UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

La enseñanza de las leyes de Newton en el contexto de los fenómenos erosivos: fundamentos para el diseño de una estrategia didáctica.

Germán Torres Martínez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad, de Ciencias
Bogotá, Colombia
2013

La enseñanza de las leyes de Newton en el contexto de los fenómenos erosivos: fundamentos para el diseño de una estrategia didáctica

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

Director:
Magister Science. Hildebrando Leal Contreras

Línea de Investigación:
Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

Universidad Nacional de Colombia
Facultad, de Ciencias
Bogotá, Colombia
2013

A mi compañera de vida,
Martha Lilia Fonseca Suárez:
por su comprensión y apoyo;
además, por el sacrificio y
momentos de soledad
que tuvo que pasar mientras
Yo realizaba los estudios
de esta maestría;

A mis hijos:
Laura Alejandra y Germán Andrés:
por estar presentes en mi mente
a la hora de mis esfuerzos
para llevar a buen término
el objetivo propuesto.

Agradecimientos.

Al profesor Hildebrando Leal Contreras por su dedicación a la lectura, corrección y rumbo que le marcó a esta propuesta.
A Unisangil Sede Yopal, por permitir realizar los ensayos y pruebas necesarias para el diseño de esta propuesta.
A Franklin Figueroa Caballero, director de Unisangil Sede Yopal, Lina Paola Orduz Amaya, directora de Ingeniería Ambiental y Luis Fernando Gálvis Barrera, director de la Unidad de Ciencias Básicas por su colaboración y apoyo a la realización de la maestría.
A los estudiantes de Física I de Ingeniería Ambiental por su disposición a aprender los conceptos que trata este estudio.

Resumen.

Este trabajo contiene el diseño de una estrategia didáctica para la enseñanza de las leyes de Newton, en el contexto de los fenómenos erosivos y dirigida a estudiantes de ingeniería ambiental. La estrategia se estructura a partir de la reflexión del autor sobre su práctica de enseñanza. Se tuvo en cuenta los aspectos histórico – epistemológicos, la estructura conceptual de las leyes; y como estrategias didácticas, la pedagogía por proyectos y la pedagogía activa aplicadas al contexto de la ingeniería ambiental. La secuencia de enseñanza de contenidos es inversa al orden que presenta Newton: primero se presenta la ley de acción y reacción, luego la ley de la fuerza y principio de superposición, finalmente la ley de la inercia. El resultado, una propuesta para el aprendizaje de las leyes de Newton a partir de situaciones problémicas relacionadas con los procesos erosivos. También se propone la importancia de seguir la secuencia histórica del desarrollo conceptual de las leyes de Newton para facilitar su aprendizaje.

Palabras clave: Leyes de Newton, Enseñanza de las ciencias, Enseñanza de la física.

Abstract

This paper contents the design of didactical strategy to teaching the Newton's laws, in the erosive phenomenon context; and directed to environmental engineering students. The strategy is structured from the reflection by the author about his self teaching practice. It was taken into account historical – epistemological aspects, the conceptual structure of the laws; and as didactical strategies, the project pedagogy and the active pedagogy applied to environmental engineering context. The contents teaching sequence is inverse of the order introduced by Newton: first the action reaction law is introduced, then the force law and superposition principle, finally the law of inertia is introduced. The result, one design for the Newton's laws learning since problem situations related with the erosive process. In addition, it was suggested the importance of historical sequence keeping of conceptual development of the Newton's laws for to facilitate the learning.

Keywords: Newton's laws, Science education, Physics education.

Contenido

Resumen y Abstract **III**

Lista de figuras **VII**

Introducción **1**

1. Aspectos teóricos relevantes que se deben tener en cuenta para la enseñanza de las leyes de Newton. **5**
1.1. Aspectos histórico - epistemológicos. 5
1.2. Aspectos conceptuales. 8
1.2.1. Aspectos conceptuales de las leyes de Newton 8
1.2.2. Aspectos conceptuales de los fenómenos erosivos relevantes para la propuesta didáctica 10
1.3. Aspectos didácticos. 11
1.3.1. Aspectos de la didáctica general. 11
1.3.2. Aspectos de la didáctica específica. 12

2. Propuesta de estrategia didáctica para la enseñanza de las leyes de newton en el entorno de los fenómenos erosivos. **15**
2.1. Aspectos generales de la estrategia. 15
2.2. Descripción de la estrategia por sesiones de clase. 17
2.2.1. Primera sesión: información y planificación. 17
2.2.2. Segunda sesión: ejecución para lograr los tres primeros objetivos del proyecto. 19
2.2.3. Tercera sesión: construcción del diagrama de fuerzas definitivo. . . 25
2.2.4. Cuarta sesión: análisis y presentación de las leyes de Newton. . . . 27
2.2.5. Quinta sesión: aplicación de las leyes de Newton a los proyectos. . . 33
2.2.6. Sexta sesión: realización de práctica de laboratorio para verificar las leyes de Newton. 39
2.2.7. Séptima sesión: evaluación de los proyectos. 40
2.2.8. Octava sesión: entrega de los informes de los proyectos. 40

3. Resultados. **41**

4. Conclusiones y recomendaciones. **43**
4.1. Conclusiones. 43
4.2. Recomendaciones. 44

A. Anexo 1: Proyectos a realizar por cada grupo de estudiantes. 46

B. Anexo 2: Guías de preparación y documento de trabajo para la sesión dos. 54

C. Anexo 3. Guia de evaluación de la sesión dos y preparación de la sesión tres. 59

D. Anexo 4: Evaluación de la sesión tres y preparación de la sesión cuatro. 60

E. Anexo 5: Evaluación de la sesión cuatro y preparación de la sesión cinco. 63

F. Anexo 6: Guías de laboratorio. 65

G. Anexo 7: Ejercicios 74

H. Anexo 8: Formatos de evaluación final del proyecto 75

Bibliografía 77

Lista de Figuras

1.1. ***El Mundo de Aristóteles (Mosquera Medina, 2012).*** 6
1.2. ***El templo que muestra la estructura conceptual de las leyes de Newton.*** 10

2.1. ***Posibles direcciones del peso que podrían indicar los estudiantes.*** . 21
2.2. ***Diagrama de fuerzas esperado que podría ser propuesto por los estudiantes para las partículas ubicadas sobre superficies horizontales.*** 22
2.3. ***Diagrama de fuerzas provisional que podría ser propuesto por los estudiantes para una partícula ubicada sobre una superficie inclinada y sometida al arrastre laminar de un fluido.*** 23
2.4. ***Diagrama de fuerzas construido por los estudiantes durante la sesión para una partícula ubicada en una superficie inclinada y sometida al arrastre de un fluido.*** 24
2.5. ***Diagrama de fuerzas construido por los estudiantes en la sesión de clase para la partícula que se encuentra propensa a un deslizamiento.*** 25
2.6. ***Esquema que muestra el empuje y la fuerza de Bernoulli para partículas que se encuentran sobre superficies horizontal (izquierda) e inclinada (derecha).*** 26
2.7. ***Diagramas de fuerzas definitivos construidos durante la sesión de clase. a) Para las partículas que son arrastradas por un fluido sobre una superficie horizontal, b) Para la partícula que es arrastrada por un fluido sobre una superficie inclinada, c) Para una partícula que representa una roca en un movimiento en masa (derrumbe).*** 26
2.8. ***Diagrama de fuerzas para las partículas cuando, por el incremento de la fuerza de Bernoulli, la normal y el rozamiento estático se reducen a cero; a) para la partícula sobre una superficie horizontal, b) Para la partícula sobre una superficie inclinada.*** 27
2.9. ***Simulación de las fuerzas de contacto entre un bloque y la superficie para un bloque que se desliza sobre un plano inclinado. La fuerzas ascendentes actuan sobre el bloque y las fuerzas descendentes actuan sobre el plano.*** 29
2.10. ***Simulación que muestra las fuerzas que actúan sobre dos partículas cuando colisionan. Obsérvese que las fuerzas tienen el mismo valor pero actuan en cuerpos diferentes y tienen sentidos opuestos.*** . . . 29
2.11. ***Paralelogramo explicativo del principio de superposición.*** 32

2.12. ***Diagrama de fuerzas sobre una partícula que se encuentra sobre una superficie horizontal.*** 34
2.13. ***Diagrama de fuerzas cuando el empuje y la fuerza de Bernoulli reducen la Normal a cero.*** 36
2.14. ***Aplicación del principio de superposición de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo que se encuentra sobre una superficie horizontal y en medio de un fluido que se mueve hacia la derecha.*** 36
2.15. ***Diagrama de fuerzas que actúan sobre un cuerpo sobre un plano inclinado y sobre el que pasa un fluido laminar.*** 37
2.16. ***Aplicación del principio de superposición a las fuerzas que actúan sobre una partícula que se encuentra sobre una superficie inclinada y sometida a fuerzas de arrastre de un flujo laminar de agua.*** . . . 39

Introducción.

Tradicionalmente, la enseñanza de la Física se enfatiza en el rigor propio de la disciplina. Tal como lo afirma Mendoza, (Mendoza. 2006) la tarea de profesor es la transmisión de verdades aceptadas por la comunidad científica. A este respecto Ramírez, Bernaza y Fiallo afirman "El contenido se concibe desde los conocimientos que debe asimilar el estudiante" (Ramírez, Bernaza & Fiallo. 2009) .Este enfoque hace que el educando se ejercite en la memorización de principios o leyes, en la aplicación de algoritmos matemáticos y técnicas de resolución de ejercicios, sin que estas actividades o métodos, tengan algún significado. Esta forma de abordar la enseñanza de la Física hace, parafraseando a Husserl, que el estudiante aborde el conocimiento en "el mundo de la ciencia" olvidando que este conocimiento es una lente para observar el "mundo de la vida" (Mendoza, 2006).

La anterior problemática no es ajena en la enseñanza de la Física en ingeniería. Publicaciones realizadas por ACOFI dicen: "Los conocimientos aparecen como verdades definitivas, neutrales; los científicos como objetivos, sin posibilidad de sesgos, con la práctica de un método poderoso; un conocimiento científico inaccesible para la comprensión del alumno". (Jessup & Penagos, 2007).

Pero, la ciencia, y por ende la Física, es una forma de ver el mundo y cada persona observa el mundo desde su propia perspectiva. Por lo tanto, es adecuado, y de nuevo citando a Mendoza, a la par de la apropiación de los contenidos científicos, la formación del espíritu científico a la manera de Bachellard. En el caso particular de la Física, se le debe mostrar al estudiante la forma como los conceptos de la disciplina describen, explican, predicen y explican una gran cantidad de fenómenos que suceden en el mundo del estudiante (Ministerio de Educación Nacional, 1998).

Aplicado lo anterior a la enseñanza de la Física en ingeniería se tiene que el papel de las ciencias y en especial de la Física es relevante en la formación de los estudiantes. "El ingeniero debe tener las habilidades necesarias para aplicar los conocimientos de las ciencias naturales [dentro de las que se encuentra la Física] ... a la solución de problemas técnicos" (ASIBEI, 2007, citado por Unisangil, 2010). La afirmación anterior indica que la enseñanza de la Física no solo debe limitarse a los contenidos sino que también debe hacer énfasis en la aplicación de los mismos a situaciones reales del entorno en que se desenvuelve el estudiante. El perfil de formación del ingeniero requiere de la formación de un espíritu científico, crítico y de compromiso con la sociedad. "Es preciso que los docentes desarrollen competencias que les permitan articular coherentemente sus conocimientos profesionales, teóricos y prácticos, con su propia experiencia desde una perspectiva investigativa en donde

se entienda la acción docente como una actividad de carácter experimental orientada a la producción de conocimiento". (Jessup & Penagos, 2007). Metafóricamente, la enseñanza de la Física debe desarrollar las herramientas conceptuales, procedimentales y actitudinales para interpretar, predecir y modificar los fenómenos de la naturaleza.

En el contexto de la Ingeniería Ambiental, el currículo da prioridad al aprendizaje de contenidos temáticos involucrados en los procesos de alteración de los recursos naturales como son el suelo, el aire y el agua. En el estudio del suelo, se trabajan problemas relacionados con los procesos erosivos, cuya solución se fundamenta en los conocimientos de cinemática y la dinámica, en particular de las leyes de Newton.

Algunos fenómenos erosivos tales como la erosión eólica, la erosión hídrica laminar y los deslizamientos de masa (Pelaez, 2011) son fácilmente explicados si se comprenden las leyes de Newton aplicados en estos contextos. Esta es la razón, siguiendo a Penagos y Jessup, que lleva a buscar una estrategia didáctica que busque la enseñanza de las leyes de Newton en el contexto de los fenómenos erosivos mencionados. Esta estrategia tiene como propósito a largo plazo la comprensión posterior de los fenómenos erosivos desde la óptica del trabajo y la energía.

Dada la importancia que tiene el estudio de los fenómenos erosivos en la Ingeniería Ambiental y las dificultades de aprendizaje de las Leyes de Newton que presentan los alumnos para elaborar explicaciones y resolver problemas de erosión del entorno, se empieza a trabajar en una propuesta didáctica para la enseñanza de las Leyes de Newton a partir del estudio de estos fenómenos que se presentan en la región como alternativa a las propuestas de enseñanza – aprendizaje tradicionales.

En éste trabajo se presentan la estrategia, la metodología de trabajo y las actividades, fundamentadas en la interpretación de los fenómenos erosivos, para enseñar las leyes de Newton, integrando aspectos históricos, epistemológicos, didácticos y cognitivos. Es producto de una praxis didáctica; surge de la reflexión de autor sobre su propia práctica de enseñanza. Su estructura surge de la valoración de los aciertos y dificultades que tuvo el docente al momento de enseñar con didácticas alternativas las leyes de la Mecánica.

El primer capítulo contiene una reseña de los aspectos históricos y epistemológicos relativos a las leyes y sus aplicaciones; un estudio de la estructura conceptual de las Leyes de Newton; los conceptos básicos fundamentales para entender los procesos erosivos y una revisión de las propuestas didácticas que se han utilizado en la enseñanza de las leyes de Newton a estudiantes de Ingeniería.

El segundo capítulo contiene la propuesta didáctica para la enseñanza de las Leyes de Newton fundamentada en fenómenos erosivos del entorno. Se describe la metodología utilizada y las actividades desarrolladas en cada una de las sesiones de clase.

El tercer capítulo contiene el análisis e interpretación de los resultados de la aplicación de la propuesta.

En el cuarto capítulo se concretan las conclusiones con base en los logros alcanzados con la aplicación de la propuesta y se proponen sugerencias para enriquecer el aprendizaje con la aplicación en el futuro de la propuesta.

En el quinto capítulo se hace una recopilación bibliográfica con los comentarios pertinentes.

Finalmente el sexto capítulo contiene los anexos pertinentes al trabajo desarrollado.

1 Aspectos teóricos relevantes que se deben tener en cuenta para la enseñanza de las leyes de Newton.

1.1. Aspectos histórico - epistemológicos.

Desde el punto de vista histórico, se encuentra que durante 20 siglos el movimiento de los cuerpos se fundamentó en las consideraciones de Aristóteles (siglo IV A.C), quien por medio de razonamientos acerca de la estructura del mundo, afirmaba lo predicho por la intuición y el sentido común. Para el Estagirita existen dos mundos con comportamientos diferentes de acuerdo con su naturaleza: un mundo supralunar y otro debajo de la luna. (Sepúlveda Soto, 1995). Más allá de la Luna existe un mundo ocupado por los astros y en el espacio entre estos existe el Éter. En este mundo los astros se encuentran en esferas etéreas sobre las cuales realizan movimientos circulares.

El mundo sublunar está compuesto por cuatro elementos: Tierra, Agua, Aire y Fuego. Cada uno de estos elementos tiene un lugar natural. La Tierra ocupa el centro del universo y el fuego es la esfera exterior. En medio de estos extremos existen las esferas del agua y del aire. En este mundo existen dos tipos de movimientos: los naturales y los violentos (Sepúlveda Soto, 1995). Los movimientos naturales se dan debido a que los objetos, de acuerdo a la composición, están impelidos hacia la esfera de su misma naturaleza. Los objetos de tierra gravitan y los objetos de fuego levitan. Así, la naturaleza de los cuerpos es la fuerza motriz que actúa sobre los objetos en el mundo sublunar. Este movimiento es rectilíneo y cesa cuando el cuerpo llega a la esfera que lo atrae (Aristóteles, sf).

Los movimientos violentos son aquellos que se oponen a los movimientos naturales. Se deben a un agente externo que ejerce fuerza sobre los cuerpos. Pueden tener cualquier trayectoria. Además, los movimientos violentos se corresponden con los movimientos naturales. Por cada movimiento que separe a un cuerpo de su lugar natural, existe un movimiento que fuerza su regreso. En palabras de Aristóteles, los movimientos violentos potencian los movimientos naturales (Aristóteles, sf).

Aristóteles, en el modelo causa-efecto, propone un movimiento causado por agentes externos que, habiendo potenciado el movimiento, lo convierten en acto. Todos los movimientos,

Figura 1.1: ***El Mundo de Aristóteles (Mosquera Medina, 2012).***

naturales o violentos tienen una velocidad que depende de la causa motriz. Esta "fuerza" tiene que vencer las resistencias que se presentan y que se oponen al movimiento. En otras palabras, sin agente externo o sin fuerza no puede existir el movimiento (Sepúlveda Soto, 1995).

- Las leyes del movimiento, para Aristóteles se pueden resumir de la siguiente manera:
- Para explicar el movimiento se requieren dos elementos indispensables: La fuerza motriz (F), producida por un agente, y la resistencia del medio (R). De la relación entre estos dos elementos se puede decir si hay movimiento o no.
- Para que exista movimiento se debe cumplir que la fuerza sea mayor que la resistencia $F > R$. esta se puede decir que es una ley general que se aplica bien sea para los movimientos naturales como para los movimientos violentos.
- La velocidad de un movimiento es proporcional a la fuerza motriz e inversa a la resistencia. A mayor fuerza motriz, mayor velocidad y a mayor resistencia del medio, menor velocidad. $v \propto F/R$.
- Esta ley se puede interpretar diciendo que la velocidad es causada por la fuerza motriz.
- La fuerza motriz se transmite del agente al móvil a través del aire quien en los tiempos sucesivos lo impulsa haciendo vacío delante del cuerpo. Esta fuerza motriz va disminuyendo y el móvil se detiene (Sepúlveda Soto, 1995).

En estas leyes del movimiento se puede evidenciar que se relaciona la velocidad con las causas. Esta es una diferencia conceptual con Galileo y Newton quienes no relacionan la velocidad sino el cambio del movimiento con las fuerzas motrices. Pero, para entender el concepto de cambio de movimiento se debe construir el concepto de inercia.

Hiparco es quien, en el siglo II AC se opone al esquema de movimiento de Aristóteles. Postula, para los cuerpos lanzados hacia arriba, una fuerza impulsora "persiste en el proyectil y disminuye gradualmente" (Sepúlveda Soto, 1995). Por su parte, Juan Philopon en el siglo IV D.C afirma que cuando se lanza un cuerpo, adquiere una causa de movimiento que permanece en este. William de Ockham (1300-1350) afirma que el movimiento debe permanecer en el objeto pues si el lanzador se destruye inmediatamente después del lanzamiento, el movimiento no se altera (Dugas, 1955). Jhon Buridan en 1342 postula que cuando, cerca de la superficie terrestre, se lanza un cuerpo se le transmite un ímpetu que gradualmente disminuye debido a la resistencia del aire y cambia de dirección debido a la gravedad (Dugas, Op Cit). Con la postulación del Ímpetu se empieza a abandonar la idea de la combinación aire vacío como preservadores del movimiento.

Trescientos años después, Galileo postula la no necesidad de la fuerza para la existencia del movimiento de cuerpo en la superficie terrestre; la fuerza es necesaria para cambiar la velocidad (Sepúlveda Soto, 1995) . Este postulado es convertido por Newton en la primera ley universal conocida como la ley de la inercia (Newton, 1687). La teoría de Aristóteles ha sido rebatida.

Entonces surge la pregunta: si no se requiere la fuerza para que exista movimiento, ¿Cuál es la función de la fuerza? La respuesta la presenta Newton en la definición. "Fuerza impresa es toda acción ejercida sobre un cuerpo para cambiar el estado de reposo o de movimiento rectilíneo" (Newton, 1687).

Otra contradicción que Newton hace a la teoría aristotélica del movimiento es la tercera ley de acción y reacción. Aristóteles postula el agente motor como causa del movimiento (Sepúlveda Soto, 1995). Dentro de la lógica aristotélica, el tiempo del agente es anterior al agenciado. Luego la fuerza que mueve un cuerpo debe ser anterior al movimiento. Newton postula que este agente no existe. Las fuerzas surgen de las interacciones entre dos cuerpos. Cada uno de forma independiente modifica su movimiento. La acción y reacción son simultáneas.

De lo anterior se puede conjeturar que cuando Aristóteles formula el principio de acción, "Los cuerpos se mueven por la acción de una fuerza externa", Indica que para que un cuerpo se mueva debe interactuar con el entorno. Este concepto se puede deducir de la observación del mundo natural. De la misma forma, se puede argumentar que la ley que relaciona la fuerza con el movimiento ya está formulada, en forma rudimentaria, en la teoría aristotélica. Aristóteles postula "la fuerza produce velocidad"; para los objetos de masa constante, Newton afirma "la fuerza modifica la velocidad". Sin embargo, para formular la ley de la inercia se hace necesario una abstracción y unos conceptos intermedios antes de su formulación debido a que con frecuencia los estudiantes usan el postulado de Aristóteles.

Desde este punto de vista, siguiendo el curso histórico de construcción de las leyes, la secuencia sería: interacción, fuerza e inercia.

1.2. Aspectos conceptuales.

1.2.1. Aspectos conceptuales de las leyes de Newton

Las leyes de Newton se sustentan en un conjunto de conceptos y definiciones previas. Las definiciones son ocho. 1) Cantidad de materia, 2) cantidad de movimiento, 3) Fuerza interna, 4) Fuerza impresa, 5) Fuerza centrípeta, 6) Cantidad de fuerza centrípeta, 7) aceleración centrípeta, 8) causa de la fuerza centrípeta. Estas definiciones se dan haciendo énfasis en la medición de la cantidad definida (Newton, 1687).

En busca de una mayor claridad de sus conceptos matemáticos, Newton define desde las medidas las cantidades e implícitamente oculta las demás características no matemáticas. Es claro, como lo dirá más tarde, que busca la definición precisa y absoluta de cada una de las cantidades. Aunque acepta la existencia de cantidades relativas a los observadores, manifiesta que su relatividad es como una estrategia de ocultamiento de la verdad. Así pues, por darle rigurosidad a sus enunciado el Lord encubre lo no matemático; en otras palabras le cercena a los conceptos lo sensible, lo relativo, lo particular.

Un ejemplo de lo anterior se evidencia en la primera definición "quantity of matter is the measure of the same," (Newton, 1687) (la cantidad de materia es la medida de la misma). Es más todas, las definiciones cuantitativas tienen el mismo encabezado "(subject) is the measure of the same" (Newton, 1687).

Por otra parte, define las fuerzas como las causas para que las propiedades manifestadas en las definiciones cambien. La fuerza impresa cambia la cantidad de movimiento mientras que la fuerza centrípeta obliga a los objetos a girar alrededor de un punto central (cambio de dirección).

Adicionalmente, Newton formula sus leyes afianzándose en conceptos no definidos como son el espacio, el tiempo, el lugar que ocupa un cuerpo y los movimientos. En cada uno de estos conceptos Newton postula como relevante a lo matematizable de los mismos. El inglés se preocupa por lo absoluto de cada concepto.

Con los conceptos definidos y delimitados postula los axiomas o leyes del movimiento. Su redacción va de los efectos a las causas. La primera ley (Ley de la inercia) da una respuesta acerca de los efectos que produce la ausencia de fuerzas mientras que la segunda (Ley del movimiento), responde sobre los efectos cuantitativos de la presencia de las fuerzas. La ley de la inercia "todo cuerpo mantiene su estado de reposo o movimiento en línea recta a no ser que sea obligado a cambiar su estado debido fuerzas impresas que actúen sobre él" (Newton, 1687), siguiendo las normas de equivalencia lógica de la implicación, se podría escribir de la siguiente manera: " si sobre un cuerpo actúan fuerzas, el cuerpo se verá obligado a cambiar su estado de reposo o de movimiento" (Newton, 1687). En esta última redacción se evidencia que Newton dice que las fuerzas son las causas que cambian

el movimiento tal como lo dice en la definición de fuerza.

En la redacción de la segunda ley se dice en forma cuantitativa los efectos de la fuerza impresa que no se han establecido en la definición de fuerza y en la primera ley. "La alteración del movimiento siempre es proporcional a la fuerza impresa causante y [esta alteración] es hecha a lo largo de la línea recta en cuya dirección la fuerza actúa" (Newton, 1687). Aca se observa primero el efecto y luego la causa. El efecto se cuantifica para poder establecer la relación de proporcionalidad con la causa.

También se puede decir que las dos primeras leyes son aclaraciones de la definición de fuerza. Cuando en la definición IV dice "Fuerza es toda acción ejercida sobre un cuerpo con el fin de cambiar su estado der reposo o movimiento uniforme en línea recta (Newton, 1687)", en el axioma I dice "todo cuerpo mantiene su estado de reposo o movimiento en línea recta a no ser que sea obligado a cambiar su estado debido fuerzas impresas que actúen sobre él". Así, la definición postula los efectos de la fuerza sobre un móvil y el axioma muestra el comportamiento de los cuerpos en ausencia de fuerzas. Aun cuando Newton se preocupa por lo absoluto y lo cuantitativo, la definición de fuerza impresa y el axioma I (hoy conocido como ley de la inercia) dan razón únicamente de cualidades del movimiento de los cuerpos. Por otro lado, lo cuantitativo de los efectos de las fuerzas sobre el movimiento de los cuerpos se muestra en el segundo axioma: "La alteración del movimiento siempre es proporcional a la fuerza impresa causante y [esta alteración] es hecha a lo largo de la línea recta en cuya dirección la fuerza actúa" (Newton, 1687).

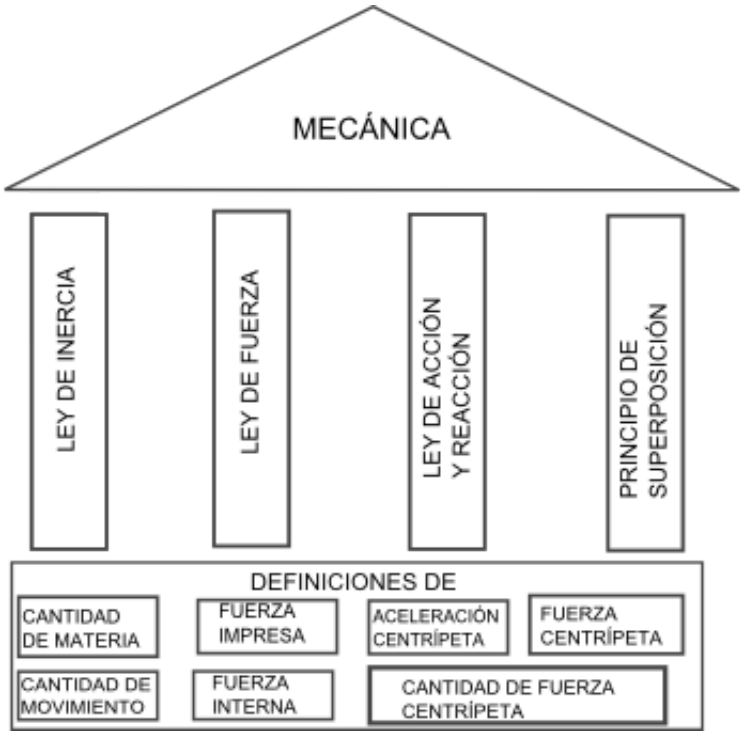
La tercera ley: "A toda acción se opone una reacción equivalente: las acciones mutuas de dos cuerpos, el uno sobre el otro, siempre equivalen y se dirigen en sentidos opuestos" (Newton, 1687) justifica la existencia de las fuerzas a partir de las interacciones. No existe una única fuerza. Las fuerzas siempre aparecen en pares. Por otra parte, la presencia de las fuerzas es consecuencia de la interacción entre dos cuerpos.

Por último, el corolario I expone la composición de las fuerzas. "Un cuerpo sometido a la acción de dos fuerzas tiene una trayectoria diagonal al paralelogramo de tal manera que actua como si cada fuerza actuara por aparte" (Newton, 1687). Las fuerzas cumplen con las regla de las suma vectorial. Este principio puede extenderse a cuerpos sometidos a números de fuerzas mayores que dos.

En resumen, las leyes de Newton se pueden esquematizar en el templo de la figura 1.2. La base son las definiciones; las columnas, las leyes del movimiento. El techo es toda la Mecánica que se soporta en las columnas y en los cimientos.

Al observar la estructura conceptual de las leyes de la Mecánica, se puede ver que Newton fue muy cuidadoso y genial al estructurar sus leyes. Tiene el rigor y la completez propios de los textos matemáticos. Está escrito para público especializado. No es fácilmente comprensible para aprendices. Es necesario, por lo tanto, encontrar alternativas para la enseñabilidad de las leyes de Newton.

Figura 1.2: ***El templo que muestra la estructura conceptual de las leyes de Newton.***



1.2.2. Aspectos conceptuales de los fenómenos erosivos relevantes para la propuesta didáctica

Suarez sugiere una definición de erosion como «un proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de partículas de suelo causado por el agua y el viento» (Suárez, 1980, citado por León Peláez, 2001). En esta definición no se tiene en cuenta la acción del hombre (León Peláez, 2001). De acuerdo con esta conceptualización se puede observar que en los procesos erosivos existe un agente causante (suelo, agua o o el hombre) y un objeto receptor de la acción (las partículas de suelo).

León Peláez afirma que de acuerdo al actor, la erosion se puede clasificar en dos tipos: la erosión natural y la erosion antrópica. La erosion natural puede ser hídrica o eólica (León Peláez, op cit)

La erosión hídrica se divide en superficial y movimientos de masas saturadas de agua. La erosión hídrica puede ser causada por salpicaduras de las gotas de lluvia o por la escorrentía (corriente que se forma sobre la superficie)(León Peláez, op cit).

De acuerdo a la forma como el agua arrastra las partículas de suelo, la erosion por escorrentía puede ser laminar, por surcos o por cárcavas. (León Peláez, op cit).

La erosión está afectada por factores como la pendiente de la superficie del suelo y las

velocidades de arrastre del agua o el viento que mueven las partículas (León Peláez, op cit).

En la propuesta para la enseñanza de las leyes de Newton se utilizan como contexo la erosión eólica, la erosion hídrica por escorrentía laminar y los movimientos de masas de suelo saturadas de agua. Se estudiarán las leyes del movimiento para partículas arrastradas por el viento o el agua sobre superficies horizontales o inclinadas y para masas saturadas de agua que se encuentran sobre superficies inclinadas.

1.3. Aspectos didácticos.

1.3.1. Aspectos de la didáctica general.

1.3.1.1. El concepto de docencia.

Metafóricamente, Vásquez dice que el maestro es un partero (Vasquez R, F, 2000). Campo por su parte define la docencia como la acción de hacer aceptar lo previamente aceptado (Campo V, 2002). En este orden de ideas, el docente debe hacer aflorar (parir) un conocimiento nuevo para el estudiante que, para el profesor de ciencias, es algo que se ha construido a lo largo de la historia de la humanidad. El enseñante debe colocar los apoyos necesarios para que el estudiante construya su conocimiento y quitarlos cuando considere que ya no los necesita (Litwin, 1997).

1.3.1.2. El concepto de aprendizaje.

Fernández Pérez define aprendizaje como la "semantización anasintáctica de la experiencia" (Fernandez P, 2002). Por semantización se refiere a la construcción de significados; por anasintáctica, el proceso de análisis síntesis; y por experiencia, toda acción humana que se realiza con el objeto de ser recordada posteriormente. Parafraseando se puede decir que aprendizaje es la construcción de significados a partir de procesos de análisis y síntesis que el hombre hace con el propósito de recordarlos en el futuro (Fernandez P, 2002).

Por lo tanto, para que un profesor ejerza una acción docente debe regirse por una serie de principios metodológicos entre los que se destacan el principio no sustitución (el profesor no debe hacer lo que puede hacer el estudiante) y el principio de distanciamiento óptimo (el profesor debe poner al estudiante en un punto que le permita aprender cosas nuevas sin caer en la trivialidad ni en la imposibilidad de aprender) (Fernandez P, 2002).

En el caso de la enseñanza de las leyes de Newton para los estudiantes de Ingeniería

Ambiental, el profesor debe diseñar una estrategia acorde con estos requerimientos; lo que implica escoger un contexto motivador y que despierte el interés en los aprendices. También se tienen que diseñar una serie de actividades de análisis y síntesis que lleven a los alumnos al uso de los conceptos aprendidos, procedimientos y hábitos que le permitan nuevos aprendizajes. La función del docente, es la de estimular el interés y acompañar a los estudiantes en la construcción del conocimiento.

1.3.1.3. Modelos de aprendizaje tomados como referencia.

La estrategia se estructura fundamentalmente en el modelo de aprendizaje basado en proyectos y el modelo de aprendizaje activo.

El modelo de aprendizaje por proyectos busca que el estudiante realice actividades planificadas. En este modelo consta de seis fases: Información, Planificación, Decisión, Realización, Control y Evaluación. Durante la información se recoge el material de consulta, luego se planifican las actividades y, se decide por el orden de ejecución. La realización, control y evaluación son actividades cíclicas que se ejecutan durante todo el proyecto. El objetivo es capacitar al estudiante en la realización de actividades pensadas y razonadas; en evaluar el alcance de una actividad y; en tener visión prospectiva (Tippelt & Lindemann, 2001).

El aprendizaje activo toma la expectativa de la anticipación de acontecimientos. Tiene las etapas de predicción individual, predicción grupal, socialización de las predicciones, verificación y retrospección acerca de los aciertos de las predicciones (Leal Contreras, 2012).

En ambos modelos el estudiante es un sujeto que piensa, razona, actúa y evalua. En otras palabras, el estudiante es el centro de la actividad didáctica.

1.3.2. Aspectos de la didáctica específica.

Tradicionalmente, las leyes de Newton se enseñan en el orden que aparecen en los libros de texto (Física de Resnick, Halliday & Young; Física Universitaria de Young & Freedman; Física para ciencia e ingeniería de Serway & Hewett). Este orden coincide con el orden en que aparecen en los Principia de Newton. La secuencia es ley de Inercia, ley de fuerza o movimiento y finalmente, ley de acción y reacción. Intercalada a estas leyes, los textos describen los conceptos de fuerza, peso, fuerza normal y fricción. Con estas ideas se plantean ejercicios de aplicación cuyo objetivo es capacitar al estudiante en la construcción de diagramas de fuerzas, y la formulación y solución de las ecuaciones de movimiento. Los ejercicios tratan el movimiento de partículas o bloques, cuerpos abstractos ubicados bajo la acción de fuerzas específicas o sobre superficies donde se comportan bajo la acción de la gravedad, la normal y la fricción. Este enfoque termina enfatizando en lo memorístico, algorítmico y procedimental dejando de lado la significación (Jessup & Penagos. P., 2007).

Uno de los problemas didácticos que surge del orden como tradicionalmente se dictan las leyes de la Mecánica, es la conceptualización de la ley de la inercia. Esta ley es una abstracción que no es verificable experimentalmente (Khiari, 2011). Se corre el riesgo de hacer que el estudiante memorice literalmente esta ley pero no le asigne significado. A esta situación se le suman los preconceptos con que llegan los estudiantes como: "para que haya movimiento deben haber fuerzas actuando sobre un cuerpo"; "la masa de los cuerpos hace que estos se detengan";, "en una colisión, el cuerpo de mayor masa hace mayor fuerza" (Covián R, 2008).

Ante esta situación, se han formulado secuencias novedosas para la enseñanza de las leyes de Newton. En 1992 Arribas y Sanjosé, proponen la secuencia "principio de conservación de la cantidad de movimiento, concepto de fuerza, segunda ley de Newton y tercera ley de Newton." La propuesta indica que la ley de la inercia está englobada por el principio de conservación. Con este principio y el concepto de fuerza, la segunda y la tercera ley son teoremas consecuencia de los anteriores conceptos (Arribas & Sanjosé, 1992).

Otra propuesta es la de Rodríguez, Mena y Rubio quienes en 2008, enfocados en la visión constructivista, plantean una secuencia didáctica de estrategias de inicio, esquemas de análisis, uso de analogías, solución explicada de problemas y enseñanza experimental. La secuencia temática es tercera ley, segunda ley y primera ley; el orden inverso que aparece en los libros texto clásicos y los Principia de Newton (Rodríguez-Martín, Mena-Romero, & Rubio-Atoche, 2008).

En 2011 se publican los trabajos de López (López D, 2011) y de Lara (Lara B, 2011). López plantea que la segunda ley es la fundamental; las otras dos se pueden derivarse de la primera. El modelo didáctico tiene la secuencia clase expositiva participativa, talleres de aprendizaje cooperativo significativo, disertaciones sobre tópicos de la historia del pensamiento sobre fuerza y movimiento y, construcción de portafolio o bitácora de la clase (López D, 2011).

Lara, por su parte, hace una traducción de algunos conceptos, mostrados en los principia, al lenguaje de nuestra época. Luego plantea igual que Rodríguez, Mena y Rubio que los leyes deben presentarse en orden inverso a como están en los Principia. Es interesante la forma cómo define la fuerza: "todo acto de jalar o empujar" (Lara B, 2011); en esto coincide con Muñoz C, quien en sus comentarios de clase afirma que fuerzas son "los jalones o empujones que hacemos o sentimos" (Muñoz C, 2011).

Para finalizar esta sección, se hace relevante mencionar que las estrategias encontradas en revistas publicadas en lengua española, no se encontraron estrategias didácticas que propongan la enseñanza de las leyes de Newton en el contexto de fenómenos erosivos y utilizando metodologías de aprendizaje por proyectos combinado con aprendizaje activo.

2 Propuesta de estrategia didáctica para la enseñanza de las leyes de newton en el entorno de los fenómenos erosivos.

2.1. Aspectos generales de la estrategia.

La estrategia surge de la revisión reflexiva de las actividades realizadas por el autor cuando impartió el curso de Física I para ingeniería ambiental durante el último semestre de 2011 y primer semestre de 2012. Durante los ajustes de la propuesta se tuvo en cuenta la actitud y las respuestas de los estudiantes durante el desarrollo de las actividades. Las actividades fueron realizadas y valoradas tanto por el docente como por los estudiantes. Como resultado, surge esta propuesta que se presenta como trabajo de grado.

La estrategia se diseña para un grupo de veinte (20) estudiantes del curso de Física I del programa de Ingeniería Ambiental de Unisangil Sede Yopal Casanare (pero puede ser una referencia para la enseñanza de temas de Mecánica en programas de pregrado que esten interesados en el estudio de los fenómenos erosivos) . Estos estudiantes conocen las normas de elaboración de artículos, tienen comprensión lectora literal secuencial pero no intertextual; además conocen las reglas del álgebra de vectores. Desde el punto de vista comportamental son estudiantes que llegan al nivel superior con errores conceptuales acerca de las fuerzas y de conceptos relacionados con ellas. Además, manifiestan algunos comportamientos propios de los estudiantes que recién ingresan a la universidad; "muestran apatía, sumisión intelectual, resistencia al desarrollo de trabajos y tareas de investigación, dificultades para razonar, su lectura de comprensión sólo funciona en niveles de complejidad muy bajos, tienden a hacer trampa en los exámenes sistemáticamente, mienten con regularidad sobre su situación académica y, frecuentemente, buscan manipular a profesores y autoridades" (Rodríguez-Martín, Mena-Romero, & Rubio-Atoche, 2008).

La secuencia didáctica empleada se fundamenta en la propuesta de Lara (Lara B, 2011).

A partir de un proyecto para la solución de un problema ambiental (relacionado con la erosión), acordado con los estudiantes se diseñan ocho sesiones en donde se estudian los

conceptos relacionados con las leyes de Newton, (primero el concepto de fuerza, las fuerzas que interactúan sobre un cuerpo, la construcción de los diagramas de cuerpo libre, el estudio de las leyes de Newton en el orden: tercera, segunda, primera y luego su aplicación a situaciones concretas).

La estrategia se ha diseñado para ocho sesiones de dos horas cada una. Se inicia con una hora de ambientación que tiene como finalidad informar a los estudiantes sobre los propósitos y fundamentos del curso, los contenidos y la metodología acordada para el desarrollo del curso. A continuación se concretan los contenidos, la metodología, las actividades y la propuesta para la evaluación del aprendizaje de los alumnos para cada una de las sesiones y de los proyectos que conforman la propuesta didáctica. El curso se divide en cuatro grupos cada uno los cuales deberá ejecutar un proyecto (erosión eólica, erosión hídrica laminar sobre superficie horizontal, erosión hídrica laminar sobre suelo inclinado y movimientos de masa). Cada uno de los proyectos busca solucionar el problema de explicar el fenómeno a partir de las leyes de Newton. Los proyectos a desarrollar se encuentran en los anexos.

En la otra hora de la misma sesión se hace la presentación de los proyectos y la socialización de los acuerdos de compromisos y de los planes de trabajo para la ejecución de los proyectos. Finalmente se hace un conversatorio sobre el concepto de aprendizaje de las Leyes de Newton en el contexto del curso.

En la segunda sesión el profesor presenta el concepto de fuerza como "los jalones o empujones que sentimos o hacemos" (Muñoz C, 2011). Se hace un estudio de las fuerzas que actúan sobre cada una de los cuerpos cuyo movimiento trata en cada proyecto; el tratamiento se da para determinar el agente, la dirección, representación y el posible efecto sobre la partícula. De este estudio se espera la comprensión del carácter vectorial de las fuerzas y del diagrama de cuerpo libre provisional. Lo importante es que el estudiante sea capaz de construir un diagrama de cuerpo libre a partir del análisis de las fuerzas que actúan sobre una partícula.

En la tercera sesión se identifican las fuerzas que actúan en los cuerpos que se encuentran dentro de un fluido y la naturaleza de cada una de las fuerzas que actúan sobre cada uno de los cuerpos que se tratan. Esta presentación se da porque los fenómenos erosivos son producidos en forma natural por el aire y el agua (fluidos). Se construye el diagrama de fuerzas definitivo con el objetivo de aplicar las leyes de Newton en la siguientes sesiones.

La cuarta sesión es para realizar la revisión teórica de las leyes de Newton. Se toma como referencia los Principia y con el orden y las traducciones conceptuales de Lara (Lara B, 2011). Esta revisión se hace desde la aplicación de los principios de la lógica (equivalencia entre implicación y contrarrecíproca) para entender el alcance de los enunciados.

La quinta sesión es el centro de toda la estrategia. Se muestra la aplicación de las leyes de Newton a cada uno de los proyectos que se estudian. Se realiza en orden inverso como aparecen en los Principia. Primero se muestra la aplicación de la ley de acción y reacción, luego la relación de proporcionalidad entre fuerza y aceleración y, finalmente, la ley de la

inercia.

La sexta sesión se programa para realizar prácticas de laboratorio que verifiquen la aplicación de las leyes de Newton en entornos de los fenómenos erosivos. Estas prácticas se realizan en entornos los más parecidos a las condiciones en que se encuentran las partículas de suelo cuando son sometidos a los agentes causantes de la erosión.

Al final de cada sesión y teniendo en cuenta los objetivos de cada uno de los proyectos, se asignan tareas que los estudiantes deben realizar extra clase.

La estrategia termina con dos sesiones de evaluación tanto de la ejecución de los proyectos como de los aprendizajes logrados.

2.2. Descripción de la estrategia por sesiones de clase.

2.2.1. Primera sesión: información y planificación.

En esta sesión el docente hace la presentación de los objetivos y la metodología que se propone para el desarrollo del curso. Se hace énfasis en la importancia del trabajo colaborativo y del protagonismo de los estudiantes en su aprendizaje. Cuando cada individuo realiza la tarea que le fue encomendada el trabajo en grupo tiene éxito. Al llegar aquí, se comenta que lo importante en este tipo de actividades es el ambiente de respeto, comprensión y participación de cada uno de los integrantes.

El objetivo del curso, para los estudiantes, es el aprendizaje de las leyes de Newton en el contexto de los fenómenos erosivos. Se hace esta selección en vista que la erosión es un factor que altera el recurso suelo del medio ambiente. Conviene recordar que el curso está compuesto por estudiantes de ingeniería ambiental.

Como el objetivo del curso es el aprendizaje de las leyes de Newton en el contexto de los fenómenos erosivos, se busca información en Internet sobre la erosión y sus clasificaciones. El docente recomienda el documento:

- León Peláez, Juan Diego. 2001 .Estudio y control de la erosión hídrica. Capítulos 1 y 2. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Se escoge este texto debido a que presenta los fenómenos erosivos desde la visión física, ambiental, económica y social.

En cuanto a los textos que tratan las leyes de Newton se sugiere la siguiente bibliografía:

- Newton, Isaac. The mathematical principles of natural philosophy. [Sin fecha de publicación.] New York: Daniel Adee.

- Young, Hugh D. Freedman, Roger A. 2009. Física universitaria. Volumen 1. Decimosegunda Edición. México: Pearson Educación.

- Serway, R. A, Hewett Jr, Jhon W. 2008. Física para ciencias e ingeniería. Sexta edición. México: Thompson.

El libro de Newton es libre de derechos de autor y puede ser descargado de Internet. Los otros libros se encuentran disponibles en las bibliotecas de las universidades pues son los textos clásicos para la enseñanza de la Física para Ingeniería.

Se inicia con la pregunta: ¿Cómo evidenciar que un estudiante ha aprendido las Leyes de Newton y las puede aplicar al contexto de los fenómenos erosivos? Esta pregunta se puede descomponer en ¿Cómo se puede evidenciar que el estudiante da razón de los fenómenos erosivos? ¿Cómo se puede evidenciar que un estudiante conoce las leyes de Newton? Al compartir estas preguntas con los estudiantes, se observan respuestas diversas. Algunos buscan eludir su responsabilidad y simplemente contestan "Usted profesor, que es el que sabe, ponga una nota". Otros pueden responder "presentando un trabajo que Usted calificará" (estas afirmaciones y actitudes se han tomado de experiencias que el autor ha tenido con los estudiantes en cursos anteriores) (Torres, 2010). El docente en estos casos debe hacer énfasis en el hecho que lo importante es el aprendizaje de los estudiantes y no la nota o veredicto del profesor. Hay que llevar al estudiante a admitir la responsabilidad de su propio aprendizaje.

Con esto se llega a la forma como se puede evidenciar el aprendizaje. El docente debe llevar la discusión a la idea que la evidencia de tener un conocimiento se manifiesta a través de la comunicación. Así las cosas, se llega a la conclusión "La evidencia de lo aprendido se manifiesta en la capacidad para resolver situaciones del contexto y en la comunicación clara de los resultados".

Otra regla del juego es el hecho que el docente no es quien debe suministrar, como tradicionalmente se hace, la información a los estudiantes. El profesor es ahora un orientador que comparte sus experiencias con sus alumnos y que monitorea y valora el aprendizaje de sus alumnos.

El plan global que el docente propone tiene tres (3) grandes capítulos: 1) documentación acerca del concepto de erosión y sus causas. 2) Establecimiento de las condiciones que se deben cumplir para que suceda la erosión. 3) aplicación de los conceptos a una situación real, bien sea una situación ocurrida en la naturaleza o simulada en el laboratorio. Con base en estos referentes se diseñaron los proyectos específicos que se describen a continuación para que sean realizados por equipos de cinco (5) estudiantes organizados de manera autónoma sin la intervención del profesor.

- Proyecto 1: Identificar las condiciones físicas para que suceda la erosión eólica en superficies horizontales.

- Proyecto 2: Identificar las condiciones físicas para que suceda la erosión hídrica laminar en una superficie horizontal.

- Proyecto 3: Identificar las condiciones físicas para que suceda la erosión hídrica laminar en una superficie inclinada.

- Proyecto 4: Identificar las condiciones físicas para que suceda un desprendimiento de masa en una superficie con alta pendiente de inclinación.

La descripción de cada uno de los proyectos se encuentra en el Anexo A. Una vez expuestos los proyectos se establecen las primeras acciones a realizar. Queda como trabajo extra clase el cumplimiento de los objetivos específicos 1, 2, y 3 de cada uno de los proyectos.

Los resultados de esta actividad deben ser expuestos por cada uno de los grupos ejecutores del proyecto.

Como preparación de la segunda sesión se deja el taller que se encuentra en el Anexo B.

2.2.2. Segunda sesión: ejecución para lograr los tres primeros objetivos del proyecto.

Cada uno de los grupos expone, para los demás, los conceptos consultados en los libros de texto recomendados por el docente. Se establece como regla de juego, la escucha atenta de lo mostrado por cada uno de los expositores. El profesor, como guía en el aprendizaje de los estudiantes, menciona los aciertos, hace (si es necesario) preguntas desequilibrantes para los estudiantes y los refiere a las referencias textuales invitándolos a realizar lectura comprensiva, crítica e intertextual.

Se espera que todos los grupos, al consultar el mismo texto, muestren en forma similar el concepto de erosión, sus clasificaciones y los agentes causantes. Todos los textos definen erosión como la remoción de partículas de suelo por acción del agua, el viento o el hombre. Clasifican la erosión de acuerdo a sus agentes causantes en erosión natural y erosión antrópica. La erosión natural se puede subdividir en erosión eólica (producida por el viento) e hídrica (producida por el agua). De igual modo se puede clasificar la erosión en arrastre de partículas superficiales y movimientos de grandes masas de tierra (deslaves o derrumbes).

La diferencia se da al poner en común las fuerzas que actúan sobre las partículas en las condiciones que trata cada uno de los proyectos.

Al tratar las fuerzas que actúan sobre cada una de las partículas se debe enfocar, más que a

su definición, a sus características. Siguiendo a Galileo, en ciencia es conveniente preguntar por las cualidades de las cosas y no por su esencia. En este orden de ideas, a cada una de las fuerzas se le harán las siguientes preguntas: ¿Qué o quién la ejerce? ¿Qué dirección tiene? ¿Qué efecto tiene sobre el movimiento de la partícula? ¿Cuál es su formulación matemática? ¿Cómo se representan las fuerzas en forma gráfica?

se espera que los grupos que trata la erosión eólica y erosión hídrica laminar horizontal mencionen que sobre la partícula en estudio actúan cuatro fuerzas: El Peso, la Normal, la Fricción o Rozamiento y la Fuerza de Arrastre. Las tres primeras son enunciadas producto de la lectura de los textos clásicos mencionados en la etapa de información. La Fuerza de Arrastre es postulada, en algunos casos, como producto de la intuición de los estudiantes.

Se espera que los grupos que trata la erosión eólica y erosión hídrica laminar horizontal mencionen que sobre la partícula en estudio actúan cuatro fuerzas: El Peso, la Normal, la Fricción o Rozamiento y la Fuerza de Arrastre. Las tres primeras son enunciadas producto de la lectura de los textos clásicos mencionados en la etapa de información. La Fuerza de Arrastre es postulada, en algunos casos, como producto de la intuición de los estudiantes.

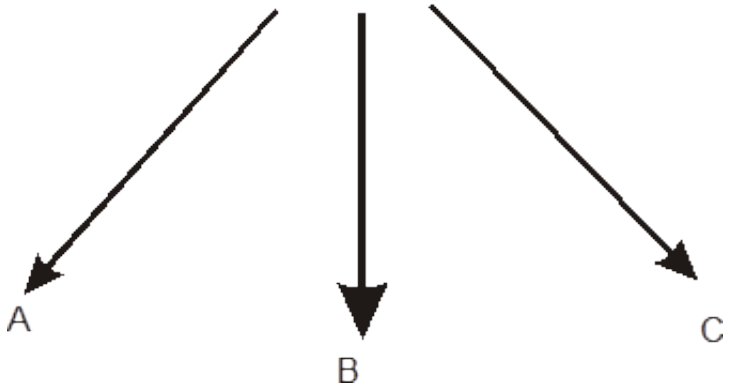
Al caracterizar el peso, los estudiantes dicen frases como: "el peso es una fuerza que ocurre debido a que los cuerpos tienen masa. Está dirigido hacia abajo"; "el peso es masa por gravedad"; "el peso lo hace la gravedad". Estas afirmaciones evidencian ambigüedades sobre la naturaleza de la fuerza y su dirección. Además, puede existir una confusión entre el concepto de peso y su fórmula para calcularla.

Ante situaciones como estas el docente debe formular preguntas como "si el peso es debido a la masa de los cuerpos, ¿por qué los cuerpos en el espacio sideral no pesan? ¿Tiene el peso la dirección hacia abajo como lo indican las flechas dadas en la figura 2.1.". La idea es llevar a los estudiantes a la precisión del concepto: "El peso es una fuerza ejercida por la Tierra sobre los cuerpos. El peso depende de una característica del cuerpo (la masa) y de una característica del espacio cerca de la superficie terrestre (la gravedad). El peso está dirigido hacia el centro de la Tierra; en el contexto que se estudia, tiene dirección verticalmente hacia abajo. Cuando la masa está expresada en kilogramos y la gravedad en metros por segundo cuadrado, el peso se calcula multiplicando el valor de la masa por el valor de la gravedad y el valor se expresa en Newton. Sin embargo, en la cotidianidad el peso se expresa en kilogramos, libras o gramos de fuerza".

Cuando se trata la Fuerza Normal, los conceptos de los estudiantes pueden ser: "La normal es una fuerza que va hacia arriba. Es el mismo peso". Ante esta clase de afirmaciones el profesor puede preguntar: "si un cuerpo se encuentra sobre una mesa, y de repente se quita la mesa ¿Qué le sucede al cuerpo?" La respuesta es "se cae". De nuevo se pregunta: "si un cuerpo se encuentra sobre una mesa ¿Cuál es el efecto de la mesa con respecto al cuerpo?" Se espera como respuesta: "sostenerlo". Es el momento de decir que la fuerza que la mesa hace para "sostener" a un cuerpo es la Fuerza Normal.

En cuanto a la pregunta "¿Cuál es la dirección de la Normal?" la respuesta puede ser

Figura 2.1: ***Posibles direcciones del peso que podrían indicar los estudiantes.***



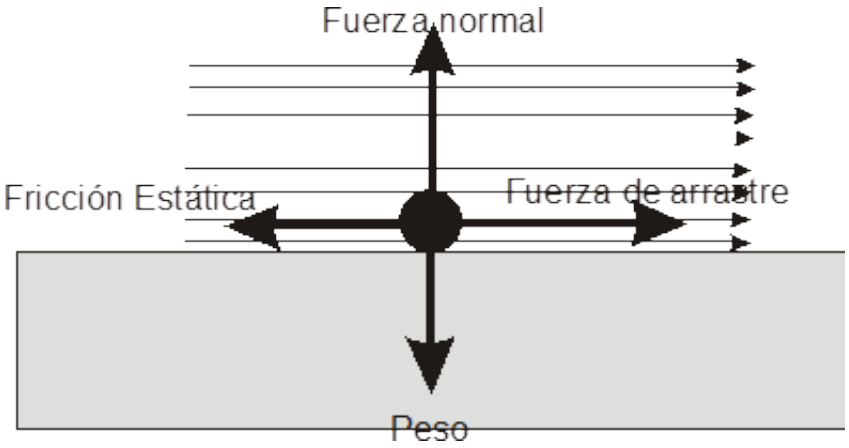
(debido a lo discutido anteriormente con el peso) "verticalmente hacia arriba". El profesor debe afirmar que "esto no es del todo cierto; hay situaciones en que la dirección de la normal no es vertical hacia arriba; pero para objetos ubicados sobre superficies horizontales se puede asumir esta dirección". Es el momento de preparar al auditorio para los siguientes dos proyectos donde se discutirá a fondo la dirección de la Fuerza Normal.

Ahora que se sabe cuál es el agente que produce la Fuerza Normal y su posible dirección, es el momento de explicitar la forma de determinar su valor. Cabe aclarar que la normal explica el "no movimiento" o el equilibrio en la dirección perpendicular al plano. En el caso de una partícula que se encuentra sobre una superficie horizontal, no existe movimiento o hay equilibrio en la dirección vertical. Por lo tanto, la Fuerza Normal debe equilibrar al peso y para equilibrarla debe tener el mismo valor. Se utiliza inicialmente el concepto de "no movimiento" porque este concepto es más evidente para el estudiante que el concepto de equilibrio.

Cuando se trate la Fricción o Rozamiento, cabe esperar que los estudiantes mencionen como definición "es una fuerza que se opone al movimiento debido a las asperezas de las superficies en contacto". Esta es una frase incompleta que genera ambigüedad en el concepto. El profesor debe cuestionar planteando la siguiente situación: "Un carro se encuentra en reposo sobre una superficie lisa, llena de grasa y pretende arrancar ¿lo consigue? ¿Por qué no lo consigue? ¿Qué es lo que hace que el carro avance en una superficie áspera? En este caso ¿en qué dirección va el Rozamiento? Con este cuestionamiento se lleva al estudiante al concepto de movimiento relativo entre superficies o "deslizamiento".

Los estudiantes, que han consultado los textos, mencionarían dos (2) clases de rozamiento: la Fricción Cinética y la Fricción Estática. Es posible que mencionen para las dos fuerzas la misma ecuación: "Fuerza de Rozamiento es igual a Coeficiente de Fricción por Normal". El docente debe poner en escena dos situaciones diferentes. Una cuando el cuerpo está sometido a una fuerza horizontal pero no se mueve. De nuevo, igual que la Fuerza Normal, el Rozamiento Estático es una fuerza que se explica a partir del "no movimiento" o del equilibrio; puede tener valores desde cero (0) hasta un valor máximo que es la fórmula dada en los libros de texto. La otra situación ocurre cuando el cuerpo se desliza sobre la

Figura 2.2: ***Diagrama de fuerzas esperado que podría ser propuesto por los estudiantes para las partículas ubicadas sobre superficies horizontales.***



superficie. La Fricción Cinética es constante y se calcula de acuerdo con la fórmula dada por los estudiantes.

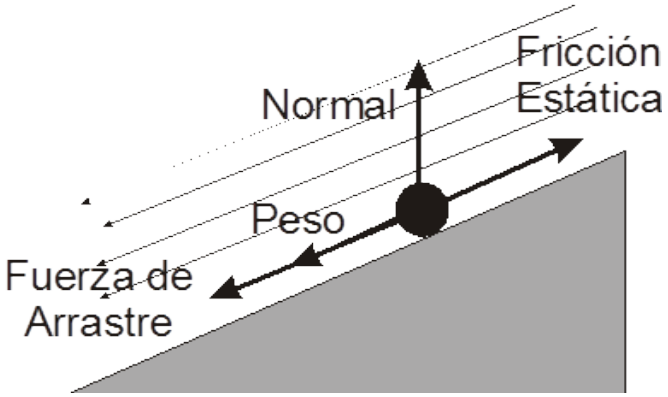
La fuerza de arrastre es tratada como el empujón que el fluido le hace a la partícula. Va dirigida hacia donde se mueve el viento o la corriente de agua. No se conoce a fondo el mecanismo por el cual se produce.

Luego del análisis de cada una de las fuerzas se le pide a los grupos expositores que construyan el diagrama de fuerzas que actúan sobre las partículas en estudio. Se espera un diagrama como se indica en la figura 2.2.

El docente debe formular la pregunta desequilibrante: "Está visto que, de acuerdo con lo aprendido en la teoría, la Normal equilibra al peso; no existe movimiento a lo largo del eje vertical. La fuerza de arrastre debe vencer al rozamiento. Esto dará como consecuencia que la partícula de suelo sea arrastrada horizontalmente sobre la superficie. Sin embargo, cuando se sopla horizontalmente una mesa para remover el polvo, se observa que las partículas se levantan de la mesa; en los desiertos y en las sabanas en verano, el viento levanta polvareda; en los ríos de la llanura, el agua levanta partículas de lodo y arena, es decir existe un movimiento vertical que contradice la teoría expuesta. Dicho de otro modo, la teoría expuesta no es suficiente para explicar fenómenos de la naturaleza. ¿Qué hacemos? ¿Modificamos la realidad? O, ¿Modificamos la teoría?". Con el cuestionamiento anterior se busca desmitificar la información contenida en los textos como un conocimiento estático que tiene la última palabra.

Aquí se corre el riesgo que los estudiantes pierdan el optimismo en la ejecución del proyecto. El profesor debe evaluar el trabajo, valorar principalmente los logros y mostrar como reto la solución del problema que aparece. Hay que remitir a los estudiantes a consultar los textos de Física en los capítulos de mecánica de fluidos especialmente el principio de Arquímedes y la Ecuación de Bernoulli. Se invita a los grupos a mostrar los avances en la siguiente

Figura 2.3: ***Diagrama de fuerzas provisional que podría ser propuesto por los estudiantes para una partícula ubicada sobre una superficie inclinada y sometida al arrastre laminar de un fluido.***



sesión del seminario recordando lo expuesto en la actividad 4 del proyecto.

Con esto termina la exposición de los dos primeros proyectos.

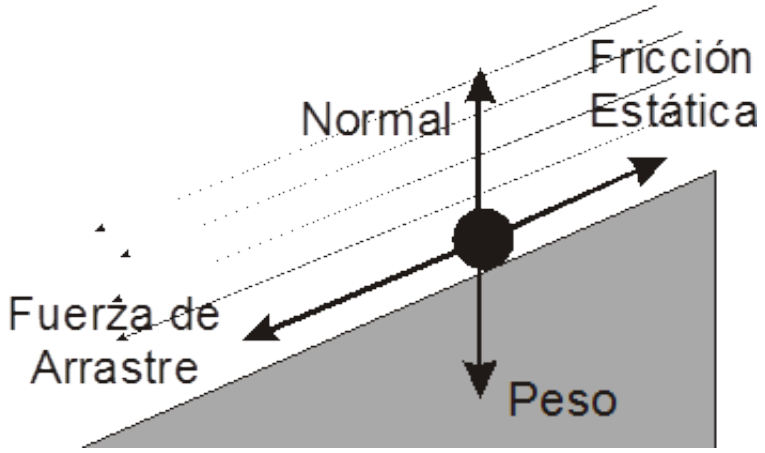
Los grupos que exponen el tercer proyecto "erosión hídrica laminar en una superficie inclinada" deben presentar las cuatro fuerzas que presentaron en los dos primeros. Su definición debe ser la misma, pero cuando se pide que realicen el diagrama de fuerzas, pueden presentarse esquemas "erróneos" producto de la intuición. El diagrama de fuerzas esperado se muestra en la figura 2.3.

Cuando se pregunta la razón por la cual el peso es paralelo al plano los estudiantes contestan "porque el peso ayuda a que el objeto baje". El profesor debe inducir a los estudiantes a las características del peso dadas en las exposiciones anteriores. En otras palabras, se aprovecha la oportunidad para repetir las características del peso dadas en las exposiciones anteriores buscando respuesta en las preguntas enunciadas en un párrafo anterior. Con esto se espera que los estudiantes modifiquen su esquema y tracen el peso como un vector dirigido verticalmente hacia abajo.

Para construir el concepto de la Fuerza Normal se debe remitir al Diccionario de la Real Academia Española. En este texto, disponible en internet, se encuentra en las acepciones 4 y 5 de la palabra "normal" como "dicho de una recta perpendicular a un plano o a otra recta". Cuando se compara este concepto con el representado en la figura, se induce a los aprendices a ver la contradicción entre el esquema y el significado de la palabra normal. Llevados a este punto los estudiantes construyen el trazo de la normal perpendicular al plano.

Puede surgir la pregunta "¿por qué en las dos exposiciones anteriores fue válido decir que la Fuerza Normal se dirige verticalmente hacia arriba?". Se pide a los expositores que muestren su esquema. Se evidencia que el plano sobre el que reposa la partícula es horizontal; la

Figura 2.4: ***Diagrama de fuerzas construido por los estudiantes durante la sesión para una partícula ubicada en una superficie inclinada y sometida al arrastre de un fluido.***



perpendicular es la vertical.

La fuerza de fricción se muestra como una fuerza que se opone al movimiento relativo entre las dos superficies. Para profundizar este concepto se remite a los estudiantes al Curso de Física con Ordenador de Ángel Franco García disponible en internet (Franco G, A, 2013).

Al final de la exposición de este grupo se espera haber construido el esquema de la figura 2.4.

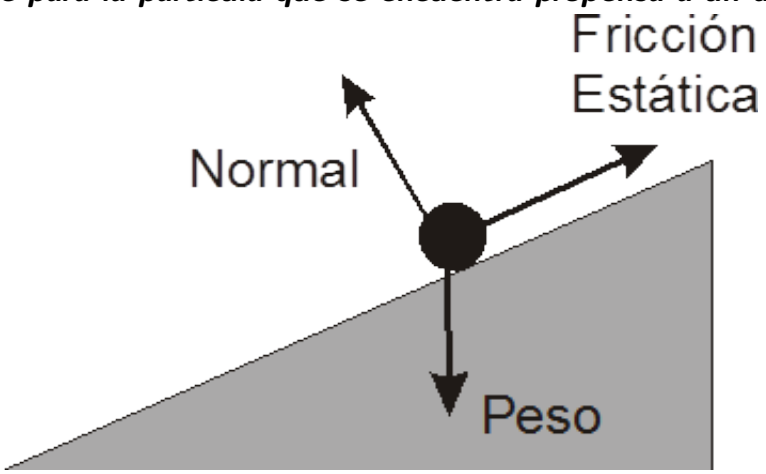
El docente debe decir que este esquema no es completo. Al igual que los anteriores proyectos, no explica desprendimientos de partículas hacia el fluido. Vuelven las preguntas desequilibrantes: ¿Qué hacemos? ¿Modificamos la realidad? O, ¿Modificamos la teoría?

Cuando expone el grupo que trata el movimiento de masas, se puede presentar que, aprovechando las construcciones conceptuales hechas en las exposiciones precedentes, presenten el esquema y las definiciones dadas en la figura 2.4. El profesor puede ripostar con la pregunta "en este caso, ¿Quién ejerce la fuerza de arrastre?". Al no encontrar explicación, los expositores deberán quitar esta fuerza y el esquema será el mostrado en la figura 2.5.

El profesor debe preguntar "si en la dirección paralela al plano, solo existe la fuerza de fricción hacia arriba, ¿Por qué la masa se desliza hacia abajo?". Ante esta pregunta deja como consulta el esquema de suma del peso con la fuerza normal por el método del paralelogramo.

Finalizada la cuarta exposición y su respectiva discusión el tutor invita al curso en general a observar las semejanzas y las diferencias cada situación objeto de estudio. En todos los casos interviene el peso, la fuerza normal y el rozamiento. En los casos donde la partícula se mueve debido a la interacción con un fluido (aire o agua) existe una fuerza de arrastre. Sin

Figura 2.5: ***Diagrama de fuerzas construido por los estudiantes en la sesión de clase para la partícula que se encuentra propensa a un deslizamiento.***



embargo, el modelo no es suficiente para explicar los desprendimientos de las partículas de suelo al interior de los fluidos como sucede en la realidad (tormentas de arena y arrastre de suelo por escorrentía). Entonces los invita a consultar los textos para encontrar los conceptos de Principio de Arquímedes, Ecuación de Bernoulli, viscosidad y suma de vectores por el método del paralelogramo y por el método de descomposición. El profesor asevera que, si los estudiantes resuelven estas incógnitas, los cuatro problemas están resueltos.

Se deja como guía de evaluación y preparación de la siguiente clase el cuestionario que se encuentra en el Anexo C.

2.2.3. Tercera sesión: construcción del diagrama de fuerzas definitivo.

Se pide a cada uno de los grupos que inicien la exposición, recordando rápidamente lo expuesto en la clase anterior. Deben mencionar las fuerzas que actúan, los agentes que las causan y la dirección. A continuación deben dibujar el diagrama de fuerzas, tal y como lo graficaron en la sesión anterior. Los diagramas que se espera presenten cada uno de los grupos es el mismo de la figura 2.3, la figura 2.4 y la figura 2.5.

Es el momento de decir que el diagrama está incompleto. Faltan algunas fuerzas. También se recuerda que el docente pidió consultar la teoría del Principio de Arquímedes y la Ecuación de Bernoulli.

Configurado este contexto se pide a cada uno de los grupos que exponga lo consultado sobre el principio de Arquímedes y la Ecuación de Bernoulli. Se enfatiza en la naturaleza de estas fuerzas y los agentes que la producen; se debe establecer que la dirección del empuje

Figura 2.6: ***Esquema que muestra el empuje y la fuerza de Bernoulli para partículas que se encuentran sobre superficies horizontal (izquierda) e inclinada (derecha).***

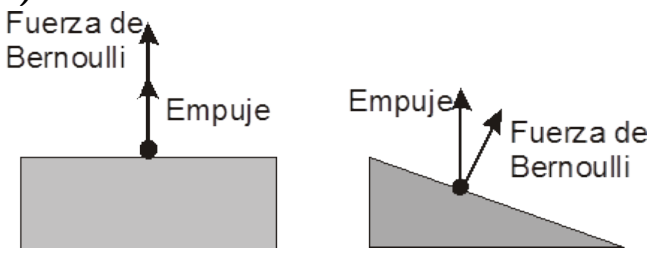
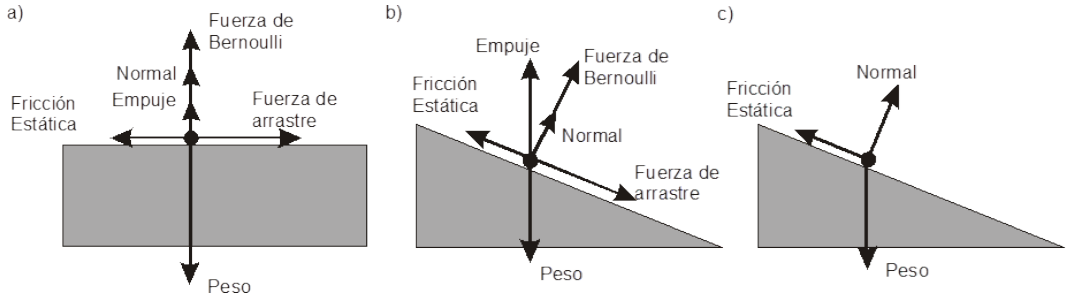


Figura 2.7: ***Diagramas de fuerzas definitivos construidos durante la sesión de clase. a) Para las partículas que son arrastradas por un fluido sobre una superficie horizontal, b) Para la partícula que es arrastrada por un fluido sobre una superficie inclinada, c) Para una partícula que representa una roca en un movimiento en masa (derrumbe).***



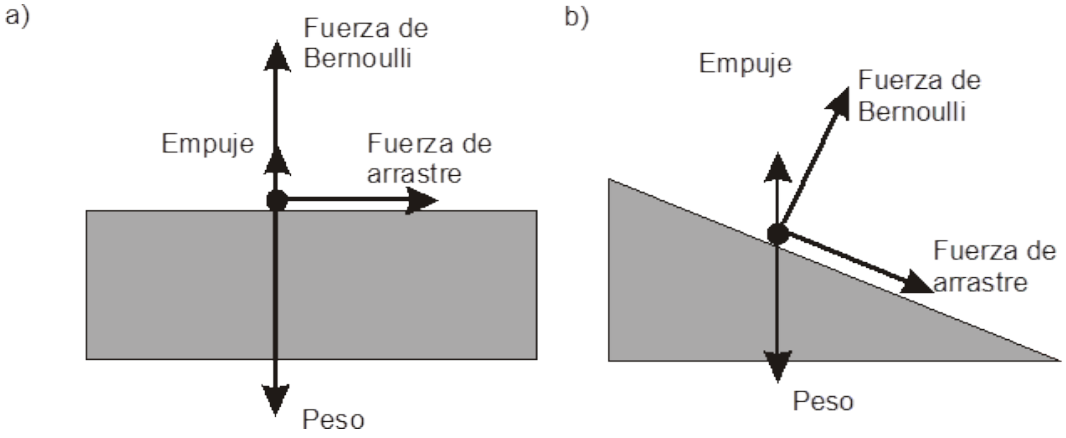
es vertical hacia arriba independiente de la dirección del plano en que se ubique la partícula. En cambio la fuerza de Bernoulli actúa en la misma dirección de la fuerza normal. Como se muestra en la figura 2.6.

Con la información obtenida de las consultas se pide que a los grupos expositores que agreguen las fuerzas al diagrama expuesto en la sesión anterior. Los nuevos diagramas de fuerzas son los mostrados en la figura 2.7.

Ahora se formula la pregunta: ¿Qué sucede cuando se aumenta la velocidad del fluido que pasa por encima de la superficie? ¿Qué fuerzas se alteran?. Con esta pregunta se pretende mostrar que al aumentar la velocidad del fluido, se aumenta la fuerza de arrastre, aumenta la Fuerza de Bernoulli y disminuye la fuerza Normal y como consecuencia adicional, la fuerza de fricción estática. Se debe recordar que estas dos últimas fuerzas son equilibrantes. Así, para las partículas que se encuentran bajo la acción de un fluido, se puede decir que en el momento justo en que la partícula está a punto de despegarse del suelo, las fuerzas que actúan sobre ella son las que se muestran en la figura 2.8.

Al establecer que la fuerza de arrastre es una fuerza de viscosidad que depende de la velocidad relativa entre la partícula y el fluido, se induce a los grupos a concluir que debe

Figura 2.8: ***Diagrama de fuerzas para las partículas cuando, por el incremento de la fuerza de Bernoulli, la normal y el rozamiento estático se reducen a cero; a) para la partícula sobre una superficie horizontal, b) Para la partícula sobre una superficie inclinada.***



haber una velocidad mínima que debe tener el fluido para poder arrastrar a determinada partícula.

Con esto se termina la actividad para cumplir con los primeros dos objetivos de los proyectos. Se debe hacer una evaluación cualitativa para averiguar si cada uno de los objetivos del proyecto se está cumpliendo.

La sesión finaliza recordando el objetivo específico siguiente: "Conocer el marco teórico que se requiere para la comprensión del fenómeno de la erosión eólica: las Leyes de la Inercia, de la fuerza, de Acción y el Principio de Superposición". Se deja como tarea para la siguiente sesión la consulta de los Principia de Newton y de los capítulos de Dinámica de los textos de Física que se recomendaron como bibliografía. El formato de evaluación se encuentra en el Anexo D.

2.2.4. Cuarta sesión: análisis y presentación de las leyes de Newton.

Se inicia con un repaso de los diagramas de fuerzas que se estudiaron en las sesiones anteriores. Esto se hace con el fin de recordar la esencia de los proyectos y que es la explicación de los fenómenos erosivos producidos por el viento, el agua con flujo laminar y los movimientos de masa en los derrumbes o deslizamientos. El profesor dará como anticipación que la explicación se encuentra en las leyes de Newton y las definiciones conexas que se encuentran en los Principia.

El docente hace una presentación de las definiciones pertinentes que se requieren para

entender las leyes de Newton. Se hace énfasis en la definición de movimiento, fuerza, masa y aceleración tal como las define el Lord Ingles en forma original.

Se empieza con la definición de movimiento. "The quantity of motion is the measure of the same, arising from the velocity and quantity of matter conjunctly" (Newton, 1687). (La cantidad de movimiento es la medida del mismo, puede ser causado en forma conjunta por la cantidad de materia y por la velocidad). Lo que Newton determina como cantidad de materia, en la ciencia moderna es la masa. Así, el movimiento se define, desde la redacción de Newton, como una cantidad que depende tanto de la masa como de la velocidad. Es necesario realizar una traducción al lenguaje matemático: $p = mv$. Aún más, al lenguaje vectorial $\vec{p} = m\vec{v}$. Para explicar este concepto se trae a escena el hecho que una roca que se desliza por una ladera lentamente, puede derribar árboles; en este caso el movimiento de la roca está representado principalmente por la masa. Caso análogo se tiene el movimiento de una bala disparada por un fusil donde el movimiento se debe principalmente a la velocidad. La discusión de este concepto se finaliza cuando se muestra que el movimiento es un vector que tiene la misma dirección de la velocidad.

Ahora se muestra el concepto de fuerza impresa. "An impressed force is an action exerted upon a body, in order to change its state, either of rest, or of moving uniformly forward in a right line" (Newton, 1687). (Una fuerza impresa es una acción ejercida sobre un cuerpo para cambiar su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme). Se aclara que el adjetivo "impresa" implica que no todas la fuerzas pueden cambiar el estado de reposo o movimiento. Para que una fuerza pueda cambiar el movimiento de un cuerpo debe ser una resultante diferente de cero.

$$\sum \vec{F} = 0$$

Por otro lado, se enfatiza que la fuerza cambia el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo. En otras palabras, altera el valor de la expresión p=mv. En cuerpos sólidos como son las partículas de suelo, la masa permanece constante. En este orden de ideas, la cantidad que cambia es la velocidad. El cambio de velocidad se llama aceleración.

Cabe traer a colación los conceptos de aceleración. Un cuerpo acelera cuando su velocidad aumenta, disminuye o cambia de dirección. Esto indica que la fuerza impresa es una acción que cambia la velocidad de los cuerpos. En otras palabras, la fuerza impresa acelera a los cuerpos aumentando la velocidad, disminuyéndola o cambiándole la dirección.

Con estos conceptos claves, se puede iniciar el estudio de las Leyes de Newton. Al igual que en los conceptos anteriores, se hará una revisión de la formulación original de los Principia.

Se enuncia la tercera Ley: "To every action there is always opposed an equal reaction: or the mutual actions of two bodies upon each other are always equal, and directed to contrary parts" (Newton, 1687) (A toda acción siempre se opone una reacción equivalente: las acciones mutuas de dos cuerpos, uno sobre el otro, tienen el mismo valor y dirección

Figura 2.9: ***Simulación de las fuerzas de contacto entre un bloque y la superficie para un bloque que se desliza sobre un plano inclinado. La fuerzas ascendentes actuan sobre el bloque y las fuerzas descendentes actuan sobre el plano.***

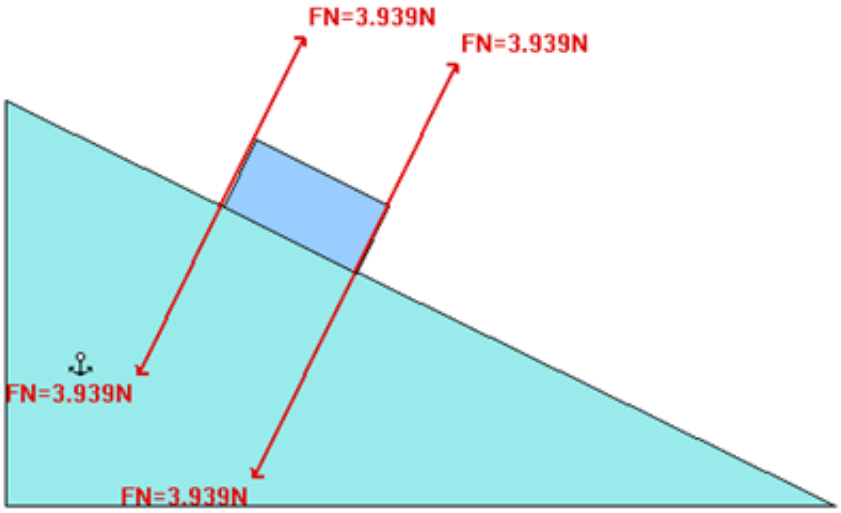
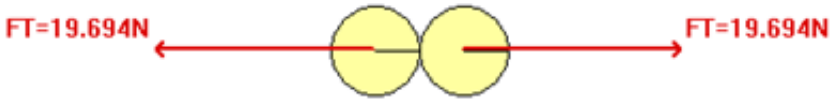


Figura 2.10: ***Simulación que muestra las fuerzas que actúan sobre dos partículas cuando colisionan. Obsérvese que las fuerzas tienen el mismo valor pero actuan en cuerpos diferentes y tienen sentidos opuestos.***



opuesta). El profesor debe aclarar que estas acciones son simultáneas. Por lo tanto las alteraciones de los movimientos también suceden al mismo tiempo.

Como ilustración de la tercera ley se puede citar el ejemplo de Newton. "si se empuja una piedra con el dedo, la piedra puede ser acelerada por el dedo; pero, simultáneamente, el dedo es doblado por la acción de la piedra" (Newton, 1687). Para los temas que nos convocan, la fuerza normal se puede explicar como una aplicación de la tercera ley de Newton. También, utilizando una versión demo gratuita de Interactive Physics obtenidos en la web, se pueden mostrar simulaciones para ilustrar mejor el tema. Ver figura 2.9 y figura 2.10.

Una confusión que aparece como ejercicio en los libros de texto es "si las fuerzas de acción y reacción son equivalentes y de sentido opuesto, ¿no darían como resultado cero?". La solución la suministra el grafico de las esferas que se muestran en la figura 2.9, y la figura

. Las fuerzas de acción y reacción sí son equivalentes, tienen sentido opuesto pero actúan sobre cuerpos diferentes. Para que la suma de las fuerzas opuestas y equivalentes dé una resultante de cero, deben actuar sobre el mismo cuerpo.

Como acción complementaria se define la fuerza como un vector. Realizando un análisis el profesor debe mostrar que el término "fuerza impresa" de los Principia es traducido al concepto de "fuerza resultante" de los libros de texto usados en la formación de ingenieros. Este es el momento de mostrar la fuerza como un vector argumentando que para ser expresado correctamente debe mencionarse el valor o módulo, la dirección y el sentido.

Ahora se muestra la Segunda Ley tal y como se encuentra en los Principia. "The alteration of motion is ever proportional to the motive force impressed ; and is made in the direction of the right line in which that force is impressed" (Newton, 1687).("El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza impresa causante; además, [este cambio] es realizado en la dirección en que la fuerza actúa"). En la interpretación se muestra la proporcionalidad existente entre el "cambio del movimiento" y la "fuerza impresa". Pero, para realizar este análisis se debe definir o entender estos conceptos.

El cambio de movimiento se debe comprender desde la definición de movimiento dada por Newton. "El movimiento es la medida del mismo, depende tanto de la masa como de la velocidad" (Newton, 1687). Expresado matemáticamente se tiene

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

En este orden de ideas, se puede afirmar que para cambiar el movimiento de un cuerpo se puede hacer de dos formas; se puede variar la masa o se puede variar la velocidad. Pero, si se piensa cómo varía el movimiento de una roca que se desliza, una partícula de polvo arrastrada por el viento o un grano de arena arrastrado por el agua, se puede deducir que no se puede alterar la masa. Solo se puede variar la velocidad; solo se puede acelerar.

Si se define aceleración como la razón de cambio de velocidad con respecto al intervalo de tiempo,

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Así, se puede conceptuar que la alteración del movimiento a través del tiempo como

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m\frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v}\frac{dm}{dt} = m\vec{a} + \vec{v}\frac{dm}{dt}$$

Si se considera la masa constante

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a}$$

En palabras se puede decir que el cambio del movimiento, en los casos que se estudian, se puede calcular multiplicando la masa por la aceleración.

Ahora se debe entender el concepto de "fuerza impresa". Se puede partir diciendo que no siempre una fuerza puede alterar el movimiento de un cuerpo. No todas las fuerzas son "impresas". ¿Cuál será la condición para que una fuerza sea impresa? De nuevo se recurre a la definición de Newton. "Una fuerza impresa es la que puede cambiar el movimiento de un cuerpo". Para los casos que nos ocupan en los fenómenos erosivos, ejemplos de fuerzas impresas son el peso, la fricción cinética, el empuje, la fuerza de Bernoulli y el arrastre. No son fuerzas impresas la fricción estática y la normal.

Es el momento de expresar de otra manera la segunda ley de Newton. Si sobre un cuerpo actúan fuerzas que cambian el movimiento de un cuerpo, cada una de estas fuerzas se puede expresar de la forma

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Cada fuerza tiene una medida que es proporcional a la aceleración que produce. La constante de proporcionalidad es la masa inercial del cuerpo.

La enseñanza de la segunda ley de Newton finaliza con el análisis dimensional.

Si $\vec{F} = m\vec{a}$, entonces las unidades de fuerza deben ser iguales a las unidades de masa multiplicadas por las unidades de aceleración. Esto es

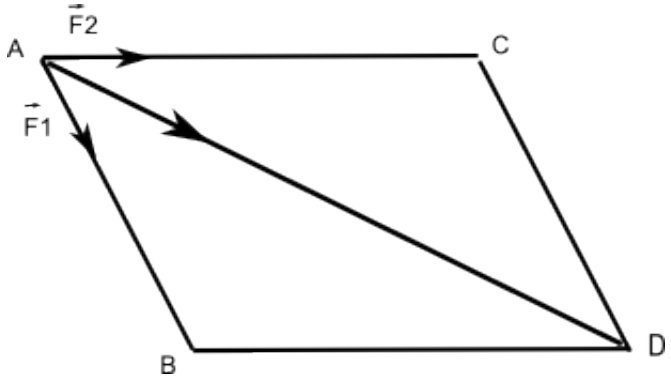
$$[F] = [m]\,[a]$$

En el sistema internacional se tiene como unidad el Newton (N).

$$1N = 1kg\frac{m}{m^2}$$

Surge un problema de nominación. El estudiante se confunde cuando se habla de "kilogramos de peso" y "kilogramos de masa". Mas en forma general, no sabe cuándo utilizar el kilogramo de fuerza y el kilogramo de masa. Se hace necesario que el profesor aclare que, numéricamente, en la superficie terrestre las dos cantidades son equivalentes. Sin embargo, son de diferente naturaleza. La discusión debe dirigirse con las preguntas ¿Cuánta masa

Figura 2.11: ***Paralelogramo explicativo del principio de superposición.***



tiene su cuerpo en este momento? ¿Cuánto peso? Si Usted pudiera pasar unos días en la Estación Espacial Internacional, ¿se altera el valor de su masa? ¿Se altera el valor de su peso? Con lo anterior se lleva a la idea que la masa es "algo" que siempre llevan los cuerpos mientras que el peso es una fuerza que depende de la atracción gravitacional de los planetas. Se termina exponiendo una diapositiva con las gravedades de los planetas del sistema solar y calculado el peso de cada uno en la superficie de cada astro.

El profesor termina este apartado relacionando que para efectos de cálculo se puede considerar como

$$1kilogramo - fuerza = 9{,}8kg\frac{m}{s^2} = 9,8Newton$$

Retomando el concepto de la segunda ley de Newton se recuerda que "la alteración del movimiento es proporcional a la fuerza impresa" (Newton, 1687). Se repasa la clasificación entre fuerzas impresas y fuerzas equilibrantes. Con esto se plantea la siguiente pregunta, "si sobre un cuerpo actúan simultáneamente dos fuerzas impresas en diferente dirección, ¿Cuál es el resultado de dicha acción conjunta?" Después de indagar respuestas a priori de los estudiantes el profesor anticipa que la respuesta está en "Corolario 1" de los Principia.

La revisión teórica continua con el Principio de superposición: "A body by two forces conjoined will describe the diagonal of a parallelogram, in the same time that it would describe the sides, by those forces apart" (Newton, 1687) (Un cuerpo sobre el cual actúan dos fuerzas describirá la diagonal de un paralelogramo, en el mismo tiempo que describiría los lados si cada fuerza actuara por separado).

Parafraseando a Newton y observando la figura 11. si una fuerza $\vec{F_1}$ actúa sobre un cuerpo a lo largo de la línea $\overline{AC}$ y simultáneamente otra fuerza $\vec{F_2}$ actuara a lo largo de la línea $\overline{AC}$, el cuerpo seguirá la diagonal $\overline{AD}$. Esta diagonal se describirá en el mismo tiempo que tardaría el cuerpo en seguir la trayectoria $\overline{AC}$ o la trayectoria $\overline{AB}$ de actuar únicamente $\vec{F_1}$ o $\vec{F_2}$. Para mejorar el entendimiento de este principio se pide a un estudiante que sea halado de sus brazos por dos compañeros en diferentes direcciones. El resultado es que el estudiante es impulsado en la dirección diagonal.

El profesor relaciona el principio de superposición mostrando que se puede traducir diciendo "cuando sobre un cuerpo actúan dos fuerzas en direcciones diferentes, el efecto es la suma vectorial de las mismas". Es decir la fuerza resultante es la suma vectorial de las fuerzas que actúan. Este principio se puede extender a varias fuerzas

$$\vec{F}_r = \sum \vec{F}_i$$

Una vez analizadas la segunda y la tercera ley, se dedica atención a la ley de la Inercia. La primera Ley dice "Every body perseveres in its state of rest, or of uniform motion in a right line, unless it is compelled to change that state by forces impressed thereon." (Newton, 1687) (Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o movimiento uniforme en línea recta, a menos que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas impresas sobre este). Inicialmente se debe relacionar con la definición de fuerza impresa dada anteriormente. Si se comparan los dos enunciados, se encuentran que, desde el punto conceptual, forman una implicación. Si sobre un cuerpo actúa una fuerza impresa, entonces el cuerpo cambia su estado de reposo o movimiento uniforme. Pero también se puede inferir que si un cuerpo mantiene en su estado de reposo o movimiento entonces sobre el cuerpo no actúa fuerza impresa. Esta ley es de carácter cualitativo pero no verificable porque en cualquier lugar de la Tierra existen fuerzas actuando sobre los cuerpos.

Luego de exponer y aclarar dudas, el docente plantea la pregunta "¿Cómo aplicar esta teoría a los cuatro proyectos que están resolviendo los estudiantes?". "¿Cómo explicar, desde las leyes de Newton, el movimiento de las partículas de suelo que se están estudiando?".

Finamente, se evalúa el estado de cada uno de los proyectos. Se observa que se ha alcanzado el cuarto objetivo; queda pendiente alcanzar el quinto que es dar respuesta a las preguntas formuladas en el párrafo anterior. Con esta reflexión se finaliza la sesión.

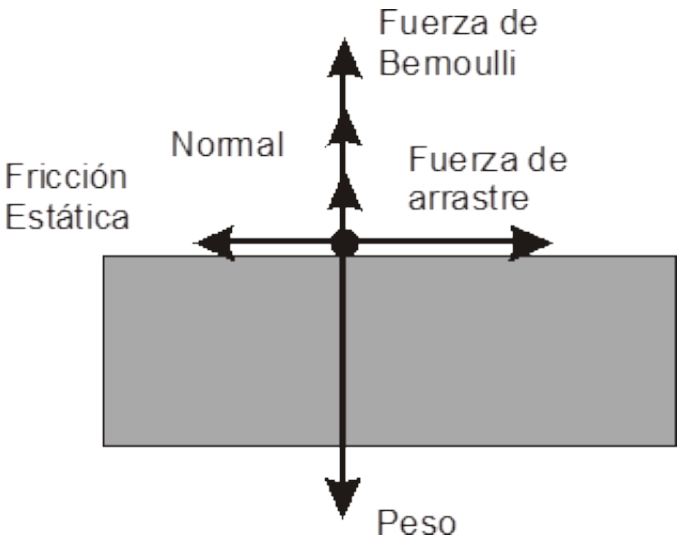
Como preparación de la quinta sesión se deja el taller del Anexo E.

2.2.5. Quinta sesión: aplicación de las leyes de Newton a los proyectos.

El modelo metodológico general de sesión empieza con los siguientes pasos.

- Identificación de las fuerzas que actúan sobre cada una de las partículas que se estudian en cada uno de los proyectos.
- Clasificación de las fuerzas en "impresas" y "equilibrantes".
- Aplicación de la tercera Ley de Newton para explicar el comportamiento de las fuerzas.
- Para los tres primeros proyectos, evaluación del comportamiento de las fuerzas a

Figura 2.12: ***Diagrama de fuerzas sobre una partícula que se encuentra sobre una superficie horizontal.***



medida que aumenta la velocidad del fluido que rodea a la partícula; para el cuarto, evaluación del comportamiento de las fuerzas cuando se altera la fuerza de rozamiento estático.

- Aplicación del principio de superposición y la segunda ley de Newton para explicar el movimiento de cada una de las partículas.

- Aplicación de la primera ley de Newton para explicar la detención de las partículas en movimiento.

De nuevo se trae el diagrama de fuerzas construido en la tercera sesión (ver figura 2.12.)

Se repasa el actor de cada una de las fuerzas. La fuerza de arrastre es hecha por el aire en movimiento; el peso por la tierra; la fricción por las asperezas del contacto con las superficie; El empuje y la Fuerza de Bernoulli por diferencias de presión y; la Normal por la superficie.

Se hace énfasis en la fuerza normal y en la fricción estática. La normal aparece como una fuerza que hace la superficie para equilibrar el peso del cuerpo. Es un ejemplo de aplicación de la ley de acción y reacción. Debido a la atracción gravitacional, el cuerpo "comprime" a la superficie y como reacción la superficie "sostiene" el peso del cuerpo. Cuando además del peso actúan fuerzas como el empuje y la fuerza de Bernoulli, el valor de la normal es la diferencia entre el peso y los valores de las otras fuerzas.

$$N = w - E - F_b$$

Desde el punto de vista vectorial se puede escribir

$$\vec{N} = \vec{w} - \vec{E} - \vec{F}_b$$

La fricción es estática. Su función es mantener equilibrada la fuerza de arrastre que el fluido ejerce sobre el cuerpo.

La clasificación de las fuerzas en "equilibrantes" o "impresas" se hace desde el punto de vista si por sí solas pueden producir aceleraciones o no. El peso produce aceleraciones cuando los cuerpos caen libremente; la fuerza de arrastre, como su nombre lo indica, también acelera a los cuerpos, el empuje eleva los cuerpos que se encuentran en el fondo de un pozo de agua; la fuerza de Bernoulli puede levantar un papel cuando se sopla por encima. En cambio, la normal, no produce aceleraciones así como fuerza de rozamiento estático. En resumen: son fuerzas impresas el peso, el empuje, la fuerza de Bernoulli, la fuerza de arrastre; son fuerzas equilibrantes la fricción estática y la normal.

El profesor debe mostrar que, para los proyectos 1 y 2, las fuerzas solo actúan en dos direcciones: vertical u horizontal. El peso, en la vertical es opuesto a la normal, al empuje y a la fuerza de Bernoulli; el arrastre y la fricción son las únicas fuerzas que actúan en la horizontal cuando la partícula aún se encuentra en reposo.

Se hace un recuerdo de las interacciones que originan las fuerzas sobre los partículas en estudio. Si el peso es ejercido por la tierra sobre la partícula, ¿Cuál es el efecto de la partícula sobre la tierra? Si la normal es ejercida por la superficie sobre el cuerpo, ¿Cuál es el efecto del cuerpo sobre la superficie? Si la fricción es ejercida por la superficie sobre el cuerpo, ¿Cuál es efecto friccional del cuerpo sobre la superficie? Si el empuje es ejercido por el fluido sobre el cuerpo, ¿Cuál es el efecto del cuerpo sobre el fluido? Si el arrastre es ejercido por el fluido, ¿Cuál es el efecto del cuerpo sobre el fluido? También se preguntará por el valor de la fuerza sobre cada uno de los objetos interactuantes con la partícula en estudio.

Es el momento de hacer la pregunta: ¿Qué pasa si se aumenta la velocidad del fluido que para alrededor de la partícula? La respuesta es "aumenta la fuerza de Bernoulli y la fuerza de arrastre". Al aumentar esta fuerza, la normal disminuye y, de acuerdo a la relación $F_r = \mu N$, disminuye la máxima fricción estática que sostiene al cuerpo en reposo. Si la velocidad del fluido es lo suficientemente grande, la normal y la fricción estática, como fuerzas equilibrantes, no son necesarias, desaparecen y el cuerpo se levanta de la superficie movido por una fuerza de arrastre horizontal y un empuje que sumado con la fuerza de Bernoulli vencen al peso. El diagrama de fuerzas para este fenómeno se puede ver en la figura 2.13.

¿Cuál es el efecto de las fuerzas verticales y horizontales que actúan sobre las partículas en cuestión? Es el momento de ver la aplicación del principio de superposición. El movimiento del cuerpo traza la diagonal al paralelogramo de las fuerzas netas que actúan como se observa en la figura 2.14

Figura 2.13: ***Diagrama de fuerzas cuando el empuje y la fuerza de Bernoulli reducen la Normal a cero.***

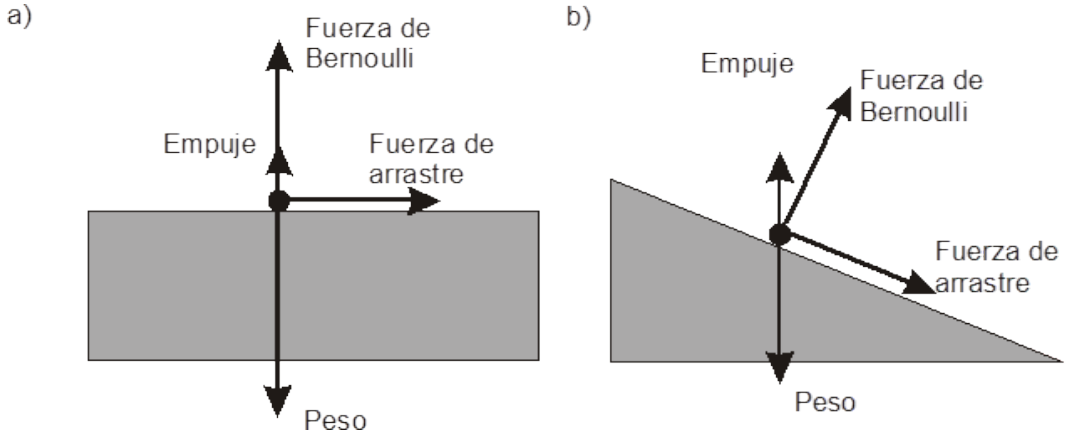


Figura 2.14: ***Aplicación del principio de superposición de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo que se encuentra sobre una superficie horizontal y en medio de un fluido que se mueve hacia la derecha.***

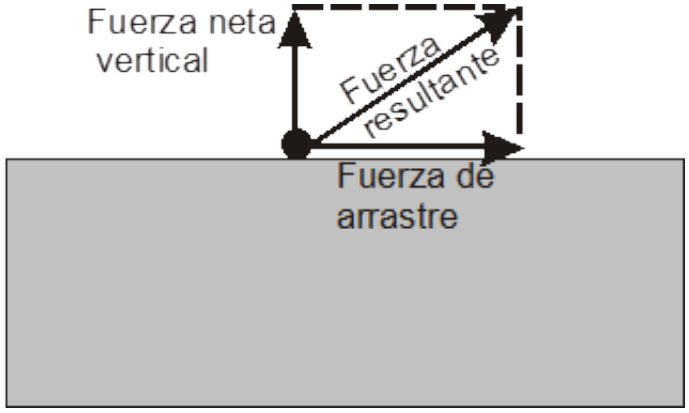
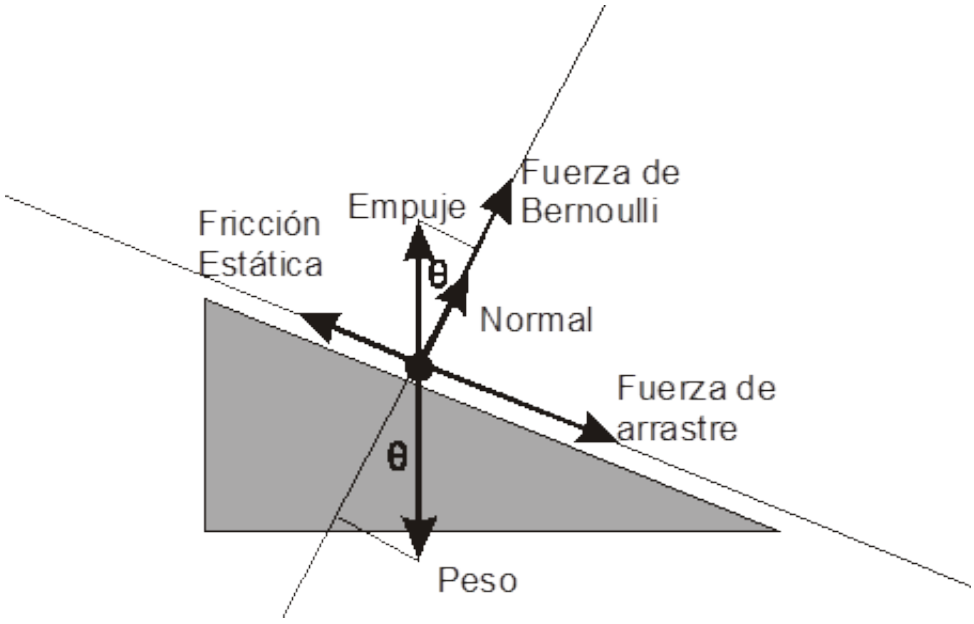


Figura 2.15: ***Diagrama de fuerzas que actúan sobre un cuerpo sobre un plano inclinado y sobre el que pasa un fluido laminar.***



.Una pregunta que pueden hacer los estudiantes es ¿Qué pasa con el rozamiento cinético? La respuesta es que el rozamiento cinético entre la partícula y el piso no existe porque la partícula "despega" de la superficie.

Esta es la causa por la cual los vientos levantan las partículas de polvo y originan las llamadas tormentas de arena en los desiertos. De la misma manera este es el mecanismo por el cual el agua levanta las partículas de suelo y forma la erosión hídrica.

Para el tercero y cuarto proyecto, al análisis anterior se establece un sistema de coordenadas adecuado para un plano inclinado que se encuentra los libros de texto. Un eje debe ser paralelo al plano y el otro perpendicular.

Para el tercer proyecto se establece el diagrama de fuerzas de la figura 2.15 se dibuja, un sistema de coordenadas donde el eje x es paralelo al plano y el eje y es perpendicular al plano. Establecida la referencia se procede a ver cuáles fuerzas se encuentran sobre uno de los ejes y cuáles no. Se debe mostrar que el empuje y el peso son verticales y por lo tanto no pueden estar sobre el eje y. Estas fuerzas deben descomponerse como si fueran vectores.

Las componentes del peso y del empuje sobre el eje Y son catetos adyacentes al ángulo θ mientras que las componentes sobre el eje X son catetos opuestos. Por definición de relaciones trigonométricas, si E es el Empuje y w representa el peso,

$$E_y = E * cos\theta;\ E_x = E * sen\theta$$

$$w_y = w * sen\theta; w_x = w * sen\theta$$

Con esta descomposición se encuentra la forma de aplicar la segunda ley de Newton. A lo largo del eje x se encuentran el arrastre y la componente del peso en sentido positivo y la componente del empuje y la fricción estática en el sentido negativo. A lo largo del eje y se encuentran la normal, la componente del empuje y la fuerza de Bernoulli en el sentido positivo y la componente del peso en el sentido negativo. Desde el punto de vista matemático, lo anterior se puede expresar

$$\sum F_x = F_a + w_x - E_x - F_r$$

$$\sum F_y = N + F_b + E_y - w_y$$

De nuevo se hace la pregunta: ¿Qué sucede cuando se aumenta la velocidad del fluido? Igual que en el primero y el segundo proyecto, en este caso se ve que la normal disminuye y por lo tanto, disminuye la máxima fuerza de rozamiento estático. Llegará un momento en que la fuerza normal se hace cero y el cuerpo se despega de la superficie. En este instante las fuerzas que actúan sobre el cuerpo son

$$\sum F_x = F_a + w_x - E_x$$

$$\sum F_y = F_b + E_y - w_y$$

El diagrama de fuerzas se muestra en la figura 2.16.

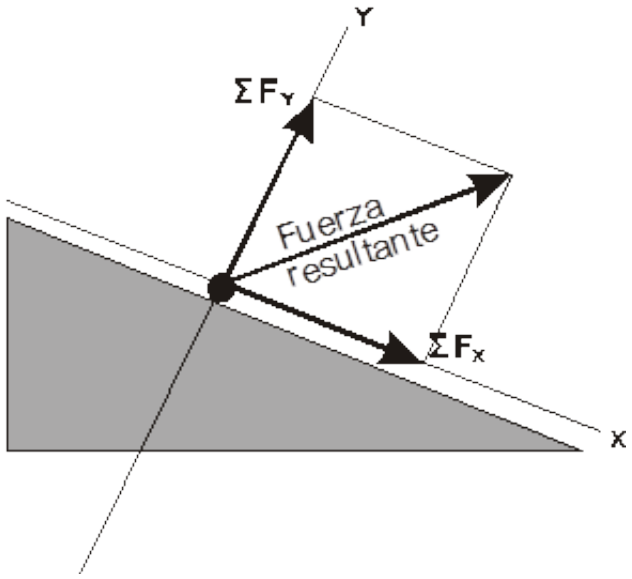
La fuerza resultante, aplicando el principio de superposición, es la diagonal del paralelogramo que proyectan las sumas de fuerzas en la dirección paralela al plano y la dirección perpendicular. Luego en esa dirección el cuerpo acelera y se despega de la superficie.

Para el cuarto proyecto, la partícula de masa que se encuentra en una superficie inclinada, el análisis empieza con el recuerdo del diagrama de cuerpo libre mostrado en la figura 2.7. c). Se trazan los ejes coordenados paralelo y perpendicular al plano. Con respecto a este sistema de coordenadas se observa que se debe descomponer el peso y las ecuaciones que aparecen son las mismas que se deducen de una operación en el tercer proyecto

$$w_y = w * sen\theta; w_x = w * sen\theta$$

La sumatoria de fuerzas se reduce a las siguientes expresiones.

Figura 2.16: ***Aplicación del principio de superposición a las fuerzas que actúan sobre una partícula que se encuentra sobre una superficie inclinada y sometida a fuerzas de arrastre de un flujo laminar de agua.***



$$\sum F_x = w_x - F_r \; ; \sum F_y = N - w_y$$

El análisis posterior es el mismo del tercer proyecto.

Ahora se hace la pregunta: una vez se hayan puesto en movimiento las partículas de suelo, ¿Qué las detiene? La respuesta es la fricción. De nuevo se pregunta ¿Qué pasaría si la fricción fuera cada vez más pequeña? ¿Qué pasaría con el movimiento si desapareciera la fricción? Con estas preguntas se lleva a la abstracción de la ley de la inercia.

La sesión termina con la entrega de las guías de las prácticas de laboratorio para realizar en la siguiente clase (Ver anexo F).

Como tarea se deja un cuestionario para que el estudiante afiance sus conceptos (Ver anexo G)

2.2.6. Sexta sesión: realización de práctica de laboratorio para verificar las leyes de Newton.

En esta sesión se realizan cuatro prácticas de laboratorio, una por cada proyecto para verificar las predicciones realizadas en las sesiones anteriores. Cada una de las prácticas sigue la metodología de aprendizaje activo.

Las guías de estas prácticas se encuentran en el Anexo F.

2.2.7. Séptima sesión: evaluación de los proyectos.

Esta sesión se divide en tres momentos.

- Momento 1: sesión plenaria donde representantes de cada grupo responde la pregunta ¿Qué aprendí? El objetivo de este momento es la reflexión acerca de los conocimientos y experiencias que hayan marcado la subjetividad de los estudiantes.

- Momento 2: Sesión plenaria donde se evalúa el logro de cada uno de los objetivos específicos y el objetivo general de cada proyecto. En este caso se toma cada uno de los objetivos y se confronta con los resultados de aprendizaje de los estudiantes. Se hace énfasis en las evidencias de cada uno de los logros.

- Momento 3: presentación de prueba escrita para contestar preguntas y ejercicios dejados de tarea en sesiones anteriores. En la prueba se hacen preguntas abiertas, ejercicios de cálculo y planteamiento de situaciones donde el estudiante pueda aplicar las leyes de Newton.

El formato de evaluación se encuentra en el Anexo H.

2.2.8. Octava sesión: entrega de los informes de los proyectos.

En esta sesión se reciben y se revisan los informes de los proyectos. La revisión se hace desde la forma y el contenido.

3 Resultados.

De la revisión de los aspectos histórico – epistemológicos, conceptuales y didácticos de las leyes de Newton, así como de la estructuración de la estrategia didáctica son relevantes los siguientes resultados:

1. Una estrategia didáctica que permite transformar un saber erudito en un saber enseñable. Una propuesta para el aprendizaje de las leyes de Newton a partir de situaciones problémicas relacionadas con los procesos erosivos. La propuesta no es una guía rígida, propone lineamientos para desarrollar el aprendizaje de las leyes de Newton desde la búsqueda de soluciones a problemas ambientales del entorno pero que además promueve el trabajo colaborativo y estimula el pensamiento divergente y el interés por la solución de los problemas.

2. Un material didáctico que se desarrolló en las actividades y que se puede tomar como ejemplo de actividades donde se presenta la metodología a seguir, independientemente de la situación problémica utilizada como disculpa para el aprendizaje de estos conceptos. Promueve durante su aplicación la formación de los alumnos en el contexto de la ingeniería ambiental, integrando las competencias cognitivas, intelectuales, procedimentales y actitiudinales, fundamentales para aprendizajes posteriores y para el aprendizaje autónomo

3. La justificación, en la historia de la formación de los conceptos, de la secuencia de enseñanza de las leyes de Newton propuesta por Lara (Lara B, 2011) en el orden inverso a como fueron formulados en los Principia y en los libros de texto clásicos utilizados para la enseñanza de la Mecánica en ingeniería.

4. La justificación, también en la historia de la formación de los conceptos, de los errores conceptuales de los estudiantes al momento de interpretar las leyes de Newton en contextos de su cotidianidad.

5. Una alternativa para el aprendizaje de las leyes de Newton cuando se enseñan en contextos de interés para los estudiantes; cuando se tienen sus errores conceptuales y se les da la oportunidad de ser gestores de aprendizaje a través de actividades planificadas y evaluadas periódicamente; cuando se utilizan modelos de enseñanza – aprendizaje diferentes al tradicional.

6. Una estrategia que se puede enmarcar dentro de la metodología CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar, Operar) que, internacionalmente, se pretende establecer para los programas

de formación de ingenieros (CDIO, 2005). Al reflexionar sobre los proyectos recibidos el estudiante concibe; al prepararse para cada una de las sesiones diseña; al fabricar objetos para la verificación de sus hipótesis, implementa; y al realizar las prácticas y ejercicios para verificar, opera.

4 Conclusiones y recomendaciones.

4.1. Conclusiones.

1. La estrategia didáctica diseñada y fundamentada en la metodología de proyectos; presentada en la secuencia de Lara (Lara B, 2011); puesta en escena dentro de un contexto que tienen que ver con la erosión, permite a los estudiantes de ingeniería realizar un aprendizaje que significa y explica fenómenos que tienen que ver con su formación profesional específica.

2. Desde el punto de vista de Fernández Pérez la propuesta cumple con las constantes metodológicas de la didáctica general como son la no sustitución, el desfase óptimo, la actividad selectiva y el estímulo a la creatividad (Fernandez P, 2002). Desde la óptica de Litwin, es una configuración didáctica que entrecruza la lógica de la disciplina a enseñar, la formación del saber en la humanidad, la intencionalidad de la universidad y los intereses de aprendizaje de los estudiantes (Litwin, 1997).

3. Para programas de pregrado de ingeniería, los fenómenos erosivos son un contexto ideal para la enseñanza de las leyes de Newton. Presentan un panorama donde se pueden enseñar los conceptos de las fuerzas que se presentan en la naturaleza dentro de la cotidianidad de los estudiantes. En este contexto se pueden evidenciar de forma natural, los fenómenos que se estudian en el laboratorio y las clases teóricas que se dictan en un curso de Mecánica tradicional. Como valor agregado se pueden incluir manifestaciones de conceptos que posteriormente servirán para entender el movimiento de suelo que definen los fenómenos erosivos.

4. La estrategia diseñada se enmarca dentro de las formulaciones de las últimas publicaciones, en habla hispana, que tratan la enseñanza de las leyes de Newton a estudiantes de ingeniería. Algunas de las más recientes, hablan de la lucha entre las preconcepciones de los estudiantes y la estructura conceptual de las leyes de Newton. En esta propuesta de enseñanza se establece una relacion dialógica que lleva al estudiante desde sus conceptos intuitivos a una estructuracion formal de las leyes de la Mecánica.

5. La estrategia propone una secuencia similar a la propuesta por las publicaciones de los últimos años que fueron consultadas. Agrega un contexto donde el saber erudito se convierte en un saber enseñable.

6. La valoración continua de las actividades desarrolladas en diferentes momentos del aprendizaje es un recurso importante para hacer los ajustes y para diseñar nuevas actividades pertinentes para los aprendizajes esperados.

4.2. Recomendaciones.

1. El hombre, a lo largo de la historia, ha construido las leyes de Newton en un orden inverso al que aparece en los Principia. La ley de acción y reacción está implícita en la formulación aristotélica; cuando Aristóteles habla de un agente motor, implícitamente habla de una interacción entre el cuerpo con un agente externo u otro cuerpo. También postula una influencia de la fuerza en el movimiento de los cuerpos; su diferencia con Newton está en el elemento del movimiento que es afectado por la fuerza. La inercia ha sido el concepto más reciente pues es una abstracción que surge de la reflexión filosófica acerca de la influencia de la fuerza sobre el movimiento de los cuerpos. Lo anterior debe ser tenido en cuenta a la hora de generar el cambio conceptual de los estudiantes. .

2. Las leyes de Newton no son intuitivas; son un conjunto de ideas estructuradas e interrelacionadas propias del conocimiento matemático o filosófico. Parte de conceptos indefinidos, definiciones y juicios. Su propósito es explicar desde lo repetible y lo matemático, el movimiento de los cuerpos. Esto implica que la formulación las leyes puede ser extraña, en un principio, para las personas que las están aprendiendo puesto que no han adquirido el hábito de pensamiento propio de las ciencias.

3. El diagnóstico inicial de las características de los alumnos (de sus intereses, sus experiencias cotidianas, sus conocimientos previos y sus habilidades relacionadas con el perfil de la carrera), es fundamental en el éxito del aprendizaje a partir de los proyectos; puesto que se debe tener en cuenta a la hora de concretar las estrategias didácticas, en el diseño de las actividades que se proponen y en el proceso de la ejecución de las actividades donde cada alumno tiene un rol acorde a sus capacidades.

4. Para diseñar una estrategia didáctica sobre determinado tema, se debe tener en cuenta, además de la forma como se presenta en los libros de texto, la secuencia histórica como la humanidad lo ha estructurado; la estructura conceptual del contenido; la intención formativa de la institución a la que pertenece el estudiante; y los intereses de los aprendices. Si se llegase a pasar por alto alguno de estos ítems, la estrategia podría no dar los resultados de aprendizaje esperados al momento de su planeación.

5. Los fenómenos erosivos pueden ser un contexto válido para la enseñanza de otros temas de la Mecánica en ingeniería. Puede utilizarse para el aprendizaje de los conceptos de trabajo y energía. Pero, para estos contenidos debe diseñarse otra estrategia didáctica. Queda abierta la pregunta: ¿Para qué temas los fenómenos erosivos presentan un contexto apropiado para facilitar el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería?

6. No obstante, los fenómenos erosivos no son un contexto de interés, para la enseñanza de las leyes de Newton, en otros programas de formación en educación superior como por ejemplo, la ingeniería química. Se hace necesario buscar contextos que sean de interés y motivadores para los estudiantes y que tengan que ver con el programa curricular específico de formación. De esta manera también queda abierta la pregunta acerca de la enseñanza de las leyes de Newton en contextos diferentes a los fenómenos erosivos.

7. Así como los fenómenos erosivos son un contexto valido para la enseñanza de las leyes de Newton para estudiantes de ingeniería, se hace necesario encontrar otros contextos que también sean válidos para lograr el objetivo propuesto.

8. Complementario los contextos, se deben diseñar estrategias fundamentadas en modelos de enseñanza – aprendizaje alternativos a los métodos tradicionales. Es necesario implementar estrategias de aprendizaje basado en problemas (ABP), aprendizaje activo (Active Learning), aprendizaje basado en proyectos (Project Based Learning), entre otros.

A. Anexo 1. Proyectos a realizar por cada grupo de estudiantes.

Proyecto 1: erosión eólica en superficies planas.

Objetivo General.

Identificar las condiciones físicas para que ocurra la erosión eólica en superficies horizontales.

Objetivos Específicos.

1. Definir erosión, sus clasificaciones y agentes causantes.

2. Identificar las fuerzas que actúan sobre una partícula que se encuentra sobre una superficie horizontal bajo la acción de un viento dirigido paralelamente a la superficie.

3. Conocer el marco teórico que se requiere para la comprensión del fenómeno de la erosión eólica: las Leyes de la Inercia, de la fuerza, de Acción y el Principio de Superposición.

4. Explicar la erosión eólica desde la óptica de las Leyes de Newton.

5. Modelar una situación experimental donde se evidencie la aplicación de las Leyes de Newton en la predicción de la erosión eólica.

Actividades.

1. Consulta bibliográfica en los textos escogidos para cumplir con los objetivos 1, 2 y 3. Esta actividad se hace en tiempo extra clase.

2. Publicación de los hallazgos. En las clases, el grupo, bajo la metodología de seminario, muestra los avances de su proyecto.

3. Valoración de los hallazgos.

4. Ajustes a las actividades 1, 2, 3 hasta que se cumplan satisfactoriamente los objetivos propuestos

5. Construcción de la explicación enunciada en el objetivo 4.

6. Diseño y construcción de una situación experimental para verificar las explicaciones del objetivo 4.

7. Publicación de las propuestas en las clases, el grupo, bajo la metodología de seminario, socializa los avances de su proyecto.

8. Valoración de la pertinencia de las propuestas.

9. Repetición de las actividades 5 y 6 hasta que se cumplan satisfactoriamente los objetivos propuestos.

10. Elaboración de un documento que trate sobre las Leyes de Newton como marco teórico para explicar algunas influencia del viento en la erosión eólica.

11. Evaluación final.

Cronograma.

El proyecto se realiza durante tres (3) semanas. La socialización de los avances se hará en seminarios durante sesiones de clase de dos (2) horas en el salón de clase. Cada semana se harán tres seminarios de acuerdo con el horario establecido para la asignatura Física del Programa curricular de Ingeniería Ambiental. El cronograma de actividades se muestra en la tabla siguiente

ACTIVIDAD / Sesión	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3			
	1	2	3	Extra clase	1	2	3	Extra clase	1	2	3	Extra clase
Consulta bibliográfica				■				■				■
Seminario de publicación de avances del proyecto		■	■		■	■	■		■	■	■	
Evaluación y sugerencias		■	■		■	■	■		■	■	■	
Construcción de la explicación del fenómeno					■	■	■	■	■			■
Diseño de situación experimental								■				■
Elaboración de documento final								■	■	■		

Proyecto 2: Erosión hídrica laminar sobre una superficie horizontal.

Objetivo General.

Identificar las condiciones físicas para que ocurra la erosión hídrica laminar en una superficie horizontal.

Objetivos Específicos.

1. Definir erosión, sus clasificaciones y agentes causantes.

2. Identificar las fuerzas que actúan sobre una partícula que se encuentra sobre una superficie horizontal bajo la acción de una corriente de agua dirigida paralelamente a la superficie.

3. Enunciar la Ley de la Inercia, la Ley de la Fuerza, la Ley de Acción y el Principio de Superposición como marco teórico para la explicación del fenómeno de la erosión hídrica laminar en una superficie horizontal.

4. Explicar la erosión hídrica laminar en una superficie horizontal desde la óptica de las Leyes de Newton.

5. Crear una situación experimental donde se evidencie la eficacia de las Leyes de Newton en la predicción de la erosión hídrica laminar en una superficie horizontal.

Actividades.

1. Consulta bibliográfica en los textos escogidos para cumplir con los objetivos 1, 2 y 3. Esta actividad se hace en tiempo extra clase.

2. Publicación de los hallazgos en las clases, el grupo, bajo la metodología de seminario, muestra los avances de su proyecto.

3. Evaluación de la veracidad y pertinencia de los hallazgos.

4. Repetición de las actividades 1, 2, 3 hasta que se cumplan satisfactoriamente los objetivos propuestos

5. Construcción de la explicación enunciada en el objetivo 4.

6. Diseño y construcción de una situación experimental donde se muestren las explicaciones del objetivo 4.

7. Publicación de las propuestas en las clases, el grupo, bajo la metodología de seminario, muestra los avances de su proyecto.

8. Evaluación de la pertinencia de las propuestas.

9. Repetición de las actividades 5 y 6 hasta que se cumplan satisfactoriamente los objetivos propuestos.

10. Elaboración de un documento que trate sobre las Leyes de Newton como marco teórico para explicar algunas influencia del viento en la erosión hídrica laminar en una superficie horizontal.

11. Evaluación final.

Cronograma.

El proyecto se realiza durante tres (3) semanas. La socialización de los avances se hará en seminarios durante sesiones de clase de dos (2) horas en el salón de clase. Cada semana se harán tres seminarios de acuerdo con el horario establecido para la asignatura Física del Programa curricular de Ingeniería Ambiental. El cronograma de actividades se muestra en la siguiente tabla

ACTIVIDAD / Sesión	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3			
	1	2	3	Extra clase	1	2	3	Extra clase	1	2	3	Extra clase
Consulta bibliográfica				■				■				■
Seminario de publicación de avances del proyecto		■	■		■	■	■		■	■	■	
Evaluación y sugerencias		■	■		■	■	■		■	■	■	
Construcción de la explicación del fenómeno					■	■	■	■	■			■
Diseño de situación experimental								■				■
Elaboración de documento final								■	■	■		

Proyecto 3: Erosión hídrica laminar sobre una superficie inclinada.

Objetivo General.

Identificar las condiciones físicas para que ocurra la erosión hídrica laminar en una superficie inclinada.

Objetivos Específicos.

1. Definir erosión, sus clasificaciones y agentes causantes.

2. Identificar las fuerzas que actúan sobre una partícula que se encuentra sobre una superficie inclinada bajo la acción de una corriente de agua dirigida paralelamente a la superficie.

3. Enunciar la Ley de la Inercia, la Ley de la Fuerza, la Ley de Acción y el Principio de Superposición como marco teórico para la explicación del fenómeno de la erosión hídrica laminar en una superficie inclinada.

4. Explicar la erosión hídrica laminar en una superficie inclinada desde la óptica de las Leyes de Newton.

5. Crear una situación experimental donde se evidencie la eficacia de las Leyes de Newton en la predicción de la erosión hídrica laminar en una superficie inclinada.

Actividades.

1. Consulta bibliográfica en los textos escogidos para cumplir con los objetivos 1, 2 y 3. Esta actividad se hace en tiempo extra clase.

2. Publicación de los hallazgos. En las clases, el grupo, bajo la metodología de seminario, muestra los avances de su proyecto.

3. Evaluación de la veracidad y pertinencia de los hallazgos.

4. Repetición de las actividades 1, 2, 3 hasta que se cumplan satisfactoriamente los objetivos propuestos

5. Construcción de la explicación enunciada en el objetivo 4.

6. Diseño y construcción de una situación experimental donde se muestren las explicaciones del objetivo 4.

7. Publicación de las propuestas en las clases, el grupo, bajo la metodología de seminario, muestra los avances de su proyecto.

8. Evaluación de la pertinencia de las propuestas.

9. Repetición de las actividades 5 y 6 hasta que se cumplan satisfactoriamente los objetivos propuestos.

10. Elaboración de un documento que trate sobre las Leyes de Newton como marco teórico para explicar algunas influencia del viento en la erosión hídrica laminar en una superficie inclinada.

11. Evaluación final.

Cronograma.

El proyecto se realiza durante tres (3) semanas. La socialización de los avances se hará en seminarios durante sesiones de clase de dos (2) horas en el salón de clase. Cada semana se harán tres seminarios de acuerdo con el horario establecido para la asignatura Física del Programa curricular de Ingeniería Ambiental. El cronograma de actividades se muestra en la siguiente tabla

ACTIVIDAD / Sesión	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3			
	1	2	3	Extra clase	1	2	3	Extra clase	1	2	3	Extra clase
Consulta bibliográfica				■				■				■
Seminario de publicación de avances del proyecto		■	■		■	■	■		■	■	■	
Evaluación y sugerencias		■	■		■	■	■		■	■	■	
Construcción de la explicación del fenómeno					■	■	■	■	■			■
Diseño de situación experimental								■				■
Elaboración de documento final								■	■	■		

Proyecto 4: Erosión por mivimiento de masa de tierra.

Objetivo General.

Identificar las condiciones físicas para que ocurra la erosión por movimiento de masa de tierra.

Objetivos Específicos.

1. Definir erosión, sus clasificaciones y agentes causantes.

2. Identificar las fuerzas que actúan sobre una masa de tierra que se encuentra sobre una superficie inclinada bajo la acción de la gravedad.

3. Enunciar la Ley de la Inercia, la Ley de la Fuerza, la Ley de Acción y el Principio de Superposición como marco teórico para la explicación del fenómeno de la erosión por desprendimiento de masa de tierra.

4. Explicar la erosión por desprendimiento de masa de tierra en una superficie inclinada desde la óptica de las Leyes de Newton.

5. Crear una situación experimental donde se evidencie la eficacia de las Leyes de Newton en la predicción de la erosión desprendimiento de masa de tierra en una superficie inclinada.

Actividades.

1. Consulta bibliográfica en los textos escogidos para cumplir con los objetivos 1, 2 y 3. Esta actividad se hace en tiempo extra clase.

2. Publicación de los hallazgos. En las clases, el grupo, bajo la metodología de seminario, muestra los avances de su proyecto.

3. Evaluación de la veracidad y pertinencia de los hallazgos.

4. Repetición de las actividades 1, 2, 3 hasta que se cumplan satisfactoriamente los objetivos propuestos

5. Construcción de la explicación enunciada en el objetivo 4.

6. Diseño y construcción de una situación experimental donde se muestren las explicaciones del objetivo 4.

7. Publicación de las propuestas en las clases, el grupo, bajo la metodología de seminario, muestra los avances de su proyecto.

8. Evaluación de la pertinencia de las propuestas.

9. Repetición de las actividades 5 y 6 hasta que se cumplan satisfactoriamente los objetivos propuestos.

10. Elaboración de un documento que trate sobre las Leyes de Newton como marco teórico para explicar algunas influencia del viento en la erosión por desprendimiento de masa de tierra en una superficie inclinada.

11. Evaluación final.

Cronograma.

El proyecto se realiza durante tres (3) semanas. La socialización de los avances se hará en seminarios durante sesiones de clase de dos (2) horas en el salón de clase. Cada semana se harán tres seminarios de acuerdo con el horario establecido para la asignatura Física del Programa curricular de Ingeniería Ambiental. El cronograma de actividades se muestra en la siguiente tabla

ACTIVIDAD / Sesión	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3			
	1	2	3	Extra clase	1	2	3	Extra clase	1	2	3	Extra clase
Consulta bibliográfica												
Seminario de publicación de avances del proyecto												
Evaluación y sugerencias												
Construcción de la explicación del fenómeno												
Diseño de situación experimental												
Elaboración de documento final												

B. Anexo 2. Guías de preparación y documento de trabajo para la sesión dos.

Proyecto 1.

Se tiene una partícula de suelo sobre una roca horizontal en un desierto. Sobre la partícula sopla un viento horizontal como lo indica la figura.

- ¿Cuáles fuerzas actúan sobre la partícula?

Ubique las respuestas en la tabla que se da a continuación.

Nombre de la fuerza	¿Quién la ejerce?	¿Cuál es la dirección?	¿Cuál es el efecto de esta fuerza sobre la partícula?	¿Cuál es el símbolo?	¿Cómo se calcula?

- Construya el diagrama de cuerpo libre para la partícula.
- Observe el proyecto; lea con cuidado los objetivos específicos y evalúe lo alcanzado

con esta actividad.

Proyecto 2.

Se tiene una partícula de suelo sobre una roca horizontal en el fondo de una zanja. sobre la partícula corre agua horizontalmente como lo indica la figura.

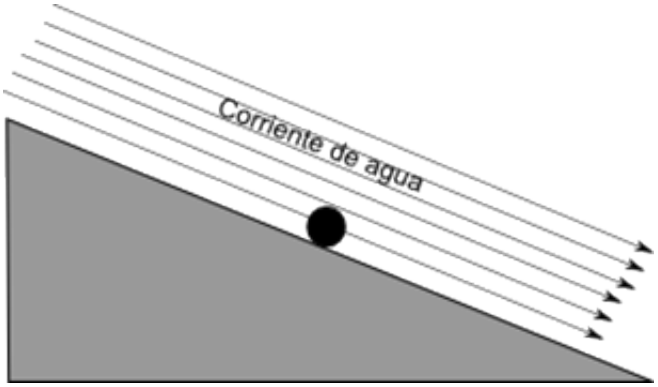
- ¿Cuáles fuerzas actúan sobre la partícula? Ubique las respuestas en la tabla que se da a continuación.

Nombre de la fuerza	¿Quién la ejerce?	¿Cuál es la dirección?	¿Cuál es el efecto de esta fuerza sobre la particula?	¿Cuál es el símbolo?	¿Cómo se calcula?

- Construya el diagrama de cuerpo libre para la partículaa.
- Observe el proyecto; lea con cuidado los objetivos específicos y evalúe lo alcanzado con esta práctica.

Proyecto 3.

Se tiene una partícula de suelo sobre una roca inclinada en el fondo de una zanja. Sobre la partícula corre agua paralela al fondo de la zanja como lo indica la figura.



- ¿Cuáles fuerzas actúan sobre la partícula? Ubique las respuestas en la tabla que se da a continuación.

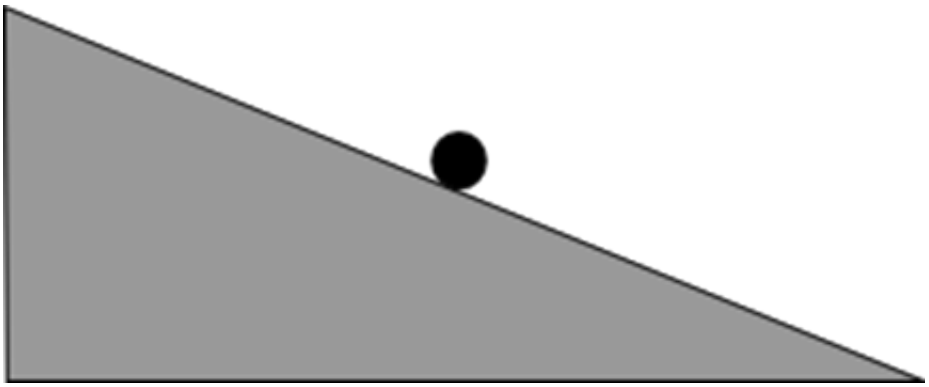
Nombre de la fuerza	¿Quién la ejerce?	¿Cuál es la dirección?	¿Cuál es el efecto de esta fuerza sobre la partícula?	¿Cuál es el símbolo?	¿Cómo se calcula?

- Construya el diagrama de cuerpo libre para la partícula

- Observe el proyecto; lea con cuidado los objetivos específicos y evalúe lo alcanzado con esta práctica.

Proyecto 4.

Se tiene una partícula de suelo sobre una superficie inclinada como lo indica la figura.



- ¿Cuales son las fuerzas que actúan sobre las partícula? Ubique las respuesta en la tabla que se da a continuación.

Nombre de la fuerza	¿Quién la ejerce?	¿Cuál es la dirección?	¿Cuál es el efecto de esta fuerza sobre la partícula?	¿Cuál es el símbolo?	¿Cómo se calcula?

- Construya el diagrama de cuerpo libre para la partícula.

- Observe el proyecto; lea con cuidado los objetivos específicos y evalúe lo alcanzado con esta práctica.

C. Anexo 3. Guia de evaluación de la sesión dos y preparación de la sesión tres.

Para todos los proyectos.

Usted ha identificado por lo menos cuatro fuerzas que actúan sobre la partícula de suelo que se encuentra a merced del viento sobre una superficie horizontal. Ha encontrado el peso, la normal, la fricción y la fuerza de arrastre. Sin embargo, estas no son las únicas fuerzas que actúan sobre el objeto que se está estudiando. Hacen falta identificar dos fuerzas.

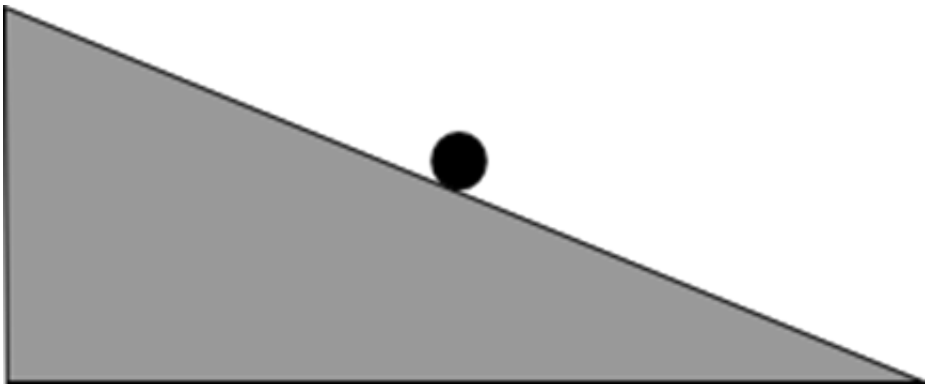
La solución a este interrogante se encuentra en las secciones 14.4 a 14.6 del libro "Física para ciencias e ingeniería" de Raymond Serway, 7ª edición mostrado en la bibliografía de la guía de cátedra. Consulte este texto y encuentre la respuesta al interrogante planteado. Alternativamente, puede también consultar las secciones 14.3 a 14.5 del texto "Física Universitaria" de Sears y Semanzky undécima edición.

Con base en la respuesta encontrada, reconstruya las tablas de la guía anterior y de nuevo evalúe su actividad y los objetivos del proyecto que se han cumplido y los que faltan por cumplir.

D. Anexo 4. Evaluación de la sesión tres y preparación de la sesión cuatro.

Proyecto Uno.

Construya la tabla definitiva y el diagrama de fuerzas para la partícula de la figura



Consultar en los libros de texto, que se han mencionado en la primera sesión, la ley de la inercia, la ley de la fuerza, la ley de acción y reacción, y el principio de superposición. Compararlos con la redacción de las mismas leyes que se dan en los Principia de Newton.

Lea el proyecto y evalue los logros alcanzado y los que falta por alcanzar.

Proyecto Dos.

Construya la tabla definitiva y el diagrama de fuerzas para la partícula de la figura

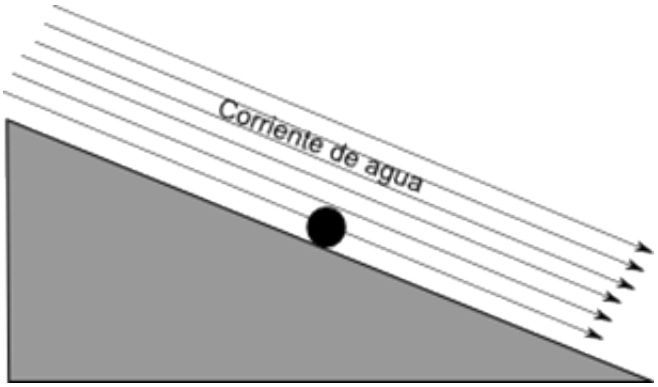
Consultar en los libros de texto, que se han mencionado en la primera sesión, la ley de la inercia, la ley de la fuerza, la ley de acción y reacción, y el principio de superposición.

Compararlos con la redacción de las mismas leyes que se dan en los Principia de Newton.

Lea el proyecto y evalúe los logros alcanzados y los que falta por alcanzar.

Proyecto Tres

Construya la tabla definitiva y el diagrama de fuerzas para la partícula de la figura

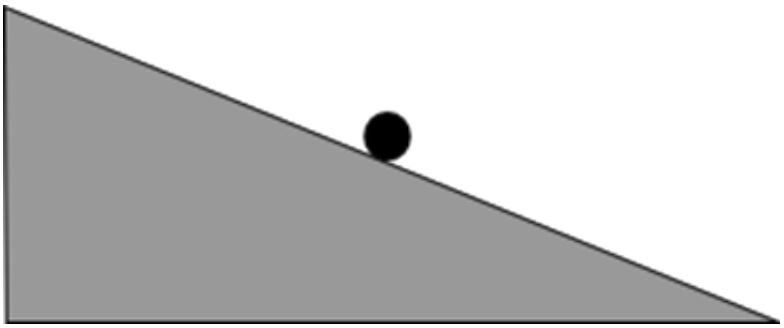


Consultar en los libros de texto, que se han mencionado en la primera sesión, la ley de la inercia, la ley de la fuerza, la ley de acción y reacción, y el principio de superposición. Compararlos con la redacción de las mismas leyes que se dan en los Principia de Newton.

Lea el proyecto y evalúe los logros alcanzados y los que falta por alcanzar.

Proyecto Cuatro.

Construya la tabla definitiva y el diagrama de fuerzas para la partícula de la figura



Consultar en los libros de texto, que se han mencionado en la primera sesión, la ley de la inercia, la ley de la fuerza, la ley de acción y reacción, y el principio de superposición.

Compararlos con la redacción de las mismas leyes que se dan en los Principia de Newton.

Lea el proyecto y evalúe los logros alcanzados y los que falta por alcanzar.

E. Anexo 5. Evaluación de la sesión cuatro y preparación de la sesión cinco.

Proyectos 1, 2, Y 3.

▪ Construya la tabla definitiva de las fuerzas que actúan sobre cada una de las partículas que trata cada uno de los proyectos.

▪ Si la partícula no se mueve, cuales fuerzas son "impresas" y cuales son "equilibrantes"?

▪ ¿Qué efecto le produce el peso de un cuerpo a la tierra? ¿Por qué no percibimos este efecto?

▪ ¿Qué efecto el produce la normal sobre la superficie que sostiene la partícula? ¿Cómo se evidencia este efecto?

▪ ¿Qué efecto produce la fricción sobre la superficie que sostiene la partícula? ¿Cómo se evidencia este efecto?

▪ ¿Qué efecto produce el empuje sobre el líquido?

▪ ¿Qué efecto produce la fuerza de Bernoulli sobre líquido?

Ahora que ya se sabe cuáles son los efectos de cada una de las fuerzas, se debe observar cuáles son los efectos de la velocidad del fluido sobre cada una de las partículas. Si se aumenta la velocidad del viento o del agua, ¿Cuáles fuerzas aumentan? ¿Cuáles fuerzas disminuyen? ¿Cuáles permanecen constantes? Si el cuerpo se llegara a mover, ¿en qué dirección se mueve?

Construya el diagrama de fuerzas para la partícula en estudio. Sume las fuerzas como vectores, aplicando la regla del paralelogramo sume gráficamente los vectores y determine la dirección de la resultante. Realice la suma de fuerzas en forma analítica y encuentre una expresión para las componentes de la fuerza resultante sobre cada uno de los ejes coordenados.

Ahora aplique la segunda ley de Newton, para predecir la dirección en que acelera cada una de las partículas. Si este análisis se aplica a las partículas de suelo sometidas a la acción de viento o de agua, ¿Qué fenómenos se pueden predecir?

Imagine que las partículas de suelo fueron arrastradas y puestas en movimiento por el agua o el viento. Se sabe que estas partículas pueden formar tormentas de arena o desplazamientos de tierra por corrientes de agua y en ambos llega un momento en que las partículas se detienen. ¿Qué fuerzas detienen a las partículas? ¿Qué pasaría si la fricción del entorno

sobre las partículas fuera cada vez más pequeña? ¿Y si la fricción fuera cero, cuando se detendrían las partículas? Compare los resultados con la ley de la Inercia de Newton.

Ubique dentro del proyecto a su cargo cuales actividades se han realizado y cuales son los logros alcanzados

Proyecto 4.

▪ Construya la tabla definitiva de las fuerzas que actúan sobre cada una de las partículas que trata cada uno de los proyectos.

▪ Si la partícula no se mueve, cuales fuerzas son "impresas" y cuales son "equilibrantes"?

▪ ¿Qué efecto le produce el peso de un cuerpo a la tierra? ¿Por qué no percibimos este efecto?

▪ ¿Qué efecto el produce la normal sobre la superficie que sostiene la partícula? ¿Cómo se evidencia este efecto?

▪ ¿Qué efecto produce la fricción sobre la superficie que sostiene la partícula? ¿Cómo se evidencia este efecto?

▪ ¿Qué efecto produce el empuje sobre el líquido?

▪ ¿Qué efecto produce la fuerza de Bernoulli sobre líquido?

Construya el diagrama de fuerzas para la partícula en estudio. Sume las fuerzas como vectores, aplicando la regla del paralelogramo sume gráficamente los vectores y determine la dirección de la resultante. Realice la suma de fuerzas en forma analítica y encuentre una expresión para las componentes de la fuerza resultante sobre cada uno de los ejes coordenados. Ahora aplique la segunda ley de Newton, para predecir la dirección en que acelera cada una de las partículas. ¿Qué fenómenos se pueden predecir?

Imagine que las partículas de suelo fueron arrastradas y puestas en movimiento ¿Qué fuerzas detienen a las partículas? ¿Qué pasaría si la fricción del entorno sobre las partículas fuera cada vez más pequeña? ¿Y si la fricción fuera cero, cuando se detendrían las partículas? Compare los resultados esperados con la ley de la Inercia de Newton.

Ubique dentro del proyecto a su cargo cuales actividades se han realizado y cuales son los logros alcanzados

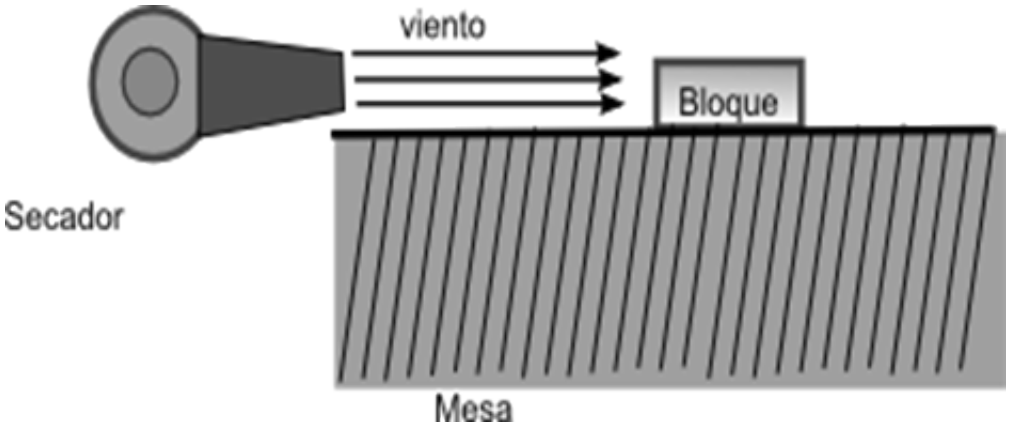
F. Anexo 5. Guías de laboratorio.

Guía predicciones personales.

Instrucciones. El objetivo de esta actividad es que Usted realice las predicciones acerca de lo que sucederá en cada una de las situaciones que se van a plantear. Lo importante es formular una predicción. Su predicción no será tenida en cuenta para calificación .

Situación 1.

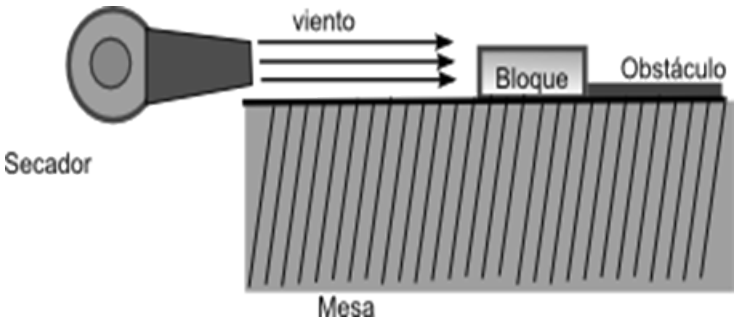
Un bloque es soplado con un secador como se indica en la figura siguiente.



¿Qué le sucede al bloque? Escriba sus predicciones en el cuaderno bitácora de laboratorio.

Situación 2.

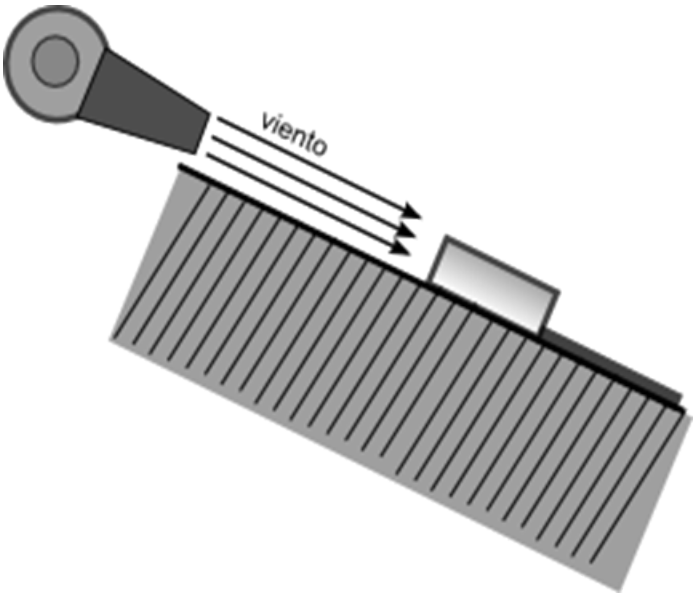
Un bloque, con un obstáculo que lo tranca, es soplado con un secador como se indica en figura siguiente.



¿Qué le sucede al bloque? Escriba sus predicciones en el cuaderno bitácora del laboratorio.

Situación 3.

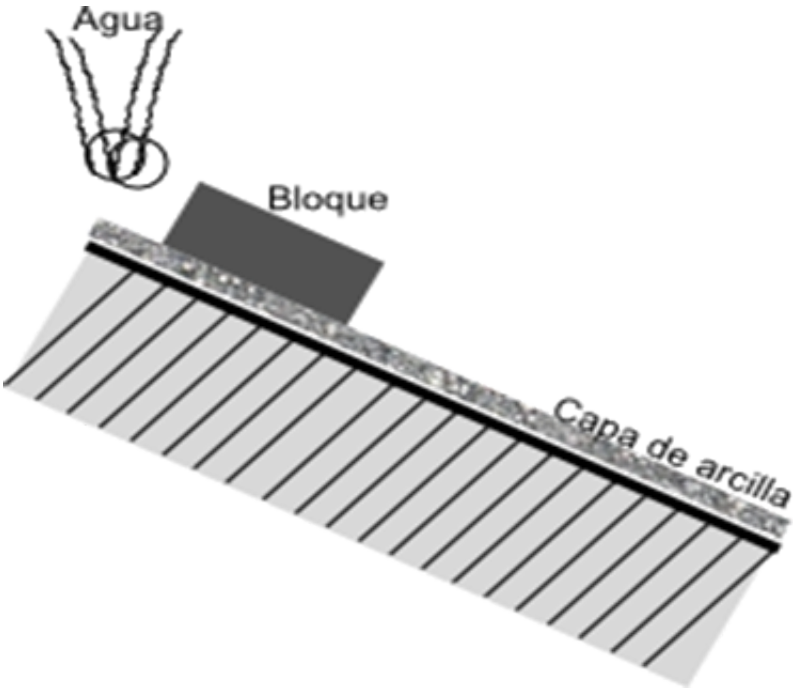
Un bloque, en una superficie inclinada y con un obstáculo que lo tranca, es soplado con un secador como se indica en la figura siguiente.



¿Qué le sucede al bloque? Escriba sus predicciones en el cuaderno bitácora de laboratorio.

Situación 4.

Se tiene un bloque pegado con tierra arcillosa húmeda a un plano inclinado como se indica en la figura siguiente.



Luego se le echa agua a la tierra hasta ablandarla. ¿Qué le sucede al bloque? Escriba sus predicciones en el cuaderno bitácora de laboratorio.

Guía de predicciones grupales.

Instrucciones. Ahora que todos los estudiantes tienen escritas las predicciones acerca de lo que sucederá en cada una de las situaciones planteadas, formar los grupos que trabajan cada uno de los proyectos y elaboren un documento con las predicciones que el grupo considere que son las más probables.

Guias de laboratorio.

Guía 1.

Objetivo.

Verificar la segunda y la tercera ley de Newton para un cuerpo que se encuentra sobre una superficie horizontal y bajo una corriente de aire paralela a la superficie.

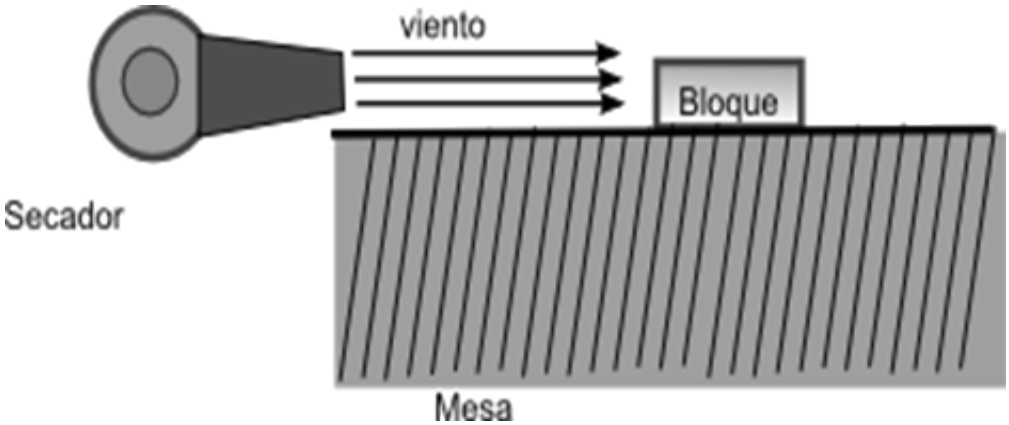
Materiales

- Un bloque de Foammy o madera de balso.
- Una rampa inclinada de ángulo variable.
- Un secador de cabello o fuente de viento.
- Bloque obstáculo de menor altura que la mitad del bloque de balso.
- Fuente de voltaje alterno de 110 V – 120 V.

Montaje y procedimiento.

Experiencia 1

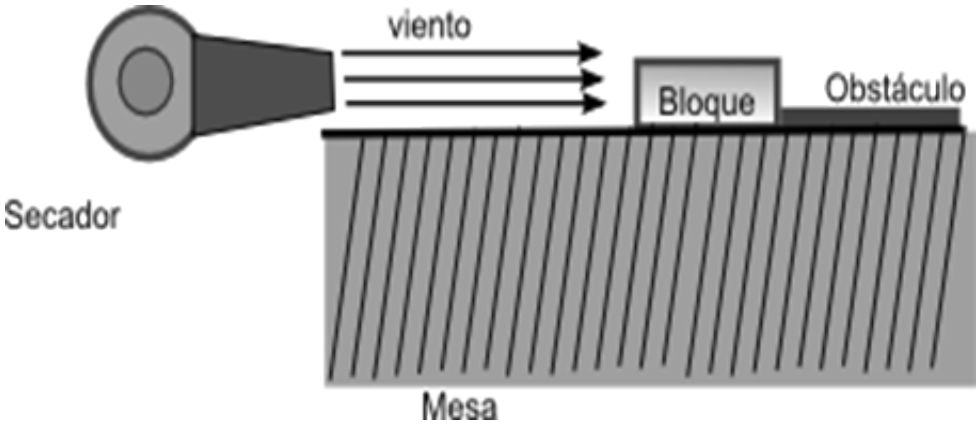
Realice el montaje de la figura.



Ponga a funcionar el secador en baja potencia y ubíquelo a una distancia de un metro del bloque. Acérquelo lentamente al bloque ¿Qué sucede? ¿Hacia dónde se mueve el bloque? ¿Qué fuerzas mueven al bloque? ¿Qué hace que el bloque se despegue de la superficie de la mesa? Construya el diagrama de fuerzas que actúan sobre el bloque. De acuerdo con la segunda ley de Newton, ¿Por qué se mueve el bloque?

Experiencia 2

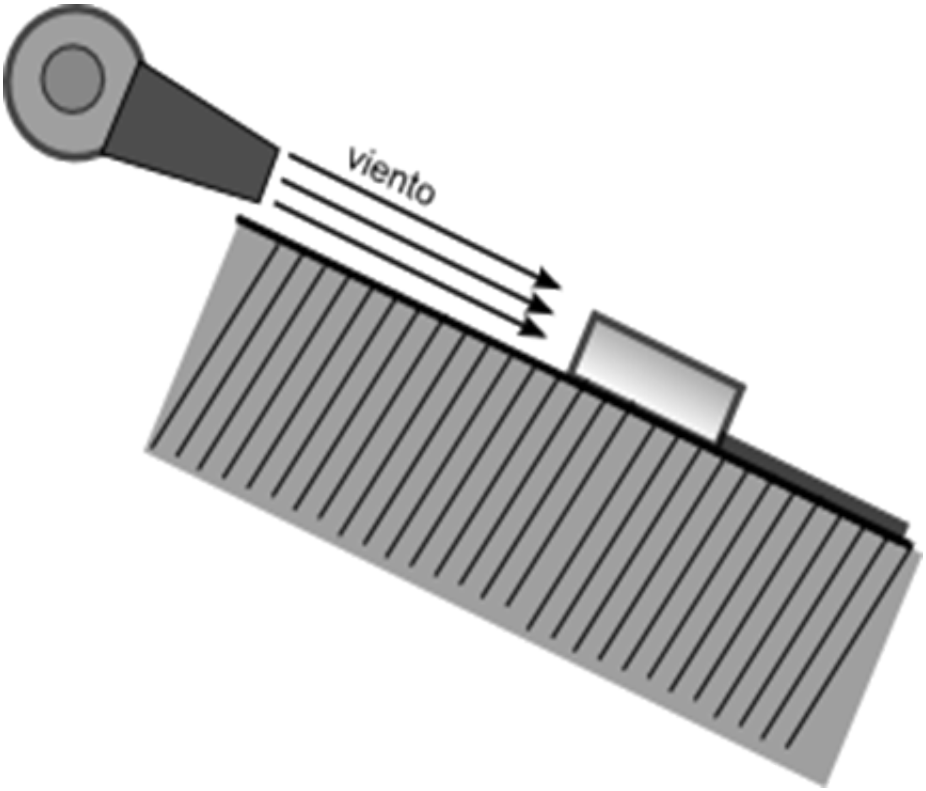
Ahora repita la experiencia colocando un obstáculo que impida que el bloque se deslice sobre la mesa como lo indica la figura



De nuevo conteste las siguientes preguntas: ¿Qué sucede? ¿Hacia dónde se mueve el bloque? ¿Qué fuerzas mueven al bloque? ¿Qué fuerzas se alteran cuando el secador sopla al bloque? ¿Qué hace que el bloque se despegue de la superficie de la mesa? De acuerdo con la segunda ley de Newton, ¿Por qué se mueve el bloque? Si el bloque fuera una partícula de suelo que se encuentra sobre una superficie reseca por el verano y en vez del secador existen lo vientos de verano, ¿qué fenómeno sucedería desde el punto de vista ambiental? ¿Puede deducirse lo mismo para una partícula de suelo sometida a un flujo laminar de agua, como sucede en invierno?

Experiencia 3

Repita la experiencia 1 y la experiencia 2 para un bloque se encuentra sobre una superficie inclinada



¿Qué sucede? ¿Hacia dónde se mueve el bloque? ¿Qué fuerzas mueven al bloque? ¿Qué fuerzas disminuyen cuando el secador sopla sobre el bloque? ¿Qué hace que el bloque se despegue de la superficie de la mesa? Construya el diagrama de fuerzas que actúan sobre el bloque. De acuerdo con la segunda ley de Newton, ¿Por qué se mueve el bloque? ¿Qué fenómenos se presentan en esta experiencia que no se presentan en las experiencias anteriores? Al comparar el movimiento del bloque en la superficie inclinada con el movimiento en las superficies horizontales, ¿Qué fenómeno explica en el contexto de las erosiones de nuestra topografía colombiana?

Guía 2.

Objetivo.

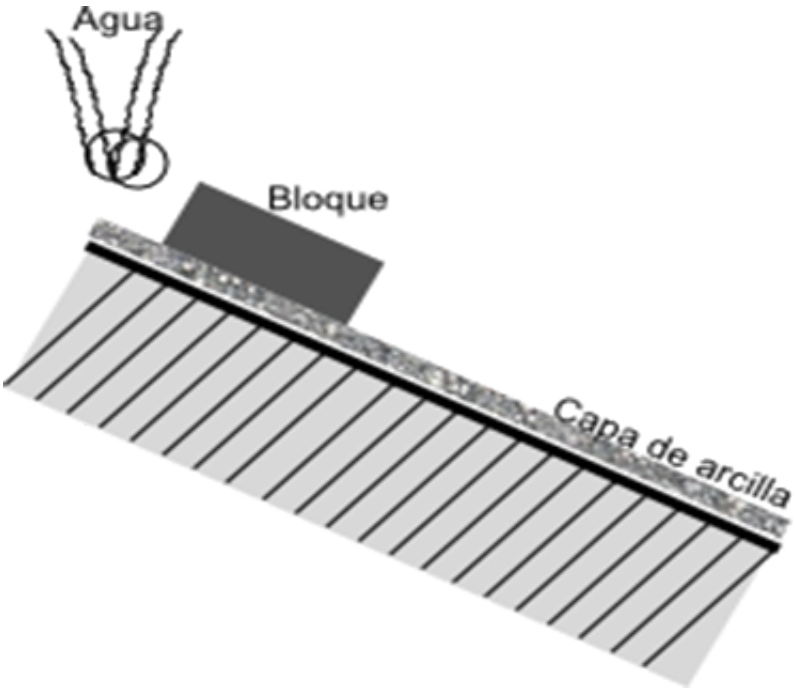
Verificar la segunda y la tercera ley de Newton para un cuerpo que se encuentra sobre una superficie inclinada a la que se le disminuye el rozamiento estático hasta que comienza a moverse.

Materiales

- Un bloque de madera.
- Una rampa inclinada de ángulo variable.
- Tierra franco arcillosa.
- Agua en abundancia.
- Una jarra de 2 litros de capacidad.

Montaje y procedimiento

Ubique la rampa a un ángulo mayor a 45° y construya sobre esta una capa de tierra de unos dos centímetros de espesor.



Coloque sobre esta el bloque como lo indica la figura Mientras el bloque no se mueve, ¿Qué fuerzas actúan sobre este? ¿Cuál es el diagrama de fuerzas que actúan sobre el bloque? Si se vierte agua en abundancia para que la tierra se humedezca, disminuya su adherencia y viscosidad, es decir, se "ablande" ¿Qué fuerzas, de las que actúan sobre el bloque, se alteran? ¿Qué sucede cuando la tierra se humedece o se satura? ¿Por qué se mueve el bloque? Explique el fenómeno desde el punto de vista de las leyes de Newton. ¿Qué fenómeno erosivo explica este fenómeno?

G. Anexo 7. Ejercicios

1. Una roca de masa m se encuentra sobre la superficie horizontal de risco. Calcule el peso.

2. Se sabe que una roca tiene un peso w. ¿Cuál es su masa?

3. Una partícula de arena de masa m se encuentra sobre una mesa horizontal en pleno desierto. Calcular la magnitud y la dirección de fuerza normal.

4. Una roca de masa m se encuentra sobre un talud de 30 ° de inclinación sobre la horizontal. Calcule el valor y la dirección de la fuerza normal.

5. Una partícula de suelo, con peso w se encuentra sobre una laja (roca plana). Con un dinamómetro jalando perpendicularmente a la laja, esta se despega cuando la fuerza es w/2. Calcular el indice de fricción estática

6. Una roca de masa m se encuentra en un talud de 50° sobre la horizontal. ¿Cuál es el mínimo valor de la fuerza de fricción estática para que no se deslice? ¿Qué sucede cuando la componente del peso paralela al talud es mayor que la fuerza de fricción estática?

7. Una roca de masa m se encuentra sobre una superficie horizontal bajo la acción de un viento horizontal. ¿Cuál debe ser el valor de la fuerza de Bernoulli para la roca se despegue del suelo? Una vez la roca se ha despegado del piso, ¿Cuál es el valor de la fuerza de fricción estática? En este último caso, ¿Cuáles fuerzas actúan sobre el bloque? ¿En qué dirección se dirige la fuerza resultante que actúa sobre el bloque?

8. Resuelva el ejercicio anterior se la roca se encuentra en el fondo de una zanja y el agua ejerce un empuje de valor E.

9. Una roca de masa m se encuentra sobre una rampa inclinada un ángulo θ por encima de la horizontal. La piedra está dentro de un flujo laminar de agua que le imprime un empuje y una fuerza de Bernoulli. La velocidad del agua aumenta hasta que la combinación Empuje - fuerza de Bernoulli hace que la normal sea nula. ¿Cuál es la aceleración con que inicialmente se mueve la piedra? Ayuda. Suponga que el agua también ejerce una fuerza de arrastre F.

H. Anexo 8. Formatos de evaluación final del proyecto.

Momento 1.

Conteste a conciencia (lo que escriba no será tenido en cuenta a la hora de calificaciones) cada una de las siguientes preguntas.

1. ¿Qué aprendí durante las actividades acerca de la ejecución de un proyecto?

2. ¿Qué aprendí durante las actividades acerca de los fenómenos erosivos?

3. ¿Qué aprendí durante las actividades acerca de las leyes de Newton?

Momento 2.

1. Defina de la forma más precisa los conceptos de

a. Erosión.

b. Clases de erosión.

c. Agentes que producen la erosión.

2. Para cada una de las fuerzas que intervienen en un proceso erosivo señale símbolo, dirección, agente que la produce, fórmula de cálculo, ¿es equilibrante o impresa?

3. Explique, aplicando las leyes de Newton, los fenómenos de erosión eólica, erosión hídrica y movimiento de masas.

4. Repase los objetivos del proyecto y con base en estos, dé un valor a los resultados obtenidos de las diferentes actividades.

Momento 3.

Una partícula de masa m se encuentra sobre una superficie horizontal y bajo la acción de una corriente de fluido (aire o agua) paralela a la superficie. Si la velocidad del aire aumenta lentamente, diga el valor de la fuerza de Bernoulli necesaria para que la partícula se empiece a mover. ¿Qué valores tienen las otras fuerzas que actúan sobre el cuerpo? ¿Con qué aceleración inicial se mueve el cuerpo?

Resolver el ejercicio anterior si la partícula se encuentra en un plano inclinado un ángulo θ.

Una partícula de masa m se encuentra en un plano inclinado un ángulo θ. ¿Cuál es el valor mínimo del coeficiente de rozamiento estático para que no se deslice sobre el plano? ¿Con qué aceleración inicia el movimiento?

Bibliografía

Aristóteles. (1942). Obras. Sobre el cielo. The student's Oxford Aristotle · Volume II · Natural Philosophy: Physica, De caelo, De generatione et corruptione. Oxford: Oxford University Press.

Arribas, E., & Sanjosé, V. (1992). La estructura de las leyes de Newton: un enfoque alternativo. Ensayos: Revista de la Facultad de Educación de Albacete, 221 - 226.

Campo V, R. (2002). La docencia como práctica: el concepto, un modelo, un estilo. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Cañon Rodríguez, J. C. (2007). Enseñanza de Ingeniería en Iberoamérica. Un compromiso con la región.

Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería. ASIBEI. CDIO. (2005). CDIO syllabus 2.0. Obtenido de http://www.cdio.org/files/project/file/cdio_syllabus_v2.pdf

Covián R, E. (2008). El proceso de enseñanza-aprendizaje de la Mecánica en las carreras técnicas: evaluación de la utilidad y rendimiento académico de la simulación informática de fenómenos mecánicos y su influencia en la correccion de preconceptos. Madrid: Universidad de Leon.

Dugas, R. (1955). A history of mechanics. Neuchâtel, Switzerland: Editions du Griffon.

Fernandez P, M. (2002). Las tareas de la función de enseñar. Madrid: Siglo XXI editores.

Franco Garcia, A. (Mayo de 2013). Curso de Física con ordenador. Obtenido de http://www.sc.ehu.es/sbwe

Jessup, M., & Penagos. P., H. (2007). Visiones deformadas de la ciencia y la enseñanza - aprendizaje de conceptos científicos. Análisis crítico de la presentación de los prólogos de textos guía de comunicaciones electrónicas digitales para estudiantes de ingeniería electrónica. Revista de Educación en Ingeniería, 2(4), 13 -25.

Khiari, C.. (2011). Newton's laws of motion revisited: some epistemological an didactical problems. Latin- american Journal of Physics Education, 5(1), 10 - 15.

Lara B, A. (2011). Un modelo de enseñanza neuropedagógico de las Leyes de Newton para

la Net Gen. Latin-american Journal of physics education, 5(2).

Leal Contreras, H. (2011). Diapositivas de clase de Fundamentos para el diseño curricular en ciencias y matemáticas. Bogotá. Texto sin publicar

Litwin, E. (1997). Las configuraciones didácticas. Buenos Aires: Ediciones Paidós Ibérica.

López D, E. P. (2011). La modelización conceptual de la mecánica newtoniana en estudiantes universitarios: una aplicación de la teoria de Ausubel de aprendizaje significativo. Burgos.

Ministerio de Educación Nacional. (1998). Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Lineamientos Curriculares. Bogotá: Magisterio.

Mosquera Medina, Y. (2012). La segunda ley de Newton: propuesta didáctica para estudiantes del grado décimo de educación media de la escuela normal superior de Neiva. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Muñoz C, J. D. (2011). Diapositivas de Enseñanza de la mecanica. Bogota. Texto sin publica

Newton, I. (1687). The mathematical principles of natural philosophy. New York: Daniel Adee.

León Peláez, J. D. 2001 .Estudio y control de la erosión hídrica. Capítulos 1 y 2. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Ramírez, R., Bernaza, G. &. Fiallo, J. (2007). Evolución del conocimiento de la mecánica y su relación con la enseñanza. Revista Iberoamericana de Educación, 1- 8.

Rodríguez-Martín, M. D., Mena-Romero, D. A., & Rubio-Atoche, C. M. (2008). Superación de errores conceptuales de estudiantes de ingeniería química industrial cuando estudian la asignatura de Física. Tecnología, Ciencia, Educación, 23(1), 40-46.

Sepúlveda Soto, A. (1995). Los conceptos de la física. Evolución histórica. Medellin: Editorial Universidad de Antioquia.

Serway, R., & Jewett, J. W. (2008). Física para ciencia e ingeniería. México: Thompson.

Tippelt, R., & Lindemann, H. (2001). El método de proyectos. München: Ministerio de Educación. Republica de El Salvador.

Torres, G. (Agosto de 2010). Bitacora diaria de clase. Yopal, Colombia: texto sin publicar.

Unisangil. (2010). Documento: Cumplimiento de las condiciones de calidad del programa

de ingeniería ambiental y de las condiciones de calidad de carácter institucional. Yopal. Texto sin publicar.

Vasquez R, F. (2000). Oficio de maestro. (P. U. Javeriana, Ed.) Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.