



LOS MÚLTIPLES MODOS SEMIÓTICOS QUE EMPLEAN LOS ESTUDIANTES
DURANTE EL APRENDIZAJE DEL PRINCIPIO DE PASCAL

LUIS CARLOS ARIAS FONSECA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
MANIZALES

2021

LOS MÚLTIPLES MODOS SEMIÓTICOS QUE EMPLEAN LOS ESTUDIANTES
DURANTE EL APRENDIZAJE DEL PRINCIPIO DE PASCAL

LUIS CARLOS ARIAS FONSECA

DOCENTE TUTOR:

Mg. VALENTINA CADAVID ÁLZATE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

MANIZALES

2021

AGRADECIMIENTOS

A la Mg. Valentina Cadavid Álzate asesora del proyecto de investigación por su dedicación, acompañamiento, cordialidad y paciencia, ya que estos atributos contribuyen en mi vida personal y profesional.

A mi esposa, que siempre me apoyo y creyó en el potencial que generaría mis estudios en la didáctica de la ciencia, y a mi familia que estuvo atenta a cumplir esta meta.

RESUMEN

Esta investigación tuvo como propósito establecer el aporte de los múltiples modos semióticos que emplean los estudiantes en el aprendizaje del tema Principio de Pascal. Lo anterior, se realizó a través de la caracterización de los modos semióticos: lenguaje gestual oral, visual y escrito. Siguiendo un enfoque de investigación cualitativa de corte descriptiva, y a través del análisis semiótico propuesto por Kress y colaboradores se identifica el aporte semiótico de los diferentes lenguajes durante el proceso de aprendizaje. La unidad de trabajo estuvo compuesta inicialmente por 34 estudiantes de grado noveno del Colegio Andino de Tunja, en el departamento de Boyacá. Sin embargo, solo 9 estudiantes completaron la intervención didáctica y el desarrollo completo de las actividades para la recolección de datos. Finalmente, se presenta un estudio de caso en profundidad de dos estudiantes, que representan lo encontrado. Las dos grandes unidades de análisis son: la multimodalidad dentro de la cual se analizan los modos semióticos visual, escrito, gestual y oral, y el principio de Pascal como tema central, el cual nos permite rastrear el aporte de los múltiples lenguajes en la construcción y representación de significados. La unidad didáctica se desarrolló en tres grandes momentos: 1) Pre-test para indagar ideas previas, 2) Actividades experimentales que involucraban el uso de diferentes modos semióticos y 3) Post-test. El análisis de la información nos permitió determinar que la interacción de los modos semióticos gestual-oral, visual y escrito promueven la creación de significados que contribuyen a la comprensión del principio de Pascal.

Palabras clave: Multimodalidad, Principio de Pascal, Semiótica

ABSTRACT

The purpose of this research was to establish the contribution of the multiple semiotic modes that students use in learning the Pascal's Principle topic. This was done through the characterization of semiotic modes: gestural-oral, visual and written language. Following a descriptive qualitative research approach, and through the semiotic analysis proposed by Kress and collaborators, the semiotic contribution of the different languages during the learning process is identified. The work unit was initially composed of 34 ninth-grade students from the Colegio Andino de Tunja, in the department of Boyacá. However, only 9 students completed the didactic intervention and the complete development of the activities for data collection. Finally, an in-depth case study of two students is presented, who represent what was found. The two main units of analysis are: the multimodality within which the visual, written, gestural and oral semiotic modes are analyzed, and Pascal's principle as a central theme, which allows us to trace the contribution of the multiple languages in the construction and representation of meanings. The didactic unit was developed in three main moments: 1) Pre-test to investigate previous ideas, 2) Experimental activities that involved the use of different semiotic modes and 3) Post-test. The analysis of the information allowed us to determine that the interaction of the gestural-oral, visual and written semiotic modes promote the creation of meanings that contribute to the understanding of Pascal's principle.

Keywords: Multimodality, Pascal's Law, social semiotic.

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 11 |
| 2 | ÁREA PROBLEMÁTICA | 14 |
| 3 | JUSTIFICACIÓN..... | 20 |
| 4 | MARCO TEÓRICO | 23 |
| 4.1 | MULTIMODALIDAD | 23 |
| 4.1.1 | Definición de Materialidad, Medio y Modo..... | 24 |
| 4.1.2 | Una Visión del Lenguaje Desde la Multimodalidad | 24 |
| 4.1.3 | Diferentes Enfoques de la Multimodalidad..... | 25 |
| 4.1.4 | Enfoque Multimodal Semiótico Social | 27 |
| 4.1.5 | Enfoque Multimodal en el Aula..... | 28 |
| 4.2 | LOS MÚLTIPLES LENGUAJES POTENCIALIDADES Y LIMITACIONES .. | 30 |
| 4.2.1 | El Dibujo | 30 |
| 4.2.2 | Modo Gestual y Oral | 31 |
| 4.2.3 | Modo Escrito..... | 33 |
| 4.2.4 | Relaciones Intersemióticas..... | 33 |
| 4.2.5 | Tema a Estudiar: Principio de Pascal..... | 34 |
| 5 | OBJETIVOS..... | 37 |
| 5.1 | OBJETIVO GENERAL..... | 37 |
| 5.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 37 |
| 6 | METODOLOGÍA | 38 |
| 6.1 | ENFOQUE METODOLÓGICO..... | 38 |
| 6.2 | DISEÑO..... | 38 |

| | | |
|--------|---|----|
| 6.3 | DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA INVESTIGACIÓN | 38 |
| 6.4 | POBLACIÓN Y CONTEXTO | 39 |
| 6.5 | UNIDAD DE TRABAJO | 40 |
| 6.6 | CONSIDERACIONES ÉTICAS | 40 |
| 6.7 | UNIDAD DE ANÁLISIS | 41 |
| 6.8 | CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS DE LA INVESTIGACIÓN | 41 |
| 6.9 | INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS | 43 |
| 6.9.1 | Cuestionarios de Lápiz y Papel | 43 |
| 6.10 | TRIANGULACIÓN DE LA INFORMACIÓN | 44 |
| 6.10.1 | Análisis de Contenido | 44 |
| 6.10.2 | Estructura del Análisis de Contenido | 45 |
| 6.11 | UNIDAD DIDÁCTICA..... | 46 |
| 6.12 | PLAN DE ANÁLISIS | 48 |
| 6.13 | ESTUDIO DE CASO | 49 |
| 7 | RESULTADOS Y DISCUSIONES | 50 |
| 7.1 | INSTRUMENTO INICIAL – INSTRUMENTO DE LÁPIZ Y PAPEL | 51 |
| 7.1.1 | Laboratorio: Presión Hidrostática | 52 |
| 7.1.2 | Maqueta: Principio de Pascal | 53 |
| 7.2 | ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN ESTUDIANTE E1 | 60 |
| 7.3 | INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DEL ESTUDIANTE E2 | 70 |
| 8 | ANÁLISIS DE RESULTADOS | 80 |
| 8.1 | HALLAZGOS ENCONTRADOS CON RELACIÓN AL MODO SEMIÓTICO GESTUAL-ORAL..... | 80 |

| | | |
|-----|---|----|
| 8.2 | HALLAZGOS ENCONTRADOS CON RELACIÓN AL MODO SEMIÓTICO VISUAL ⁸¹ | |
| 8.3 | HALLAZGOS ENCONTRADOS CON RELACIÓN AL MODO SEMIÓTICO ESCRITO | 82 |
| 9 | CONCLUSIONES | 84 |
| 10 | RECOMENDACIONES | 86 |
| 11 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 87 |
| 12 | ANEXOS..... | 93 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Categorías y subcategorías de la investigación | 41 |
| Tabla 2. Momentos de la unidad didáctica | 46 |
| Tabla 3. Organización y codificación de la información analizar | 54 |
| Tabla 4. Ideas iniciales de los estudiantes E1 y E2 | 54 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Marco teórico | 23 |
| Figura 2. Ilustración de las aplicaciones del Principio de Pascal, elevador hidráulico | 34 |
| Figura 3. Ilustración de las aplicaciones del Principio de Pascal, elevador hidráulico | 39 |
| Figura 4. Análisis modo gestual oral de E1 | 61 |
| Figura 5. <i>Análisis modo visual de E1</i> | 64 |
| Figura 6. <i>Análisis modo escrito de E1</i> | 65 |
| Figura 7. Análisis de las actividades: laboratorio y maqueta de E1 | 68 |
| Figura 8. Análisis modo gestual oral de E2..... | 71 |
| Figura 9. Análisis modo visual de E2..... | 73 |
| Figura 10. Análisis modo escrito de E2..... | 74 |
| Figura 11. Análisis de las actividades: laboratorio y maqueta de E2 | 76 |

1 INTRODUCCIÓN

La presente investigación tuvo como propósito principal establecer el aporte de los múltiples modos semióticos que emplean los estudiantes durante el aprendizaje del principio de Pascal. Mediante la caracterización y análisis de los lenguajes que utilizan los estudiantes de grado noveno (de la institución educativa tal) en el aprendizaje de un principio físico, mientras desarrollan diferentes actividades de aulas, las cuales promovían el uso de diferentes modos semióticos; lenguaje oral-gestual, visual y escrito. Es importante mencionar que, durante esta investigación entendemos el aprendizaje como el uso intencionado y consciente de distintos modos semióticos, empleados para representar y construir significados.

El interés por investigar la multimodalidad en el aula, surge de un análisis de los escenarios de clase, donde se percibió la predominancia del lenguaje oral y escrito en los procesos tanto de enseñanza como de aprendizaje. Lo anterior desplaza el reconocimiento de la existencia de otros modos semióticos, los cuales no acercan a los procesos de comprensión de los estudiantes. Por ende, se hace necesario estudiar el modo gestual-oral, visual y escrito, fundamentales para la creación y representación de significados. A través de un enfoque de investigación cualitativo de corte de descriptivo y siguiendo un análisis semiótico, se analizaron los diferentes modos semióticos que emplearon los estudiantes durante el desarrollo de las diferentes actividades de aprendizaje incorporadas en la unidad didáctica. La unidad didáctica de esta investigación se desarrolló en tres grandes momentos, en el momento uno se aplicó el pre-test para indagar las ideas iniciales de los estudiantes, en el momento dos se implementó la unidad didáctica, la cual integraba dos actividades experimentales y en el momento tres se aplica el post-test, con el propósito de rastrear las ideas finales de los estudiantes.

El análisis de los modos semióticos se hizo de manera particular identificando, por ejemplo, en el caso del lenguaje gestual-oral los gestos deícticos, icónicos y metafóricos (McNeill, 1992) que emplearon los estudiantes durante las diferentes actividades de la unidad didáctica, se identifica el gesto empleado y el significado asociado a tal gesto

teniendo en cuenta la actividad propuesta. A través de un análisis de contenido inductivo (Köse, 2008) se analizó el contenido conceptual de las representaciones pictóricas que construyeron los estudiantes, este análisis permitió conocer las ideas de los estudiantes sobre el fenómeno estudiado y el uso de lenguaje científico propio de la temática y la coherencia entre el dibujo representado y las ideas expuestas. Por último, el análisis de contenido del lenguaje escrito, también permitió evaluar las oraciones o declaraciones escritas de los estudiantes, con el fin de evaluar la elaboración de textos lógicos y coherentes a la luz de la temática tratada. Por ejemplo, se analizaba el uso de conceptos científicos propios del campo de la física y las ideas de los estudiantes sobre presión, área y fuerza, conceptos fundamentales para comprender el principio de pascal.

Resumiendo lo antes planteado, y a la luz de los hallazgos, resaltamos el aporte de los múltiples modos semióticos en los procesos de aprendizaje de los estudiantes. Por ejemplo, los gestos deícticos les permitieron a los estudiantes señalar y resaltar aspectos de la maqueta donde se podía apreciar el principio de pascal, en términos del efecto de la presión, el área y el papel que cumple un líquido. Los gestos metafóricos, evidencia la representación de conceptos abstractos que aún el estudiante no expresa de manera explícita en el discurso oral. El análisis de las representaciones pictóricas, destaca la importancia de la complementariedad entre el lenguaje visual y el lenguaje escrito, a través de este último el estudiante amplió y explicó los componentes de su representación. Es por ello que los dibujos de los estudiantes deben estar acompañados de una explicación que permita ampliar el significado a través de diferentes modos semióticos. En síntesis, el análisis de estos modos semióticos gestual oral, visual y escrito, nos permitió rastrear la construcción de conceptos científicos entorno al principio de Pascal, destacando y especificando el aporte de los múltiples lenguajes en la construcción y representación de significados.

Este trabajo investigativo está compuesto por doce capítulos distribuidos de la siguiente manera: capítulo dos presenta área problemática que contiene los antecedentes, planteamiento del problema y las preguntas de investigación, el capítulo tres contiene la justificación, el capítulo cuatro presenta el referente teórico, desarrollando concepto de multimodalidad, los múltiples lenguajes (modos gestual oral, visual y escrito), el capítulo

cinco muestra los objetivos general y específicos, el capítulo seis la metodología, el capítulo siete presenta resultados y discusiones de la unidad didáctica, el capítulo ocho contiene análisis de resultados, el capítulo nueve muestra las conclusiones, el capítulo diez presenta las recomendaciones, el capítulo once contiene las referencia bibliográficas y el capítulo doce los anexos del trabajo investigativo.

2 ÁREA PROBLEMÁTICA

Con el propósito de contextualizar al lector al problema de investigación, presentaremos primero, el rastreo y revisión de los antecedentes de investigación, mostrando aquellas pesquisas que se han interesado por estudiar el papel que cumplen los múltiples modos semióticos en el aula de ciencias, tanto en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Es importante mencionar que, nos interesa conocer, cómo se han estudiado estos múltiples lenguajes o modos semióticos en el aula de ciencias y el aporte de estos modos en la construcción y representación de significados por parte del docente y del estudiante. Se presentan algunos estudios sobre multimodalidad en el aula de física. Finalmente, se argumentará a favor del estudio de la multimodalidad en el aula de física, a la luz de las problemáticas que se presentan, derivada del análisis y reflexión de la propia práctica docente.

García, (2018) en su trabajo “Aportación de los modos semióticos en el aprendizaje del concepto fases de la luna: una mirada multimodal”, incluyó un enfoque multimodal en los procesos de aprendizaje del estudiante mediante el concepto fases de la luna, para contrarrestar los modelos de enseñanza tradicionales, el cual, el modo oral resalta por su importancia. Los objetivos que se plantearon fueron identificar los modos semióticos que utilizan los alumnos dentro de espacios de aprendizaje para explicar el concepto de las fases de la luna y, además, la importancia que cumplen los modos escrito, gestual y gráfico en sus explicaciones. Se realizó un trabajo colectivo con cinco alumnos de grado octavo, el tipo de investigación fue de estudio de casos múltiples, con un corte descriptivo-compresivo. El análisis de cada modo se siguió de la siguiente manera: para el escrito un análisis de contenido, para el gestual se usó el software informático ELAN, y para el modo gráfico fue necesario la elaboración de indicadores y criterios. Los resultados de esta investigación arrojaron que tiene más trascendencia cuando se orquestan los modos semióticos que cuando se trabajan por separado, además, es importante que el maestro incluya la multimodalidad en el aula, ya que permitirá que el estudiante requiera la necesidad de comunicar, enseñar y aprender del contexto al que pertenece. Las

recomendaciones generales que deja la investigación es tener mayor control teórico de los modos que no parte del objeto de estudio, pero que si arrojan respuestas significativas.

Siguiendo esta línea de investigación de los múltiples modos semióticos en los procesos de aprendizaje, Gómez (2008), en su estudio “Construcción de explicaciones multimodales ¿Qué aportan los diversos registros semióticos?”, tuvo como fin analizar los aportes de los modos semióticos (oral, gráfico y maqueta) a la construcción del modelo teórico sobre los órganos de los sentidos y sistema nervioso. La investigación se desenvuelve en una metodología cualitativa, bajo el método análisis del discurso, teniendo en cuenta conversación y la actividad para identificar la forma en que se colabora, representa y construye las explicaciones multimodales. Para la recolección de información fue necesario hacer dos secuencias didácticas y los instrumentos de recolección de datos fueron video-grabación y audio-grabación, además, fue necesario fotografiar las maquetas y fotocopiar los dibujos de los cuadernos de los estudiantes. Se obtuvieron dos resultados representativos, el primero haciendo referencia al análisis de las unidades introductorias con la finalidad de saber cómo se comporta cada recurso semiótico y el segundo tuvo como fin demostrar la importancia de la interacción del maestro-alumno en la construcción de explicaciones multimodales.

Por su parte, el trabajo realizado por Márquez, Izquierdo y Espinet (2003), “Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua” tuvo como fin, investigar los modos semióticos que se emplean dentro del aula de clase, mediante la implementación de textos, aplicaciones de diseño gráfico, programación entre otros. Aclaran, que uno de sus principales fines es abrir el espacio al debate de la multimodalidad en el aula de clase, centrándose en las acciones discursivas del maestro, para la construcción del concepto del ciclo del agua. El desarrollo metodológico se llevó en cinco pasos: muestra; momentos de descripción que tuvo la docente en la enseñanza de la temática; la transcripción y definición de las unidades de análisis (gesto, lenguaje visual y texto escrito); categorización y análisis de los datos. Su máximo aporte, radica en la recolección, organización y análisis de resultados, ya que se describe los verbos utilizados por la explicación del docente, las interacciones con el espacio dentro del aula, el uso del

lenguaje en la pizarra y en su comunicación con sus alumnos, ya sea corporal, visual o escrito. Como conclusión destacan la importancia del docente en la construcción de conceptos a través del uso de múltiples modos, además, resaltan la interacción especializada entre modos, ello permite comunicar varios significados con pocas palabras y especifica la información haciéndola más precisa.

Así mismo, el trabajo de Fagúndez y Castellás (2009), “Las explicaciones de física en clases de nivel universitario. Un estudio semiótico comunicativo de la construcción de significados”, tuvo como fin, indagar la actuación de dos profesoras a partir de la caracterización de explicaciones de temáticas de física a nivel universitario. Se tiene en cuenta que estas transformaciones que utilizan las docentes, se logran no solo a partir de actos de comunicación del habla y la escritura, sino también de gestos, ecuaciones matemáticas, gráficos, imágenes, tablas, entre otras, que contribuyen a que se logre construcción de significados. Por lo tanto, en esta investigación se hace necesario el estudio de modos semióticos en el aula. La metodología de la investigación fue cualitativa y como estudio específico se optó por estudio de casos, el espacio muestral fueron tres docentes del área de física de la Facultad de Ingeniería de Carabobo, Venezuela, a las cuales se les grabaron sesiones de clase. La fase de estudio tuvo cinco etapas: la formación de marco teórico; la recolección de los datos; la transformación de la información; la elaboración de las categorías y por último diseño de instrumentos y análisis de datos. Se concluye que la actividad semiótica comunicativa es rica dentro de las intervenciones de un docente en el aula, el uso de modos semióticos (oral, escrito, visual y gráfico) se integran entre sí para construir significados y la incorporación de objetos materiales son esenciales en física para atribuirles características de los significados enseñados, por último, la motivación son clave para llamar la atención del alumno y construir significados.

En el trabajo realizado por Gómez , González y Pérez (2017), “¿Qué aportan los dibujos a la comprensión de los significados de las explicaciones en los estudiantes en biología evolutiva?”, tuvo como fin, comprender la manera en que los alumnos construyen modelos de la evolución por selección natural y especiación alopátrica. Su metodología se enmarcó en una perspectiva cualitativa e interpretativa. Se diseñó e implementaron

secuencias didácticas basadas en el marco de la modelización. La muestra representativa fueron 72 estudiantes con un promedio de edades de 15 años de la Escuela de Gestión Pública. Se construyeron ideas sobre el modelo de selección natural con respecto al cambio de color de pelaje de los lobos árticos a través de los años. El análisis de los datos recopilados se realizó a partir de la construcción de categorías por medio del método comparativo constante. Los resultados de la investigación arrojaron que el trabajo con dibujos enmarca procesos de modelización que permite una mejora en las concepciones y los procesos cognitivos.

Por último, la investigación realizada por Cuadros, Araújo, Débora, Ferreira, Moro, Souza, Reis, Fonseca, Cássia y Feury (2012), destaca las prácticas de enseñanza de los maestros en la educación superior, analizando a profundidad la relación que tienen con los modos semióticos tales como la proxemia, la tonalidad de la voz y la velocidad del habla, la amplitud de los gestos y la mirada influyen en la construcción de los significados en las clases de química. La recolección de datos se realizó por medio de grabaciones en video. De las grabaciones realizadas a las profesoras, se tomó un episodio de cada una de ellas para analizar la proxemia. Los fragmentos de grabación fueron analizados con el software TRANSANA y el análisis se centró en los modos semióticos usados para comunicar el contenido. Los resultados de la investigación muestran que los movimientos de las docentes y sus gestos hacia sus estudiantes enfatizan en el conocimiento que desea enseñar. Con respecto a la velocidad del habla, esta estuvo acompañada los gestos, indicando que el gesto dio ritmo al habla.

En conclusión, la revisión de los anteriores antecedentes de investigación muestra que, la orquestación de varios modos semióticos dentro del aula de clase ocasionadas por la interacción entre docentes y estudiantes es esencial para provocar procesos cognitivos que conlleven a la construcción de nuevos significados.

En las observaciones de las clases de física desde la experiencia docente, se puede apreciar que los estudiantes utilizan diferentes modos semióticos (orales, escritos, visuales y gestuales) para la representación conceptual de las temáticas que se proponen en la

institución. Sin embargo, las prácticas de enseñanza suelen restringirse al uso de los modos oral y escrito, ocasionado en el alumno pocas opciones o alternativas para representar sus ideas. Varios autores concuerdan en que la utilización de varios modos semióticos incide de manera positiva tanto en el proceso de enseñanza como en el proceso de aprendizaje, ya que se permite y promueve la orquestación global de significados (Roth y Lawless, 2002; Jewitt, 2009; Kress, 2010; Manghi, 2009). Las investigaciones que se han realizado de multimodalidad, su principal actor es el docente, destacando los diferentes recursos que utiliza este para llevar a cabo el proceso de enseñanza, no obstante, son pocas las investigaciones que se enfocan en el proceso multimodal que realizan los estudiantes en el aula, y como la aplicación de esta puede afectar su proceso de aprendizaje (García, 2018; Gómez, 2008; Fagúndez y Castellás 2009; Gómez, González y Pérez, 2017, Tamayo, Cadavid y Dávila, 2018).

Es de anotar, que como docentes, dedicamos tiempo en pensar en cómo desarrollar actividades o escenarios de aula para que el alumno comprenda con mayor facilidad los conocimientos esperados en un plan de aula, y dejamos a un lado los recursos o experiencias que emplea el alumno para adquirirlas, ya que solo tomamos como referencia el lenguaje escrito y oral para tomar la decisión si un alumno ha desarrollado un aprendizaje acorde al exigido por el docente, descartando en su práctica otros tipos de modos semióticos, que son clave para la formación de conceptos científicos (Tamayo, Vasco, Quinceno, García y Galindo, 2010), además, se hace necesario diseñar, aplicar y analizar situaciones (experiencias) a través de las cuales, los estudiantes se tengan que relacionar con su contexto, es decir, los objetos, circunstancias o escenarios que utiliza para expresar sus conocimientos.

El proceso de aprendizaje se ve justificado con métodos tradicionales, en el que a menudo el estudiante debe repetir lo que dicen los textos guía o la lección que el docente imparte (Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis, 2001). Cabe agregar que, estos métodos tradicionales no permiten identificar como el contexto de los estudiantes da paso a la creación de significados, es decir, no da paso a un enfoque semiótico social (Jewitt, 2009). Por ello, es importante dejar a un lado enfoques tradicionalistas que se valen del solo uso de

lenguaje oral y escrito, y replantearse nuevas estrategias que brinden la construcción de significados y realidades en el aula de ciencias, demarcando con mayor facilidad otros lenguajes que usan los alumnos a la hora de aprender un concepto.

Si se investiga, los diferentes modos semióticos que utilizan los estudiantes para expresar los conceptos científicos, se podrán probar sus capacidades de buscar, interpretar y formular nuevos significados, además se podrá conocer las reacciones que tiene al comunicar sus conocimientos y estimular el proceso de aprendizaje del alumno, también se abrirá el espacio para reflexionar sobre el acto didáctico y hacer una comparación con las actividades regulares que usan los maestros a la hora de enseñar conceptos en ciencia.

Se espera fortalecer en el aula de clase el uso de los diferentes modos semióticos por parte de los estudiantes y crear una unidad didáctica en la cual se enfatice el proceso de crear ambientes multimodales en los diferentes escenarios que se prestan para la enseñanza de la ciencia, en este caso la asignatura de física, que promueve la indagación, la abstracción, organización, análisis y planteamiento de soluciones de problemas de nuestro contexto. Por tal motivo surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el aporte de los múltiples modos semióticos que emplean los estudiantes durante el aprendizaje del Principio de Pascal?

Con base en la anterior pregunta surgen las siguientes preguntas complementarias:

- ¿Cuáles son los modos semióticos que emplean los estudiantes de grado noveno en el aprendizaje del Principio de Pascal?
- ¿Qué aportes generan el uso de modos semióticos que emplean los estudiantes de grado noveno en el aprendizaje del Principio de Pascal?

3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se centra en analizar los diferentes modos semióticos empleados por los estudiantes durante el aprendizaje del Principio de Pascal en el grado noveno del Colegio Andino de Tunja, con el fin de caracterizar e interpretar los diferentes modos semióticos que utilizan a la hora de recibir, interpretar y enfrentarse a un conocimiento científico para utilizarlo en la solución de problemas de su contexto.

Conocer los lenguajes con los que los estudiantes construyen el conocimiento científico, da pasos claves para entender y reconocer los modos semióticos con los que logran un aprendizaje significativo, y esto a su vez, se materialice mediante la constante comunicación que se tiene con el alumno. Se busca romper estereotipos comunes en la enseñanza de la física, mediante solo el uso del lenguaje oral y escrito, ya que, muestran equívocamente esta rama de la ciencia como un mar de fórmulas y teorías que son ajenas a nuestra realidad (Tamayo, Cadavid y Dávila, 2018). Por ende, manejar en el aula un lenguaje multimodal, permite darle más oportunidades al estudiante para que se apropie de los conceptos científicos y refleje su aprendizaje, en este caso, con el Principio de Pascal. Este enfoque abre el campo de investigación, para identificar cómo el estudiante está representado y comunicando sus significados en el aula (Kress, 2010).

Es importante comprender, que el uso de diferentes lenguajes en el aula no debe entenderse como un proceso improvisado, ya que se debe ir más allá, en el sentido, que es significativo conocer el contexto en el que se desenvuelve el alumno, por medio de un escaneo o “mapeo”, que da cuenta al reconocimiento de los “recursos disponibles” como lo menciona Jewitt (2009), podemos asimilar con mayor facilidad los gestos, movimientos y opiniones con los que llega el alumno al aula y que son pieza fundamental para generar un discurso científico en ellos (Bourne y Jewitt, 2003). Clarificando estos lenguajes se desarrollan mejores estrategias para el oficio docente dentro del aula, por lo que, se conoce las realidades con las que interactúa el alumno.

El principio de Pascal como uno de los contenidos temáticos básicos en la enseñanza de la física (MEN, 2006), sirve como señuelo para conocer y distinguir los diversos lenguajes con los que un docente se enfrenta en el aula, dado que, esta temática tiene el potencial de abrirse a entornos semióticos, donde permite que el alumno interactúe con el concepto científico en campos aplicativos muy comunes y asequibles a su contexto. Además, tiene la oportunidad de no solo manejar un lenguaje escrito y oral, sino uno gestual y visual, ampliando el campo investigativo como se había mencionado anteriormente.

Llevar la multimodalidad al aula tiene como beneficios una vía sustentable de comunicación, mediación y regulación del pensamiento humano, investigar procesos de enseñanza aprendizaje, construcción de conceptos científicos y análisis de los nuevos estereotipos de lenguaje que se manejan en el aula (Tamayo, et al, 2010; Gómez y Sanmartín, 2003).

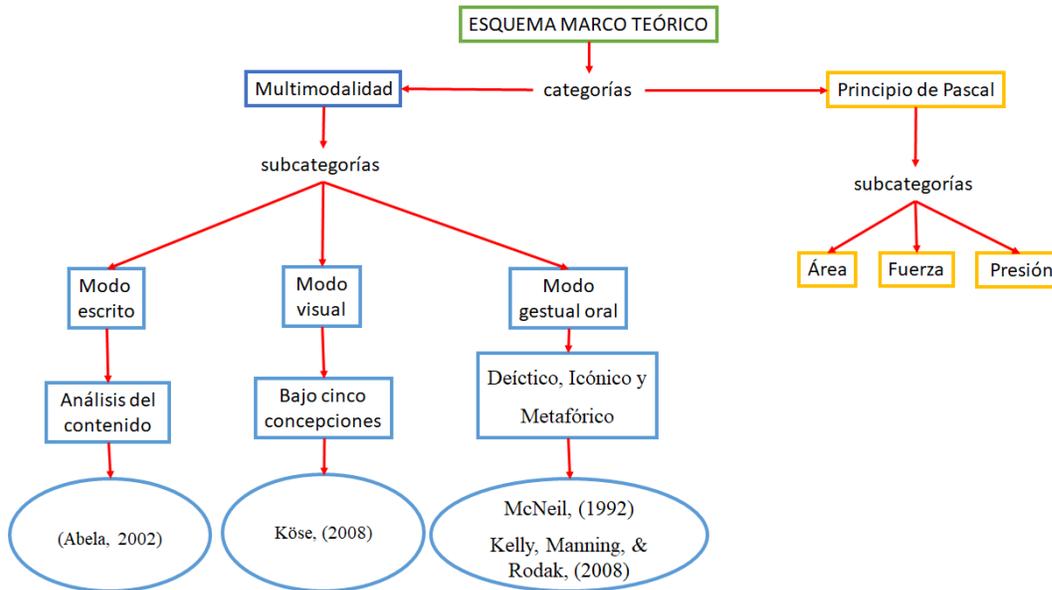
El enfoque multimodal permite establecer las potencialidades y limitaciones de los diferentes modos semióticos, asimismo la interacción entre estos ofrece un panorama respecto cómo los estudiantes los usan para representar y construir sus propios conocimientos, ofreciendo a la “educación nuevamente un abanico de posibilidades para abordar el aprendizaje” (Manghi, 2012). Además, será una guía para implementar otras temáticas en el campo de la física para ser analizadas desde una perspectiva multimodal en el aula de clase. La investigación permite recolectar información trascendental para analizar los modos semióticos que utilizan los estudiantes para la construcción de significados, puesto que, la unidad didáctica esta adecuada al contexto del estudiante provocando información coherente y confiable.

Por lo tanto, aplicar este tipo de investigación, lleva al docente a enfrentarse a nuevos retos que le prepara su entorno educativo, que le permite conocer cómo se manifiesta el proceso de construcción de conceptos (contexto social), los diferentes lenguajes con los que se logra un aprendizaje, y la creación de estrategias de mejoramiento para la enseñanza de las ciencias, en este caso, con el Principio de Pascal en el área de

física. Además, la falta de material bibliográfico en investigación de modos semióticos relacionados en la comprensión de conceptos científicos que usan los estudiantes, permite que nuevas investigaciones tomen como referencias los análisis encontrados en este trabajo

4 MARCO TEÓRICO

Figura 1. Marco teórico



El siguiente apartado desarrolla el marco teórico que sustenta la investigación, la figura 1 muestra cómo se presenta la categoría central y las subcategorías que hacen parte de la investigación, y a su vez, referencia a los autores que la soportan. Teniendo en cuenta lo antes planteado, se expondrán temáticas como: multimodalidad, modo, modo escrito, el dibujo, el gesto y modo oral.

4.1 MULTIMODALIDAD

El enfoque multimodalidad ha compaginado fácilmente con la sociedad actual donde las personas tienen mayor facilidad al acceso a la información y al conocimiento, y los avances tecnológicos han desplegado herramientas innovadoras para la comunicación. Estos cambios sociales no son ajenos al proceso de aprendizaje, ya que conllevan analizar la interacción de modos no verbales que ya se encontraban en el aula, pero no se le prestaban la debida atención. Según Jewitt (2009):

El punto de partida para la multimodalidad es ampliar la interpretación social del lenguaje y sus significados a todos los rangos de modos figurativos y de comunicación o recursos semióticos para dar significado y emplearlos a una cultura, como la imagen, la escritura, el gesto, la mirada, el habla y postura (p.1).

Desde esta perspectiva el enfoque multimodal ayuda a conocer nuevas perspectivas de como el estudiante tiene y adquiere significados mediante la implementación e interacción de diferentes modos y recursos semióticos, sin desconocer su posición social, cultura e historia. Hay que dar claridad que el lenguaje no es la principal interacción de la multimodalidad, permitiendo al enfoque multimodal tomar todos los actos de comunicación con el fin de garantizar procesos de aprendizajes favorables (Jewitt, 2009).

4.1.1 Definición de Materialidad, Medio y Modo

El trabajo elaborado por Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis (2001), nos expone los temas centrales del modo, analizado desde un enfoque multimodal semiótico social y abordando desde el proceso de la materialidad y el impacto del medio.

Materialidad: Característica que representan cada medio, manteniendo latente las potencialidades y limitaciones que este pueda contribuir a este.

Medio: Son los recursos creados por la interacción cultural en un tiempo determinado que permiten dar funcionalidad al modo, estos pueden ser de índole material o natural (color, computadora, aparato fonador, etcétera)

Modo: Es un recurso de forma social y cultural para dar sentido, es decir, creador de significados teniendo en cuenta la cultura y la interacción social diaria. Esta clase de significados se configuran y se trabajan según las necesidades e intereses de cada sociedad (imagen escritura, diseño, música, gestos, imagen en movimiento, etcétera).

4.1.2 Una Visión del Lenguaje Desde la Multimodalidad

Kress y sus colaboradores nos plantean imaginarnos un aula estando fuera del ella y observar esta desde la parte superior, admirando como los diferentes agentes (maestro y alumnos) crean ambientes de armonía y fluidez comunicativa como si fueran ondas tridimensionales de diferentes colores, es decir, cada vez que el docente o los estudiantes utilizan un modo semiótico y cada modo representa un color, podemos imaginarnos un paisaje multicolor donde al comunicar un conocimiento este se trasmite en todas las direcciones posibles afectando de manera significativa la perspectiva de todos sus integrantes (Kress, Ogborn, y Martins, 1998). Desde esta perspectiva destacamos como los diferentes recursos que se presentan en el aula pueden ayudarnos a construir conocimiento para un mejor aprendizaje y que el lenguaje oral y escrito no son los únicos medios de comunicación.

El lenguaje se ha tratado como el medio comunicativo principal, donde el habla y la escritura predominan como modos unidos (representan el “idioma”) y tienen el potencial para representar y comunicar diversos elementos del modo (Kress et al.,1998). Por ejemplo, el habla se usa para narrar, el cual tiene la posibilidad de interrelacionar varios modos; la imagen se usa para mostrar estructuras complejas; el gesto se usa para dinamizar, representar y comunicar movimiento (Kress et al.,1998). Por ende, no podemos subestimar que estos modos sean una herramienta fundamental para entender el conocimiento desde diferentes perspectivas, ya que cada uno de ellos tiene potenciales y limitaciones según el contexto donde operen. Como mencionamos anteriormente, el lenguaje (oral y escrito) hace parte de una de las interacciones de la multimodalidad y no como el principal medio de comunicación, lo que aclara que no se pueden tratar los modos como “auxiliares” secundarios del lenguaje (Kress et al.,1998, p.74).

4.1.3 Diferentes Enfoques de la Multimodalidad

El conjunto de conexiones teóricas y metodológicas tienen perspectivas e intereses en común: el análisis detallado, la necesidad de comprender los detalles de los textos y sus interacciones, el enfoque de la creación de significado como social y semióticos, el interés de analizar el lenguaje dentro de un conjunto multimodal y la demanda de ampliar las

concepciones de la comunicación más allá del lenguaje. Pero es imprescindible denotar las diferencias entre varios enfoques que apuntan a la multimodalidad: análisis multimodal semiótico social, análisis del discurso multimodal y análisis de la interacción multimodal (Jewitt, 2009). Para Jewitt, estas perspectivas nos mostraran sus aportes en un proceso evolutivo hacia la multimodalidad:

Dentro del enfoque de multimodalidad desde una perspectiva de la semiótica social, se reconocen autores como Halliday, Kress y Van Leeuwen y Jewitt. Halliday abogó por la necesidad de situar socialmente al lenguaje y entender los textos como signos complejos, y en segunda medida, Kress y Van Leeuwen ofrecieron un marco para describir los recursos semióticos de las imágenes y analizar cómo se puede configurar para crear un significado interpersonal. Es claro, que estos autores abrieron la posibilidad de analizar un enfoque social de la multimodalidad, pero para Jewitt, el trabajo de Kress busca un enfoque en la elección de recursos elegidas por las personas en lugar de enfatizar el sistema de recursos disponibles como lo discute Van Leeuwen. Sin embargo, para que se efectuó un análisis multimodal semiótico social, es necesario el mapeo de como las personas eligen los recursos modales en un contexto social, ya que este enfoque, les da forma a los recursos disponibles para la creación de significados (teniendo en cuenta su selección y diseño), además, analizar toda la panorámica del contexto social nos permite identificar porque el creador desea comunicar ese significado.

Análisis del discurso multimodalidad: Para este tipo de análisis, hay que prever que los discursos son conocimientos construidos socialmente de aspectos de la realidad, desarrollados en contextos socialmente definidos para los intereses de los actores que participan en ella. Por tal motivo, para Jewitt (2009), este enfoque desea “desarrollar un marco teórico para describir los sistemas basados en Metafunciones para cada recurso semiótico” (p.32). Por lo anterior, entender y describir estos recursos semióticos, ayudarán a entender cómo y con qué fin los actores usan estos recursos en contextos ya definidos.

Análisis de la interacción multimodal: Para el entendimiento de este enfoque, Jewitt resalta el trabajo elaborado por Norris (2011), en el que manifiesta que la “interacción

multimodal se refiere a cualquier acción que realiza un actor social en la que el actor comunica un mensaje” (p.79). La atención se centra en como el actor incorpora los diferentes modos semióticos y los agrega para una interacción social, por tal motivo, el objetivo de los investigadores de interacción multimodal es comprender y describir lo que sucede en tal interacción, ya que algunas de las acciones que realiza el actor social son de manera involuntaria. Sin embargo, eso no quiere decir que las acciones sociales que se comunican de manera involuntaria sean menos importantes de aquellas que se hacen de manera intencional (Norris, 2011).

Por consiguiente, de las anteriores perspectivas que presenta Jewitt, tenemos claro que no basta con describir los recursos semióticos a partir de sistemas ya planteados y puestos en marcha, ni tampoco centrarse en la interacción de información de los individuos, puesto que esto resta importancia al sistema modal. En cambio, analizar la multimodalidad desde una perspectiva social, va más allá de lo que quiere comunicar un creador, ya que su objetivo principal es mapear bajo que parámetros y circunstancias las personas utilizan los recursos modales para crear significados.

4.1.4 Enfoque Multimodal Semiótico Social

El trabajo multimodal que se enfoca en la semiótica social que está interesada en el significado en todas sus formas, es decir, convirtiendo lo social en la fuente, origen y generador de significado, el cual surge en los entornos e interacciones sociales. El eje que rige este enfoque semiótico social es el signo, el cual se encuentra en cada uno de los modos y su origen “radica en las interacciones sociales” de los individuos (Kress, 2010, p54). El enfoque semiótico social se interesa por las condiciones, el cuándo, el dónde, el porqué, los efectos, los participantes, los entornos, los recursos, los intereses, las limitaciones y las potencialidades del significado, además tiene presente que las representaciones del significado pueden variar bajo circunstancias culturales. Por ejemplo, un enfoque lingüístico no tendría la capacidad de cubrir todas estas expectativas del significado, ya que este se limita a la descripción de las formas lingüísticas y sus relaciones (Kress, 2010).

El signo como se mencionó anteriormente, es el punto central de la semiótica. Los signos son entendidos como unidad de significado (Kress, 2010). La relación entre el signo y el mundo debe ser crucial, ya que permite abrir un camino que conduce a la comprensión de los fenómenos u objetos a ser representados, los cuales fueron considerados con criterio por el creador de signo al momento de la presentación, es decir, que el fabricante de signos debe tener en cuenta la relación con el mismo, desde la representación e intereses y la relación con la comunidad en términos de comunicación y necesidad, por tal motivo, el creador o fabricante intenta encontrar el material significativo adecuado que se adapte a las circunstancias históricas y culturales conclusión, la creación de signos para la construcción y representación de significados la podemos conocer gracias a esa perspectivas, criterios e interés del creador con respecto al mundo y lo que lo llevo a representarlo.

4.1.5 Enfoque Multimodal en el Aula

El aula de ciencias en la mayoría de sus entornos, proporciona grandes desafíos cuando el propósito se centra en el aprendizaje de las ciencias, pero cuando se sigue un enfoque multimodal, hay que demostrar tres grandes desafíos: (i) el aprendizaje de las ciencias son logros puramente lingüísticos, prestando atención a una variedad de recursos semióticos, (ii) la educación científica no necesita retórica y (iii) el aprendizaje debe verse como un proceso dinámico de creación de signos transformadores que involucran activamente tanto al maestro como al estudiante (Kress, Jewitt, Ogborn, y Tsatsarelis, 2001).

Las investigaciones que se realizan en el aula que se centran en el lenguaje, tienden a describir el discurso del docente y el discurso del estudiante frente a la absorción de un mensaje, en pocas palabras, un enfoque tradicional de tipo “monomodal” donde el habla y la escritura pertenecen al mismo modo (Kress, et al., 2001, p3). Es de importancia aclara, que dentro del aula no solo se desenvuelven los modos oral y escrito, y que estos no son capaces de describir los diferentes significados que se producen de las interacciones del maestro - alumno.

Estamos expuestos como sociedad a una gran variedad de medios de comunicación que “están formados y organizados por una cultura en una gama de sistemas y modos de creación de significado”, es decir, para dar respuestas a las necesidades comunicativas de la sociedad (Kress, et al., 2001, p.14). Por ende, el habla, la escritura, las imágenes, los gestos y otros modos, se han desarrollado bajo un enfoque social con la representación de varios modos semióticos en un tiempo determinado. El significado es la creación de signo o signos (representación parcial del objeto representado) y el significado se logra mediante la orquestación o interacción de los modos, por ende, cada uno de estos modos asume una tarea específica en términos generales de acuerdo a sus posibilidades o limitaciones que el contexto asuma. Por tanto, se entiende que el proceso de aprendizaje se da en el aula cuando el maestro y el alumno orquestan los diferentes modos disponibles y que son aceptados socialmente, y a partir de los recursos de los modos se crea significado provocando hechos palpables de semiosis (Kress, et al., 2001)

El papel del docente dentro del aula, no siempre ha tomado un rol principal para la creación de significados en la educación científica, ya que ha manejado la premisa de que es el medio y no los maestros, los que convencen a los estudiantes de las teorías científicas, ya que son los hechos palpables y visibles son los que garantizan el conocimiento, es decir, donde el estudiante percibe la ciencia como la base de una creencia. Por tanto, los sistemas semióticos hay que tenerlos presentes como inestables y que están en constante transformación a través de los actores sociales, entendiéndolos de esta manera, podemos moderar las concepciones del mundo de los estudiantes, permitiendo a los maestros actuar de manera plausible, coherente e integral a través de la orquestación de los diferentes modos semióticos.

Para la semiótica social el aprendizaje debe verse como un proceso dinámico donde el maestro y el alumno estén involucrados en la creación de signos transformadores. Es apropiado mencionar que los modos juegan un papel importante en el aprendizaje en el aula, ya que requieren de un “trabajo cognitivo” y proporcionan “diferentes visiones del mundo” (Kress, et al., 2001, p.33). Por tal motivo, para entender ese proceso de aprendizaje es necesario entenderlo como un proceso de transformación.

De lo anterior se destaca, primero, el discurso del docente debe ser de carácter semiótico seleccionando adecuadamente según su contexto e intereses (estructuras externas para el alumno). Segundo, las respuestas de sus alumnos deben ser analizadas como objetos semióticos, que, a su vez, es la evidencian cómo actuó su pensamiento (en términos de modos, elementos y arreglos), es decir ver al estudiante como un individuo que hace la selección del “mundo en un foco, guiado por sus intereses” sin desmeritar sus “estructuras y disipaciones ya existentes” (estructuras internas). Tercero, el producto final es referente a la creación de nuevos signos formado como resultado de las (resistencias) de la estructura externa, y la transformación de la misma a la luz de las demandas de las estructuras internas existentes (Kress, et al., 2001). Es por esto que, al aplicar la multimodalidad con un enfoque de tipo social, traerá grandes ventajas de aprendizaje tanto al maestro como al estudiante.

4.2 LOS MÚLTIPLES LENGUAJES POTENCIALIDADES Y LIMITACIONES

4.2.1 El Dibujo

En el proceso de enseñanza, el dibujo se ha convertido en un modo semiótico muy útil, y darle la importancia como se le da a otros modos dentro del aula beneficia a sus diferentes actores que intervienen en ella. El dibujo como estrategia de aprendizaje ayuda a superar limitaciones con el material presentado, ayuda a organizar el conocimiento, incorpora conocimientos nuevos y existentes, genera nuevas inferencias, programa aprendizajes futuros y fomenta nuevas estrategias constructivas (Ainsworth, Prain, y Tytler, 2011). En el campo científico, es común tener al alcance diferente diagramas, fotografías, imágenes, entre otros que se usan para construir y registrar conocimiento, por tal motivo, es clave que los alumnos desarrollen habilidades de representación.

El dibujo como proceso de aprendizaje: El proceso de comprensión de conceptos científicos se da cuando se razona desde múltiples modos, y el modo visual colabora en este sentido. Cuando enfocamos al estudiante en el dibujo, este: razona desde diferentes perspectivas, alinea su dibujo con la observación, la meditación y las ideas emergentes y la presenta de manera significativa para comunicarse (Ainsworth, et al., 2011).

De lo anterior, es necesario que el docente implemente estrategias en las que el estudiante proponga sus propias representaciones, con el fin de analizar su poder explicativo y saber si los conceptos aprendidos no estén erróneos, ya que el alumno tiende a interpretar las visualizaciones de los demás (Ainsworth, et al., 2011). Para Köse (2008), el dibujo permite como estrategia conocer los obstáculos de aprendizaje de los estudiantes, y ayudarlos a comprender conceptos abstractos y expresar su pensamiento diferente al modo oral o escrito, además, el autor propone cinco niveles de análisis del dibujo: sin dibujo, dibujos no representativos, dibujos con conceptos erróneos, dibujos parciales y representación completa de dibujos. Por tanto, el dibujo proporciona esa ventana en la que se pueden visualizar tanto procesos como los mismos conceptos esenciales para la construcción de significados. En esta investigación se emplearon los 5 niveles propuestos por Köse para el análisis inductivo de contenido de las representaciones visuales que elaborarán los estudiantes.

4.2.2 Modo Gestual y Oral

El gesto se ha convertido en una herramienta activa en la que maestros y alumnos intercambian información y permite un acercamiento a conceptos abstractos, al tal punto, que, si utilizáramos otros modos semióticos para el aprendizaje de las ciencias, el gesto nos garantizaría información única y adicional que no lograrían otros modos (Roth y Lawless, 2002). Simultáneamente el modo oral es clave para el aprendizaje de las ciencias dada su convencionalidad y arbitrariedad (Kelly, Manning, y Rodak, 2008).

Lo anterior, nos proporciona que a pesar que cada modo proporciona información única, la combinación de los dos modos nos revela significado que no se captura completamente en un solo modo, además el estudio del gesto no tendría sentido sin la compañía del discurso (McNeill, 1992). Por ende, la presente investigación desea centrarse en el estudio del gesto y el habla como unidad de significado, ya que permite destacar mejores apreciaciones del proceso de aprendizaje que si se analizarán por separado.

A pesar del gran protagonismo que ha tenido el modo oral, el gesto proporciona ideas exclusivas para el entendimiento del lenguaje y el desarrollo de la cognición, a tal punto, que investigaciones en medicina han podido detectar trastornos del desarrollo en la infancia mediante el estudio del gesto (Kelly, et al., 2008). Conjuntamente, otros estudios muestran la actividad neuronal que tiene ciertas áreas del cerebro cuando se combina el discurso con el movimiento de las manos.

Para efectos de esta investigación y teniendo en cuenta la perspectiva funcionalista de Kendon (2004) el estudio del lenguaje gestual se realiza en combinación con el lenguaje oral, ya que como lo plantean Tamayo, Cadavid y Dávila (2018) el gesto y el lenguaje oral conforman una unidad de significado no debe fragmentarse, el estudio del lenguaje gestual pierde sentido sino se analiza en conjunto con la expresión oral.

Tipos de gesto: Para describir los diferentes tipos de gestos, McNeill (1992), hace una distinción de los movimientos visibles que genera el hablante en gestos y no gesto, donde este último hace referencia al auto tocarse (acariciarse el cabello) y la manipulación de objetos. Además, McNeill (1992), clasifica tres tipos de gestos según su función que cumpla dentro del discurso:

Icónicos: son gestos que tiene una estrecha relación formal con el sentido semántico del discurso, es decir, representa imaginariamente atributos de los objetos, acciones y relaciones especiales. Para analizar un gesto icónico no solo basta analizar el discurso, es necesario examinar el conocimiento de la escena.

Deícticos: son movimiento señaladores que conectan alguna parte del discurso con otra idea, objeto, ubicación o acción. La mano se convierte en el prototipo señalador por medio de un dedo señalador, aunque se puede usar cualquier objeto extensible o parte del cuerpo, como por ejemplo la cabeza, la nariz o el mentón.

Metafóricos: son similares a los gestos icónicos en relación a que representan imágenes, pero estas imágenes hacen referencia a un concepto abstracto. Para la

codificación de estos gestos es necesario entender una estructura dual: la base (acción o entidad a representar) y el referente (el concepto que presenta el gesto metafórico). Por tanto, los gestos metafóricos son más complejos que los icónicos.

Hay dos elementos que relacionan estos cuatro tipos de gestos: primero, que estos gestos tienen “estrecha sincronía temporal con el discurso que lo acompaña” y segundo, es que “el gesto y el habla se combinan para revelar un significado que va más allá de la suma de las dos partes individuales” (Kelly, et al., 2008). Por tanto, la articulación del gesto y el discurso, libera la capacidad cognitiva, lo que permite una construcción más completa de la información y que esta se prolongue por más tiempo en nuestra memoria (Cook, Mitchell, & Goldin, 2008).

4.2.3 Modo Escrito

El modo semiótico escrito es uno de los modos más discutidos por su importancia en la comunicación, pero dado el enfoque multimodal, se convierte en un modo de igual potencial al gestual, visual u oral (Jewitt, 2009). El lenguaje escrito sigue siendo un referente para evaluar y analizar la productividad de los alumnos, hasta tal punto, es un “factor determinante de calidad” de los procesos de enseñanza (Peña, 2008, p.2).

Manteniendo lo ya descrito, el modo escrito es fundamental en los procesos de aula, ya que por lo general acompaña el discurso de los que interactúan en ella, además, “ordenar el pensamiento, pues requiere estructuras sintácticas que posibilitan la comprensión y también evidenciar el conocimiento concreto frente a los conceptos científicos estudiados” (Tamayo, Cadavid, y Dávila, 2018, p.45).

4.2.4 Relaciones Intersemióticas

Las relaciones intersemióticas son el paso siguiente en la construcción de significados que no puede generar por sí solo un modo semiótico, ya que a partir de la combinación entre dos o más “recursos semióticos” suple con mayor facilidad las necesidades comunicativas del contexto (Manghi, 2009, p.34). Es importante combinar y

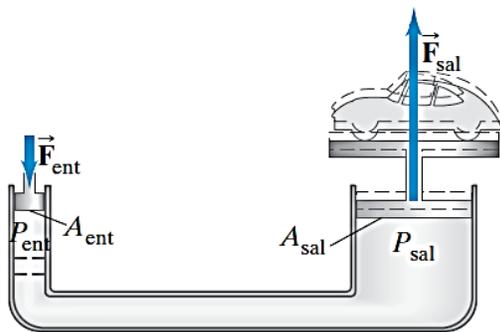
articular de manera lógica los diferentes recursos, ya que, si trabajan de manera ordenada (“co-articulados”), permitirán en el aula la construcción de explicaciones científicas e incluso esos significados que se encuentran aislados, en pro de beneficiar el aprendizaje de los estudiantes (p.34).

Manghi, (2013), insta a conocer de manera detalladas cada uno de los recursos que se vayan a combinar, ya que permitirá la toma decisiones acertadas que faciliten el aprendizaje los estudiantes. En conclusión, las relaciones intersemióticas es la misma orquestación de modos como lo menciona, ya que el fin es la construcción de significados, donde el docente y los estudiantes sean protagonistas y se conciban otros ritmos de aprendizaje (Tamayo, Cadavid, y Dávila, 2018).

4.2.5 Tema a Estudiar: Principio de Pascal

El principio de Pascal o ley de Pascal es uno de los principales temas de la hidrostática (estudio de los fluidos en estado de reposo) Giancoli (2008) menciona que “el principio de Pascal establece que, si se aplica una presión externa a un fluido confinado, la presión en cada punto del fluido se incrementa en la misma cantidad”. Un ejemplo de ello son los elevadores hidráulicos.

Figura 2. Ilustración de las aplicaciones del Principio de Pascal, elevador hidráulico



(Giancoli, 2008).

Definiciones:

Para entender el principio de Pascal, es indispensable tener claridad en los siguientes conceptos:

- **Área:** Espacio de una superficie comprendida entre unos límites dados.
- **Densidad:** “La densidad de una sustancia se define como la masa por unidad de volumen y se representa con la letra griega ρ (rho)” (Delgadillo , 2014). La relación matemática para calcular la fuerza es:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde la m es la masa de las sustancia y V es correspondiente volumen.

- **Fuerza:** “Una fuerza es toda acción que puede variar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo o bien, producir deformación sobre él”. (Bautista y Salazar, 2011). La relación matemática para calcular la fuerza es:

$$F = m * a$$

Donde la m es masa y a es la aceleración del cuerpo.

- **Presión:** La presión es la razón entre la fuerza perpendicular, ejercida sobre la superficie y el área de la misma (Bautista y Salazar, 2011). La relación matemática para calcular la fuerza es:

$$P = \frac{F_{\perp}}{A}$$

Donde la F_{\perp} es la fuerza perpendicular y A es el área de la superficie.

La presión en un punto de un fluido a densidad y temperatura constantes tiene la misma magnitud en todas las direcciones.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer el aporte de los múltiples modos semióticos que emplean los estudiantes en el aprendizaje del tema Principio de Pascal.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los modos semióticos que emplean los estudiantes de grado noveno en el aprendizaje del Principio de Pascal.
- Interpretar el uso de modos semióticos que emplean los estudiantes de grado noveno en el aprendizaje de la física

6 METODOLOGÍA

6.1 ENFOQUE METODOLÓGICO

El enfoque de investigación que se usará para este trabajo es de tipo cualitativo, ya que permite identificar con objetividad, claridad y precisión las observaciones del mundo social, además, nos permite comprender el significado que los individuos o grupos atribuyen a un problema social o humano (Monje, 2011; Creswell, 2014).

El enfoque cualitativo desarrolla un acercamiento interpretativo del mundo social, es decir, adopta un carácter naturalista, permitiendo que la recolección de los datos de los sujetos estudiados sea fiable y procedan de contextos naturales de interacción (Borda, Dabenigno, Freidin y Güelman, 2017). El propósito de la investigación cualitativa es lograr una comprensión perspicaz e integra de los fenómenos que se estudian y que los métodos, técnicas de producción y análisis de datos se hagan desde una sensibilización teórica, es decir, que permita “pensar los conceptos teóricos desde los datos y llevar a cabo un trabajo de integración entre las categorías previas y aquellas que emergen del análisis” (Borda, et al. 2017, p.12).

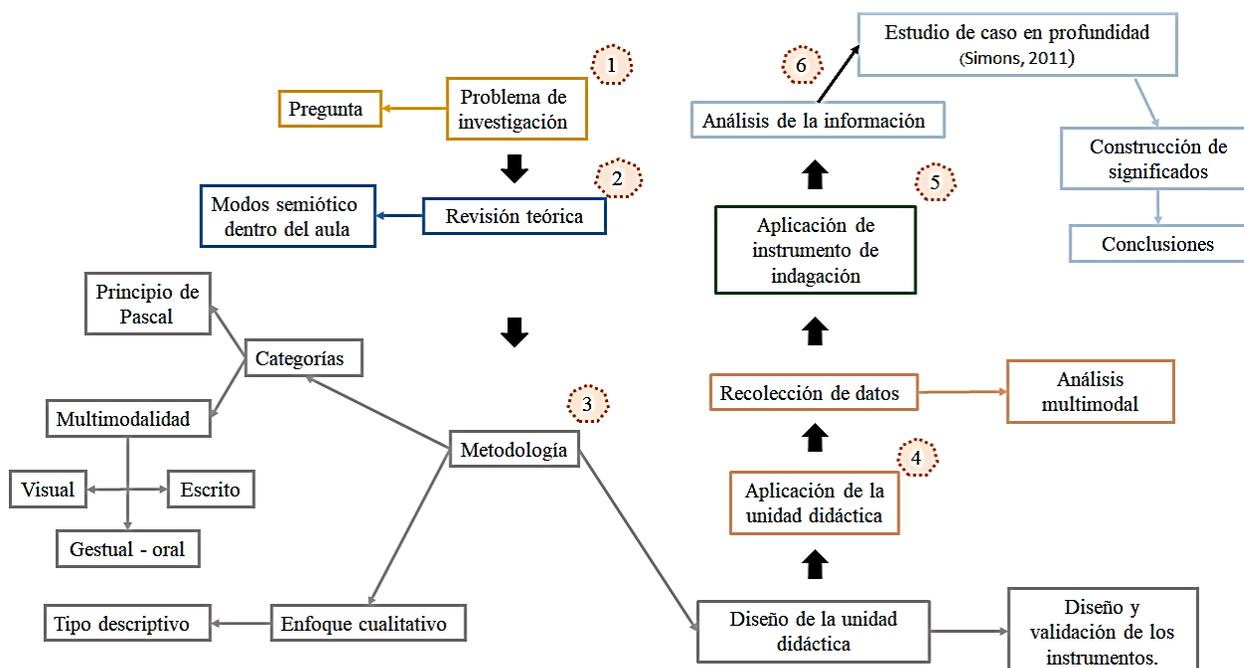
6.2 DISEÑO

La investigación acoge un diseño descriptivo, el cual nos permitirá describir y estudiar datos textuales, orales, gráficos y observables. Para obtener esta clase de datos se debe tener presente el marco multimodal que presenta esta investigación, y el estudio cualitativo es ideal para mostrar desde diferentes perspectivas o dimensiones el fenómeno a estudiar; el tipo descriptivo garantiza que la recolección de datos se desenvuelva en un ambiente natural a los sujetos, objetos o fenómenos que se desea investigar (Creswell, 2014).

6.3 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA INVESTIGACIÓN

El siguiente esquema muestra las diversas fases que llevará este proyecto de investigación:

Figura 3. Ilustración de las aplicaciones del Principio de Pascal, elevador hidráulico



6.4 POBLACIÓN Y CONTEXTO

Esta investigación se llevará a cabo con estudiantes de grado noveno del Colegio Andino de Tunja en el departamento de Boyacá. Esta institución comenzó sus labores en el año 1986 ofreciendo sus servicios educativos en el nivel de preescolar, actualmente es un colegio netamente académico y se encuentra ubicado en el norte de la ciudad. El número aproximado de estudiantes matriculados en todo el colegio son de 340, desde el nivel de transición a undécimo. En su gran mayoría, los estudiantes viven en el casco urbano y su nivel de estratificación oscila entre 4 a 5.

El modelo pedagógico constructivista que responde a las expectativas y necesidades de la comunidad mediante una metodología participativa y comprensiva. El municipio de Tunja como capital del departamento de Boyacá se caracteriza por ser una ciudad estudiantil con 13 instituciones de educación superior, 13 colegios instituciones educativas públicas y más de 20 instituciones educativas privadas.

6.5 UNIDAD DE TRABAJO

La unidad de trabajo se encuentra conformada por 34 estudiantes matriculados en el grado noveno del Colegio Andino de Tunja, sus edades oscilan entre 14 y 16 años. Dada la contingencia a nivel mundial del virus Covid-19, las actividades se realizarán de manera virtual sincrónica. Los estudiantes enviarán la evidencia de las actividades por correo electrónico, de tal manera, que, si se realiza una actividad en la cual se le exige al estudiante que grafique o escriba, ellos la puedan imprimir, desarrollar y luego ser escaneada para su respectivo análisis. Por otro lado, si las actividades requieren ver y escuchar lo que comunica el estudiante, estos deberán auto grabarse.

Es importante mencionar, que, si bien era 34 estudiantes lo que hacían parte del grupo, solo 9 entregaron todas las actividades que conformaban la unidad didáctica. Se escogen dos estudiantes, con el fin de analizar en profundidad el trabajo semiótico realizados por ellos durante el aprendizaje del principio de Pascal, estos estudiantes representan la generalidad de lo encontrado en los 9 estudiantes que entregaron y participaron en todas las actividades de la unidad didáctica.

6.6 CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente proyecto salvaguarda los derechos de la información de los participantes e integridad del investigador y tiene en cuenta lo descrito por la resolución 8430 de 1993 en su artículo 14:

Se entiende por Consentimiento Informado el acuerdo por escrito, mediante el cual el sujeto de investigación o en su caso, su representante legal, autoriza su participación en la investigación, con pleno conocimiento de la naturaleza de los procedimientos, beneficios y riesgos a que se someterá, con la capacidad de libre elección y sin coacción alguna” (MSPS, 1993, 04 de octubre).

Teniendo en cuenta lo anterior, el tratamiento de datos se hará bajo la aprobación del representante legal del estudiante, es decir, los estudiantes y acudientes legalmente

establecidos firmarán un consentimiento informado donde se les aclara que la información que se recolecte solo se usará para fines académicos, se evitará escribir el nombre del estudiante, por tanto, se utilizarán códigos únicos para mantener su confidencialidad. Estas actividades no dañarán ni afectarán el rendimiento académico de los estudiantes.

6.7 UNIDAD DE ANÁLISIS

Las dos unidades de análisis principales de este proyecto de investigación son: multimodalidad, dentro de la cual se analizan los modos semióticos visual, escrito, gestual y oral, y el aprendizaje del Principio de Pascal. Los datos que nos permitirán analizar estas categorías y subcategorías son las apreciaciones que nos suministren los estudiantes con sus respuestas (escritas, presentaciones visuales, orales y gestuales) de la aplicación de la unidad didáctica. Los datos previamente mencionados se recolectarán a través de instrumentos de lápiz y papel.

6.8 CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se exponen de manera ordenada y dinámica las categorías y subcategorías de la investigación, presentando los indicadores a estudiar y sus respectivos referentes teóricos.

Tabla 1. *Categorías y subcategorías de la investigación*

| Categoría | Subcategoría | Subsubcategorías | Indicadores (son esos datos empíricos que analizamos en la realidad de aula) |
|---|--|------------------|--|
| Multimodalidad: | | | Movimientos de las manos y brazos de los estudiantes que representan de manera directa lo expresado en el lenguaje oral. |
| Se encarga de ampliar la interpretación social del lenguaje | Lenguaje Gestual Oral McNeill, (1992) | Gesto Icónico | |

| | | | |
|--|--|-------------------------|--|
| <p>y sus significados mediante la utilización de modos semióticos y los recursos que proporciona el contexto</p> <p>(Jewitt, 2009)</p> | <p>Kelly, Manning, & Rodak, (2008)</p> | <p>Gesto Metafórico</p> | <p>Movimiento de las manos y brazos que realizan los estudiantes para representar un concepto o entidad abstracta.</p> |
| | | <p>Gesto Deíctico</p> | <p>Movimientos de las manos, dedos o barbilla, que señalan o llaman la atención sobre algún aspecto u objeto físico.</p> |
| | | <p>Nivel 1</p> | <p>Sin dibujo. No se ilustra un dibujo que exprese el entendimiento de un concepto.</p> |
| | | <p>Nivel 2</p> | <p>Dibujos no representativos. El uso de diagramas o formulaciones en lugar de dibujos.</p> |
| <p>Lenguaje Visual</p> | | | |
| | <p>Niveles de representación (Köse, 2008) empleados para un análisis inductivo de contenido de las representaciones visuales elaboradas por los estudiantes.</p> | <p>Nivel 3</p> | <p>Dibujos con conceptos erróneos. Se ilustran dibujos con un acercamiento al concepto, sin embargo, estos son erróneos.</p> |
| | | <p>Nivel 4</p> | <p>Dibujos parciales. Son dibujos que representa una concepción parcial de los conceptos.</p> |
| | | <p>Nivel 5</p> | <p>Representación completa Dibujos. Son dibujos que representan en totalidad el concepto, teniendo en cuentas sus características que lo define.</p> |

| | | | |
|---------------------|------------------|---|---|
| | | Análisis del contenido (Abela, 2002) | A través del análisis del discurso, se analizará, la construcción de oraciones son sentido y coherente con relación al tema que se esta estudiando, en el campo de física. Se tendrá en cuenta la macroestructura y la microestructura textual. |
| | Lenguaje Escrito | Área espacio de una superficie comprendida entre unos límites dados. | Espacio de una superficie comprendida entre unos límites exigidos. |
| | Área | La fuerza es toda acción que puede variar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo | La fuerza es toda accion que puede producir cambios en el movimiento de un cuerpo |
| Principio de Pascal | Presión | | |
| | Fuerza | Presión es la razón entre la fuerza perpendicular, ejercida sobre la superficie y el área de la misma. | La presión se genera cuando se realiza una fuerza perpendicular sobre una superficie determinada. |

6.9 INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

6.9.1 Cuestionarios de Lápiz y Papel

El instrumento de ideas iniciales y finales es un instrumento de lápiz y papel de tipo cuestionario, el cual está compuesto de preguntas abiertas con el objetivo de analizar el aporte que generan los modos semióticos, en la identificación de las ideas o nociones iniciales de los estudiantes sobre el tema Principio de Pascal. En este instrumento se utilizarán los modos semióticos escrito y el visual, con el fin de trabajar cinco situaciones que podrían encontrar los estudiantes en su contexto, teniendo en cuenta que es en su entorno social y cultural es donde se inducen sus creencias (Pozo, 1996).

6.10 TRIANGULACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para efectuar el proceso de triangulación se hará después de recolectar toda la información a partir de la aplicación de los instrumentos. Para Cisterna, (2005) la triangulación de la información es “la acción de reunión y cruce dialéctico de toda la información pertinente al objeto de estudio surgida en una investigación por medio de los instrumentos correspondientes, y que en esencia constituye el corpus de resultados de la investigación” (Cisterna, 2005, P 68)

6.10.1 Análisis de Contenido

Para el analizar del modo escrito, se retomará el análisis del contenido como técnica de la interpretación de textos. El análisis del contenido tiene la capacidad para “albergar un contenido que leído e interpretado adecuadamente nos abre las puertas al conocimiento de diversos aspectos y fenómenos de la vida real” (Abela, 2002, p.2). Dos aspectos fundamentales para este tipo de análisis, es el texto y contexto, este último es fundamental, ya que permite al investigador reconocer el significado desde un contexto social donde haya ocurrido el fenómeno. El contexto se convierte en un marco de referencia que contiene información que permite conocer de antemano o inferir a partir del texto, el contenido y el significado de todo lo que presenta el texto (Abela, 2002).

El análisis de contenido guarda distancias teóricas con análisis de tipo lingüístico, documental, textual y discursivo. Por ejemplo, con el tipo lingüístico, intenta saber que hay

detrás de las palabras (analiza el contexto y sus participantes) y no se concentra por estudiar la lengua para describir su funcionamiento; con el documental, establece inferencias de la realidad dada por medio de mensajes comunicativos y no se centraliza en la representación condensada de la información para su almacenamiento y consulta; con el tipo textual, se focaliza a interesarse que hay por fuera del texto para entender su sentido y realiza observaciones no textuales; y por último con el discursivo, a pesar que concuerdan en la búsqueda del sentido común del texto difieren en los niveles interpretativos sobre los cuales se establece el análisis del discurso (Abela, 2002).

6.10.2 Estructura del Análisis de Contenido

Para Abela (2002), el análisis del contenido debe realizarse en cinco componentes, los cuales garantice y alcance el nivel de inferencia de los fenómenos a tratar. Por ello, para Abela se hace necesario: analizar el material, establecer unas reglas de codificación, determinar unas categorías centrales, comprobar la fiabilidad del sistema de codificación y realización de inferencias.

- Analizar el material: Cuando se tiene claro el problema a investigar, el investigador debe abastecerse teóricamente de conocimientos relacionados.
- Establecer unas reglas de codificación: es la transformación de datos brutos del texto mediante reglas precisas de recuento: presencia o ausencia de términos científicos, la frecuencia con las que se mencionan ciertas características, intensidad con que se repiten y orden (si se tiene ordenanza en las ideas que se plasman).
- Determinar unas categorías centrales: consiste en clasificar elementos comunes entre sí de acuerdo a un criterio único, teniendo en cuenta que cada elemento solo puede pertenecer a una sola categoría.
- Comprobar la fiabilidad del sistema de codificación: demuestra que los datos permanecen constantes en todas las variaciones del proceso analítico y que se han obtenido con independencia del suceso, instrumento o persona que los mide.

- Realización de inferencias: capacidad de explicar o deducir en un texto cumpliendo los pasos anteriores.

6.11 UNIDAD DIDÁCTICA

La unidad didáctica se entiende como la flexibilidad entre los contenidos a enseñar de un campo del saber específico y la construcción de nuevos conocimientos. El proceso de flexibilización parte primero desde el pensamiento del docente, su experiencia con el saber específico que enseña, los conocimientos previos de los estudiantes, las políticas de educación institucionales y nacionales, los recursos disponibles para su implementación y análisis (Tamayo, Vasco, García, Giraldo y Suárez, 2013).

La unidad didáctica que se implantará en esta investigación tiene tres momentos:

- Momento 1: Aplicación Pre-test para indagar las ideas iniciales de los estudiantes.
- Momento 2: Aplicación de la unidad didáctica y las actividades multimodales.
- Momento 3: Aplicación Post-test para rastrear las ideas finales de los estudiantes.

Tabla 2. Momentos de la unidad didáctica

| Momento | Objetivo | Actividad | Descripción | Tiempo |
|---------|--|---|---|----------|
| #1 | Diagnosticar ideas previas que tienen los estudiantes sobre el Principio de Pascal por medio de situaciones de | Actividad 1 Exploración de ideas previas sobre área, fuerza, presión y situaciones que | Aplicación de instrumento de lápiz y papel para identificar los conocimientos previos, a partir de situaciones que se | 1 semana |

| | | | |
|----|---|--|--|
| | <p>su contexto y la utilización de los modos escrito y visual.</p> | <p>se ven afectadas por el Principio de Pascal.</p> | <p>presentan en la vida cotidiana.</p> |
| #2 | <p>Interpretar el uso de modos semióticos que emplean los estudiantes por medio de una experiencia donde se aplique el Principio de Pascal.</p> | <p>Actividad 2 Análisis experimental de un sistema hidráulico (prensa hidráulica) para comprender el principio de Pascal</p> | <p>Laboratorio virtual: utilizando un simulador, se explicará el comportamiento de la presión dentro de un fluido, con el fin comprender el principio de Pascal en sistemas hidráulicos de nuestro contexto.</p> <p>Elaboración de sistema hidráulico: por medio de la asesoría del docente los estudiantes elaborarán con materiales palpables un sistema hidráulico funcional, además se grabarán en video explicando el funcionamiento de este.</p> |
| | | | <p>2 semanas</p> |

| | | | | |
|----|--|--|--|-----------------|
| #3 | <p>Analizar la construcción conceptual que lograron los estudiantes sobre el Principio de Pascal por medio de situaciones de su contexto y la utilización de los modos escrito y visual.</p> | <p>Actividad 3</p> <p>Análisis de la construcción conceptual</p> | <p>Aplicación del instrumento de lápiz y papel para analizar la construcción de nuevos conceptos.</p> <p>(Post-test)</p> | <p>1 semana</p> |
|----|--|--|--|-----------------|

6.12 PLAN DE ANÁLISIS

Para el plan de análisis e interpretación de la información, se escogieron dos categorías: Multimodalidad y Principio de Pascal. En cada categoría se escogieron unas subcategorías, con el fin, de cumplir con lo que se desea averiguar. Por tanto, en lo que respecta a la organización y tratamiento de la información y triangulación, el plan de análisis se abarcará de la siguiente manera:

- a. Diseño y aplicación de los diferentes instrumentos de lápiz y papel.
- b. Aplicación de las actividades multimodales propuestas en la unidad didáctica
- c. Organización de la información estableciendo criterios de selección.
- d. Identificación de respuestas recurrentes similitudes que se ajusten a las categorías y subcategorías preestablecidas, a las cuales se les asignara un código.
- e. Triangulación de la información con la ayuda de matrices para el análisis de datos.

- f. Establecimiento y preparación de los estudiantes que serán los estudios de caso que se presentarán en los resultados y las discusiones

6.13 ESTUDIO DE CASO

Siguiendo a Cadavid (2013), el método “estudio de casos” fue empleado para analizar de manera profunda el aporte de los múltiples modos semióticos en el aprendizaje del principio de Pascal. Se presenta un *informe descriptivo* de los dos casos presentados *dirigido por la teoría* (Simons, 2011), o por los marcos teóricos previamente estudiados. Cadavid (2013) resume lo siguiente, siguiendo a Stake (Citado por Simons, 2011:40) “el estudio de caso es el estudio de la particularidad y la complejidad de un caso, por el que se llega a comprender su actividad en circunstancias que son importantes” (:40). En virtud de lo anterior, Simons (2011: 45-46) describe las virtudes que presenta el método “estudio de casos”.

Virtudes del estudio de caso:

- Flexible, no depende del tiempo (puede hacerse en días, meses o años), puede contener diversidad de métodos que sean apropiados para comprender el caso.
- Posibilidad de incorporar a los participantes en el proceso investigativo.
- Brinda la posibilidad de que el investigador (es) adopten un enfoque auto - reflexivo para comprender el caso.

Sintetizando lo anterior, consideramos que el estudio de casos permitió una combinación de datos, donde se podía rastrear el aporte de los diferentes modos semióticos, en las actividades contempladas dentro de la unidad didáctica. Asimismo, nos permitió la interpretación los datos a luz de los diferentes referentes teóricos.

7 RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este apartado se presenta las respuestas o datos de los estudiantes que hicieron parte del estudio de caso. De igual manera, se informa el análisis del E1 y E2, ya que estos, cumplieron a cabalidad con la realización de todas las actividades planteadas, asimismo son un ejemplo importante de lo analizado en 9 estudiantes que cumplieron con todo el proceso. El análisis se concentró en caracterizar e interpretar el aporte de los modos semióticos que usan los estudiantes en el aprendizaje del principio de Pascal. Estas actividades tuvieron como fin acercarse al entendimiento del principio de Pascal y para ello, se usaron situaciones de la vida real para interpretar las variables presión, fuerza y área, conceptos claves para el entendimiento de este principio físico. Kress y colaboradores (2001), plantean que trabajar en el aula, con modos semióticos diferentes a la escritura y oralidad, mostrarán como los estudiantes crean y representan significados a partir de otros modos semióticos que en conjunto permite la orquestación del significado.

Los modos semióticos que se tuvieron en cuenta en el análisis de la información fueron el gestual oral, visual y escrito. Se aplicaron y desarrollaron tres momentos para conocer el aporte de los modos semióticos: 1) un instrumento de lápiz y papel con situaciones del contexto de los estudiantes (pre-test), 2) dos actividades multimodales, un laboratorio virtual de simulación de presión y la elaboración y exposición oral del funcionamiento de una maqueta o recurso palpable y 3) la aplicación de post-test con las mismas actividades propuestas en el pre-test.

Para los dibujos se realizó un análisis inductivo en el cual se tuvo en cuenta los niveles de representación que propone Köse (2008): sin dibujo, dibujos no representativos, dibujos con conceptos erróneos, dibujos parciales y representación completa de dibujos. Para el análisis gestual oral, se tuvieron en cuenta tres clases de gestos que propone McNeill (1992): icónicos, deícticos y metafóricos. Para resaltar los gestos que usan los estudiantes, se encerraron en marcadores en forma de ovalados o flechas de color rojo y se realizó la descripción del gesto, además, se transcribió la descripción oral y se resaltó con marcadores textuales de color rojo oraciones relevantes. El modo escrito se realizó a través

del análisis del contenido y marcadores textuales, por tanto, se resaltaron oraciones con color rojo.

7.1 INSTRUMENTO INICIAL – INSTRUMENTO DE LÁPIZ Y PAPEL

Este instrumento plantea tres situaciones cotidianas del contexto de los estudiantes y se organizan metódicamente según los conceptos científicos que alimentan para entender el principio de Pascal (anexo1). En la primera situación, se desea conocer el acercamiento conceptual que tiene los estudiantes con la definición de presión sobre una superficie y como esta se ve alterada por el área en la que actúa, por tanto, se presentan dos superficies (botín y tacón), las cuales hipotéticamente pisan una persona causando un dolor en ella, lo que se espera, es que los alumnos expliquen desde una mirada científica cuál de las dos superficies causa mayor dolor. Para esta situación, los estudiantes deben auto grabarse en video para dar respuesta a la pregunta planteada.

En la segunda situación, se plantea el cambio de un neumático en un vehículo usando tres opciones para elevarlo (se encuentran ilustradas): usando la fuerza humana, gato de botella o gato de tornillo. En esta situación se plantean dos preguntas, la primera, con el objetivo es acercar al estudiante a los sistemas hidráulico como lo es el gato de botella que funcionan gracias al principio de Pascal. La segunda pregunta tiene como objetivo comprender como actúa la fuerza en los sistemas hidráulicos y como estos elevan pesos altos con una cantidad mínima de fuerza. Las dos preguntas se deben contestar de manera escrita.

La tercera situación se plantea la elevación de un vehículo de carga pasada (camión) por medio de una prensa hidráulica (se incorporó una imagen de un camión elevado por un sistema hidráulico con sus respectivos émbolos). Para esta situación se plantean dos preguntas que se deben responder de manera escrita y con una ilustración, la primera, tiene como objetivo que se explique como la presión, la fuerza y el área intervienen para elevar el vehículo, es decir, explicar cómo el principio de Pascal se refleja en esta situación. La segunda pregunta tiene como fin, enfatizar que el principio de Pascal funciona con líquidos,

por tanto, los estudiantes pueden hacer uso de un contra ejemplo para justificar que con otro elemento diferente a un líquido no funcionaría dicho principio. Por tanto, este instrumento utiliza los modos gestual oral, visual y escrito para que los estudiantes comuniquen sus respuestas.

7.1.1 Laboratorio: Presión Hidrostática

Este instrumento (anexo 2) se ejecuta con la colaboración de un simulador virtual interactivo Phet “Bajo presión” desarrollado por la Universidad de Colorado Boulder abierto de forma gratuita. Este simulador permite interactuar con diferentes contenedores que almacenan líquido, manejar diferentes sistemas de medida, utilizar varios barómetros y cambiar la densidad del líquido o modificar la gravedad. El laboratorio trae una parte introductoria con palabras claves y definiciones de los conceptos presión y densidad en los líquidos.

El desarrollo experimental está dado en cuatro pasos: 1) se mencionan las opciones que deben tener activas en el simulador, 2) se propone tomar datos numéricos de la presión con la ayuda del barómetro a diferentes profundidades con tres líquidos agua, nafta (gasolina) y miel. 4) Se plantean cuatro preguntas que deben ser resueltas teniendo en cuenta los resultados obtenidos.

Las preguntas del cuarto paso tienen los siguientes fines: la primera pregunta se responde de manera escrita y desea acercar a los estudiantes como la densidad influyen en la presión de los líquidos y como pueden estos afectar los sistemas hidráulicos; la segunda pregunta se contesta de manera escrita y destaca como la presión es afectada a mayores profundidades en los líquidos; la tercera pregunta se contesta de manera escrita y propone enfatizar que los líquidos presentan la misma presión en un recipiente con varias aberturas superiores y la cuarta pregunta, se desea aclarar cómo se comporta vectorialmente la presión de un líquido contenido en un recipiente curvo, ya que, en el simulador no se encuentra un contenedor curvo, en esta pregunta se contesta de manera escrita y se solicita una ilustración para complementar su respuesta.

7.1.2 Maqueta: Principio de Pascal

En este instrumento (anexo 3) se solicita a los estudiantes construir una maqueta funcional que explique de manera clara y acertada el principio de Pascal, se da la libertad a los estudiantes de elegir sus materiales y estilo de su representación papables, pero una condición es que pueda oprimir una lata de soda usada. El objetivo de este instrumento es que los estudiantes puedan explicar todo el proceso físico desde que se aplica fuerza hasta que la lata de soda se oprima mediante el uso de conceptos científicos (presión, fuerza, área). Los estudiantes deben auto grabasen en video para dicha explicación.

Los siguientes parámetros facilitaron el análisis de los modos semióticos:

- Lenguaje gestual oral: los estudiantes debían auto grabarse en un video para responder a una de las situaciones planteadas, se toman capturas de pantalla para visualizar el gesto analizar y por medio de marcadores textuales, se resalta la descripción oral que hace el estudiante, esta descripción se resaltan algunas oraciones de color rojo para destacar el uso del lenguaje científico. El análisis de los gestos se realiza a partir de la clasificación planteada por McNeill (1992).
- Lenguaje visual: los estudiantes en algunas situaciones debían dar respuesta a los interrogantes por medio de ilustraciones. Para el análisis de las ilustraciones se tuvo en cuenta los niveles de representación planteados por Köse (2008).
- Lenguaje escrito: los estudiantes en algunas situaciones debían dar respuesta a los interrogantes de manera escrita. Para el análisis de estas respuestas se tuvo en cuenta el análisis de contenido por medio de marcadores textuales.

Las oraciones que están resaltadas de color rojo indican el uso del lenguaje científico.

La información se organizó de la siguiente manera: el pre-test y post-test se analizaron de manera conjunta, y el laboratorio virtual y la exposición de la maqueta se realizaron por separado.

Tabla 3. Organización y codificación de la información analizar

| PRE-TEST | POST-TEST |
|--|---|
| En esta actividad estaban presentes el modo gestual oral, visual y escrito, se hizo un análisis individual y al final de cada modo se realizó una conclusión general de lo encontrado. | |
| LABORATORIO | MAQUETA |
| En esta actividad estaban presentes el modo visual y escrito, se realizó el respectivo análisis y una conclusión final. | En esta actividad estaba presente el modo gestual oral, se realizó el respectivo análisis y una conclusión final. |

Identificación de las ideas iniciales de los estudiantes frente al principio de Pascal

El instrumento inicial pre-test permitió un acercamiento a las ideas previas de los estudiantes E1 y E2 las cuales fueron pieza fundamental para el análisis de los otros instrumentos. A continuación, se presentan los aspectos más relevantes:

Tabla 4. Ideas iniciales de los estudiantes E1 y E2

| PREGUNTA | PRINCIPALES HALLAZGOS |
|----------|---|
| | Se evidencia que los estudiantes utilizan de manera incorrecta el concepto de presión y fuerza, por lo que, en esta situación los estudiantes no comprenden a cabalidad la razón física por la que se causa dolor al pisar a una persona. Lo que sí reconocen los |

estudiantes es que la presión se incrementa cuando la superficie de contacto es menor.

Por ejemplo, E1 menciona que “*Luciana presento mayor dolor cuando Manuela la piso con el tacón*”, pero no se evidencia una descripción física de la presión que dé a conocer el por qué se presenta mayor dolor al ser pisado por un tacón. Además, en ese momento, E1 realiza un gesto icónico en el cual representa la deformación que causa un tacón sobre una superficie, comunicando información adicional al que no menciono con el modo oral.



1

Por otro lado, E2 menciona “*mejor dicho se va a sentir menos la fuerza*” cuando se pisa con un botín, en este caso, él estudiante confunde los conceptos de presión y fuerza, ya que, una persona ejerce la misma fuerza sobre una superficie al usar un botín o un tacón, ya que esta fuerza es su peso, por tanto, no tendría que variar en ese instante al usar dos calzados diferentes. Además, el gesto que uso en ese instante representa la acción de pisar con el botín para respaldar lo que menciono oralmente.



Situación

#1

1

Los estudiantes reconocen que el gato de botella es la herramienta adecuada para elevar el vehículo para cambiar el neumático, pero, no justifican que el gato de botella al ser un sistema hidráulico necesita poca fuerza para elevar el vehículo. Lo anterior denota desconocimiento del principio de Pascal aplicado en sistemas hidráulicos.

Situación

#2

2

Por ejemplo, E2 afirma en su modo escrito “*Considero que la más adecuada es el gato de botella, ya que es una herramienta más fácil y cómoda de emplear*”, destacando que el gato de botella es la herramienta idónea para hacer el cambio de neumático, pero se enuncia que sea por su sistema hidráulico.

E2 afirma que “es más adecuado es el gato de botella, pues su uso es simple y fácil de entender, aparte de que no necesita tanta fuerza para hacer operado”, pero no resalta que este sistema está diseñado bajo el principio de Pascal.

Los estudiantes reconocen que la fuerza humana y la herramienta gato de tornillo utiliza mayor fuerza para elevar el vehículo que si se usa el gato de botella. Pero no se evidencia un acercamiento científico que explique que la fuerza que produce un sistema hidráulico para elevar un vehículo fue mínima con respecto a la que se le impartió al sistema hidráulico, es decir, desconoce cómo se produce la fuerza en un sistema hidráulico.

Por ejemplo, E1 considera “*no necesitaríamos la misma fuerza que en las demás opciones*”, lo que evidencia desconocer las propiedades del principio de Pascal que favorecen al sistema hidráulico para elevar el vehículo.

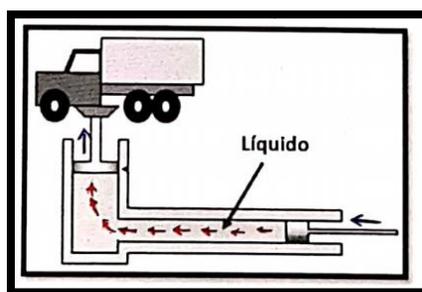
E2 por su parte afirma “*el gato de botella ya que usa menos fuerza por ser un sistema hidráulico*”, es decir, que reconoce que el gato de botella es un sistema hidráulico que necesitaría menos fuerza para elevar el vehículo, pero no justifica como el sistema hidráulico por medio del principio de Pascal incrementa su fuerza.

1

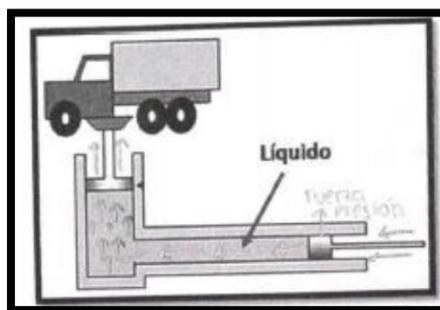
Los estudiantes desconocen vectorialmente como actúa la fuerza y la presión dentro de un sistema hidráulico, además, no mencionan la importancia de tener en un sistema hidráulico dos émbolos de

diferente tamaño. Se usa los conceptos de presión y fuerza erróneamente. Se aprecia que conocen el desplazamiento del líquido dentro del sistema hidráulico cuando se le imprime una fuerza externa.

Por ejemplo, E2 afirma que “*el camión se eleva debido que al empujar por un lado del líquido que está dentro del tubo*” lo que evidencia que reconoce el desplazamiento del líquido, además, la imagen re afirma lo escrito, ya que, por medio de vectores ilustra el desplazamiento del líquido.



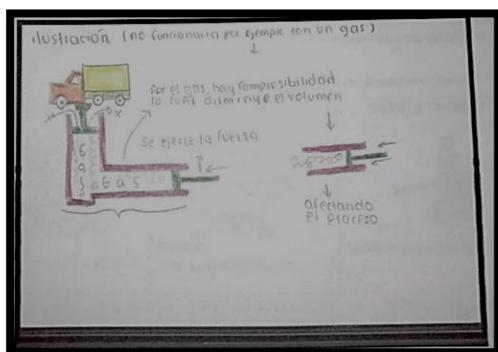
E1 por su parte, afirma que la “*fuerza y presión que se ejerce al inicio de este sistema*”, lo que evidencia un desconocimiento de los conceptos de presión y fuerza que actúan en este sistema. Además, en la ilustración se observa la presencia de vectores que para la estudiante representan fuerza y presión.



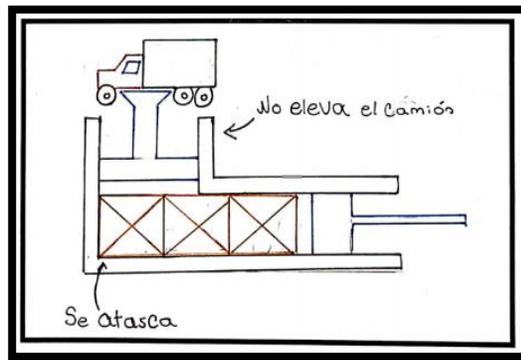
Los estudiantes tienen claridad que el uso de otros elementos diferentes a un líquido no permitirá el funcionamiento correcto de un sistema hidráulico, además, se aclara que en esta parte de la actividad no se le indicó a los estudiantes escribir sobre la ilustración que debían realizar, lo que evidencia la necesidad de utilizar otros modos semióticos para comunicar un concepto abstracto.

E1 por ejemplo menciona con un contraejemplo el uso de un “gas” y en la ilustración lo gráfica y aclara por medio del modo escrito que este elemento al ser “*compresible*” no permite el funcionamiento del sistema.

2



E2 en su parte escrita no menciona un contraejemplo, pero en su dibujo si lo hace ya que se observan bloques que obstruyen el paso del líquido por el sistema, además, en la ilustración se ayuda del modo escrito para comunicar su concepto abstracto.

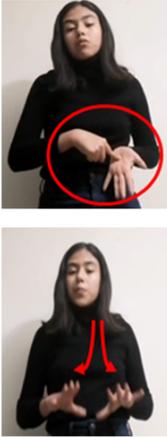


7.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN ESTUDIANTE E1

Para el análisis del modo gestual oral en el pre-test y post-test, se les planteo a los estudiantes una situación en la cual tenían que dar respuesta en qué momento se siente mayor dolor ¿si al ser pisado por un tacón o por un botín? Para contestar esta situación desde una perspectiva científica es importante tener presente los conceptos de presión, fuerza y área. Las respuestas y el análisis se dan a conocer en la figura 4.

Figura 4. Análisis modo gestual oral de E1

| PRE-TEST | | POST-TEST | |
|--|---|---|---|
| Tiempo total: 00:00s – 01:36s | | Tiempo total: 00:00s – 01:09s | |
| Tiempo: 0:10 s – 0:15s | Tipo de gesto: Icónico | Tiempo: 0:16s – 0:28s | Tipo de gesto: Deíctico |
| Momento 1 |  <p>Modo oral: “<i>pues ya sea comparando la del tacón con la del botín, ya que esto puede influenciar en el dolor que presento Luciana</i>”.</p> | Momento 1 |  <p>Modo oral: “<i>Esto se debe a que el tacón al tener menor área y menor superficie su presión va a ser mayor y se va a concentrar en un solo punto de la superficie del pie de Luciana</i>”.</p> |
| <p>Descripción del gesto: La estudiante E1 lleva su mano izquierda hacia adelante extendiendo su muñeca con la palma hacia arriba, luego, inmediatamente extiende su muñeca derecha con la palma hacia arriba y las separa levemente entre ellas.</p> <p>Análisis: Para el entendimiento de la presión, es importante prestar atención a la superficie en la que se va a presentar dicho fenómeno, por tanto, E1 al no tener a su alcance de manera palpable las dos clases de zapatos que plantea la situación (botín y tacón), utiliza el gesto icónico para representar los atributos que pueden presentar estas dos superficies y justificar por que el tacón causa mayor dolor al pisar a una persona.</p> | | <p>Descripción del gesto: La estudiante lleva su dedo índice de la mano derecha hacia la palma de su mano izquierda, la cual está extendida hacia arriba.</p> <p>Análisis: En este gesto deíctico, el dedo juega el rol de señalador, ya que, este seña apunta el espacio que va ocupar el tacón a la hora de pisar la superficie, además, E1 acompaña el gesto mencionado que el tacón “<i>al tener menor área y menor superficie su presión va a ser mayor</i>” lo cual es verdadero.</p> | |
| Tiempo: 0:17s – 0:27s | Tipo de gesto: Icónico - Icónico | Tiempo: 0:45s – 0:49s | Tipo de gesto: Icónico |
| Momento 2 |  <p>Modo oral: “<i>En este caso, Luciana presento mayor dolor cuando Mamela la piso con el tacón</i>”.</p> | Momento 2 |  <p>Modo oral: “<i>Por esto presento mayor dolor cuando la piso con el tacón</i>”.</p> |
| <p>Descripción del gesto: Para el primer gesto en este segundo momento, la estudiante E1 posiciona los dedos de su mano izquierda sobre la palma de su mano derecha, la cual no está por completo extendida. Para el segundo gesto, E1 señala con el dedo índice de su mano izquierda la palma de su mano derecha, la cual no por completo extendida.</p> <p>Análisis: El primer gesto de este momento es de tipo icónico, ya que, la palma de la mano derecha al no estar extendida en su totalidad, representa la deformidad que pueda causar la presión de tacón, además, su discurso compara esta deformidad con “dolor.” Por tanto, el gesto representa un complemento del discurso para resaltar el dolor que causa un tacón. El segundo gesto es icónico, por lo que, el dedo índice interpreta la punta del tacón sobre una superficie que se afecto, esto ocurre exactamente, cuando E1 dice “tacón”.</p> | | <p>Descripción del gesto: Para el primer gesto, E1 mueve las dos palmas de sus manos hasta tocarse una a la otra. Luego, en el segundo gesto, la estudiante mantiene las palmas de sus manos unidas hasta el punto de generar fricción entre ellas.</p> <p>Análisis: Por medio de este gesto icónico, E1 visualiza la acción de pisar y cuando frota las palmas de sus manos entre si, amplía la sensación de dolor que puede ocasionar el pisón de un tacón.</p> | |

| | | | |
|---|---|--|---|
| Tiempo: 0:28s – 0:30s | Tipo de gesto: Metafórico | Tiempo: 0:53s – 1:05s | Tipo de gesto: Deictico - Icónico |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Momento 3</p>  | <p>Modo oral: “<i>ya que la fuerza que se ejerce al pisar se está concentrando en un solo punto</i>”.</p> | <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Momento 3</p>  | <p>Modo oral: “<i>este dolor no se va a concentrar en un solo punto de la superficie del pie de Luciana, sino que se puede decir que se va a distribuir en esa zona del pie de Luciana</i>”.</p> |
| <p>Descripción del gesto: La estudiante dobla los dedos de su mano izquierda hacia su palma y los coloca sobre la palma de su mano derecha.</p> <p>Análisis: En este momento, se destaca la participación del gesto metafórico, ya que, cuando la estudiante dice “fuerza” realiza el gesto descrito anteriormente, y al no ver una representación gestual que defina este concepto abstracto, es válida esta representación.</p> | | <p>Descripción del gesto: En el primer gesto, la parte superior del dedo índice de su mano derecha lo dirige hasta la palma de su mano izquierda con el fin de señalar un punto. En el segundo gesto extiende hacia abajo las palmas de sus manos y las moviliza en un movimiento opuesto a la posición de la otra.</p> <p>Análisis: El primer gesto es deíctico ya que solo se quiere señalar el área que afecta, en cambio, en el segundo gesto, el movimiento de la manos resalta la superficie donde se va a “distribuir” la fuerza. El propósito de estos dos gestos fue comparar la distribución de la fuerza que producen las dos superficies, acciones válidas que acompañan al discurso, ya que, el botín, al tener una mayor área en su suela, producirá una presión menor a la del tacón.</p> | |
| Tiempo: 0:31 – 0:34s | Tipo de gesto: deictico - Icónico | | |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Momento 4</p>  | <p>Modo oral: “<i>en un solo punto del pie de Luciana y esa presión va a ser más fuerte, va a tener mayor dolor, con respecto que solo se está dando o presentando en un solo punto del pie de Luciana;</i>”</p> | | |
| <p>Descripción del gesto: Para efectuar el primer gesto de este momento 4, El señala con el dedo índice de su mano izquierda la palma de su mano izquierda la cual se encuentra extendida. El segundo gesto, la mano izquierda se mueve en dirección hacia su mano derecha para juntar sus palmas.</p> <p>Análisis: : El primer gesto señala el área que va ocupar la punta del tacón causará un mayor dolor, ya que, al ser la punta del tacón de menor área la presión será alta. El segundo gesto, representa para El el significado de presión, dado que, al decir “presión” ella acerca sus manos.</p> | | | |

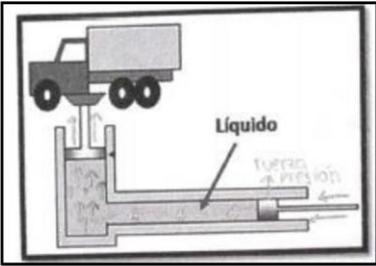
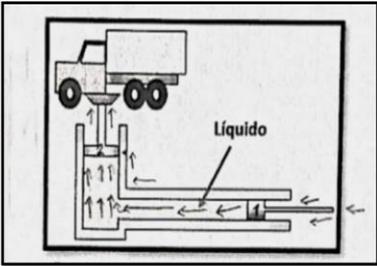
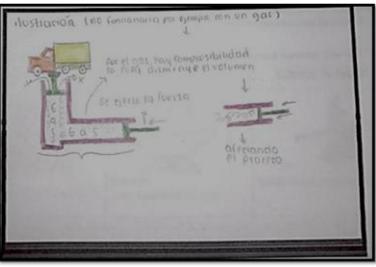
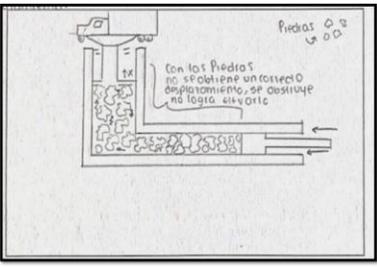
| | | |
|------------------------------|--|--|
| Tiempo: 0:34s – 0:37s | | Tipo de gesto: Icónico |
| Momento 5 |  | Modo oral: <i>“en cambio con el botín, no presentaría tanto dolor como el tacón ya que el botín presenta una mayor superficie”.</i> |
| | <p>Descripción del gesto: Para representar este gesto, E1 extiende la palma de la mano derecha hacia arriba, luego, la mano izquierda se alza sobre su mano derecha y realiza movimientos elípticos.</p> <p>Análisis: Este gesto icónico representa las características de la superficie de un botín, resaltando que este tiene <i>“una mayor superficie”</i> en su suela, lo que provoca que la fuerza se distribuya y disminuya la presión será menor. Lo anterior, se debe a que el área es inversamente proporcional a la presión. En gesto acompaña con presión</p> | |

Discusiones:

El propósito de la anterior situación, es conocer y acercarse al concepto científico de presión, el cual dará bases para entender el principio de Pascal. El modo gestual oral pone de manifiesto la importancia de prestarle la debida atención a la gestualidad con el uso de la oralidad, ya que, para McNeill el gesto sin la compañía del gesto oral no se podrían revelar significados que no se capturan en un solo modo (1992). Al igual que Márquez, Izquierdo y Espinet (2003), el gesto, además de dar significado, visualiza el efecto de determinadas interacciones, este al interferir con otros modos semióticos logra una mejor comunicación de lo que se quiere comprender, en nuestro caso, la diferencia que produce un pisotón de un tacón o un botín sobre una superficie. El gesto que más influyó en el desarrollo de estas actividades (pre-test y post-test) fue el icónico, por lo que representó imaginariamente atributos las superficies del tacón y botín, y relaciones especiales frente al concepto de presión y fuerza. Con respecto a los gestos déctico y metafórico, su uso fue mínimo, el metafórico, por ejemplo, influyó para representar la presencia de la fuerza sobre una superficie para generar presión y el déctico para señalar un punto sobre la superficie. En el post-test, se observa que E1 utiliza un tiempo inferior al del pre-test para dar explicación a

la situación, además, se resalta la fluidez oral para explicar el fenómeno, puesto que, usa un lenguaje científico para sustentar cómo la presión afecta a una superficie al ser pisado por un tacón.

Figura 5. Análisis modo visual de E1

| PRE-TEST | | POST-TEST | |
|--|---|---|---|
| Nivel de representación | Nivel 3: Dibujos con conceptos erróneos | Nivel de representación | Nivel 4. Dibujos parciales |
| ¿Cuál crees que es la razón por la que se eleva el camión? | | ¿Cuál crees que es la razón por la que se eleva el camión? | |
|  | |  | |
| <p>Análisis:</p> <p>En esta representación gráfica, se identifican algunos vectores en forma de flechas dentro del sistema hidráulico, que dan a entender el desplazamiento del líquido cuando se le imprime una fuerza externa al embolo de menor área, pero, esta representación de vectores no es la razón principal con la que se eleva el camión. Además, el nivel de representación corresponde a conceptos erróneos, ya que, por encima del embolo de menor área está escrito "fuerza presión" dando a entender que no hay un entendimiento conceptual de estos dos términos.</p> | | <p>Análisis:</p> <p>Este dibujo se caracteriza por ser una representación parcial, por que, la visualización de los vectores se ilustra de manera organizada, y en el embolo de mayor área, al tener más vectores, se demuestra que la presión al estar en una superficie de mayor área, genera más fuerza. También es de resaltar la enumeración de los émbolos del sistema, dando a entender, la jerarquización entre estos. Falta diferenciar cuales vectores representan la fuerza o la presión, por tanto, el nivel asignado.</p> | |
| Nivel de representación | Nivel:5. Representación completa del dibujo | Nivel de representación | Nivel:5. Representación completa del dibujo |
| ¿Crees que usando otra sustancia o material que no sea un líquido se pueda elevar el camión? | | ¿Crees que usando otra sustancia o material que no sea un líquido se pueda elevar el camión? | |
|  | |  | |
| <p>Análisis: El dibujo se caracteriza por ser una representación completa, debido a que, E1 realiza un contra ejemplo que visualiza un sistema hidráulico con un camión elevado y dentro del sistema unos espirales que representan gas. Además, hay unas flechas curvas que apuntan a unos símbolos en forma de equis (x), dando a entender su mal funcionamiento. La estudiante señala donde se genera la fuerza afirmando "se ejerce la fuerza". La ilustración se apoya del modo escrito para aclarar que con el "gas hay una compresibilidad la cual disminuye el volumen". La anterior demostración gráfica demuestra que la estudiante tiene claridad sobre la sustancia o elemento que debe contener un sistema hidráulico, por que, un gas tiene a ser compresible, dificultado el levantamiento de objetos con gran peso.</p> | | <p>Análisis: En esta ilustración se encuentra un contra ejemplo para mencionar que un sistema hidráulico no funciona si no es un líquido. Se hace una aclaración "con las piedras no se obtiene un correcto desplazamiento, se obstruye, no logra elevarlo". Esta ilustración cumple con el objetivo de la situación planteada, que es reconocer que un sistema hidráulico dentro del sistema es necesario el uso de un líquido no compresible, pero si nos retomamos al posttest, el análisis gráfico y el contraejemplo fueron mejor elaborados para dar respuesta a la situación.</p> | |

Discusiones:

En las ilustraciones correspondiente al pre-test y al post-test, inicialmente no se le pedía al estudiante, que escribieran sobre los gráficos, pero, la estudiante E1 no se siente conforme con solo ilustrar, ya que, tuvo que usar el modo escrito para dar claridad sobre su esquema, tal y como lo plantea (Gómez, González y Pérez, 2017) quienes destacan el uso del lenguaje escrito como completo de la representación visual, lo anterior permite entender la forma en que se combinan dos modos de lenguaje para ampliar la información respecto a la representación. En estas dos ilustraciones no se obtuvo nivel de representación completa (Nivel 5) porque, sus dibujos representan una concepción parcial del concepto (Köse, 2008), por lo tanto, en el pre-test y en el post-test los vectores ilustrados por E1 no representaban geométricamente el concepto de presión, por lo que estos, en un sistema hidráulico siempre va hacer perpendicular a las paredes que contienen el fluido. Referente a la segunda ilustración solicitada en el pre-test y post-test, se mantuvo el nivel de presentación completa (Köse, 2008), por lo que el objetivo de esta pregunta era saber si hay elementos diferentes a un líquido para explicar el principio de Pascal por medio de una prensa hidráulica. En general, se resalta que la utilización de un modo semiótico no es suficiente para comprender un concepto abstracto, sino que se necesita de la orquestación de los mismos (Kress, et al., 2001).

Figura 6. *Análisis modo escrito de E1*

| Pregunta | PRE-TEST | POST-TEST |
|--|--|--|
| ¿Cuál de las siguientes herramientas consideras la más adecuada para cambiar el neumático? ¿Por qué? | <p>Respuesta: “Considero que la más adecuada es el gato de botella, ya que es una herramienta más fácil y cómoda de emplear pues su sistema de palanca permite que nuestra fuerza utilizada sea más efectiva al realizar el movimiento hacia arriba y hacia abajo, dándonos el privilegio de ahorrar tiempo y esfuerzo”.</p> <p>Análisis: En efecto, la herramienta más adecuada para elevar el carro y cambiar el neumático es el gato de botella, ya que la fuerza que se emplea es menor a la de las otras opciones (fuerza humana y gato de tornillo), pero cuando afirma que “nuestra fuerza utilizada sea más efectiva” carece de más razones científicas (físicas) que den una explicación sobre el funcionamiento del gato de botella para que sea una herramienta manera segura y “efectiva”.</p> | <p>Respuesta: “La herramienta más adecuada en este caso es el gato de botella, pues, es más fácil y cómoda de emplear, además, los fluidos que contiene dentro de la botella podemos realizar el movimiento arriba – abajo con mayor facilidad, nuestra fuerza será más efectiva dándonos el privilegio de ahorrar tiempo y esfuerzo”.</p> <p>Análisis: El gato de botella entre las tres opciones es la más adecuada y cuando E1 afirma que “nuestra fuerza utilizada sea más efectiva” y la “fuerza será más efectiva” es válida su justificación. Pero estas dos afirmaciones no ponen de manifiesto el principio físico por el cual el gato de batalla es la herramienta más adecuada para cambiar el neumático.</p> |

| | | |
|---|---|---|
| <p>¿Crees que se debe utilizar la misma cantidad de fuerza en las tres situaciones para elevar el vehículo del suelo? ¿Explicalo?</p> | <p>Respuesta: “Considero que no puesto que, para empezar la fuerza humana es más compleja porque no te estas apoyando de alguna herramienta que te facilite el movimiento y reduzcas la fuerza que emplees, en el gato de tornillo el constante movimiento de girar la manija y medida que este va subiendo, hasta elevar el primer eje con solo el movimiento necesitaríamos más fuerza que el gato de botella pero menos que la fuerza humana, con respecto al gato de botella el levantamiento de la palanca será más favorable y ligero, no necesitaríamos la misma fuerza que en las demás opciones”.</p> <p>Análisis: El pone de manifiesto que la fuerza humana y el gato de tornillo necesitarían mayor fuerza para elevar el carro que si se utilizara el gato de botella, y esto es verdad, lo que no se evidencia es como se transforma la fuerza que se le imprime esta herramienta para elevar objetos de gran peso.</p> | <p>Respuesta: “No, puesto que para la fuerza humana no se apoya en alguna otra herramienta que facilite el movimiento o reduzca la fuerza realizada, en gato de tornillo es constante movimiento de girar puede ocasionar agotamiento, finalmente el gato de botella requiere de menos fuerza, pues el levantar la palanca será más favorable y ligero, además por el sistema hidráulico de este, esto se resumen en: fuerza humana necesita mayor fuerza que el gato de tornillo y de botella. Gato de tornillo: menos fuerza a comparación de la fuerza humana, pero mayor fuerza con respecto al gato de botella. Gato de botella: menor fuerza que el gato de tornillo a si mismo menor fuerza que la fuerza humana”.</p> <p>Análisis: En la respuesta E1 compara desde su experiencia la facilidad que ofrece el gato de botella para elevar el carro y poder cambiar el neumático, además afirma que el gato de botella por ser un “sistema hidráulico” se necesite menos fuerza. Lo descrito anteriormente, es valido con respecto ha que el gato de botella es la mejor opción, pero la respuesta de E1 carece de una explicación científica donde mencione que la fuerza que se le imprime a la “palanca” se direcciona a un embolo de mayor área que aumentara la fuerza.</p> |
| <p>¿Cuál crees que es la razón por la que se eleva el camión? Justificalo e ilústralo sobre la imagen.</p> | <p>Respuesta: “Pienso que el camión se eleva por la fuerza y presión que se ejerce al inicio de este sistema en la parte del cilindro, así mismo en la ilustración se puede observar que la presión está en un área más reducida, pero al desplazarse y llegar a la parte más amplia con mayor área se podría decir que esta fuerza de presión se aumenta o multiplica mucho más logrando elevar al camión, también podría influir la densidad de este fluido”.</p> <p>Análisis: Las variables que actúan para elevar el camión y ejercen sobre el sistema hidráulico efectivamente son la presión y la fuerza, pero la justificación no representa una respuesta acertada, dado que los conceptos de fuerza y presión se están usando de manera errónea para explicar el funcionamiento de un sistema hidráulico.</p> | <p>Respuesta: “La razón por la que se eleva el camión, es debido a que se aplica fuerza en el embolo 1 y la presión es la misma, pero al llegar al embolo 2 hay una mayor superficie (área) que en embolo 1, dando como resultado que se eleve el camión, desarrollándose el desplazamiento del líquido”.</p> <p>Análisis: E1 cuando afirma que la “la razón por la que se eleva el camión, es debido a que se aplica fuerza en el embolo 1” y esta me genera un “presión” en el fluido de igual magnitud en todo el sistema, nos demuestra como el principio de Pascal explica el funcionamiento de un sistema hidráulico. Se destaca de esta respuesta que E1 diferencia conceptualmente los términos fuerza y presión.</p> |

| | | |
|---|--|---|
| <p>¿Crees que usando otra sustancia o material que no sea un líquido se pueda elevar el camión? Justifica tu respuesta e ilústrala.</p> | <p>Respuesta: <i>“En mi opinión creo que no, pues este sistema hidráulico está planteado o configurado a la base de un líquido, así mismo para que este tenga un funcionamiento correcto o eficiente, si utilizamos un sólido las funciones no se cumplirían, igualmente un gas (gaseoso) no cumpliría las propiedades del desarrollo y la función del sistema hidráulico”.</i></p> | <p>Respuesta: <i>“No, pues el sistema hidráulico es a base de un líquido para que cumpla con lo que se requiere, además una característica fundamental es la presión, pero especialmente la de un líquido ya que un gaseoso presenta compresibilidad, pero no se descarta una posibilidad, y con un sólido como arena o piedras el sistema no funcionaría incorrectamente, pues se puede perjudicar el proceso por ejemplo obstruyendo el desplazamiento”.</i></p> |
| | <p>Análisis: A pesar que E1 no esta esta segura de su afirmación, es válida, ya que, para entender el principio de Pascal en un sistema hidráulico el fluido no debe compresible, por tanto un “gas” no cumpliría para aplicar este principio físico.</p> | <p>Análisis: E1 utiliza dos contra ejemplos validos con elementos que no cumplirían las características físicas para explicar para explicar el principio de Pascal, ya que, los gases tienen compresibilidad y que usar objetos sólidos perderán las propiedades teóricas del comportamiento de los líquidos en este sistema.</p> |

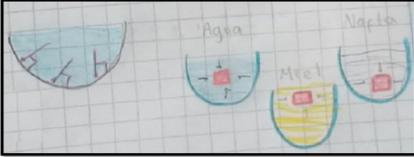
Discusiones:

El modo escrito representado en el pre-test y post-test evidencia la necesidad de reforzar la coherencia con la que se expresan los conceptos científicos, ya que, se evidencia que E1 conoce los conceptos abstractos a definir, pero, se le dificulta expresarlo de manera completa, adecuada y ordenada (Tamayo, Cadavid y Dávila, 2018; Garcia, 2018). Es importante aclarar que la estudiante E1 contesto acertadamente la preguntas. Las situaciones planteadas para acercarse a los conceptos abstractos de presión, fuerza y entendimiento del principio de Pascal fueron acertadas para E1, ya que, sus respuestas demuestran que no tuvo inconvenientes para entender el contexto, lo que promueve una creación de significados con eventos ya vividos (Abela, 2002).

Figura 7. Análisis de las actividades: laboratorio y maqueta de EI

| LABORATORIO | | MAQUETA | |
|--|--|---|--|
| | | Tiempo: | |
| <p>Teniendo en cuenta los tres fluidos analizados, ¿Cómo afecta la densidad del fluido con relación a la presión? (Agua, miel y gasolina)</p> | <p>Respuesta: “<i>La densidad y la presión tienen una relación en que, entre más profundo, más alta es la densidad. El principio fundamental de la hidrostática dice que la presión en un punto del interior de un fluido, por lo que es directamente proporcional a su densidad, a la profundidad, gravedad del sitio en el que se encuentre</i>”.</p> | <p>Tiempo: 0:00s – 0:30s</p> | <p>Tipo de gesto: Deictico</p> |
| | | <p>Momento 1</p>  | <p>Modo oral: “<i>Buenos días profe, mi nombre es Laura Prieto y esta es mi maqueta. Los materiales que emplee para realizarla fueron dos palos de balsa, dos palos de paleta suficientemente resistentes, una base en madera, una manguera, colorante natural, una lata y dos jeringas, una con un embolo menor de cinco mililitros y esta de acá con un embolo mayor de diez mililitros</i>”.</p> |
| <p>Análisis: Esta respuesta evidencia un concepto erróneo referente a la relación que hay entre la densidad del fluido y su presión que genera, ya que, si se manejan diferentes densidades a una misma profundidad, la presión cambia y aumenta a medida que el fluido es mas denso. Además, las oraciones no son coherentes por lo aplica conceptos que no demuestran lo que quiere comunicar</p> | | <p>Descripción del gesto: La estudiante EI con el dedo índice de su mano derecha señala el objeto palpable, con su mano izquierda sostiene el objeto palpable.</p> <p>Análisis: El gesto por sus características es de tipo deictico, por lo que, el dedo índice de su mano derecha señala las partes con las que está diseñada la maqueta o estructura palpable que explica el principio de Pascal. El proceso de mencionar los materiales con los que está compuesta la maqueta, permite visualizar bajo que factores se explica principio de Pascal.</p> | |
| <p>¿Qué concluye a medida que se toman los datos a mayor profundidad?</p> | <p>Respuesta: “<i>Lo que se concluye es que entre más profundo se tome la medida, más alta será la presión. Podemos tomar como ejemplo cuando nos sumergimos en una piscina, ya que entre más bajemos, más peso del agua comenzamos a soportar. Por otra parte, podemos concluir que entre las sustancias usadas la nafta es la que tiene menor presión y la miel es la sustancia con la presión más alta</i>”.</p> | <p>Tiempo: 0:32s – 0:38s</p> | <p>Tipo de gesto: Deictico</p> |
| | | <p>Momento 2</p>  | <p>Modo oral: “<i>El principio de Pascal lo podemos explicar por medio de esta prensa hidráulica</i>”.</p> |
| <p>Análisis: Este respuesta es clara y verdadera, ya que, a mayor profundidad aumenta la presión. Además, las analogías que expresa la estudiante son validas y se toman como situaciones que suceden verdaderamente en nuestro contexto.</p> | | <p>Descripción del gesto: La estudiante EI con los dedos corazón e índice de su mano derecha señala el objeto palpable, con su mano izquierda sostiene el objeto palpable.</p> <p>Análisis: El gesto es de características deicticas, por lo que, los dedos índice y corazón de su mano derecha los extiende para señalar la maqueta, aclarando que por medio de ese objeto palpable se podrá “<i>explicar</i>” el principio de Pascal, por lo que representa una presa hidráulica.</p> | |

| | | | |
|--|--|--|---------------------------------------|
| <p>¿Que sucede si se colocan dos barómetros a la misma profundidad pero en aberturas deferentes? Justifica tu respuesta</p> | <p>Respuesta: <i>Al colocar dos barómetros a la misma profundidad, la presión no cambia, sigue siendo la misma por que la densidad depende profundamente de la temperatura y la salinidad, pero no del espacio.</i></p> | <p>Tiempo: 0:32s – 0:38s</p> | <p>Tipo de gesto: Deictico</p> |
| <p>Análisis: La primera parte de la respuesta es clara y acertada, porque efectivamente al colocar dos barómetros a una misma altura en un compartimiento que contiene un líquido y este a su vez tiene varias aberturas superiores con desembocaduras irregulares, la presión sigue siendo la misma, ya que presión solo es afecta por la profundidad.</p> | | <p>Momento 3</p>  <p>Descripción del gesto: En el primer gesto la estudiante E1 con el dedo índice de su mano derecha señala el embolo de la jeringa de menor capacidad y con su mano izquierda sostiene la jeringa esta jeringa. En el segundo gesto, la estudiante E1 con sus dos dedos índices señala la jeringa de mayor capacidad.</p> <p>Análisis: El gesto es de tipo deictico, ya que, cuando E1 con su mano derecha señala el émbolo de la jeringa afirma “<i>pues aquí es donde nosotros vamos a aplicar la fuerza</i>” demostrando que para que funcione esta prensa, es incondicional aplicar una fuerza externa. En el segundo gesto cuando la estudiante señala la jeringa de mayor capacidad afirma “<i>acá en el embolo mayor este va a recibir la fuerza</i>”, destaca la principal característica para comprender el principio de Pascal y sus aplicaciones en artefactos hidráulicas.</p> | |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------------------|
| <p>¿Cómo representa la presión de un líquido en un contenedor de superficie curva? Ilústrello y explíquelo.</p> | <p>Respuesta: <i>“En mi opinión, teniendo que la presión es la razón entre la fuerza perpendicular, en este caso como el recipiente es curvo sus fuerzas en la presión se distribuirían en el recipiente de manera curva, es decir no se podrían evidenciar perpendiculares por su forma.”</i></p> | <p>Tiempo: 1:04s – 1:11s</p> | <p>Tipo de gesto: Deictico</p> |
| <p>Análisis:</p> <p>Modo escrito: En efecto, es un sistema hidráulico la presión que genera la fuerza sobre las paredes va hacer de la misma magnitud en todo el sistema, pero la presión (y no la fuerza) en una superficie curva o incluso plana, siempre se va a representar geoméricamente perpendicularidad en cualquier punto de las paredes del sistema que contiene al fluido.</p> <p>Modo visual: En el dibujo se observa con claridad la representación geométrica de la presión, incluso la estudiante resalta ángulos de 90° del ventor con respecto al punto de la superficie. En la parte derecha del la imagen, E1 dibuja tres superficies curvas y en el interior de cada una de ellas hay un líquido diferente (agua, miel y gasolina) y un cubo rojo. Con lo anterior, E1 quiere resaltar la importancia de la densidad en un fluido con la presión, y lo logra ubicando el cubo a diferentes profundidades.</p>  | | <p>Momento 4</p>  <p>Descripción del gesto: La estudiante con el dedo índice de su mano derecha señala la jeringa y con el dedo índice de su mano izquierda señala la manguera.</p> <p>Análisis: El gesto es de tipo deictico, ya que, la estudiante señala con su dedos índices dos parte del sistema donde se percibe que esta contenido el líquido afirmando que este se encuentra en “reposo” y su presión “<i>se va a transmitir a todos los puntos del líquido o del fluido de manera constante con la misma intensidad</i>”, lo cual es verdadero, estas afirmación destaca dos características importante del fluido dentro del sistema hidraulico: que el líquido se encuentra en reposo y la presión que genera la fuerza es igual en todos los conductos del sistema hidráulico.</p> | |

Discusiones:

El modo escrito en esta actividad tuvo un mayor acercamiento al contenido semiótico esperado, ya que, se evidencio el uso de lenguaje científico para responder a los cuestionamientos que buscaban aclarar la representación y las características de la presión en un fluido. Este modo permitió un acercamiento a explicaciones con criterio científico y validar el contexto en el que se encuentra la estudiante E1, por lo que, asigno ejemplos de su medio para dar claridad al concepto de presión, es decir, creo un significado a partir de las posibilidades y limitaciones de su medio (Kress, et al., 2001).

Utilizar una maqueta o recurso palpable para explicar el principio de Pascal, es un medio o recurso semiótico valioso, por lo que, es un complemento para crear un significado de un concepto abstracto, además, se evidencia la interacción de estos dos modos en la estudiante E1 (Kress, et al., 2001). Para Gómez (2008), el uso de objetos palpables para explicar conceptos abstractos visualiza características del fenómeno que no había sido integradas en otros modos semióticos. El gesto deíctico resalta por su frecuencia en esta actividad, ya que, el funcionamiento de la maqueta es válido para explicar el principio de Pascal, lo que facilita al estudiante el señalar sección por sección como se va produciendo este fenómeno. Se aprecia que E1 tuvo un acercamiento al lenguaje científico en sus expresiones orales. Por tanto, el uso de gestos con la incorporación de material palpable para describir fenómenos físicos son una pieza clave para la construcción de significados científicos (Fagúndez & Castella,2009).

7.3 INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DEL ESTUDIANTE E2

Para el análisis del modo gestual oral en el pre-test y post-test, se les planteó a los estudiantes una situación en la cual tenían que dar respuesta en qué momento se siente mayor dolor ¿si al ser pisado por un tacón o por un botín? Para contestar esta situación desde una perspectiva científica es importante tener presente los conceptos de presión, fuerza y área. Las respuestas y el análisis se dan a conocer en la figura 8.

Figura 8. Análisis modo gestual oral de E2

| PRE-TEST | | POST-TEST | |
|--|---|--|---|
| Tiempo total: 00:00s – 0:23s | | Tiempo total: 00:00s – 0:50s | |
| Tiempo: 0:01 s – 0:06s | Tipo de gesto: icónico | Tiempo: 0:16s – 0:28s | Tipo de gesto: icónico |
| <p>Momento 1</p>  | <p>Modo oral: “A mi parecer Luisa le dijo a Manuela que le dolió más cuando la piso con el tacón debido a que como el tacón tiene menos superficie”.</p> | <p>Momento 1</p>  | <p>Modo oral: “Básicamente a la amiga de Manuela le dolió más cuando fue pisada con el tacón debido a que este tiene menor superficie por la cual se puede distribuir la fuerza, y si nos remontamos al concepto de presión, que es básicamente igual a fuerza dividida en área, entonces podemos el por qué le dolió más, pues al tener menor superficie la fuerza va a estar solo ejercida en un punto, lo que hace que le duela más”.</p> |
| <p>Descripción del gesto: El estudiante E2 extiende su palma de la mano derecha para representar la superficie donde el tacón va producir dicha presión.</p> <p>Análisis: Este gesto icónico resalta las características que puede tener una superficie, además, es correcto cuando E2 afirma que el dolor se ocasiona porque “el tacón tiene menos superficie”, por lo que, a menor área de la superficie del tacón mayor será la presión que este ejerce.</p> | | <p>Descripción del gesto: El estudiante E2 extiende la palma de su mano derecha y posiciona de manera perpendicular los dedos corazón e índice de su mano izquierda.</p> <p>Análisis: El gesto que se analiza en este segmento es de tipo icónico, ya que, los dedos corazón e índice de la mano izquierda simulan ser la punta del tacón, y lo aclara mencionando que este tiene “menor superficie”, además, describe la fórmula de la presión para dar validez a lo dicho, lo cual es válido, puesto que la presión se presenta cuando uno aplica una fuerza sobre una determinada superficie.</p> | |
| Tiempo: 0:17s - 0:27s | Tipo de gesto: Metafórico y icónico. | Tiempo: 0:45s – 0:49s | Tipo de gesto: Icónico |
| <p>Momento 2</p>   | <p>Modo oral: “En este caso, Luciana presento mayor dolor cuando Manuela la piso con el tacón”.</p> | <p>Momento 2</p>  | <p>Modo oral: “la fuerza se va a distribuir por varias partes”.</p> |
| <p>Descripción del gesto: Para el primer gesto de este momento 2, E2 posiciona los dedos de su mano derecha sobre la palma de su mano izquierda la cual esta parcialmente extendida. Para el segundo gesto, E2 señala con el dedo índice de su mano izquierda la palma de su mano derecha que parcialmente extendida.</p> <p>Análisis: Con el primer gesto es de características metafóricas, por lo que E2 representa la fuerza que ocasiona la punta del tacón sobre la superficie que va afectar, el concepto de fuerza al no tener una representación gestual conocemos como la representa E2. El segundo gesto de tipo icónico, el dedo índice representa la punta del tacón sobre una superficie que se va afectar. Estos dos gestos respaldan claramente su discurso oral cuando dice “Luciana presento mayor dolor cuando Manuela la piso con el tacón”.</p> | | <p>Descripción del gesto: Para este gesto, los dedos de la mano izquierda están cerrados hacia la palma (en forma de puño) y gira haciendo movimientos parabólicos. La palma de la mano derecha esta extendida por debajo de la mano izquierda.</p> <p>Análisis: El gesto que se visualiza es de tipo icónico, por lo que el estudiante al afirmar que “la fuerza se va a distribuir por varias partes”, este gira su mano izquierda para denotar que el botín tiene un mayor área en su suela y por ende, su fuerza se va a “distribuir”, lo cual es válido, ya que, en este sentido la presión que ejercer el botín es menor que la que ejerce el tacón.</p> | |

| | Tiempo: 0:12s – 0:23s | Tipo de gesto: Icónicos | Tiempo: 0:53s – 1:05s | Tipo de gesto: Icónico |
|-----------|---|--|--|---|
| Momento 3 |  | Modo oral: <i>“mientras que con el botín tiene más superficie por la cual distribuir la fuerza equitativamente o mejor dicho se va a sentir menos la fuerza”.</i> |  | Modo oral: <i>“al tener mayor superficie la fuerza se va a distribuir por varias partes por lo que le va a doler menos”.</i> |
| | <p>Descripción del gesto: El primer gesto, la palma de la mano izquierda se desliza sobre la palma de la mano derecha sin tocarla. En el segundo gesto la palma de la mano izquierda se dirige hacia la palma de la mano derecha.</p> <p>Análisis: El primer gesto se clasifica como icónico por representar una superficie, ya que, el estudiante al mencionar <i>“superficie por la cual distribuir la fuerza equitativamente”</i> destaca la superficie del botín, ya que esta tiene un mayor área y su fuerza se distribuir. En el segundo gesto, que también es icónico representa la acción de pisar, complementado que la fuerza se va a sentir menos.</p> | | <p>Descripción del gesto: Para representar el siguiente gesto, E2 posiciona su mano izquierda en sentido vertical, de tal manera que, el brazo y en antebrazo formen un ángulo de 90° y sus dedos estén en la parte inferior cerrados en forma de puño, por otra parte, la palma de la mano derecha esta extendida de manera horizontal por debajo del puño de la mano izquierda, es decir, que los dos antebrazos están alineados perpendicularmente.</p> <p>Análisis: El gesto que se representa en esta acción es de tipo icónico, ya que, cuando afirma <i>“al tener mayor superficie, la fuerza se va a distribuir por varias partes por lo que le va a doler menos”</i> resalta dos características imprescindibles para entender y representar el concepto de presión, en primera instancia el puño de la mano izquierda representa la superficie del botín (tiene mayor superficie) y en segunda instancia el antebrazo están ubicado de manera perpendicular con la palma de la mano derecha, representando geoméricamente la presión sobre una superficie.</p> | |

Discusiones:

El modo gestual oral analizado en el pre-test y post-test se resalta que E2 utilizó varios gestos para enfatizar en los conceptos de fuerza, presión y área, dando como resultado información única y adicional (Roth y Lawless, 2002). Una muestra de ello es en el momento 3 de post-test, cuando el estudiante utiliza sus antebrazos para resaltar la perpendicularidad que se genera entre la presión y la superficie, pero lo que se destaca, es que en nunca mencionó en su discurso algo referente a la perpendicularidad. Para McNeill (1992), la orquestación de los modos semíticos oral y gestual tiene grandes beneficios, por lo que revelan hallazgos que no se pueden encontrar en un solo modo, como lo muestra el momento 2 del pre-test, cuando E2 proyectando como si estuviera manipulando un tacón. En el pre-test y post-test se evidencia el uso frecuente del gesto icónico, el cual según

McNeill (1992) representa imaginariamente atributos de objetos los cuales se usaron para definir el concepto de presión, fuerza y área.

Figura 9. Análisis modo visual de E2

| Nivel de representación | | Nivel de representación | |
|---|--|--|--|
| Nivel:5. Representación completa del dibujo | | Nivel:5. Representación completa del dibujo | |
| ¿Crees que usando otra sustancia o material que no sea un líquido se pueda elevar el camión? | | ¿Crees que usando otra sustancia o material que no sea un líquido se pueda elevar el camión? | |
| | | | |
| <p>Análisis: El estudiante E2 ilustra un contra ejemplo para demostrar que un elemento diferente al líquido, el sistema hidráulico no funcionara, en este caso, ilustra un sistema hidráulico con dos émbolos de diferente tamaño. En el interior del sistema se encuentran tres rectángulos en forma de bloque que obstaculizan y evitan que el camión sea elevado. El émbolo de mayor tamaño esta acompañado con la siguiente expresión “no se eleva el camión”, dando a entender que los bloques “atasca” el sistema.</p> | | <p>Análisis: El estudiante E2 ilustra un contra ejemplo para demostrar que un elemento como la arena no permite el correcto funcionamiento de una prensa hidráulica. Para ello, dibuja un sistema hidráulico con dos émbolo de diferente tamaño y un camión que espera ser elevado. Dentro del sistema hidráulico al lado del émbolo de menor área se ilustra una flecha de color rojo que representa la fuerza que se le aplica al émbolo de menor área, lo que genera una “compresión” y no permite elevar el camión.</p> | |

| PRE-TEST | | POST-TEST | |
|--|--|--|--|
| Nivel de representación | | Nivel de representación | |
| Nivel 3: Dibujos con conceptos erróneos | | Nivel 4: Dibujos parciales | |
| ¿Cuál crees que es la razón por la que se eleva el camión? | | ¿Cuál crees que es la razón por la que se eleva el camión? | |
| | | | |
| <p>Análisis: Las flechas de color rojo que se encuentran dentro del sistema, representan el desplazamiento del líquido del émbolo de menor área al émbolo de mayor área. La flecha de color negro que encuentra por fuera del sistema al lado del émbolo de menor área representa la fuerza y la presión que se ejerce sobre este, lo que es incorrecto, ya que allí, solo se imprime la fuerza y la presión se genera dentro del sistema hidráulico.</p> | | <p>Análisis: Las flechas de color rojos que se encuentran en el sistema representan la fuerza, del émbolo de menor área, sale una flecha representando menor fuerza y en el émbolo de mayor área se reflejan tres flechas representando el incremento de la fuerza. Su nivel de representación es parcial, ya que no se ilustra la presencia de la presión, característica importante para entender el principio de Pascal.</p> | |

Discusiones:

Para el análisis de esta actividad se tuvieron en cuenta los niveles de representación según Köse (2008). En el primer dibujo que plantea esta actividad para el pre-test y post-test, no se obtuvo un nivel de representación completa (nivel 5), ya que, en el pre-test ilustra vectores solo para demostrar el desplazamiento del fluido, lo cual, no es tan representativo, pero, en el post-test, se evidencia un progreso a nivel de presentación de dibujos parciales (nivel 4), ya que esta oportunidad, utiliza la ilustración del vector pero para representar la fuerza que produce el sistema hidráulico, es decir, se crea un nuevo significado a partir de experiencias ya vividas (Kress, 2010). En la segunda ilustración del pre-test y post-test el estudiante E2 se mantiene en el nivel de representación completa (nivel 5), por lo que, en ambas ilustraciones presenta contraejemplos claros y distintos, donde demuestra que, si se usa otro elemento distinto a un líquido, el sistema hidráulico no funcionaría, lo anterior, nos permite concluir que el modo visual proporciona y promueve nuevas inferencias para la construcción de nuevos significados (Ainsworth, Prain, y Tytler, 2011).

Figura 10. Análisis modo escrito de E2

| Pregunta | PRE-TEST | POST-TEST |
|--|--|---|
| ¿Cuál de las siguientes herramientas consideras la más adecuada para cambiar el neumático? ¿Por qué? | <p>Respuesta: <i>"Considero que es más adecuado es el gato de botella, pues su uso es simple y fácil de entender, aparte de que no necesita tanta fuerza para hacer operado".</i></p> <p>La respuesta de E2 es correcta, pero su justificación no tiene un criterio científico que demuestre la eficiencia del sistema hidráulico que posee el gato de botella.</p> | <p>Respuesta: <i>"Considero que es más adecuado es el gato de botella, pues, su uso es simple y fácil de entender, aparte de que no necesita tanta fuerza para hacer operado, pues, usa un sistema hidráulico".</i></p> <p>La respuesta de E2 es acertada y justifica que la fuerza que se emplea para elevar el carro es menor a las otras dos opciones (fuerza humana y gato de tornillo), además, agrega que el gato de botella esta conformado por un sistema hidráulico.</p> |
| ¿Crees que se debe utilizar la misma cantidad de fuerza en las tres situaciones para elevar el vehículo del suelo? ¿Explicalo? | <p>Respuesta: <i>"No, en las tres situaciones se usan diferentes cantidades de fuerza, donde la fuerza humana es la que más usa o requiere para elevar el auto y reemplazar la llanta, porque necesita fuerza para elevarlo y mantenerlo ahí, luego seguiría el gato de tornillo y por último el gato de botella ya que usa menos fuerza por ser un sistema hidráulico."</i></p> <p>La descripción que realiza E2 para concluir que el gato de botella es la mejor herramienta para elevar el vehículo no es la más precisa, ya que, al mencionar que el gato de botella es un sistema hidráulico, no explica por medio del principio de Pascal el porque se necesita menos fuerza.</p> | <p>Respuesta: <i>"No, claramente el gato hidráulico usa menos fuerza, pues este la multiplica, debido a que la presión interna del sistema es constante en todas partes del mismo y si analizamos el concepto de presión podemos darnos cuenta que al haber la misma presión y más área en un extremo del sistema la fuerza debe aumentar".</i></p> <p>Es coherente que el estudiante E2 manifieste que el gato de botella sea la mejor elección para elevar el carro, además, afirma que <i>"el gato hidráulico usa menos fuerza, pues este la multiplica, debido a que la presión interna del sistema es constante en todas partes del mismo"</i>, aclarándonos el parte del funcionamiento interno de un sistema hidráulico y como la presión en este permite elevar el vehículo.</p> |

| | | |
|---|--|---|
| <p>¿Cuál crees que es la razón por la que se eleva el camión? Justifícalo e ilústralo sobre la imagen.</p> | <p>Respuesta: "Considero que el camión se eleva debido que al empujar por un lado del líquido que está dentro del tubo este se va a desplazar de tal forma que se mueva y eleve el otro extremo, en este caso el extremo en el que está el camión".</p> <p>En esta respuesta el estudiante no utiliza una base científica para justificar su respuesta.</p> | <p>Respuesta: "El camión se eleva debido a que el fluido en el interior del sistema empuja el embolo sumado a una propiedad de los fluidos descrita en el principio de Pascal generan la elevación del camión, esta propiedad plantea que en un sistema hidráulico la presión es la misma en todas partes, y al hacer mayor superficie en una parte la fuerza también aumenta generando el movimiento".</p> <p>En esta respuesta el estudiante evidencia que las propiedades físicas del principio de Pascal permiten la elevación del camión, además aclara que la presión que se genera dentro del sistema "presión es la misma en todas partes" generando un aumento de la fuerza.</p> |
| <p>¿Crees que usando otra sustancia o material que no sea un líquido se pueda elevar el camión? Justifica tu respuesta e ilústrala.</p> | <p>Respuesta: "No creo que usando otra sustancia que no sea un líquido el sistema funciones igual de bien, pues una característica que tienen los líquidos es que pueden tomar la fuerza del contenedor que los contiene y por ejemplo un sólido se atascaría."</p> <p>La respuesta no es precisa, teniendo en cuenta que no se puede "tomar la fuerza del contenedor", pero afirma que un elemento diferente a un líquido no cumpliría las propiedades para explicar el principio de Pascal.</p> | <p>Respuesta: "No, pues otra característica de los sistemas hidráulicos es que las sustancias internas no se pueden comprimir, puesto que de lo contrario como por ejemplo un sólido como la arena el sistema no funcionaría porque la sustancia interna (arena) se comprimiría por la fuerza que ejerce un embolo y esta presión no se expresaría en el embolo mayor o en el embolo de mayor diámetro y por ende no se elevaría el camión y no habría movimiento."</p> <p>En esta respuesta se plantea un contra ejemplo, puesto que el estudiante propone una situación en la que se utiliza un elemento diferente al líquido, afirmando que "un sólido como la arena el sistema no funcionaría" lo cual es válido, además, pone en consideración que los émbolos del sistema se atascaría impidiendo el movimiento de los mismos.</p> |

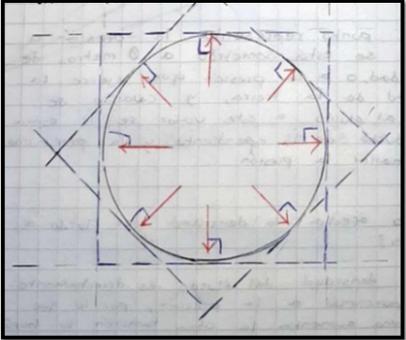
Discusiones:

Peña (2008), menciona que el modo escrito es una herramienta que nos permite organizar el conocimiento de lo aprendido, por ende, a pesar que el estudiante E2 en el pre-test reconoce que el sistema hidráulico es la mejor opción para elevar objetos con pesos superiores dada fuerza mínima que se le imprimen, no se evidencia en tu totalidad un acercamiento a la terminología científica y coherencia en las oraciones. Es probable que el estudiante no comprendió en su totalidad el contexto de las preguntas dado que no ha tenido la oportunidad de vivir esa experiencia, ya que, el contexto juega un papel crucial para la creación de nuevos significados (Kress, 2010). En el post-test se evidencia un avance significativo en las respuestas del estudiante, ya que utiliza un lenguaje científico para justificar las respuestas acordes a los conceptos que sustentan el principio de Pascal.

Figura 11. Análisis de las actividades: laboratorio y maqueta de E2

| LABORATORIO | | MAQUETA | | |
|--|--|------------------------------|---|--|
| | | Tiempo: 00:00s – 01:16s | | |
| <p>Teniendo en cuenta los tres fluidos analizados, ¿Cómo afecta la densidad del fluido con relación a la presión? (Agua, miel y gasolina)</p> | <p>Respuesta: <i>“La densidad del fluido es directamente proporcional a la presión, por lo que si una aumentará la otra también lo hará.”</i></p> | <p>Tiempo: 0:19s – 0:29s</p> | <p>Tipo de gesto: Deíctico</p> | |
| | | <p>Momento 1</p> |  | <p>Modo oral: <i>“cuando se ejerce presión a un fluido que este contenido y es incompresible, la presión va a ser igual en todas las partes del sistema, por lo que la presión que estoy ejerciendo en esta parte con esta jeringa, va a ser la misma que se está ejerciendo en esta parte”.</i></p> |
| <p>Análisis: La respuesta del estudiante es correcta, además el uso del lenguaje científico y la coherencia de la respuesta es adecuada. Resaltamos que el simulador no proporciona información directa de que <i>“la densidad del fluido es directamente proporcional a la presión”</i>, por lo tanto, el estudiante E2 pudo llegar por sus propios conocimientos a esta inferencia.</p> | <p>Descripción del gesto: En el primer gesto E2 sostiene con su mano derecha la jeringa de menos capacidad y con los cinco dedos de su mano izquierda señala la jeringa que sostiene su mano derecha. Para el segundo gesto, con su mano derecha sostiene y oprime la jeringa de menos capacidad y su mano izquierda se direcciona y toca la jeringa con mayor capacidad.</p> | | | |
| | | <p>Momento 2</p> |  | <p>Tiempo: 0:30s – 0:47s</p> <p>Tipo de gesto: Deíctico</p> <p>Modo oral: <i>“El principio de Pascal lo podemos explicar por medio de esta prensa hidráulica”.</i></p> |
| <p>¿Qué concluye a medida que se toman los datos del barómetro a mayor profundidad?</p> | <p>Respuesta: <i>“Los dos barómetros detectaron la misma presión, pues la abertura no influye en la presión por lo que en este caso es la misma en los dos barómetros, debido a que la abertura no está en la ecuación para determinar la presión.”</i></p> | | <p>Análisis: En el primer gesto es de tipo deíctico, ya que, E2 señala la jeringa de menor área en su émbolo para mencionar que el contenido que esta en el sistema debe ser un fluido <i>“incompresible”</i>, además, aclara que la presión que se genera en esta jeringa su magnitud va hacer igual en todo el sistema. Es importante aclarar que cuando uno le ejerce fuerza al fluido este genera una presión sobre las paredes que lo contienen. El segundo gesto sigue siendo de carácter deíctico, ya que, cuando el estudiante afirma <i>“la presión que estoy ejerciendo en esta parte con esta jeringa, va a ser la misma que se está ejerciendo en esta parte”</i>, es correcta, y lo demuestra al ejercer una fuerza sobre la jeringa de menor área y señala inmediatamente la jeringa de mayor área. En estos dos gestos se evidencia que la presión que genera el fluido en las paredes que lo contiene va hacer de igual magnitud en todo el sistema.</p> | |

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>Análisis: La respuesta del estudiante es correcta, ya que, al colocar dos barómetros a una misma profundidad en aberturas diferentes, se obtiene la misma presión. Además, el estudiante infiere y acierta en que la fórmula matemática para hallar la presión a cierta profundidad no se tiene en cuenta una variable referente a la aventurar que presente el sistema.</p> | <p>Descripción del gesto: En el primer gesto, el estudiante sostiene la jeringa con su mano derecha y con su mano izquierda señala la jeringa con mayor capacidad. En el segundo gesto, el estudiante sostiene la jeringa con la mano izquierda y con el dedo índice de su mano derecha toca el émbolo jeringa de menor capacidad.</p> <p>Análisis: El primer gesto es de tipo deíctico, E2 toca con su mano izquierda la jeringa con el embolo de mayor área mientras afirma el “<i>concepto de la presión que es básicamente a que la fuerza dividida en el área es igual a la presión</i>” lo cual es correcto. Lo anterior denota, que el estudiante utiliza la fórmula matemática para argumentar como se genera la presión, lo cual es válido. El segundo gesto es de tipo deíctico y E2 lo utiliza para enfatizar sobre la fuerza que puede generar una prensa hidráulica y lo hace señalando el émbolo de la jeringa de menor área y afirmando que “<i>al mantenerse la presión constante en una superficie con mayor área, va a dar como resultado que se aumente la fuerza</i>” lo cual es correcto, ya que, al mantenerse la presión constante en el sistema hidráulico la fuerza que se ejerce en el embolo de menor área, esta fuerza aumentará en el embolo de mayor área.</p> | | |
| <p>¿Qué sucede si se colocan dos barómetros a la misma profundidad pero en aberturas deferentes? Justifica tu respuesta</p> | <p>Respuesta: <i>“Los dos barómetros detectaron la misma presión, pues la abertura no influye en la presión por lo que en este caso es la misma en los dos barómetros, debido a que la abertura no está en la ecuación para determinar la presión.”</i></p> | <p>Tiempo: 0:48s – 1:11s</p> <p>Momento 3</p>  | <p>Tipo de gesto: Deíctico</p> <p>Modo oral: <i>“por lo que se puede decir que la fuerza que estoy ejerciendo en este embolo va a ser menor que la fuerza que se está ejerciendo en este otro embolo”.</i></p> |
| <p>Análisis: La respuesta del estudiante es correcta, ya que, al colocar dos barómetros a una misma profundidad en aberturas diferentes, se obtiene la misma presión. Además, el estudiante infiere y acierta en que la fórmula matemática para hallar la presión a cierta profundidad no se tiene en cuenta una variable referente a la aventurar que presente el sistema.</p> | <p>Descripción del gesto: Para este gesto, E2 con su mano derecha sostiene y presiona el émbolo de menor, y con su mano izquierda toca el embolo de mayor área.</p> <p>Análisis: En este gesto, el estudiante demuestra el principio de Pascal con su maqueta, afirmando que “<i>la fuerza que estoy ejerciendo en este embolo va a ser menor que la fuerza que se está ejerciendo en este otro embolo</i>”, E2 aclara que la fuerza generada por el embolo de mayor área va hacer superior a la que se le aplico al émbolo de menor área, lo cual es correcto y cumple con la definición del concepto del principio de Pascal.</p> | | |

| | | |
|--|--|--|
| <p>¿Cómo representa la presión de un líquido en un contenedor de superficie curva? Justifíquelo e ilústrelo.</p> | <p>Respuesta: <i>“La presión en una superficie curva se sigue ejerciendo perpendicularmente a cada punto de la pared de circular, y por eso al trazar rectas que toquen en un solo punto a la figura, podemos darnos cuenta que la presión sigue siendo perpendicular.”</i></p> | |
|  | | |
| <p>Análisis</p> <p>Modo escrito: La respuesta del estudiante es correcta, cuando afirma <i>“al trazar rectas que toquen en un solo punto a la figura, podemos darnos cuenta que la presión sigue siendo perpendicular”</i>, puesto que utilizó rectas tangentes a la circunferencia para demostrar geoméricamente la perpendicularidad que genera la presión sobre una superficie.</p> <p>Modo visual. El nivel de representación es completa (nivel 5), el estudiante gráfica un círculo el cual representa una esfera con un líquido en su interior. En el interior de la circunferencia se ilustran ocho flechas que representan vectores que apuntan de afuera hacia adentro, estos vectores representan geoméricamente la presión que se ejercen sobre diferentes puntos de la pared que contiene el líquido, además, a lado de cada uno de los vectores hay una representación simbólica de un ángulo de 90°, con el fin de aclarar que la presión es perpendicular a la superficie. Se agregan ocho rectas tangentes a la circunferencia para mostrar geoméricamente que existe perpendicularidad entre la presión y la superficie en cada uno de los puntos propuestos.</p> | | |

Discusiones:

Las respuestas del estudiante E2 fueron correctas y sus justificaciones e inferencias presentaron un lenguaje científico coherente y ordenado. Destacamos en las respuestas del estudiante E2 la utilización de terminología de proporcionalidad, por lo que el simulador no

suministraba esta información, él pudo hacer inferencia de los datos obtenidos. Por tanto, este simulador proporcionó un espacio efectivo para que E2 creara nuevos significados que le permitieran explorar distintas posibilidades que solo él pudo asumir (Kress, et al., 2001). Además, es evidente que el estudiante uso conocimientos previos para crear nuevos hallazgos como lo demuestra García (2018).

El uso de un recurso palpable para explicar el principio de Pascal evidenció en el estudiante E2 una herramienta para crear nuevos significados con los conceptos físicos que constituyen a este principio, ya que, la interacción de estos dos modos permite superar las limitaciones que haya sufrido el estudiante durante el proceso aprendizaje (Kress, et al., 2001). En esta actividad solo se evidencia el uso del gesto deíctico, por lo que, la maqueta simula un sistema hidráulico, lo que lleva a E2 a señalar todo el proceso que genera explicar el principio de Pascal, en otras palabras, la mano se convierte en un señalador que conecta el discurso con las acciones McNeill (1992). Además, podemos ver un acercamiento muy alto de las respuestas del estudiante con la terminología científica del principio de Pascal, por lo que este modo semiótico explica los fenómenos científicos desde otras perspectivas (Gómez, 2008).

8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1 HALLAZGOS ENCONTRADOS CON RELACIÓN AL MODO SEMIÓTICO GESTUAL-ORAL

Es importante mencionar que, para el análisis del lenguaje gestual-oral se analizaron los siguientes gestos icónico, metafórico y deíctico definidos por McNeill (1992). En las actividades del pre-test y post-test, los estudiantes E1 y E2 usaron mayormente el gesto icónico, debido que los conceptos de presión, área y fuerza se representaron de manera icónica McNeill (1992), esto quiere decir que el gesto amplió la representación de estos conceptos tal cual como lo expresaba el estudiante en su discurso. Un aspecto a resaltar, es que los estudiantes realizaron movimientos similares para representar alguna característica de un objeto o concepto abstracto, se resalta que esta actividad fue realizada de manera individual en el hogar de cada estudiante, es decir, no hubo oportunidad que algún estudiante tomará de referencia algún gesto de un compañero o del docente, esto nos lleva a reconocer que las “interacciones sociales” y culturales son factores que inciden en la creación de nuevos significados (Kress, 2010, p54). Sin embargo, estos gestos fueron realizados de manera individual, lo cual nos permite identificar la idea del estudiante frente a las situaciones planteadas.

Por otro lado, en la actividad de la maqueta donde los estudiantes debían realizar un prototipo funcional y palpable para explicar el principio de Pascal, el gesto deíctico fue el protagonista, ya que, al existir un material palpable, la mano del estudiante se convertía en un prototipo señalador (McNeill, 1992). Es necesario recalcar, que la maqueta simulaba el funcionamiento de una prensa hidráulica, lo que permitía a los estudiantes señalar donde se ejecutaban los conceptos abstractos (fuerza, área y presión) a medida que se iba hablando. La maqueta resulta ser un recurso que intensifica el modo gestual y oral en los estudiantes para la creación de nuevos significados.

Analizar el modo gestual y discurso al tiempo, revelan significados que no se encontrarían si se analizaran de manera individual (McNeill, 1992). Por ejemplo, el estudiante en el momento tres del post-test, usa sus brazos y manos para representar geoméricamente el concepto de presión sobre una superficie (perpendicularidad), pero al analizar su discurso, este nunca menciona como tal esta característica geométrica, por tanto, este gesto nos permitió encontrar información única y adicional (Roth y Lawless, 2002). Lo anterior solo denota, que la orquestación de dos modos semióticos cumple con mayor facilidad las necesidades comunicativas (Manghi, 2009).

8.2 HALLAZGOS ENCONTRADOS CON RELACIÓN AL MODO SEMIÓTICO VISUAL

Las actividades planteadas para el modo visual, fueron analizadas bajo los 5 niveles de propuesto por Köse (2008). El análisis inductivo de las ilustraciones realizadas por los estudiantes E1 y E2, tenían como propósito dibujar conceptos abstractos que conllevan entender el principio de Pascal. En el pre-test y post-test se resalta la utilización de vectores para definir el concepto de fuerza, presión y desplazamiento, lo que contrajo una dificultad para identificarlos, por lo que, no había un esquema propuesto para diferenciarlos, por tanto, fue importante recurrir a la interpretación del lenguaje escrito. En esta actividad del pre-test los estudiantes se encontraban en nivel de representación de conceptos erróneos (nivel 3) y evolucionaron en el post-test a un nivel de representación de dibujos parciales (nivel 4), lo anterior, se evidencia un aporte semiótico significativo para que los estudiantes solo les faltasen definir algunos parámetros en los conceptos de presión, fuerza y área. Lo anterior no lleva a inferir, que es importante prestarle atención a los gráficos que realiza el maestro, porque, los estudiantes los toman como referencia para crear sus propias representaciones (Ainsworth, Prain, y Tytler, 2011).

La segunda ilustración que se solicitó en el pre-test y post-test, se observó que los estudiantes E1 y E2 tuvieron que utilizar el lenguaje escrito para dar claridad y ampliar la información, en efecto, esta decisión no invalida la actividad, por el contrario, esto demuestra que, al encontrar limitaciones para crear significados, se activan otros modos

semióticos para suplir esas necesidades (Kress, et al., 2001). En esta misma actividad, los estudiantes E1 y E2 recurrieron a ilustrar con contra ejemplos para demostrar que un sistema hidráulico funciona a cabalidad solo con un líquido, además, destacamos que en esta actividad los estudiantes E1 y E2 tuvieron en el pre-test y post-test un nivel de representación completa (nivel 5) demostrando que las ilustraciones comunicaban la importancia de los líquidos para entender el principio de Pascal.

En conclusión, la implementación y uso de ilustraciones en el aula de clase permite evidenciar si los significados creados por los estudiantes están estructurados, si se utilizaron conocimientos existentes y si se generan nuevas inferencias, además, se arguye que tan familiarizado está el estudiante con su contexto, aspecto importante para la creación de nuevos significados que no se logran adquirir en contextos ajenos a este.

8.3 HALLAZGOS ENCONTRADOS CON RELACIÓN AL MODO SEMIÓTICO ESCRITO

La información que se obtuvo de este modo fue gracias a instrumentos de lápiz y papel, en los cuales se analizaba el contenido de las oraciones de los estudiantes a través de marcadores textuales, por ello, las oraciones que se encontraban resaltadas en rojo nos permiten rastrear el acercamiento que tuvo el estudiante frente al concepto científico analizar (Abela, 2002). En el análisis de las oraciones del pre-test y post-test los estudiantes E1 y E2 acertaron en que el gato de botella es la herramienta más efectiva para cambiar una llanta de un vehículo, además, que la fuerza que se usa puede ser mínima para elevar el vehículo, que los sistemas hidráulicos me permiten elevar vehículos pesados como un camión o que el elemento por excelencia para el funcionamiento de una prensa hidráulica es un líquido, pero, en el momento de justificar, las respuestas estuvieron alejadas del uso de un lenguaje científico, dado que, algunas oraciones no eran coherentes o confundían conceptos (por ejemplo presión con fuerza). Se aclara que algunas respuestas fueron coherentes y manejaban un lenguaje científico.

La actividad del laboratorio con simulador bajo presión, tenía como fin, conocer el comportamiento de la presión en los fluidos. El uso de esta herramienta, potencio los “procesos explicativos” del concepto de presión, por lo que, las oraciones tenían en su gran mayoría coherencia y un acercamiento científico para explicar el fenómeno (Tamayo, Cadavid, y Dávila, 2018, p.46). Se destaca el estudiante E2, por lo que, en varias de sus respuestas tuvo inferencias acertadas haciendo comparaciones proporcionales de las variables que afectan la presión. Las oraciones escritas en el pre-test y post-test, con respecto a la actividad del laboratorio evidencia que el simulador al ser visual e interactivo, permitió la construcción de explicaciones científicas coherentes (Manghi, 2009). En conclusión, para que los estudiantes tengan coherencia y acercamiento científico para la explicación de fenómenos de manera escrita, es importante tener presente los recursos con los que el docente les presenta la información.

9 CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación permitió establecer los múltiples modos semióticos que utilizan los estudiantes en el aprendizaje del principio de Pascal. Los modos que mantuvieron un protagonismo en este estudio son el visual, gestual oral y escrito. La unidad de trabajo está compuesta por 34 estudiantes, de los cuales 9 estudiantes completaron y entregaron en su totalidad las actividades propuestas y se seleccionaron de estos 2 estudiantes para realizar el análisis multimodal. A continuación, se nombran los aspectos más relevantes: ´

La utilización de diferentes modos semióticos permitió a los estudiantes desenvolverse con mayor facilidad en unos modos que otros, aspecto positivo, dado que, se abre el campo de acción para que estos puedan representar sus nuevos significados. Los modos se pueden analizar de manera individual, pero después del análisis multimodal de las actividades, se encontró que la interacción de estos modos permite hallar significados con un acercamiento científico que no encontraríamos analizando por separado. La utilización de recursos palpables y visuales, con la implantación de situaciones que son cercanas al estudiante, provoca en el alumno desafíos para comunicar cómo las teorías científicas dan explicación a fenómenos que ocurren en nuestro contexto.

Para identificar el proceso de aprendizaje del principio de Pascal, el modo visual, gestual oral y escrito tuvieron un gran protagonismo en la creación de nuevos significados. La unidad didáctica con sus tres momentos, permitieron y mantuvieron al alumno como protagonista, permitiéndole crear sus propios significados de manera natural, tanto que, cuando comunicaban un concepto científico y no se sentían satisfechos, complementaban sus respuestas mediante la utilización de otro modo semiótico, provocando un desarrollo intersemiótico, además, la unidad didáctica intento estar alejada de actividades que solo promovieran el modo oral y escrito, en vista que, son indispensables en el aula, pero el uso de estos dos modos no abarcan la extensión para comprender todo nuestro contexto.

La interacción de los modos gestual oral, visual y escrito aportaron significativamente al aprendizaje del principio de Pascal. Analizar el modo gestual y oral de manera integral, evidenció que, al utilizar objetos palpables, el gesto deíctico convierte a la mano en un elemento señalador y óptimo para que el discurso fluya de manera coherente al describir conceptos abstractos, así mismo, discutir sobre conceptos abstractos que influyen en situaciones de nuestro diario vivir, el gesto icónico y metafórico son los aliados para recrear características o representaciones abstractas. El modo visual proporcionó un incremento en los niveles de representación, ya que, a partir de los conocimientos previos, se dio orden y sentido a los conceptos abstractos a representar, así mismo, el modo escrito fue pieza fundamental para la interpretación de estas. El modo semiótico escrito, mediante el uso del análisis del contenido con marcadores textuales, se convierte en una herramienta que demuestra el orden y coherencia de los significados que crean los estudiantes, además, utilizar representaciones visuales para el entendimiento de conceptos abstractos por medio de la escritura, favorece la creación de nuevos significados.

10 RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones, se sugiere estudiar otros tipos de modos semióticos, ya que la información recolectada evidencia algunos de ellos que pueden ser clave en el análisis de como los estudiantes crean sus propios conceptos desde otras perspectivas.

La situación de la pandemia del Covid-19 permitió conocer otras dinámicas en las cuales se puede conocer los modos semióticos que usan los estudiantes en el aprendizaje de las ciencias, por tanto, explorar otras dinámicas que no necesariamente se deben desarrollar en el aula de clase, pueden ofrecer hallazgos multimodales viables para una investigación.

En el análisis de la información, es importante buscar estrategias que ayuden a la organización y comprensión de la información adquirida, ya que, cada investigador es libre de tomar su propio criterio, siempre y cuando, sean sencillas para el lector interpretarlas.

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abela, J. (2002). *Las técnicas de Análisis de Contenido: Una revisión actualizada*. Sevilla: Fundación Centro de Estudios Andaluces.
- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to Learn in Science. *Science Education* , 1096-1097.
- Bautista , M., & Salazar, F. (2011). *Hipertexto Física I*. Bogotá,: Editorial Santillana S.A.
- Borda, P., Dabenigno, V., Freidin, B., & Güelman, M. (2017). *Estrategias para el análisis de datos cualitativos*. Ciudad de Buenos Aires: Carolina De Volder - Centro de Documentación e Información, IIGG.
- Bourne, J., & Jewitt, C. (2003). Orchestrating debate: a multimodal analysis of classroom interaction. *READING literacy and language*, 64-72.
- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria : ciencia, arte y humanidades.*, 66-71.
- Colombia, M. d. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales. República de Colombia: Ministerio de Educación Nacional.

Cook, S., Mitchell, Z., & Goldin, S. (2008). Gesturing makes learning last. *Cognition*, 1047-1058.

Creswell, J. W. (2014). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Thousand Oaks: SAGE Publications.

Cuadros, A., Araújo, A., Débora, A., Ferreira, E., Moro, L., Souza, P., . . . Fleury, E. (2012). Interacciones multimodales en clases de Química de la Enseñanza Superior. *Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química*, 1-12.

Cadavid Alzate, V. (2013). Relaciones entre la metacognición y el pensamiento visoespacial en el aprendizaje de la estereoquímica. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Manizales. Manizales.

Delgadillo, F. (2014). Propuesta didáctica para la enseñanza de la hidrostática en ciclo 5 a partir de situaciones paradójicas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Fagúndez, T., & Castells, M. (2009). Las explicaciones de física en clases de nivel universitario. Un estudio semiótico-comunicativo de la construcción de significados. *Educere*, 983-996.

García, J. (2018). Aportación de los modos semióticos en el aprendizaje del concepto Fases de la Luna: una mirada multimodal. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales

- Giancoli, D. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. (Cuarta edición ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Gómez , A., Gonzalez , L., & Pérez, G. (2017). ¿Qué aportan los dibujos a la comprensión de los significados de las explicaciones de los estudiantes en biología evolutiva. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 4307-4312.
- Gómez , M., & Sanmartí, N. (2003). Algunos factores que influyen en el éxito académico de los estudiantes universitarios en el área de Química. Bellaterra: Universidad Autonoma de Barcelona.
- Gómez, A. (2008). Construcción de explicaciones multimodales: ¿Qué aportan los diversos registros semióticos? *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 83-99.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2006). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México: Mc GRAW HILLI INTERAMERICANA EDITORES.
- Jewitt, C. (2009). *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis*. New York: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Kendon, A. (2004) *Gesture: Visible action as utterance*. Cambridge University press.
- Kelly, S., Manning, S., & Rodak, S. (2008). Gesture Gives a Hand to Language and Learning: Perspectives from Cognitive Neuroscience, Developmental Psychology and Education. *Language and Linguistics Compass*, 2, 569-588.

- Köse, S. (2008). Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method. *World Applied Sciences Journal*, 283-293.
- Kress, G. (2010). A social-semiotic theory of multimodality. En G. Kress, *Multimodality. A social semiotic approach to contemporary communication* (págs. 54-78). New York: Routledge. Taylor & Francis Group.
- Kress, G. (2011). What is mode? En C. Jewitt, *The Routledge handbook of multimodal analysis* (págs. 54-67). New York: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal Teaching and Learning. The Rhetorics of the Science Classroom*. Gran Bretaña : A&C Black.
- Kress, G., Ogborn, J., & Martins, I. (1998). A Satellite View of Language: Some Lessons from Science Classrooms Vol. 7, No. 2&3. *Language Awareness*, 69-89.
- Manghi, D. (2009). Co-utilización de recursos semióticos para la regulación del conocimiento disciplinar. Multimodalidad e intersemiosis en el discurso pedagógico de Matemática 1° año de enseñanza media. Recuperado el 1 de julio de 2020, de http://repositorio.conicyt.cl/bitstream/handle/10533/179984/MANGHI_DOMINIQUE_2000D.pdf?sequence=1
- Manghi, D. (2012). La perspectiva multimodal sobre la comunicación. *Diálogos Educativos*, 45(ISSN: 0718-1310), 4-15.

- Manghi, D. (2013). Géneros en la enseñanza escolar: Configuraciones de significado en clases de historia y biología desde una perspectiva multimodal. *Revista Signos*, 236-257.
- Márquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias*, 371-386.
- McNeill, D. (1992). *Hand and Mind: What Gestures Reveal About Thought*. University of Chicago Press, 75-83.
- Monje, C. (2011). Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa. Guía Didáctica. Neiva. Obtenido de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Norris, S. (2011). Modal density and modal configurations. Multimodal actions. En C. Jewitt, *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis* (págs. 78-90). New York: Routledge. Taylor & Francis Group.
- Peña, L. (2008). *La competencia oral y escrita en la educación superior*. Recuperado el 30 de julio de 2020, de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-189357_archivo_pdf_comunicacion.pdf
- Phet Interactive Simulations. (15 de abril de 2021). *Phet Interactive Simulations*. Obtenido de https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_es.html

- Pozo, J. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van ... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Revista Alambique* 7, 1-5.
- Roth, W., & Lawless, D. (2002). Scientific investigations, metaphorical gestures, and the emergence of abstract scientific concepts. *Learning and Instruction*. v12, 285-304.
- Simons, H. (2011). El estudio de caso: Teoría y práctica. Madrid: Ediciones Morata.
- Tamayo , Ó. E., Vasco, C. E., Suárez, M. M., Quiceno, C. H., García, L. I., & Giraldo, A. M. (2010). La clase multimodal. Formación y evolución de conceptos científicos a través del uso de tecnologías de la información y la comunicación. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales.
- Tamayo, Ó., Cadavid, V., & Dávila, V. (2018). Multimodalidad, múltiples lenguajes empleados en la enseñanza de las ciencias, química orgánica. Manizales: Universidad de Caldas.
- Tamayo, O., Vasco, C., García, L., Giraldo , A., & Suárez, H. (2013). Diseño y análisis de unidades didácticas desde una perspectiva multimodal. *La clase Multimodal y la Formación y Evolución de Conceptos Científicos a través del uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación*, 103-134.

12 ANEXOS

ANEXO 1

INSTRUMENTO INICIAL – INSTRUMENTO DE LÁPIZ Y PAPEL

Lea cada una de la situación presentada y conteste de forma coherente.

SITUACIÓN #1

Manuela y Luciana se van de compras y llegan a un almacén de zapatos, Manuela se prueba dos tipos de zapatos: tacones y botines. Por error Manuela pisa a su amiga en dos oportunidades, con los tacones y luego con los botines. Luciana afirma que presentó mayor dolor cuando la pisaron con el tacón que con la suela del botín. ¿Por qué crees que Luciana dijo dicha afirmación? (para dar respuesta a la anterior pregunta debe grabarse en video)

SITUACIÓN #2

Juan se encontraba en un viaje familiar, durante el camino el padre de Juan se dio cuenta que uno de los neumáticos (llantas) tenía poco aire, por lo cual el padre de Juan decidió que para evitar un accidente era mejor orillarse junto al camino y cambiar el neumático por el de repuesto. Después de orillar el vehículo el padre de Juan pide a los pasajeros que salgan de este y él mismo suelta los pernos o tuercas que sujeta al rin de la llanta al eje del vehículo.

¿Cuál de las siguientes herramientas consideras la más adecuada para cambiar el neumático? ¿Por qué?

| FUERZA HUMANA | GATO DE TORNILLO | GATO DE BOTELLA |
|--|--|--|
|  <p>Tomado de: https://www.youtube.com/watch?v=K5V52D8Hwec</p> |  <p>Tomado de: https://mx.depositphotos.com</p> |  <p>Tomado de: https://www.neoferr.com</p> |
| <p>Porque: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> | | |

Para las tres imágenes presentadas anteriormente (fuerza humana, gato de tornillo y gato de botella) es indispensable utilizar fuerza humana para elevar el carro, ¿crees que se debe utilizar la misma cantidad de fuerza en las tres situaciones para elevar el vehículo del suelo? ¿Explícalo?

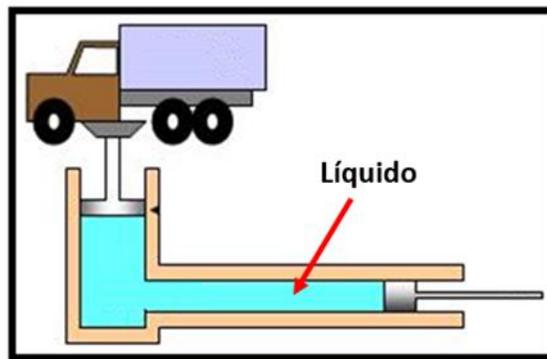
| FUERZA HUMANA | GATO DE TORNILLO | GATO DE BOTELLA |
|---|--|---|
|  <p>Tomado de: https://www.youtube.com/watch?v=K5V52D8Hwec</p> |  <p>Tomado de: https://mx.depositphotos.com</p> |  <p>Tomado de: https://www.neoferr.com</p> |

Porque: _____

SITUACIÓN #3

Jairo necesita componer el sistema de escape de su camión, por tal motivo lo lleva al taller donde es montado en un sistema hidráulico como se muestra en la siguiente ilustración.

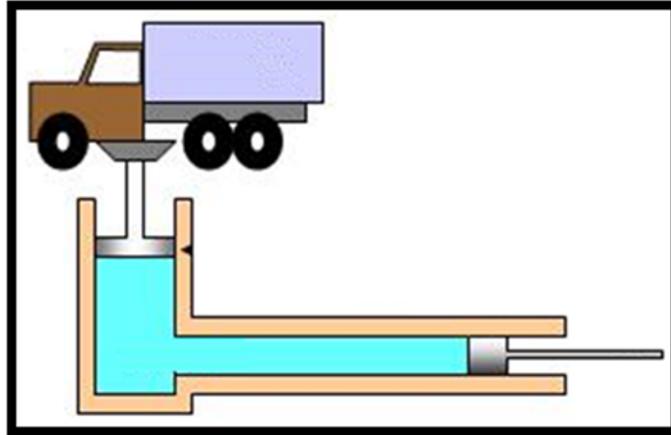
¿Cuál crees que es la razón por la que se eleva el camión? Justifícalo e ilústralo sobre la imagen.



Tomado de: <http://m.educarchile.cl/portal/mobile/ficha-tematica.xhtml?id=133170>

Jairo le pregunta al maquinista cual es el contenido que se encuentra dentro de los cilindros del sistema hidráulico y la maquinista le responde que es un aceite especial (líquido). ¿Crees que usando otra sustancia o material que no sea un líquido se pueda elevar el camión?

Justifica tu respuesta e ilústrala.



Tomado de: <http://m.educarchile.cl/portal/mobile/ficha-tematica.xhtml?id=133170>

ANEXO 2

Laboratorio: presión hidrostática

Palabras clave: Presión hidrostática, densidad y profundidad.

Definiciones:

- **Densidad:** Se denomina densidad a la masa que ocupa 1 cm³ de sustancia homogénea.

La densidad (ρ) de una sustancia se define como el cociente entre su masa (m) y su volumen (V), es decir:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

La unidad de medida de la densidad en el SI es el kilogramo sobre metro cúbico

(1 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ kg/m³) aunque generalmente se expresa en gramos sobre centímetro cúbico

(1 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$). Debemos tener en cuenta que 1 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

- **Presión:** La presión (P) es la razón entre la fuerza perpendicular ($F \perp$), ejercida sobre la superficie y el área (A) de la misma.

$$P = \frac{F \perp}{A}$$

La unidad de medida de la presión en el SI se expresa a partir de la relación entre las unidades de medida de la fuerza y el área. La fuerza se mide en newton (N) y el área en metros cuadrados (m^2); por ende, la presión se mide en Newtons sobre metro cuadrado ($\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$). Esta unidad se denomina pascal (Pa). También, se utiliza como unidad de medida de la presión la libra/pulada², psi (1psi = 6.900Pa).

Un líquido contenido en un recipiente, ejerce una fuerza en dirección perpendicular a las paredes en cada punto de este (figura 1). Por tal razón, al sumergir el sólido dentro del líquido, en cada punto de las paredes del sólido, el líquido ejerce fuerza en dirección perpendicular (figura b).

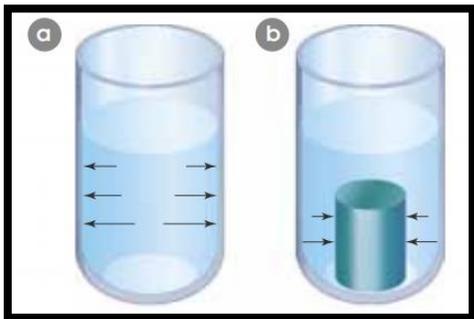


Figura 1. Ilustración: concepto de presión. (Giancoli, 2008).

Desarrollo experimental

Para llevar a cabo la siguiente experiencia, es importante utilizar el simulador Phet llamado “Bajo Presión”, el cual tiene dentro de sus parámetros medir la presión.

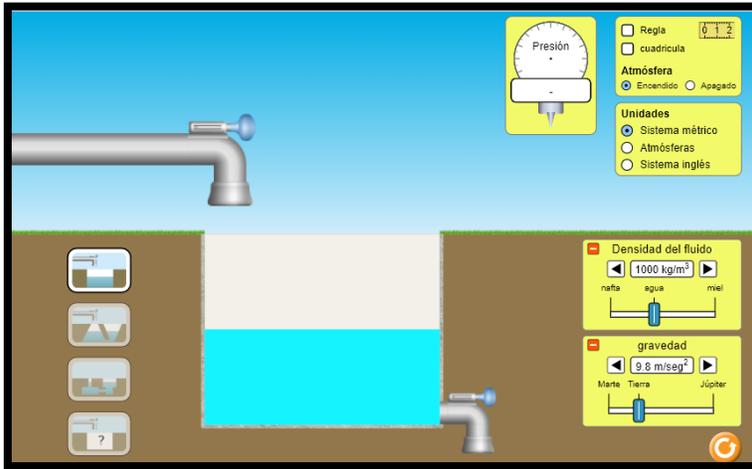


Figura 2. Ilustración representación un sistema para medir la presión bajo diversas situaciones (Phet Interactive Simulations, 2021).

Link: https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_es.html

Para la siguiente experiencia siga paso a paso las indicaciones:

Paso # 1

Para la siguiente experiencia mantenga siempre activo las siguientes opciones:

- Regla
- Cuadrícula
- Atmósfera: encendido.

- Unidades: métrico
- Gravedad: $9,8 \text{ m/s}^2$
- Tablero N|°2
- Densidad: Agua

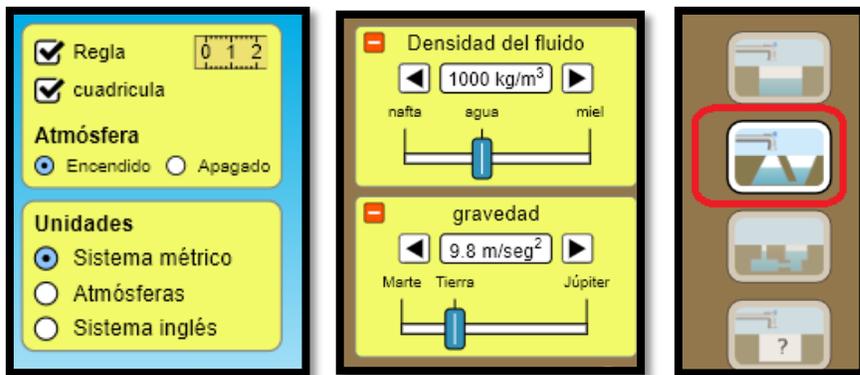


Figura 3. Ilustración que representa los ajustes que se pueden variar para encontrar valores de presión (Phet Interactive Simulations, 2021).

Paso # 2

Llene el recipiente a su máxima capacidad, ubique la regla de manera vertical, tal manera que, el punto cero se encuentre sobre la superficie del líquido. Con la ayuda del barómetro, tome datos cada 0,3 m de profundidad. Realice el mismo procedimiento y tome datos numéricos para los líquidos nafta (gasolina) y miel.

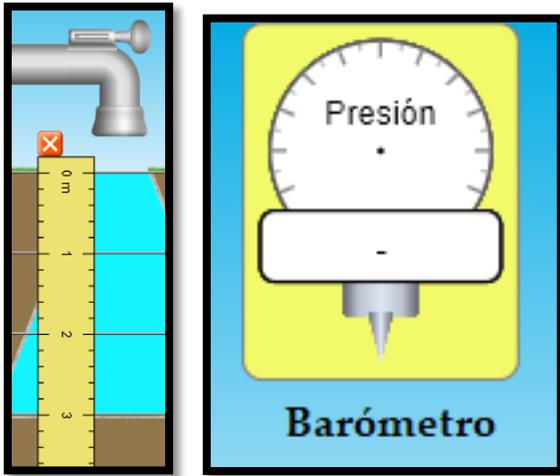


Figura 4. Ilustración de una regla y un barómetro para registrar valores de la presión (Phet Interactive Simulations, 2021)

Paso # 4

Con los resultados obtenidos:

Teniendo en cuenta los tres fluidos analizados, ¿Cómo afecta la densidad del fluido con relación a la presión?

¿Qué concluye a medida que se toman los datos del barómetro a mayor profundidad?

¿Qué sucede si se colocan dos barómetros a la misma profundidad, pero en aberturas diferentes?

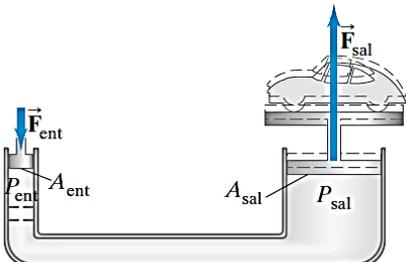
¿Cómo representa la presión de un líquido en un contenedor de superficie curva? Justifique e Ilustre.

ANEXO 3

Maqueta: principio de Pascal

Concepto:

El principio de Pascal o ley de Pascal es uno de los principales temas de la hidrostática (estudio de los fluidos en estado de reposo) Giancoli (2008) menciona que “el principio de Pascal establece que, si se aplica una presión externa a un fluido confinado, la presión en cada punto del fluido se incrementa en la misma cantidad”.

| REPRESENTACIÓN GRÁFICA | FÓRMULA MATEMÁTICA |
|---|---------------------------|
|  <p>Tomado de: Ilustración de las aplicaciones del Principio de Pascal, elevador hidráulico. (Giancoli, 2008).</p> | $P = \frac{F_{\perp}}{A}$ |

Actividad

1. Construir una maqueta funcional que explique el principio de Pascal, esta maqueta debe oprimir como mínimo una lata de soda. Para su construcción es libre de escoger el diseño y los materiales.



Tomado de:

[https://st2.depositphotos.com/13](https://st2.depositphotos.com/1388785/6446/i/600)

[88785/6446/i/600](https://st2.depositphotos.com/1388785/6446/i/600)

[/depositphotos_64466187-](https://st2.depositphotos.com/1388785/6446/i/600)

[stock-photo-crumpled-em](https://st2.depositphotos.com/1388785/6446/i/600)

[pty-can.jpg](https://st2.depositphotos.com/1388785/6446/i/600)

2. Realizar un video con su maqueta donde explique el principio de Pascal.

