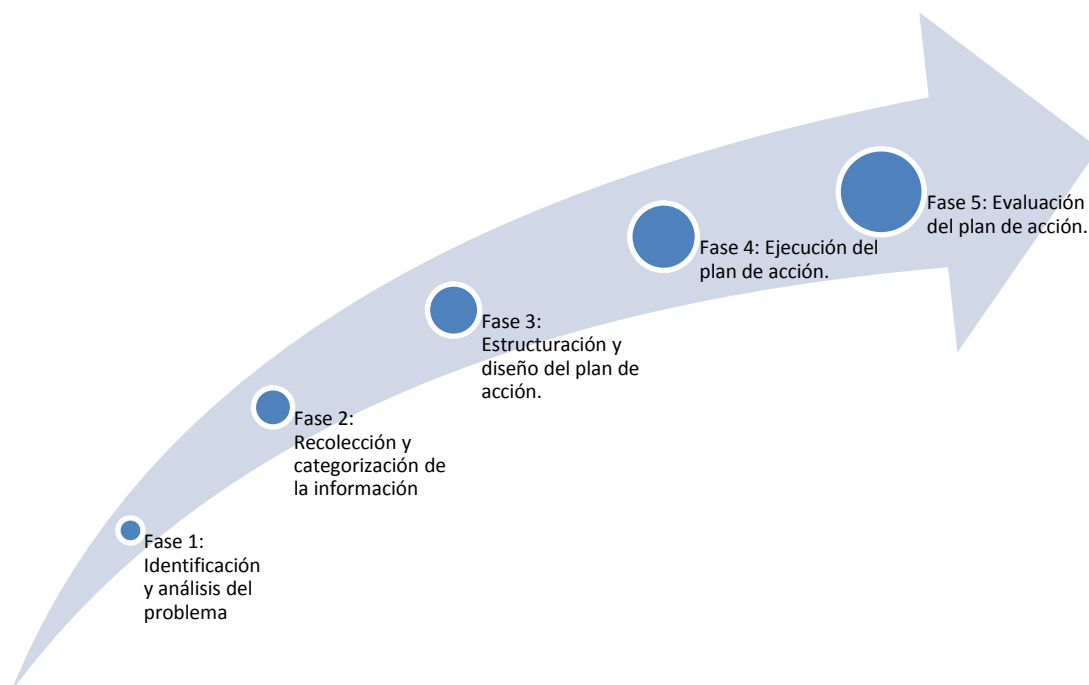
Fase 3: Estructuración y diseño. En esta fase se diseñó y desarrolló un plan de acción para fomentar el aprendizaje significativo del Principio de Bernoulli y la Ley de Continuidad en el aula, utilizando como estrategias la experimentación y la simulación situada.

Fase 4: Ejecución del plan de acción. En esta fase del proyecto se implementó el plan de acción para la enseñanza del Principio de Bernoulli y la Ley de Continuidad con las estudiantes de grado décimo del Colegio Madre Elisa Roncallo.

Fase 5: Evaluación del plan de acción. En esta fase del proyecto se realizó un grupo focal con una muestra de sujetos voluntarios para evaluar la metodología empleada en la enseñanza del Principio de Bernoulli y la Ley de Continuidad.

Fase 6: Análisis de resultados y conclusiones. En esta, la última fase del proyecto, se analizó la información obtenida en el grupo focal para construir las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

Figura 7: Fases de la Investigación.



Técnicas de recolección de información

Observación participante

La observación participante es una técnica cualitativa de investigación que ha tomado fuerza en la investigación educativa en las últimas décadas. Mediante esta técnica, el investigador aprende acerca de las personas que observa al involucrarse en sus actividades, para construir una primera aproximación del fenómeno a investigar tan objetiva y precisa como le sea posible (Kawulich, 2005).

Grupo focal

El grupo focal se considera una técnica cualitativa de recolección de información que consiste en realizar entrevistas en grupo pequeños de máximo diez personas en los que se busca establecer un proceso dialógico altamente dinámico alrededor de las categorías de análisis previamente establecidas por el investigador. La información recolectada en el grupo focal es analizada posteriormente por el investigador para sintetizar las percepciones de los participantes (Páramo, 2011).

Población

El estudio se llevó a cabo con el grado décimo del Colegio Madre Elisa Roncallo. El grupo está conformado por 10 estudiantes del género femenino, en edades comprendidas entre los 14 y 16 años. La mayoría de las estudiantes pertenece al estrato socioeconómico 3. En general son estudiantes respetuosas y disciplinadas aunque es un grupo heterogéneo respecto al nivel de motivación hacia el estudio de la física. Por la edad en la que se encuentran, a algunas de las estudiantes se les ve más motivadas por actividades alejadas de la escuela que por el estudio de los conceptos de la física.

Muestra

En las primeras fases del estudio participaron las diez estudiantes del curso. La fase de evaluación de la estrategia propuesta se realizó con una muestra de sujetos voluntarios de acuerdo al consentimiento informado de los padres de familia. En esta última etapa participaron tres estudiantes que para efecto de la confidencialidad de la información serán llamadas de aquí en adelante E1, E2 y E3.

Consideraciones éticas

Por tratarse de una investigación en la que los seres humanos son objeto de estudio, prevaleció el respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar. La investigación se desarrolló bajo los principios de veracidad, fidelidad, reciprocidad y respeto a la autonomía. Se diseñó un consentimiento informado para que los padres de familia conocieran los propósitos de la investigación y autorizaran a sus hijas a participar del estudio.

Como conclusión del capítulo metodológico es importante señalar que la estrategia de investigación escogida me permitió reflexionar sobre mi propio actuar en el aula y convertir el aula en un pequeño laboratorio de investigación para rediseñar mis prácticas pedagógicas, porque un docente comprometido con la calidad de la enseñanza debe convertirse en un instrumento de transformación a partir de la sistematización de las experiencias en el aula.

Capítulo 4: Resultados y análisis de la información

A continuación se describirán los principales resultados de la Investigación. De acuerdo a los principios de la investigación acción en el aula, cabe enfatizar que el problema de investigación surgió de una situación problema surgida en la cotidianidad del aula: la desmotivación de las estudiantes por el aprendizaje de los conceptos físicos, particularmente el Principio de Bernoulli y la Ley de Continuidad.

Como se mencionó en la descripción del problema, es importante precisar que de acuerdo al calendario escolar, el Principio de Bernoulli y la Ley de Continuidad se trató con las estudiantes durante los meses de abril y mayo. En ese momento, las clases se desarrollaron de manera magistral y los conceptos se trabajaron desde el punto de vista matemático mediante ejercicios en los que las estudiantes debían calcular la velocidad del fluido en secciones de un tubo con diferentes áreas, pero sin hacer especial énfasis en las aplicaciones, de acuerdo a los estándares propuestos por el MEN. Y fue en estas clases en las que empezó la preocupación pedagógica que me llevó a proponer esta investigación.

Categorización de la información preliminar

Después de delimitar el problema a investigar se procedió a construir una primera aproximación al fenómeno mediante la observación participante mediada por procesos dialógicos en el aula, para construir un diagnóstico alrededor de las principales dificultades de las estudiantes en el aprendizaje de los conceptos en estudio y el origen de su desmotivación, de acuerdo a las categorías de análisis propuestas como punto de partida para el fomento del aprendizaje significativo: *Habilidades de pensamiento científico, conocimientos previos, uso de lenguaje científico, áreas de interés y pre-requisitos matemáticos*. La información recolectada en esta fase, que se resume en la Tabla 1 fue el punto de partida para la construcción de un plan de acción que me permitiera transformar las prácticas docentes, mejorar la motivación de las estudiantes y fomentar el aprendizaje significativo.

A través de la interacción con mis estudiantes, y desde una postura crítica y reflexiva planteé las categorías con el objeto de realizar un diagnóstico que me permitiera diseñar un plan de acción pertinente al grupo.

Tabla 4: Diagnóstico de la población de estudio de acuerdo a categorías de análisis.

Categoría de análisis	Resultado de la observación participante
Habilidades de pensamiento científico	La mayoría de las estudiantes exhiben habilidades básicas de pensamiento científico como observar, comparar, relacionar, clasificar y describir. Sin embargo, no demuestran habilidades de orden superior como el análisis y la conceptualización.
Conocimientos previos	Las estudiantes demuestran un conocimiento científico alternativo aproximado sobre conceptos como fluido, presión y caudal, y utilizan ejemplos de su vida cotidiana para construir explicaciones y contestar preguntas planeadas para la interacción en el aula de clase.
Uso de lenguaje científico	La población de estudio reconoce ciertos términos específicos relacionados con la hidrodinámica pero no son muy receptivas con el lenguaje científico, prefieren el uso de un lenguaje sencillo porque consideran algunos términos incomprensibles.
Áreas de interés	El colegio tiene un énfasis comercial y la intensidad horaria de la asignatura física es baja. Como una cualidad innata al ser humano, la mayoría de las estudiantes demuestra curiosidad e interés por explicar el mundo, sin embargo, sólo dos de las diez estudiantes del curso desean seguir una carrera relacionada con las ciencias naturales, mientras que las otras ocho desean estudiar carreras profesionales en las que el componente explicativo y demostrativo de las matemáticas no es muy alto.
Pre-requisitos matemáticos	Las dos estudiantes que desean estudiar una carrera relacionada con las ciencias naturales presentan las habilidades aritméticas y algebraicas necesarias para realizar cálculos relacionados con el Principio de Bernoulli y la Ley de continuidad. Las otras ocho estudiantes expresan abiertamente desagrado por las matemáticas y sus habilidades aritméticas y algebraicas son precarias. Estas estudiantes prefieren conocer los conceptos desde el punto de vista descriptivo y su aplicación en su vida real más que el tratamiento matemático de los conceptos.

Esta primera aproximación al fenómeno de estudio se utilizó como base para la estructuración y el diseño del plan de acción, con el propósito de favorecer el

aprendizaje significativo del Principio de Bernoulli y la Ley de Continuidad en el aula mediante la experimentación activa y la simulación.

Estructuración del plan de acción

De acuerdo a las características de la población y teniendo en cuenta que desde la postura constructivista el profesor utiliza los procedimientos de manera flexible y adaptativa para promover aprendizajes significativos en los estudiantes, la primera estrategia utilizada en el diseño del plan de acción fue seleccionar una temática que permitiera conectar las situaciones cotidianas de la vida diaria de las estudiantes con las temáticas que se pretendían enseñar. Después de una exhaustiva revisión bibliográfica encontré en la hemodinámica y las afecciones del sistema circulatorio un contexto pertinente para motivar a las estudiantes hacia el estudio de la hidrodinámica, por tratarse de una situación de la vida real en el que pueden utilizarse situaciones cotidianas como la mala alimentación para describir las reducciones de área por las que circula el flujo sanguíneo y contextualizar así el principio de Bernoulli y la Ley de Continuidad con una situación de la vida real, que de acuerdo a Ruiz Morales (2007), provoca más de 15 millones de muertes al año en el mundo.

Para acercar a las estudiantes de forma activa y experimental a los conceptos de la hidrodinámica, se diseñó un prototipo experimental para simular de forma aproximada el cambio de flujo desde una arteria sana hasta una arteria atrofiada por arterioesclerosis.

Diseño y desarrollo del prototipo experimental

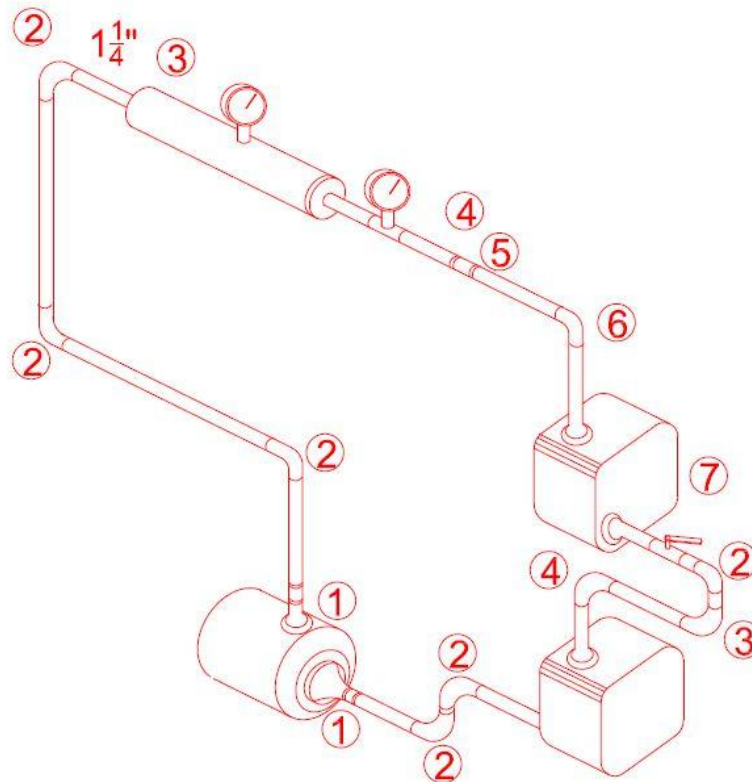
El diseño y desarrollo del prototipo experimental tomó aproximadamente dos meses. La idea del prototipo fue permitir a las estudiantes observar el movimiento del fluido a lo largo de dos tubos con diferente sección y realizar las mediciones de presión en cada tubo. El prototipo consta de una bomba que impulsa el agua a través de una tubería circular de PVC instalado sobre una mesa de madera (Ver Anexo 3: Fotografías 4 – 7). La sección superior de la tubería se construyó con dos tubos de acrílico de diferente área conectados entre sí, para medir el cambio de velocidad del agua en el circuito al pasar del tubo de mayor área transversal a la menor, tal y como sucede cuando la sangre atraviesa una sección arterial atrofiada. Se conectó a cada tubo un manómetro para medir la presión absoluta del agua en cada sección de la tubería de acrílico.

Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en los estudiantes del grado décimo del colegio Madre Elisa Roncallo 46

El plano del prototipo se muestra en la Figura 7, y los materiales utilizados en el proceso fueron:

- Tubo de acrílico 2”.
- Tubo de acrílico ½”.
- Dos manómetros.
- Electrobomba periférica de 250 HP.
- 9 codos de ½”.
- Tubo PVC ½”.
- Dos tanques para agua.
- Llave de paso para modificar el caudal.
- Soldadura de PVC.
- Limpiador de PVC.

Figura 8: Plano prototipo experimental.



El prototipo se incrustó en una mesa de madera para realizar las pruebas de impermeabilización y cuando se verificó su buen funcionamiento, se llevó al aula de clase para llevar a cabo las actividades del segundo momento del plan de acción en el aula.

Plan de acción en el aula

El plan de acción en el aula se estructuró en tres momentos: un primer momento exploratorio del tema, un segundo momento de estructuración de la información mediante la simulación y la experimentación activa, y un tercer momento de evaluación. En la Tabla 2 se resumen las actividades planeadas en cada momento del plan de acción.

Tabla 5: Estructura del plan de acción en el aula.

Momentos	Actividades
Recordando ideas Propósito: Indagar cuánto recordaban las estudiantes sobre el Principio de Bernoulli y la Ley de Continuidad.	1. Preguntas planeadas para la interacción.
Estructuración de la información Propósito: Fomentar habilidades superiores de pensamiento como analizar y conceptualizar.	2. Simulación y experimentación situada con un prototipo experimental que simula de forma aproximada las condiciones una arteria sana y atrofiada.
Evaluación de la actividad Propósito: Evaluar las herramientas didácticas.	3. Grupo focal.

Implementación del plan de acción

Recordando ideas

Por medio de preguntas planeadas para la interacción se evidenció que las estudiantes con habilidades matemáticas habían integrado los conceptos del Principio de Bernoulli y la Ley de Continuidad a sus ideas previas sobre hidrodinámica. Las otras estudiantes no habían logrado esta integración de los conceptos y por lo tanto su aprendizaje no había sido significativo en el momento que se trató el tema por primera vez, en los meses de abril y mayo, de manera magistral y con un importante contenido matemático.

Las preguntas planeadas para la interacción fueron:

¿Qué entiende por el principio de Bernoulli?

¿En la vida cotidiana donde se puede ver o manifestar el principio de Bernoulli?

¿Cuál es la relación entre velocidad, área y presión en un fluido?

¿Qué semejanzas y diferencias encuentra entre la ecuación de Bernoulli y la ecuación de continuidad?

¿Por qué cree que es importante para su vida comprender el principio de Bernoulli y la ecuación de continuidad?

El cuerpo humano es una red de arterias y venas por la cual fluye sangre. ¿Cree usted que conocer el principio de Bernoulli y la ecuación de continuidad puede dar una mejor comprensión de los fluidos en el cuerpo humano?

Estructuración de la información

Para el momento de estructuración de la información se utilizó la experimentación y la simulación situada con un prototipo experimental que simula de forma aproximada las condiciones de una arteria sana y atrofiada. Dos meses antes de la implementación del plan de acción se inició un proceso de diseño del prototipo experimental y se realizaron pruebas piloto para asegurar su buen funcionamiento en el aula de clase.

El prototipo se utilizó para la experimentación activa en el aula de clase. Las estudiantes observaron el movimiento del agua y evidenciaron el cambio en la presión en las dos secciones del tubo, como se muestra en el Anexo 3 (Fotografías 8 y 9). El dispositivo experimental permitió desarrollar los conceptos de forma contextualizada porque evidenciaba el comportamiento de una arteria sana y una arteria atrofiada y las estudiantes realizaron preguntas que nos permitieron aprender sobre los buenos hábitos alimentarios para el cuidado del cuerpo. Las estudiantes se vieron motivadas y nunca habían hecho tantas preguntas en una clase de física. Interactuaron con el prototipo experimental y la simulación me permitió realizar una clase más dinámica en la que las estudiantes integraron los conceptos a su sistema de ideas mediante la interacción con la situación. Se evidenció un cambio en la comprensión de los principios de la hidrodinámica en las estudiantes.

Las preguntas de las estudiantes giraron en torno a las aplicaciones de la Ley de Continuidad y el Principio de Bernoulli en nuestro sistema circulatorio, las afectaciones en la salud debido a arterias atrofiadas y los cuidados que deben tener en su vida diaria para evitar estas enfermedades.

Evaluación de la actividad

De acuerdo con los principios éticos de la investigación, se solicitó a los padres de familia la autorización mediante el consentimiento informado (Anexo 1) para que sus hijas participaran en un grupo focal para la evaluación de la actividad. Por tratarse de un colegio femenino, y de naturaleza conservadora, únicamente tres de los padres de familia autorizaron a sus hijas a participar en este momento de la investigación. Estas tres estudiantes son la muestra de sujetos voluntarios con las que se realizó la entrevista grupal y para los propósitos de confidencialidad de la información se identificarán como E1, E2 y E3.

Las categorías de análisis en torno a las cuales giró la conversación en el grupo focal fueron: *Factores que mejoran el aprendizaje, estrategias para favorecer el aprendizaje significativo, habilidades de pensamiento superior y motivación hacia el aprendizaje de la física*. Las intervenciones de las estudiantes se categorizaron y se muestran en la Tabla 3.

Tabla 6: Categorización de la información recolectada en el grupo focal.

Categoría de análisis	Intervenciones de las estudiantes
Factores que mejoran el aprendizaje.	<p>E1: <i>“Bueno primeramente me parece importante afirmar que la ecuación de Bernoulli parte del principio de la conservación de la energía, esta también tiene bastantes aplicaciones debido a que lo podemos evidenciar en nuestro diario vivir”</i></p> <p>E2: <i>“...los factores que me ayudaron bastante fueron las exposiciones que el profesor pues nos daba por medio de experimentos que realizamos y también las exposiciones que nos ayudaron bastante a comprender los conceptos”.</i></p> <p>E3: <i>“...los factores que ayudaron a mi aprendizaje pues creo que son importantes y supongo que el experimento pues nos ayudó a conocer bastantes cosas que no teníamos mucho conocimiento y me parece importante siempre la simulación experimental para todo este tipo de cosas”</i></p>
Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo.	<p>E1: <i>“la simulación y la experimentación nos ayuda a mejorar el aprendizaje, creo que en la educación actual que tenemos nunca, no se evidencia no se plantean las cosas respecto a lo que nos puede servir a nosotros para nuestro diario vivir entonces me parece muy importante que la simulación no sea solamente teórica sino sea también didáctica para que los conocimientos queden un poco más acarreado a nuestro aprendizaje y que podamos implementar todo</i></p>

	<p><i>este tipo de cosas que realizamos diariamente”</i></p> <p><i>E2: “Pues yo pienso que nos trae mucha ventaja puesto que a la hora de realizarlo por un experimento es mucho más sencillo ya que cuando el profesor nos explica las ecuaciones que se utilizan para realizar esto nosotras tal vez no lo comprendemos de la mejor manera porque pues en el tablero las cosas son como más... no se entiende muy bien a la hora de hacer el experimento entonces ahí el profesor nos puede ubicar lo que van las ecuaciones para que nosotras pues podamos ya identificar cada elemento”.</i></p> <p><i>E3: “creo que es una gran ventaja que hagamos una simulación experimental en el aula de clase con respecto a una clase teórica porque creo que es más factible que el conocimiento... pues el aprendizaje varíe de un gran modo a que nosotras tengamos clara como son las cosas y cómo funcionan realmente en nuestro diario vivir”</i></p>
<p>Habilidades de pensamiento superior.</p>	<p><i>E1: “Bueno yo creo que yo era de esas personas que realmente no conocía porqué el sistema arterial tenía tantas fallas entonces a medida de que pues pudimos plantear esta ecuación el modo del cuerpo humano y poderlo implementar creo que es mucho más factible para que uno aprenda a reconocer las cosas que realmente suceden en su cuerpo humano, lo que está pasando en este momento y que no solamente sea como prácticas en las que no las podemos aplicar a lo que realmente queremos conocer, entonces sí me parece muy importante porque a medida de esta ecuación se puede aprender porque era que pasaban todo este tipo de enfermedades arteriales”</i></p> <p><i>E2: “Pues para mí fue muy importante porque conociendo pues los fluidos que pasan por nuestro cuerpo me pude dar cuenta que tiene relación con la ecuación de Bernoulli y es muy importante ya que digamos los fluidos que más entran en el cuerpo humano yo diría que son: la sangre, la orina, los mocos, el semen son los fluidos que nosotros tenemos en nuestro cuerpo y que todos tienen relación con la ecuación de Bernoulli”</i></p> <p><i>E3: “...es una manera de poder decir que es lo que está pasando científicamente pues es uno como que solamente se queda en lo que sabe y en lo que realmente ha escuchado nunca se interpone en esa teoría y decir si realmente que es lo que ocurre o no, personalmente yo si aprendí bastante porque se taponan las arterias cuales pueden ser sus causas también en cuanto al principio de Bernoulli cuales pueden ser sus aplicaciones que básicamente</i></p>

Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en las estudiantes del grado décimo del colegio Madre Elisa Roncallo 51

	<i>puede ser en todo el cuerpo”</i>
Motivación hacia el aprendizaje de la física	E1: <i>“Si, me gustó mucho la clase, ojalá todos los profesores se preocuparan por hacer clases así de dinámicas”</i> E2: <i>“Me pareció una buena manera de aprender... profe, ahora tiene que diseñar prototipos para todos los temas...”</i> E3: <i>“Me pareció una buena didáctica pues para entender más científicamente lo que tenemos en nuestro cuerpo”</i>

Para la primer categoría de análisis el diálogo giró en torno a la pregunta sobre cuál fue el factor que más le ayudó en su aprendizaje, y como se lee en las respuestas de las estudiantes, cada una priorizó la estrategia que mejora su aprendizaje de acuerdo a su estilo de aprendizaje. Una de las estudiantes privilegió la contextualización de los conceptos, otra las explicaciones del profesor utilizando el prototipo experimental y para la otra fue la simulación situada la estrategia que mejoró su aprendizaje. Se puede concluir que es importante utilizar diversas estrategias en el aula de clase para la descripción de los conceptos, pues cada estudiante tiene su propio estilo de aprendizaje y al utilizar una sola estrategia se privilegian unos estilos de aprendizaje sobre otros.

El diálogo en la segunda categoría de análisis se realizó en torno a la pregunta específica sobre las *estrategias para favorecer el aprendizaje significativo*: la experimentación y la simulación situada en contextos próximos a los intereses de los estudiantes. A pesar que cada una de las participantes tiene un estilo de aprendizaje diferente, como se evidenció en la primera categoría, las tres coincidieron en que su aprendizaje mejoró con la experimentación y la simulación situada, porque la clase fue más dinámica y lograron integrar experiencias de su vida diaria con los saberes de la física y sus saberes previos. Se concluye que las estrategias favorecieron la comprensión de los conceptos más que la memorización.

En la tercera categoría de análisis, *habilidades de pensamiento superior*, la conversación giró alrededor de la integración de los conceptos de la hidrodinámica con la fisiología de los fluidos corporales. En las respuestas de las estudiantes se evidencia que lograron conectar la información nueva con aquella que ya tenían y relacionaron los conceptos de la Ley de Bernoulli y la Ley de Continuidad con los fluidos de su organismo de forma correcta, por lo que es posible afirmar que se fomentaron habilidades de pensamiento superior como el análisis y la conceptualización.

Por último, para la cuarta categoría de análisis el diálogo giró en torno a conocer cómo se sintieron las estudiantes con esta nueva manera de aproximarse a los conceptos de la física y si quisieran volver a tener una clase en la que se use la

simulación y la experimentación. La respuesta fue unánime, las estudiantes disfrutaron la clase y sus respuestas me motivan a reflexionar día a día sobre mis prácticas docentes y diseñar propuestas didácticas que favorezcan el aprendizaje de mis estudiantes.

Entonces, de acuerdo a la pregunta de investigación planteada en este estudio, las estrategias para favorecer el aprendizaje significativo mejoraron la motivación de las estudiantes por el aprendizaje de la Ley de Continuidad y el Principio de Bernoulli porque permitieron acercar los conceptos de la hidrodinámica al contexto de las estudiantes, convirtiendo los saberes teóricos de la física en saberes pertinentes al diario vivir de las estudiantes. Además mejoraron la aprehensión de los conceptos porque fomentaron el desarrollo de habilidades de pensamiento superior, favoreciendo la comprensión de los conceptos más que su memorización y logrando un aprendizaje significativo.

Capítulo 5: Conclusiones

El presente trabajo, más allá de ser requisito para la culminación de mis estudios de pregrado, surgió de mi preocupación permanente como profesor de física sobre cómo diseñar estrategias didácticas para motivar a las estudiantes hacia el estudio de ésta disciplina y favorecer la comprensión de los conceptos sobre la memorización. Por eso decidí convertir mi aula de clase en un laboratorio y transformar la dinámica del aula en beneficio de mis estudiantes.

Con base en los postulados del constructivismo y el aprendizaje significativo entendí que mi responsabilidad en el aula es la de generar escenarios para favorecer el aprendizaje de mis estudiantes contextualizando los temas de estudio con sus intereses para que disfruten el aprendizaje y se conviertan en autodidactas.

El uso del prototipo experimental para simular las arterias sanas y atrofiadas en el aula de clase me permitió describir el Principio de Continuidad y la Ley de Bernoulli de forma contextualizada y dinámica. Mediante esta experiencia, las estudiantes se involucraron de manera activa en el proceso educativo, se mejoró la motivación hacia el estudio de la hidrodinámica y se favoreció el aprendizaje significativo porque de acuerdo a las palabras de las estudiantes, comprendieron los conceptos al relacionarlos con situaciones de la vida real y su propia cotidianidad.

La experimentación y la simulación situada fomentaron el aprendizaje significativo en las estudiantes porque éstas lograron conectar la información nueva con aquella que ya tenían, relacionaron los conceptos de la Ley de Bernoulli y la Ley de Continuidad con los fluidos de su organismo de forma correcta, y de esta manera se potenciaron habilidades de pensamiento superior como el análisis y la conceptualización.

Las estrategias de enseñanza: experimentación y simulación situada, mejoraron la motivación de las estudiantes por el aprendizaje de la Ley de Continuidad y el Principio de Bernoulli porque permitieron acercar los conceptos de la hidrodinámica al contexto de las estudiantes, contextualizando los saberes de la física con los saberes pertinentes al diario vivir de las estudiantes.

Mediante las estrategias diseñadas en el plan de acción para la enseñanza de la dinámica de fluidos se favorecieron los diferentes estilos de aprendizaje de las estudiantes, logrando la aprehensión de los conceptos. En el aula de clase coexisten diversos estilos de aprendizaje, y nuestra responsabilidad como maestros es diseñar

estrategias didácticas que lleguen a los diferentes estudiantes, para no privilegiar un estilo de aprendizaje sobre otro.

La estrategia de Investigación Acción en el Aula me posicionó como un maestro investigador de las problemáticas del aula con el fin de darles solución de manera estructurada y dinámica en el contexto escolar. Este tipo de experiencias permiten sistematizar el proceso de enseñanza y aprendizaje en beneficio de la calidad de la educación.

A partir de esta experiencia seguiré reflexionando continuamente acerca de la mejor manera de enseñar los diferentes conceptos físicos para dar solución a las diversas problemáticas pedagógicas que surgen en el aula día tras día.

Bibliografía

Aguilar, Y., & Alamino, D. (1998). Valoración del estado actual del tratamiento de los contenidos de historia de la física en la enseñanza general media. *II Taller Internacional de la Enseñanza de la Física y la Química*, ISP Juan Marinello.

Amaya, G. (2008). La simulación computarizada como instrumento del método en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física desde la cognición situada: Ley de Ohm. *Actualidades investigativas en educación*, 8, 1-32.

Arias, J. (1992). *Aplicación de los principios de conservación en la mecánica de fluidos. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

Ausbel, D., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology, a cognitive view* (Segunda ed.). Nueva York: Rinehart and Wiston.

Ávila, G. (2006). *La turbulencia, un fluido irregular y complejo. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

Bejarano, F. (1990). *Estimulador electrofisiológico. Tesis no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

Brown, J., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 32-42.

Cáceres, L. (1996). *Diseño de un folleto explicativo de los conceptos de tensión y presión arterial. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

Cáceres, M. (1992). *Registro electrofisiológico de potencial de acción en nervio ciático. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5(2).

Díaz, A. (1992). *Montaje experimental para la medición de corriente y voltaje en membranas físicas y biológicas. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

- Díaz, J. (2006). *Mecánica de fluidos e hidráulica*. Cali: Universidad del Valle.
- Díaz, J. R. (2002). Los mapas conceptuales como estrategia de enseñanza y aprendizaje en la educación Básica. *Educere, TRASVASE*, 194-203.
- Fals Borda, O., & Rahman, A. (1989). La situación actual y las perspectivas de la investigación-acción participativa en el mundo. *Análisis Político. Universidad Nacional de Colombia*(5), 14-20.
- Fasce, H. E. (2001). Utilización del aprendizaje basado en problemas de la enseñanza de la física en estudiantes de medicina, comparación con la enseñanza tradicional. *Sociedad Médica de Santiago*, 9, 129.
- Furlán, A. (1992). *La gestión pedagógica. Polémicas y Casos*. Santiago: UNESCO.
- Galagovsly, L. (Mayo de 2005). La Enseñanza de la Química Pre-Universitaria: ¿Qué enseñar, cómo, cuánto, para quiénes? *Química Viva*, 4(1), 8-22.
- Gómez, A. (2005). *Análisis conceptual de la dinámica de fluido: fenómenos de vorticidad y vórtices*. Bogotá: Facultad de Física. Universidad Pedagógica Nacional.
- Gutierrez, C. (2006). *Conceptos de biomecánica: aproximación al análisis del movimiento*. Bogotá: Universidad Manuela Beltrán.
- Gutierrez, L. (2003). *Sistematización de una propuesta pedagógica en donde se implementa el principio de Bernoulli por medio de talleres para el grado quinto de básica primaria. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.
- Jou, D., Llevo, E., & Pérez, C. (1994). *Física para las ciencias de la vida*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Jurado, F. (2011). Pedagogías y evaluación en la docencia universitaria: tensiones y complejidades. En F. C. Jurado Valencia, *Anfibios académicos: pedagogías, docencia y evaluación en la educación superior*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Kawulich. (2005). La observación participante como método de recolección de datos. *Forum: Qualitative social research*, 6(2), 1-6.
- Lifshitz, A. (2004). La enseñanza de la competencia clínica. *Gaceta Médica de México*, 3, 140.

Llorente, C. (2006). *Retornando al corazón: Una mirada desde la física de los fenómenos eléctricos. Tesis no publicada*. Bogotá: Facultad de Física. Universidad Pedagógica Nacional.

Lucio, R. (1989). Educación y Pedagogía, Enseñanza y Didáctica: Diferencias y Relaciones. *Revista de la Universidad de la Salle*, XI(17), 35-46.

Martínez, M. (2000). La investigación-acción en el aula. *Agenda Académica*, VII(1), 27-39.

Membiela, P. (2002). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia Tecnología Sociedad*. Madrid: Narcea Ediciones.

Mendieta, O. (2011). *Conservación de la masa de un fluido dentro de un tubo con área transversal variable. Implementación de una unidad didáctica a estudiantes de sexto grado del I.E.D Heladia Mejía. Trabajo de grado no publicado*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

Milicic, E. (2008). Física para no físicos. *Investigação en ensino de ciencias*, 2, 119.

Ministerio de Educación Nacional, MEN. (2011). *Estándares básicos de competencias en ciencias naturales*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.

Minnick Santa, D., & Alvermann, D. (1994). *Una didáctica de las ciencias*. Buenos Aires: Aique.

Mogollón, M. (2009). *Software educativo orientado a la enseñanza del teorema de Bernoulli. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

Mosquera, A. (2011). *La física de los fluidos en el sistema circulatorio: Propuesta didáctica para comprender los fenómenos físicos de fluidos en el organismo humano. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

Niño, J. R. (2007). *Introducción a la mecánica de fluidos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Novak, J. D. (1987). Human Constructivism: Toward a Unity of Psychological and Epistemological Meanin Making. *Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and mathematics Education*, (pág. Julio 27). Ithaca, NY.

Novak, J. D. (1998). *Learning, Creating and Using Knowledge: Concepts Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. Mahwah, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum.

Paradinas. (2008). El nacimiento de la física médica: orígenes y desarrollos en el siglo XX. *Revista de la Sociedad Española de la Historia de las Ciencias y las Técnicas*, 31, 209-220.

Páramo, P. (2011). *La investigación en ciencias sociales: estrategias de investigación*. Bogotá D.C.: Universidad Piloto de Colombia.

Parrado, I. (1996). *Paradigma físico en torno a la articulación de la rodilla. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

Plazas, C. (2012). Principios físicos de la radiocirugía estereotáctica. *Revista colombiana de física*, 30, 1-5.

Ponce, M. (2004). Estrategias del aprendizaje en Medicina. *Gaceta Médica*, 3, 140.

Pope, M., & Gilbert, J. (1983). Personal Experience and the Construction of Knowledge in Science. *Science Education*, 67(2), 193-203.

Porlán, A. (1998). Pasado, Presente y Futuro de la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 175-185.

Posner, G. (1998). *Enfoque de proyectos*. Bogotá: Mc Graw Hill.

Rangel, A. (2000). *Océano interior leyes físicas de la Hemodinamia*. México: Fondo de Cultura Económica.

Rincón, L. (2000). *Transporte a través de membrana. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

Ríos, V. (2008). La enseñanza de la física en la Escuela Nacional de Medicina de México (siglo XIX). *Boletín Mexicano de Historia y Filosofía de la Medicina*, 11, 4-9.

Romero, J. (1993). *Solución de ejercicios de hidromecánica a nivel medio. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

Ruiz Morales, Á. (2007). Aterosclerosis, inflamación e intervenciones, prevención, estabilización y regresión de placa. *Revista Peruana de Cardiología*, 87-95.

Rubio, J. (2006). *Relación entre el movimiento de fluidos y campos electromagnéticos. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en los estudiantes del grado décimo del colegio Madre Elisa Roncallo 59

Solbes, J., & Vilches, A. (1992). El modelo constructivista y las relaciones ciencia técnica sociedad C/T/S. *Enseñanza de las ciencias*, 10(2), 181-186.

Stephen, B. H. (1993). *Diseño de la investigación clínica: un enfoque epidemiológico*. Barcelona: Ediciones Doyma.

Valiente, R. (2007). *Aplicaciones clínicas de la Biofísica I: Hemodinamia, casos clínicos y problemario*. Barranquilla: Uninorte.

Vargas, F. (2010). *Fluidos virtuales: del flujo a las turbulencias. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

Vergara, Y. (2003). *La caracterización de la analogía entre la Hidrodinámica y electrodinámica clásica para la ecuación de continuidad. Tesis de grado no publicada*. Bogotá: Facultad de Física, Universidad Pedagógica Nacional.

Villarreal, M., Lobo, H., & Gutiérrez, G. (2005). La enseñanza de la física frente el nuevo milenio. *Academia*.

Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.

Anexo 1: Consentimiento informado

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación con una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación es conducida por **Juan Mauricio Ruíz Bautista**, estudiante de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional, sede Bogotá y asesorada por los profesores Germán Hurtado Bautista, Rusby Yamile Malagón y María Cristina Plazas. El objetivo de este estudio es **contribuir al aprendizaje significativo del Principio de Bernulli y la Ecuación de Continuidad en las estudiantes de décimo grado del Colegio Madre Elisa Roncallo, mediante estrategias de la cognición situada: la simulación y la experimentación activa**, por lo que es necesario conocer las percepciones de las estudiantes durante una clase para explicar el tema.

Si usted accede a dejar participar en este estudio a su hija, a ella se le pedirá responder preguntas en una entrevista semi-estructurada. Esto le tomará aproximadamente 30 minutos de su tiempo. Lo que se converse durante estas sesiones se grabará en formato de audio y vídeo, de modo que el investigador pueda analizar después las ideas que se hayan expresado. La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Las respuestas a la entrevista serán codificadas usando un número de identificación y por lo tanto, serán anónimas. Pasados dos años, las grabaciones serán destruidas.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante la participación de su hija en él. Igualmente, puede retirar a su hija del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma. Si alguna de las preguntas durante la entrevista le parecen incómodas, su hija tiene el derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderlas.

Yo, _____, responsable directo (a) de la niña _____ de _____ años de edad, otorgo mi permiso para que haga parte de la investigación, conducida por Juan Mauricio Ruíz Bautista. He sido informado (a) de que la meta de este estudio es **contribuir al aprendizaje significativo del Principio de Bernulli y la Ecuación de Continuidad en las estudiantes de décimo grado del Colegio Madre Elisa Roncallo, mediante estrategias de la cognición situada: la simulación y la experimentación activa**.

Me han indicado también que tendré que mi hija tendrá que responder preguntas en una entrevista, lo cual tomará aproximadamente 30 minutos. Reconozco que la información que mi hija provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que mi hija podrá retirarse del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a Juan Mauricio Ruíz Bautista al teléfono 311 551 51 06.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar a Juan Mauricio Ruíz Bautista al teléfono anteriormente mencionado.

Nombre del Responsable directo

Firma

Fecha

Anexo 2: Transcripción grupo focal

Profe: Hoy 19 de noviembre siendo las 12 del día, vamos a llevar a cabo el grupo focal para conocer las apreciaciones de tres estudiantes sobre la experimentación activa como una estrategia en la enseñanza de la dinámica de fluidos, estamos aquí con las estudiantes E1, E2 y E3.

P.: Bien vamos a hacer la primera pregunta y es la siguiente: ¿Qué tanto aprendieron de la Ley de Bernoulli y que factores ayudaron en su aprendizaje?

E 1: Bueno primeramente me parece importante afirmar que la ecuación de Bernoulli nos sirve para la conservación de la energía, esta también tiene bastantes aplicaciones debido a que lo podemos evidenciar en nuestro diario vivir: como los aviones, como se puede evidenciar la presión a través del sistema arterial que es lo que estamos basando en este momento.

Profe: ¿qué factores te ayudaron a aprender?

E 1: Bueno uno de esos principales factores, es entender que al momento que la presión cambia la velocidad también alterada por una área transversal diferente.

E 2: Bueno yo estoy de acuerdo con mi compañera Erika, porque esto nos sirve para la vida cotidiana. En si la energía en este caso la Ley de Bernoulli nos habla de las energías que siempre van a estar constantes y pues los factores que me ayudaron bastante fueron las exposiciones que el profesor pues nos daba por medio de experimentos que realizamos y e también las exposiciones que nos ayudaron bastante a comprender los conceptos.

E 3: Pues bueno volviendo a lo que dijo mi compañera Erika siempre es importante conocer como en nuestra vida cotidiana nos afecta esta Ley pues es la que estamos evidenciando en esta práctica experimental pues que hicimos, me parece importante tener conocimientos básicos sobre de cómo nos podría afectar principalmente pues a nuestra salud y a todo lo que vivimos diariamente los factores que ayudaron a mi aprendizaje pues creo que son importantes y supongo que el experimento pues nos ayudó a conocer bastantes cosas que no teníamos mucho conocimiento y me parece importante siempre la simulación experimental para todo este tipo de cosas.

Profe: ¿creen que la simulación experimental en el aula de clase tiene ventajas sobre la clase teórica, es decir el experimento en clase les ayuda a mejorar su aprendizaje o es mejor ver las ecuaciones y ya?

E 1: por supuesto que nos ayuda a mejorar el aprendizaje, creo que en la educación actual que tenemos nunca, no se evidencia no se plantean las cosas respecto a lo que nos puede servir a nosotros para nuestro diario vivir entonces me parece muy

importante que la simulación no sea solamente teórica sino sea también didáctica para que los conocimientos queden un poco más acarreado a nuestro aprendizaje y que podamos implementar todo este tipo de cosas que realizamos diariamente.

E 2: Pues yo pienso que nos trae mucha ventaja puesto que a la hora de realizarlo por un experimento es mucho más sencillo ya que cuando el profesor nos explica las ecuaciones que se utilizan para realizar esto nosotras tal vez no lo comprendemos de la mejor manera porque pues en el tablero las cosas son como más... no se entiende muy bien a la hora de hacer el experimento entonces hay el profesor nos puede ubicar lo que van las ecuaciones para que nosotras pues podamos ya identificar cada elemento.

E 3: Pues la verdad creo que si tiene una gran ventaja que hagamos una simulación experimental en el aula de clase con respecto a una clase teórica porque creo que es más factible que el conocimiento e pues el aprendizaje varié de un gran modo a que nosotras tengamos clara como son las cosas y cómo funcionan realmente en nuestro diario vivir.

Profe: ¿Fue importante para ustedes conocer la relación que tiene Bernoulli con el cuerpo humano y por qué?

E 1: Bueno yo creo que yo era de esas personas que realmente no conocía por que el sistema arterial tenía tantas fallas entonces a medida de que pues pudimos plantear esta ecuación el modo del cuerpo humano y poderlo implementar creo que es mucho más factible para que uno aprenda a reconocer las cosas que realmente suceden en su cuerpo humano, lo que está pasando en este momento y que no solamente sea como prácticas en las que no las podemos aplicar a lo que realmente queremos conocer, entonces sí me parece muy importante porque a medida de esta ecuación se puede aprender porque era que pasaban todo este tipo de enfermedades arteriales.

E 2: Pues para mí fue muy importante porque conociendo pues los fluidos que pasan por nuestro cuerpo me pude dar cuenta que tiene relación con la ecuación de Bernoulli y es muy importante ya que digamos los fluidos que más entran en el cuerpo humano yo diría que son: la sangre, la orina, los mocos, el semen son los fluidos que nosotros tenemos en nuestro cuerpo y que tienen relación con la ecuación de Bernoulli.

E 3: Pues yo creo que como dijimos o como mis compañeras dijeron anteriormente es bastante importante pues conocer y más experimentar la relación que tiene pues la ecuación con nuestro cuerpo humano por que nosotras realmente no vamos a conocer muchas de las cosas que pasan en nuestro cuerpo simplemente por el hecho de que no sé, no tenemos mucho conocimiento tanto como en la física por

decirlo de alguna manera como tal en la ciencia entonces siempre es importante saber pues que es lo que pasa.

Profe: ¿Representa para ustedes ventajas para el aprendizaje saber que este tipo de leyes se aplican en nuestro organismo?

E 1: Si porque es una manera de poder decir que es lo que está pasando científicamente pues es uno como que solamente se queda en lo que sabe y en lo que realmente ha escuchado nunca se interpone en esa teoría y decir si realmente que es lo que ocurre o no, personalmente yo si aprendí bastante porque se taponan las arterias cuales pueden ser sus causas también en cuanto al principio de Bernoulli cuales pueden ser sus aplicaciones que básicamente puede ser todo el cuerpo.

E 2: Yo aprendí bastante porque yo decía bueno, la física eso que no me va ayudar para mi vida pero cuando el profesor nos explicó aquello yo pude comprender que la física tiene mucho que ver con nuestro cuerpo y con entorno de nosotros (no se escucha bien).

E 3: Pues primeramente pienso que lo que nosotras no conocemos pues el profesor Mauricio no lo dio a entender con esta práctica pues que hicimos y me pareció una buena didáctica pues para entender más lo que tenemos en nuestro cuerpo.

Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en las estudiantes del grado décimo del colegio Madre Elisa Roncallo 64

Anexo 3: Fotografías

Fotografía 1: Momento de recordar ideas. Estudiantes del grado décimo Colegio Madre Elisa Roncallo.



Fotografía 2: Momento de recordar ideas. Estudiantes del grado décimo Colegio Madre Elisa Roncallo.



Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en las estudiantes del grado décimo del colegio Madre Elisa Roncallo 65

Fotografía 3: Momento de recordar ideas. Estudiantes del grado décimo Colegio Madre Elisa Roncallo.



Fotografía 4: Herramientas y partes para el ensamble del prototipo experimental para la simulación aproximada de las condiciones de una arteria sana y atrofiada.



Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en las estudiantes del grado décimo del colegio Madre Elisa Roncallo 66

Fotografías 5: Proceso de ensamble del prototipo experimental para la simulación aproximada de las condiciones de una arteria sana y atrofiada.



Fotografía 6: Prototipo experimental para la simulación aproximada de las condiciones de una arteria sana y atrofiada terminado (vista completa).



Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en las estudiantes del grado décimo del colegio Madre Elisa Roncallo 67

Fotografía 7: Prototipo experimental para la simulación aproximada de las condiciones de una arteria sana y atrofiada terminado (vista de sección).



Fotografía 8: Momento de estructuración de la información. Estudiantes del grado décimo Colegio Madre Elisa Roncallo.



Estrategias para favorecer el aprendizaje significativo de la dinámica de fluidos en las estudiantes del grado décimo del colegio Madre Elisa Roncallo 68

Fotografía 9: Momento de estructuración de la información. Estudiantes del grado décimo Colegio Madre Elisa Roncallo.

