UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Planteamiento y Solución de Diagramas de Cuerpo Libre: una propuesta didáctica

Cesar Augusto Ramírez Sinning

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2024

Planteamiento y Solución de Diagramas de Cuerpo Libre: una propuesta didáctica

Cesar Augusto Ramírez Sinning

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de la Ciencias Exactas y Naturales

Director:

Dr. Rer. Nat. José Daniel Muñoz Castaño

Línea de Investigación:

Enseñanza de las Ciencias

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2024

A mis hijos, esposa, y a toda mi familia, quienes siempre me han apoyado y motivado a alcanzar cada reto.

A mis maestros de escuela y universidad que siempre han buscado maneras de sacar lo mejor de mí.

A mis estudiantes quienes me retan a ser diferente, esforzado y cercano para ver el triunfo en sus ojos.

Y a Dios quien siempre abre puertas donde no hay nada

Agradecimientos

Al Colegio Newman School por darme la oportunidad de implementar esta propuesta en sus espacios.

Al Prof. José Daniel Muñoz por su corazón de maestro y sus invaluables enseñanzas y consejos, así como a su esposa, la Prof. Jazmine Escobar Pérez, por su ayuda en la realización del análisis estadístico.

Resumen

Planteamiento y Solución de Diagramas de Cuerpo Libre: una propuesta didáctica

La fuerza es el concepto central de la mecánica y es la base para comprender el funcionamiento de las máquinas y de muchos fenómenos de la vida cotidiana. Por su parte, los diagramas de cuerpo libre son de gran ayuda para modelar las situaciones donde actúan las fuerzas y predecir cómo cambia el movimiento de los cuerpos. Sin embargo, su uso correcto enfrenta dificultades relacionadas principalmente con la comprensión del concepto de fuerza, y, en menor medida, con las herramientas de álgebra y trigonometría necesarias para predecir a partir de ellos. Este trabajo presenta una secuencia didáctica para la enseñanza del concepto de fuerza y el uso de diagramas de cuerpo libre en grado décimo. La propuesta, inspirada en los principios del aprendizaje significativo, enfatiza en la identificación de las ideas previas de los estudiantes, en la realización de actividades participativas en las cuales puedan utilizar sus conocimientos y habilidades para predecir lo que sucede en experimentos demostrativos o en situaciones cotidianas y en la generación de contenido donde expliquen a otros lo aprendido. La propuesta se implementó con los estudiantes de grado décimo del Colegio Newman School en Cajicá (Colombia). Dicha propuesta se evaluó por medio de una prueba escrita de selección múltiple que se aplicó al inicio (Pretest) de la implementación y nuevamente al final (Postest), con el fin para ver su efectividad, complementada con una descripción cualitativa de los cambios observados en el manejo que los estudiantes dan a los conceptos de fuerza y al uso de los diagramas de cuerpo libre. El análisis estadístico de los resultados evidencia un incremento significativo en el desempeño de los estudiantes, que muestra la eficacia de la secuencia propuesta. Además, la observación cualitativa a lo largo de las clases muestra un aumento en la participación y el empoderamiento de los estudiantes y de su motivación hacia los temas de física. El trabajo constituye, por lo tanto, un aporte valioso a la enseñanza del concepto de fuerza y del empleo de diagramas de cuerpo libre para estudiantes de educación media.

Palabras clave: Enseñanza de la física, concepto de fuerza, Leyes de Newton, Secuencia didáctica, Diagramas de Cuerpo Libre.

Abstract

Approach and Solution of Free Body Diagrams: a didactic proposal

Force is the central concept of mechanics and is the basis for understanding the operation of machines and many phenomena in everyday life. For their part, free body diagrams are of great help to model the situations where forces act and predict how the movement of bodies changes. However, their correct use faces difficulties related mainly to understanding the concept of force, and, to a lesser extent, to the algebra and trigonometry tools necessary to predict from them. This work presents a didactic sequence for teaching the concept of force and the use of free body diagrams in tenth grade. The proposal, inspired by the principles of meaningful learning, emphasizes the identification of students' previous ideas, the carrying out of participatory activities in which they can use their knowledge and skills to predict what happens in demonstration experiments or in everyday situations. and in the generation of content where they explain to others what they have learned. The proposal was implemented with the tenth-grade students of the Newman School in Cajicá (Colombia). This proposal was evaluated through a multiple-choice written test that was applied at the beginning (Pretest) of the implementation and again at the end (Posttest), in order to see its effectiveness, complemented with a qualitative description of the changes observed in the handling that students give to the concepts of force and the use of free body diagrams. The statistical analysis of the results shows a significant increase in the students' performance, which shows the effectiveness of the proposed sequence. Furthermore, qualitative observation throughout the classes shows an increase in the participation and empowerment of students and their motivation towards physics topics. The work constitutes, therefore, a valuable contribution to the teaching of the concept of force and the use of free body diagrams for secondary school students.

Keywords: Teaching physics, concept of force, Newton's Laws, Didactic Sequence, Free Body Diagrams**.**

Contenido

Resumen – Abstract ..... **IX**

Lista de figuras ..... **XII**

Lista de tablas ..... **XIII**

Lista de Símbolos y abreviaturas ..... **XIII**

Tabla de contenido

1. Marco Teórico **7**
1.1 Aprendizaje Significativo 7
1.2 Fuerzas y Leyes de Newton 8
1.3 Diagramas de Cuerpo Libre 13

2. Secuencia Didáctica **23**
2.1 Descripción de la Secuencia Didáctica 23
2.2 Planeación de la Secuencia Didáctica 26
2.2.1 Leyes de Newton 26
2.2.2 Fuerzas en la Cotidianidad 30
2.2.3 Uso de Diagramas de Cuerpo Libre 37

3. Implementación **45**
3.1 Implementación 45
3.2 Bitácora de las clases. 46
3.2.1 Leyes de Newton. 46
3.2.2 Fuerzas en la Cotidianidad. 50
3.2.3 Uso de Diagramas de Cuerpo Libre 56

4. Discusión de los Resultados **65**
4.1 Resultados Cualitativos 65
4.2 Resultados Cuantitativos 70
4.2.1 Descripción del Pretest 70
4.2.2 Calificaciones de los estudiantes en Pretest y Postest 70
4.2.3 Resultados porcentaje de aciertos en las preguntas en el Pretest y Postest 76

5. Conclusiones y Recomendaciones **79**

Anexo **88**
Bibliografía **107**

Lista de figuras

Figura 1-1: Representando la situación descrita en el problema

Figura 1-2: Diagrama de interacción.

Figura 2-1: Ejemplo Brochure Leyes de Newton.

Figura 2-2: Montaje de laboratorio cálculo de coeficientes de fricción

Figura 2-3: Ejercicio de fuerzas con un ángulo de inclinación en plano horizontal.

Figura 2-4: Ejercicio de cuadro soportado por cables con un ángulo.

Figura 2-5: Ejercicio sobre un plano inclinado.

Figura 2-6: Ejercicio sobre un plano inclinado con dinamómetro.

Figura 2-7: Ejercicio con tres objetos.

Figura 4-1: Comparación calificación en el Pretest y el Postest.

Figura 4-2: Diagrama de caja y bigotes para el Pretest y el Postest.

Lista de tablas

Tabla 2-1: Secuencia Didáctica

Tabla 4-1: Resultados para cada estudiante por pregunta para el Pretest

Tabla 4-2: Resultados para cada estudiante por pregunta para el Postest.

Tabla 4-3: Estadísticos descriptivos para el Pretest y Postest.

Tabla 4-4: Test de Normalidad (Shapiro – Wilk)

Tabla 4-5: T-Test para muestras emparejadas del Pretest y Postest

Tabla 4-6: Porcentaje de aciertos en las preguntas en el Pretest y Postest.

Introducción

La enseñanza de las ciencias en la educación media va más allá de mostrar el porqué de los fenómenos que vemos día tras día. *"Las ciencias no solamente proporcionan una enorme cantidad de conocimientos esenciales para entender el mundo sino que son, ante todo, un ejemplo del trabajo científico, de una manera de enfrentarse con el mundo"* Delval (1983). De algún modo son la ciencia y sus avances tecnológicos los que han traído conocimiento que ha transformado nuestra forma de vivir, de ver el mundo y de sobrevivir en él. Y por esto la justificación de la enseñanza en Colombia parte de la necesidad de desarrollar en el individuo la capacidad crítica, reflexiva y analítica para impulsar el avance científico y tecnológico (ley 15 de 1994).

La fuerza no sólo es el concepto central de la mecánica y fundamento base para la comprensión de otros conceptos, como la energía, sino que es crucial para el entendimiento de fenómenos de la vida cotidiana, desde el empuje o levantamiento de objetos, pasando por la construcción y el funcionamiento de máquinas, hasta llegar a avances tecnológicos que mejoran la calidad de vida. La fuerza es un concepto científico que tiene significación, connotación y consecuencias para cada ser humano en su diario vivir (Diaz, Maringer 2021), y por esto la enseñanza del concepto de la fuerza sirve también como un puente para la formación del carácter científico y el desarrollo de pensamiento crítico, analítico y lógico en los estudiantes, algunos de los cuales serán en el futuro los encargados de desarrollar nuevo conocimiento científico y tecnológico.

Al utilizar el concepto de fuerza, los diagramas de cuerpo libre juegan un papel fundamental para modelar situaciones y predecir sucesos, pues es a través de ellos

que abstraemos y descomponemos una situación problema en elementos que podemos analizar individualmente (Pratap, ruina 2002) y, posteriormente, predecir el cambio del movimiento de un objeto a partir de las fuerzas que actúan sobre él. Adicionalmente, a través de los diagramas de cuerpo libre el estudiante es capaz de plasmar un enunciado escrito en una representación gráfica de fácil análisis.

Sin embargo, tanto la experiencia de aula de los docentes como múltiples estudios sobre el tema (Vasconcelos 1987, Herrera 2009, Mora y Benítez 2007, Dorado 2023) muestran que el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de fuerza y el uso de diagramas de cuerpo libre encara dificultades de diversos tipos. Por una parte, el(la) estudiante suele tener nociones previas y/o conceptos preconcebidos (Mora y Benítez 2007) o errores en la puntualización de ideas (Diaz, Maringer 2021) que le impiden construir el diagrama correctamente, bien sea identificando incorrectamente las fuerzas que actúan sobre un cuerpo (dibujando fuerzas que no existen u omitiendo fuerzas) o dibujándolas en el sentido erróneo. Entre esas preconcepciones erradas, se encuentra, por ejemplo (Dorado, 2023), las siguientes ideas:

- La ausencia de movimiento de un cuerpo significa que no hay fuerzas presentes
- Los objetos inanimados no ejercen fuerza
- Los cuerpos se mueven siempre en la dirección de la fuerza aplicada
- Una fuerza no puede mantener un objeto acelerado indefinidamente
- Una fuerza no puede mover un objeto, a menos que ésta sea mayor que el peso del objeto
- Una fuerza constante sobre un objeto produce una velocidad constante, y cuanto mayor sea la fuerza mayor será la velocidad del objeto
- Uno puede impulsarse haciéndose fuerza a sí mismo
- Si dos cuerpos se hacen fuerza, el más grande (o el más rápido, o el que empuja en la dirección del movimiento de los dos cuerpos) hace más fuerza que el otro.
- La fuerza de fricción siempre va en contra del movimiento.

- La fuerza de fricción estática siempre vale $f_s=\mu N$.

La relevancia que tienen estas ideas previas en la aplicación correcta del concepto de fuerza es lo que hace que las ideas del aprendizaje significativo de (Ausubel, 1973) sean relevantes para su enseñanza.

Por otra parte, el(la) estudiante suele tener falencias en habilidades matemáticas que le impiden predecir qué sucederá al movimiento de un objeto a partir del diagrama de cuerpo libre, así éste se encuentre bien construido. Estas dificultades suelen estar relacionadas con el desconocimiento o la aplicación errada de las propiedades de los ángulos, la descomposición de vectores, y el despeje de variables en ecuaciones y sistemas de ecuaciones de primer grado, entre otros. Otras dificultades se relacionan con la poca comprensión de lectura para obtener información de una situación y la carencia de análisis lógico y crítico sobre los procesos y los resultados obtenidos. Todo lo anterior se refleja en los bajos desempeños que obtienen los estudiantes en las pruebas de Mecánica Newtoniana, tanto a nivel nacional (Saber11) como internacional (PISA).

Se han propuesto varias metodologías para mejorar los resultados de los estudiantes de básica con respecto al concepto de fuerza. Algunos trabajos proponen el desarrollo de secuencias didácticas que introducen el concepto muy temprano, justo después de presentar posición y velocidad, y que ilustran las leyes de Newton de manera cualitativa, antes de pasar a situaciones cuantitativas (Mosquera 2012, Rosales 2012 y Herrada 2014), usando situaciones del entorno (Arias, 2016 y Giraldo 2017). Estas propuestas enseñan la fuerza de fricción antes de enseñar aceleración, y la usan para introducir los diagramas de cuerpo libre en situaciones donde la predicción consiste en determinar si un cuerpo se desliza o no. Otros trabajos proponen enseñar el concepto de energía, que es escalar; y a partir de él, derivar el concepto de fuerza, evitando así las dificultades primeras de comenzar con una cantidad vectorial (Legresley, Delgado, 2019), pero no llegan a determinar si esta propuesta es efectiva o no. Otras investigaciones de enfoque

constructivista (Suaza 2011) concluyen de manera general que las representaciones gráficas ayudan efectivamente a la comprensión de ideas de la física y la resolución de problemas. En una de estas investigaciones (Rosengrant y otros 2009) se contrastan dos grupos: uno al cual se le enseña a resolver problemas a través de representaciones gráficas y otro al que no, concluyendo que los mejores resultados se dan en estudiantes que los usan. Finalmente, (Aviani y otros 2015), en un estudio experimental, obtienen que usar el método de suma de fuerzas por la ley del paralelogramo - y no el de descomposición vectorial - para el análisis cuantitativo de las fuerzas funciona mejor, argumentando que al descomponer los vectores se corre el riesgo que los estudiantes crean que las componentes respectivas de los vectores son fuerzas independientes que actúan simultáneamente, identificándolas como fuerzas reales que se superponen con la fuerza original.

El objetivo del presente trabajo es diseñar e implementar una secuencia didáctica basada en el aprendizaje significativo para la enseñanza del concepto de fuerza y el uso de diagramas de cuerpo libre para evaluar situaciones y predecir el movimiento de los cuerpos. La propuesta se implementó con estudiantes de grado décimo del Colegio Newman School, de Cajicá. La secuencia planteada tiene tres secciones: Leyes de Newton, fuerzas en la cotidianeidad y uso de diagramas de cuerpo libre para la solución de problemas. La implementación, que se hace en doce clases con una duración de 90 minutos cada una, inicia con un Pretest, que busca conocer las preconcepciones de los estudiantes sobre el concepto de fuerza, aportando ideas en el mejoramiento de las actividades a desarrollar durante las clases y servir también de referencia para evaluar la eficacia de la propuesta al compararse con un Postest por medio de un análisis estadístico. A lo largo de la implementación de la secuencia se realizaron actividades que permitieron identificar los aprendizajes y avances obtenidos por los estudiantes con el fin de hacer mejoras a las siguientes clases y poder lograr el objetivo.

El documento se encuentra organizado de la siguiente manera. En el primer capítulo se presentan las consideraciones teóricas necesarias para el entendimiento de esta investigación, así como trabajos realizados por investigadores relacionados con la enseñanza del concepto de fuerza y el uso de diagramas de cuerpo libre. El segundo capítulo contiene la secuencia didáctica y la descripción de la población con la cual se implementó esta investigación. En el tercer capítulo se analizan los resultados de forma cualitativa y cuantitativa. Por último, el cuarto capítulo presenta las conclusiones de este estudio

1. Marco Teórico

1.1 Aprendizaje Significativo

Una parte del éxito o no de un maestro se puede asociar a qué tanto aprende su pupilo. Aquí, aprender se entiende como el proceso mediante el cual se obtienen conocimientos, habilidades, conductas y valores (Gross, 2012). La adquisición por parte del estudiante de estos saberes y destrezas se refleja de manera perdurable en la forma en que los aplica a las situaciones que enfrenta y en su percepción del mundo. Dicho proceso debe construir representaciones personales significativas de la realidad, y son significativas simplemente porque tienen sentido para el estudiante (Rivera, 2004).

Según Ausubel, "*un aprendizaje es significativo cuando los contenidos son relacionados de modo no arbitrario y sustancial (no al pie de la letra) con lo que el alumno ya sabe. Por relación sustancial y no arbitraria se debe entender que las ideas se relacionan con algún aspecto existente específicamente relevante de la estructura cognoscitiva del alumno, como una imagen, un símbolo ya significativo, un concepto o una proposición*" (Ausubel,1973). En otras palabras, Ausubel plantea que el aprendizaje del alumno en un determinado campo del conocimiento depende del conjunto de ideas y conceptos que posee previamente en ese campo y de la manera en que las tiene organizadas (estructura cognitiva previa). Por tanto, es necesario de parte del docente identificar y descubrir qué conoce el estudiante, y así lograr llevarlo a la interacción con la nueva enseñanza. Ausubel resume lo anterior así: "*Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese en consecuencia*" (Ausubel 1973).

De acuerdo con este enunciado, el aprendizaje no se alcanza si el maestro es capaz simplemente de transmitir información, realizar secuencias repetitivas e imponer disciplina, sino que es necesario generar un puente entre el ambiente y su estudiante, ayudándole a descubrir que él, en sí mismo, es una gran fuente de conocimientos capaz de solucionar problemas (Novak 2002).

Dentro del marco del aprendizaje significativo, establecer este puente entre el estudiante y el ambiente es requisito para desarrollar una enseñanza efectiva. Por su parte, el desarrollo de la enseñanza debe contar con algunos requisitos, como son: un material de enseñanza ordenado, estructurado y coherente, una identificación de las experiencias previas, formadas por los conceptos, contenidos y conocimientos del estudiante, y una motivación para lograr de él una disposición adecuada frente a la enseñanza (Lejter de Balcones 2000). Todo esto sin dejar a un lado el rol claro de facilitador y guía por parte del maestro, quien, además de verificar la información existente en el educando, debe utilizarla de tal modo que sea efectiva y sirva de puente para lo que se va a enseñar.

1.2 Fuerzas y Leyes de Newton

La fuerza puede definirse como los empujones o jalones que pueden causar un cambio en el movimiento (García 2011). Dicho cambio en el movimiento se suele evidenciar como un cambio en la magnitud de la velocidad. Ejemplos de esto serían cuando un auto reduce su velocidad al acercarse a un semáforo en rojo, o cuando un patinador se desliza por una pista circular. En estos ejemplos las fuerzas ejercidas por el aire y por el suelo son las responsables de que los objetos cambien su movimiento.

Newton estableció el efecto de las fuerzas sobre el movimiento de un cuerpo en sus conocidas leyes de Newton (Newton 1686):

- Ley 1. “Todo cuerpo continúa en su estado inicial de reposo o movimiento con velocidad uniforme a menos que sobre él actúe una fuerza externa neta o no equilibrada”. Los observadores para los cuales se cumple esta ley se llaman sistemas de referencia inercial, y son los únicos que pueden aplicar las leyes de Newton directamente, sin necesidad de agregar fuerzas ficticias.

- Ley 2. “El cambio en el movimiento $\Delta\vec{p}$ de un objeto es igual a la fuerza externa neta $\vec{F}$ que actúa sobre él y al tiempo $\Delta\boldsymbol{t}$ durante el cual actúa esa fuerza,

$$\Delta\vec{p} = \vec{F}\ \Delta\boldsymbol{t}\ .$$

  Aquí el movimiento (o momentum) $\vec{p}$ se define como el producto de la masa m del cuerpo por su velocidad $\vec{v}$, $\vec{p} = m\vec{v}$ Por lo tanto, si la masa es constante, el cambio en la velocidad resulta ser

$$\Delta\vec{v} \propto \frac{\vec{F}\ \Delta t}{m}\ ,$$

  por lo cual a mayor masa del objeto, menor es el cambio en su velocidad.

- Ley 3. “Las fuerzas actúan entre pares de objetos. Si un objeto A ejerce una fuerza sobre un objeto B, este último ejerce una fuerza sobre el objeto A, de igual magnitud pero en dirección opuesta”.

Newton completa estas tres leyes con un corolario:

- Corolario. “Las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se suman siguiendo la ley del paralelogramo”, es decir, como los vectores modernos.

A partir de estas leyes, se pueden deducir las siguientes afirmaciones:

- Para que exista un cambio en la magnitud o dirección de la velocidad de un objeto es necesario tener una fuerza neta externa que actúe sobre él, entendiendo que la fuerza neta es la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.
- Puede que varias fuerzas estén actuando sobre un cuerpo, pero si estas se cancelan el cuerpo mantendrá su movimiento inicial, bien sea de reposo o de movimiento lineal a velocidad constante.
- Para que un cuerpo esté en movimiento lineal a velocidad uniforme no es necesario empujarlo. Si no hay alguna fuerza neta sobre él, el cuerpo no cambiará su movimiento, ni en magnitud ni en dirección. Por lo tanto, no es necesario que exista una fuerza en dirección del movimiento para que el cuerpo se mueva.
- La fuerza neta no tiene por qué ir en la dirección del movimiento, pero el cambio de movimiento sí va en la dirección de la fuerza neta.
- Un cuerpo cambia su movimiento durante el tiempo en que se le aplica una fuerza neta. Si las fuerzas dejan de actuar o la fuerza neta se vuelve cero, el objeto deja de cambiar su movimiento y mantiene el último movimiento que tenía. En el caso especial de las fuerzas de contacto, si el contacto cesa, cesa la fuerza.
- Yo no puedo cambiar mi movimiento haciéndome fuerza a mí mismo. Para cambiar mi movimiento, debo hacerle fuerza a otro cuerpo, para que este me haga fuerza y me cambie el movimiento.
- Las fuerzas que se hacen entre dos cuerpos son siempre iguales en magnitud (tercera ley de Newton), sin importar que aceleren, frenen o desvíen, o que un cuerpo tenga más masa que el otro, o se mueva más rápido que el otro, o que la fuerza que uno haga vaya en la dirección del movimiento del conjunto de los dos cuerpos, o cuál causa la fuerza, o cuál está vivo o tiene un motor, etc. Sin embargo, los efectos de esas fuerzas sobre el cambio de las velocidades de los dos cuerpos pueden ser diferente, pues este cambio de velocidad es inversamente proporcional a la masa del cuerpo. Así, si dos cuerpos se empujan, las fuerzas entre los dos son iguales

en magnitud, pero el de mayor masa va a tener un menor cambio en su velocidad.

Con el fin de predecir el estado de equilibrio o movimiento de un cuerpo es necesario tener en cuenta todas las fuerzas que son ejercidas sobre el objeto. Esto se hace a través de un diagrama de cuerpo libre, el cual es un diagrama simplificado en el que sólo se considera el cuerpo y las fuerzas que actúan sobre él. El cuerpo está representado ya sea por un boceto o una masa puntual, que corresponde a su centro de masa. Las fuerzas externas sobre el cuerpo se dibujan saliendo de él, y se superponen en un sistema de coordenadas, orientado para simplificar la solución. (Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J., 2013). Con las solas fuerzas y la velocidad inicial es posible predecir si el objeto va a acelerar, frenar o desviarse (y en qué dirección) con respecto al observador inercial.

Al tener en cuenta las fuerzas que pueden ser ejercidas sobre un cuerpo, se deben hablar de fuerzas de contacto y fuerzas a distancia. Por una parte, las fuerzas de contacto son aquellas que aparecen cuando dos cuerpos se tocan. Estas son las fuerzas que comúnmente se ven en el diario vivir, como las ejercidas por muelles, cuerdas y superficies en contacto directo con el objeto. Dichas fuerzas se deben a las interacciones electromagnéticas entre los átomos de los objetos que se juntan (Tipler 1994). Esta fuerza que se produce se suele descomponer en dos: una componente perpendicular a las superficies de contacto, que se llama **fuerza normal**, y una componente paralela a las superficies, que se llama **fuerza de fricción**.

La descripción de la fuerza de fricción seca entre dos cuerpos requiere de especial cuidado, pues son muy comunes los errores en su comprensión. Considere un bloque colocado sobre una superficie horizontal rugosa en reposo. Si se jala horizontalmente con una cuerda y el bloque no se desliza, deducimos que la suma de fuerzas horizontales es cero, y que por lo tanto la fuerza de fricción es igual a la fuerza aplicada. A esta fuerza de fricción entre superficies que no se deslizan se la

llama **estática,** f_s. Si se aumenta la fuerza aplicada y el bloque no se desliza, aumenta el valor de la fuerza de fricción. Esto sucede hasta llegar a un valor límite, por encima del cual el bloque comienza a deslizar. La magnitud f_{lim} de esta fuerza límite depende de qué tanto se Interpenetran sus rugosidades, y esta interpenetración depende de cuánto se presiona una superficie contra la otra, es decir, del valor N de la fuerza normal entre ellas. A mayor fuerza normal, mayor fuerza límite. Si se grafica la fuerza límite como función de la fuerza normal, se suele obtener una relación directamente proporcional, $f_{lim} = \mu_s N$, donde μ_s se conoce como el **coeficiente de fricción estático**. Superado el límite, las superficies se deslizan, y la fuerza de fricción, que se llama **cinética**, toma un valor constante, proporcional a la normal, $f_k = \mu_k N$. A μ_k se le conoce como el **coeficiente de fricción cinético**.

Resumiendo, en cada situación hay tres valores clave de la fuerza de fricción. El primer valor es el de la fuerza de fricción estática, f_s, que es la magnitud que sería necesaria para que el cuerpo no se deslice. Este valor se deduce al considerar todas las fuerzas que actúan paralelas a la superficie de contacto, asumiendo que el cuerpo se mueve al unísono con la superficie con la cual hace contacto, y en su deducción no intervienen ni la normal N ni el coeficiente de fricción μ_s. El segundo es el valor límite, f_{lim}, que se calcula a partir del valor de la fuerza normal como $f_{lim} = \mu_s N$. El cálculo de N requiere considerar todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo en dirección perpendicular a la superficie de contacto. El tercero es el valor de la fuerza de fricción cinética, $f_k = \mu_k N$, que también se calcula a partir de la fuerza normal. La pregunta clave es determinar si el cuerpo desliza o no. Si el valor de la fuerza de fricción estática (requerida para que el cuerpo no deslice) es menor que el valor límite, $f_s < f_{lim}$, el cuerpo no se desliza y la fuerza de fricción toma su valor estático. Si el valor de la fuerza de fricción estática es mayor que el valor límite, $f_s > f_{lim}$, el cuerpo se desliza, y la fuerza de fricción toma su valor cinético f_k.

Los errores más comunes relacionados con la fuerza normal consisten en asumir que su valor siempre es igual al peso o que su dirección va siempre hacia arriba, sin tener en cuenta la orientación de las superficies de contacto o sin analizar si el cuerpo acelera verticalmente o si hay otras fuerzas en la dirección de la fuerza normal (Vasconcelos 1987). Por su parte, los errores más comunes relacionados con la fuerza de fricción consisten en asumir que siempre va en dirección contraria al movimiento del objeto, que siempre frena a los objetos o en asignar a la fuerza de fricción estática su valor límite. Estos errores suelen ser consecuencia de que los ejemplos de muchos libros de texto se limitan a casos en los cuales la normal es vertical y de magnitud igual al peso y la fuerza de fricción estática toma su valor límite y va en dirección contraria al movimiento, por lo que el estudiante asume que siempre es así.

Por otra parte, están las fuerzas a distancia, que implica que no hay un contacto físico entre los objetos que interactúan, el ejemplo más común de las fuerzas a distancia es la fuerza gravitatoria, relacionada con el hecho de que dos cuerpos cualesquiera que tengan masa se atraen. La fuerza gravitatoria de atracción de La Tierra sobre un objeto es lo que conocemos como peso y es la que genera que los objetos aceleren al caer sobre la superficie terrestre. Al inicio del proceso de enseñanza del concepto de fuerza los estudiantes suelen cometer errores en cuanto al peso, por ejemplo al no tenerlo en cuenta o al dirigir su acción hacia un punto distinto del centro de La Tierra (Vasconcelos 1987).

1.3 Diagramas de Cuerpo Libre

Para la enseñanza de algunos conceptos, no sólo en ciencias sino en muchas áreas del conocimiento, es muy útil una representación gráfica. De acuerdo con Van Heuvelen, estas representaciones ayudan a los estudiantes a comprender mejor los conceptos físicos, pues sirven para identificar cómo se relacionan las

distintas variables, y, así, poder plantear estrategias adecuadas para la solución de una situación problema (Heuvelen 1991). Esto también es cierto para los problemas asociados al concepto de fuerza, pues, además de contribuir a su comprensión, muestra claramente el carácter vectorial de la fuerza, lo cual es importante para calcular la fuerza neta o alguna fuerza de valor desconocido dada esta fuerza neta.

Los diagramas de cuerpo libre son unas de las representaciones más utilizadas para analizar cómo cambia el movimiento de un objeto sometido a varias fuerzas. Este diagrama consiste en representar el objeto por un punto y reemplazar cada cuerpo que interactúa con el objeto por la fuerza que hace sobre el objeto. Estas fuerzas son las que causan el cambio en el movimiento del objeto, y si se conoce su velocidad actual se puede predecir su velocidad posterior. Tal como nos habla Pratap acerca del diagrama de cuerpo libre, *"Una forma de entender algo es aislarlo, ver cómo se comporta por sí solo y observar cómo responde a diversos estímulos. Entonces, cuando la cosa no está aislada, se puede pensar en ello como algo aislado, pero analizando los efectos de todo su entorno como estímulos, y a su vez ver su comportamiento como un estímulo para otras cosas a su alrededor"* (Pratap, 2002). De este modo, a través de los diagramas de cuerpo libre podemos entender, analizar y solucionar un problema asociado con la influencia de la fuerza sobre un objeto, y predecir su comportamiento bajo dicha influencia.
Tipler en su libro *Física para ciencia y tecnología* menciona que para elaborar correctamente un diagrama de cuerpo libre se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. Identificar el objeto específico sobre el cual se desea analizar las fuerzas. Esto puede ser un bloque, una caja, una persona, etc.
2. Dibujar un contorno simple del objeto o una masa puntual.
3. Identificar y representar todas las fuerzas que actúan sobre el objeto, nombrándolas adecuadamente. Estas fuerzas pueden ser dibujadas como flechas, y deben ser nombradas indicando la dirección de cada una. Esto se debe realizar para cada cuerpo por aparte, si hay más de un cuerpo.

4. Establecer un sistema de coordenadas en el plano adecuado para cada objeto. Usualmente se prefiere el sistema coordenado que captura paralelas a sus ejes el mayor número de fuerzas o la dirección de la aceleración.
5. Plantear ecuaciones de las fuerzas existentes para cada componente en el plano, teniendo en cuenta que la sumatoria de fuerza en cada componente debe ser igual al producto de la masa por la aceleración.
6. Analizar la información dada en el problema y asignar los valores dados a las ecuaciones.
7. Por último, resolver las ecuaciones o los sistemas de ecuaciones obtenidos, analizando si la respuesta obtenida es razonable o no. (Tipler 1994)
8. Lo anterior es corroborado con el diagrama realizado por Heuvelen en la figura N° 1 (Heuvelen 2006)

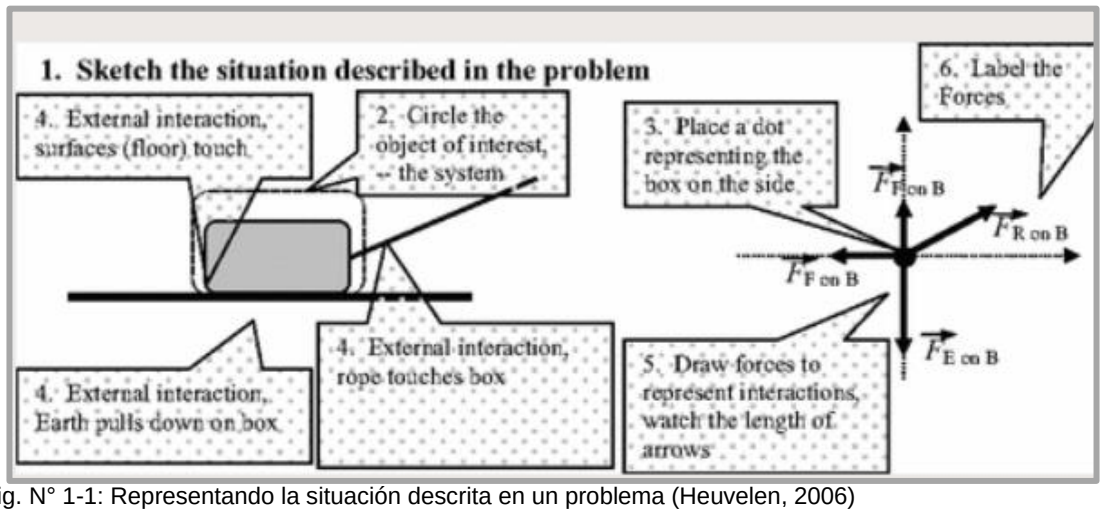


Fig. N° 1-1: Representando la situación descrita en un problema (Heuvelen, 2006)

Rosengrant y su equipo (Rosegrant, 2009) investigaron el uso y comprensión de los diagramas de cuerpo libre en estudiantes de primer y segundo semestre del curso de física. El estudio duró cerca de dos años, y combinó métodos de investigación cualitativos y cuantitativos. Este estudio se realizó con cerca de 1000 estudiantes que tomaron el curso en semestres consecutivos, divididos en tres grupos y con dos maestros, ambos con valoraciones altas por parte de los estudiantes en semestres anteriores. El primer y el segundo grupo tomaron los cursos con un profesor que utilizó diagramas de cuerpo libre para la enseñanza del concepto de fuerza. Este profesor utilizó el formato del entorno de aprendizaje de

ciencias en investigación (Van Heuvelen 2006), que involucra al estudiante como parte activa en la construcción del conocimiento con procesos similares a los usados por los físicos en su aprendizaje, incluyendo representaciones gráficas. Cada actividad, práctica, laboratorio, taller, etc., estuvo basada en estas representaciones y en el uso de diagramas de cuerpo libre, y posterior a dichas actividades siempre había una retroalimentación oral o escrita por parte del docente. El tercer grupo tuvo un maestro diferente, también dedicado y con buenas técnicas de enseñanza, quien prestaba atención en ayudar a sus alumnos a resolver problemas, pero que no utilizaba diagramas de cuerpo libre.

Los datos para el análisis cuantitativo se obtuvieron a partir de exámenes. En dichos exámenes no se afirma que los estudiantes deban usar o no algún método de representación. Sin embargo, para la investigación sí se evaluó el uso de los diagramas de cuerpo libre, y se asignó una rúbrica para codificar la elaboración correcta con cuatro niveles de desempeño: (1) no evidencia el uso de diagramas, (2) diagramas inadecuados, porque contiene errores importantes como fuerzas faltantes o fuerzas adicionales, o la dirección de las fuerzas es errada; (3) diagramas adecuados con elementos para mejorar y (4) diagramas correctos. Por su parte, el análisis cualitativo se obtuvo a partir de una entrevista con los estudiantes con el ánimo de comprender sus procesos.

Como resultado de esta investigación se encontró que hacer énfasis en la enseñanza de diagramas de cuerpo libre durante los cursos impartidos genera que la mayoría de los estudiantes usen dichas representaciones en la solución de los problemas, incluso cuando no se les da puntos por hacerlo; y que aquellos estudiantes que dibujaron correctamente los diagramas tuvieron significativamente más éxito en la solución correcta de los problemas. Adicionalmente, se encontró, a través de las entrevistas, que el hecho de realizar el diagrama de cuerpo libre no sólo ayudaba en la resolución del problema, sino que era una herramienta adicional para verificar y evaluar el trabajo realizado, garantizando la aplicación adecuada de los conceptos. El trabajo concluye que representar las situaciones problema con

diagramas de cuerpo libre es una herramienta eficaz en la solución de ejercicios de fuerza.

Los diagramas de cuerpo libre aportan distintas habilidades en el aprendizaje. En primer lugar, ayudan a visualizar todas las fuerzas que actúan sobre un objeto en una situación específica, (Rosegrant 2009). A partir de ellos se puede llevar a cabo una descomposición correcta de dichas fuerzas, para así poder analizar la influencia de cada una y aplicar la Segunda Ley de Newton para resolver un problema (Hestenes 1992). En segundo lugar, los diagramas de cuerpo libre ayudan a desarrollar el pensamiento lógico y proporcionan una estructura definida al estudiante para entender las interacciones de la fuerza y abordar problemas complejos, no solo en dinámica y estática (Wittmann 2002). En tercer lugar, usarlos reduce los errores en la solución de problemas en dinámica y estática, con respecto a los estudiantes que no los usan (Heuvelen 2001). Por último, a través de los diagramas de cuerpo libre se logra que los estudiantes reflexionen en el proceso para solucionar el problema antes de actuar (Mora y Benítez 2007).

Sin embargo, muchos estudiantes tienen dificultades para construir diagramas de cuerpo libre de manera correcta, y/o utilizar de manera adecuada la información plasmada ahí. Esto se atribuye a problemas de comprensión conceptual, bien sea de las tres leyes de Newton o de las fuerzas involucradas (Rosegrant 2009), o a falencias en las comprensiones matemáticas asociadas con el uso de operaciones con vectores (Aviani 2015). A continuación se enuncian algunas de las debilidades más frecuentes (McCarthy 2010).

Identificación de fuerzas incorrectas: Algunos estudiantes tienen dificultades para identificar adecuadamente todas las fuerzas que actúan sobre un objeto dado. Por lo general, omiten algunas o inventan otras, tal como una fuerza paralela a la velocidad actuando sobre un objeto que se viaja verticalmente hacia arriba, aún después de ser lanzado. Esto se da por

errores conceptuales sobre las leyes de Newton y los distintos tipos de fuerza que podrían estar involucrados en un problema.

Representación errada de magnitudes y direcciones: Muchos estudiantes no asocian la magnitud de la fuerza con el tamaño del vector que la representa, y - aunque esto no es crucial - sí ayuda a realizar un análisis de verificación de la solución obtenida. Además, en ocasiones la dirección de la fuerza no es la adecuada, como cuando se dibuja el vector del peso en un plano inclinado.

Descomposición incorrecta de las fuerzas: La descomposición de la fuerza en componentes horizontales y verticales puede causar confusión al dibujar fuerzas adicionales que no existen, desdibujando la representación real del problema. Adicionalmente, la ubicación incorrecta de ángulos y el mal uso de razones trigonométricas puede llevar a cálculos errados.

Debilidades en habilidades algebraicas: De acuerdo con nuestra experiencia, el no despejar adecuadamente una variable en ecuaciones lineales o en sistemas de ecuaciones da origen a soluciones incorrectas, aún cuando el diagrama está bien dibujado.

Para contrarrestar estas debilidades comunes, McCarthy propone en su investigación un modelo de evaluación que consiste en una prueba de 10 preguntas sobre ejercicios de fuerza que se solucionan más fácilmente usando diagramas de cuerpo libre. Los estudiantes que obtienen 8 o más preguntas de las 10 posibles aprueban directamente, con puntajes entre 8 y 10. Los que obtienen un puntaje menor tienen la opción de prepararse mejor junto con sus maestros y tutores, y presentar nuevamente la prueba de 10 preguntas una semana después. Igual que antes, los estudiantes aprueban esta segunda prueba si responden correctamente entre 8 y 10 de ellas, pero reciben solamente puntajes entre 6 y 8. Si nuevamente el estudiante no aprueba, debe presentar una nueva prueba de 6 preguntas una semana después, que para poder aprobar debe responder correctamente en su totalidad. Esta tercera prueba puede presentarse semana tras semana todas las veces que sea necesario hasta que el estudiante la logra aprobar, pero tiene como

último plazo el día antes de la fecha programada para el examen final de la asignatura. El objetivo de la investigación era recoger la información de los errores más comunes, y de este modo poder diseñar una retroalimentación efectiva para el segundo, tercer y más intentos que el estudiante pudiese tener. El método se implementó en el curso de física de primer año de la universidad de Wollongong (Australia), y a través de él se logró la aprobación de todos los estudiantes.

Otra solución a las falencias existentes fue propuesta por Savinainen y su equipo, y consiste en usar también diagramas de interacción, como el que se muestra en la Fig. N° 2. A diferencia de los diagramas de cuerpo libre, los diagramas de interacción dibujan también los cuerpos externos que interactúan sobre el objeto e incluyen tanto las fuerzas que ellos ejercen sobre el objeto como las que el objeto ejerce sobre ellos, de acuerdo con la Tercera Ley de Newton.

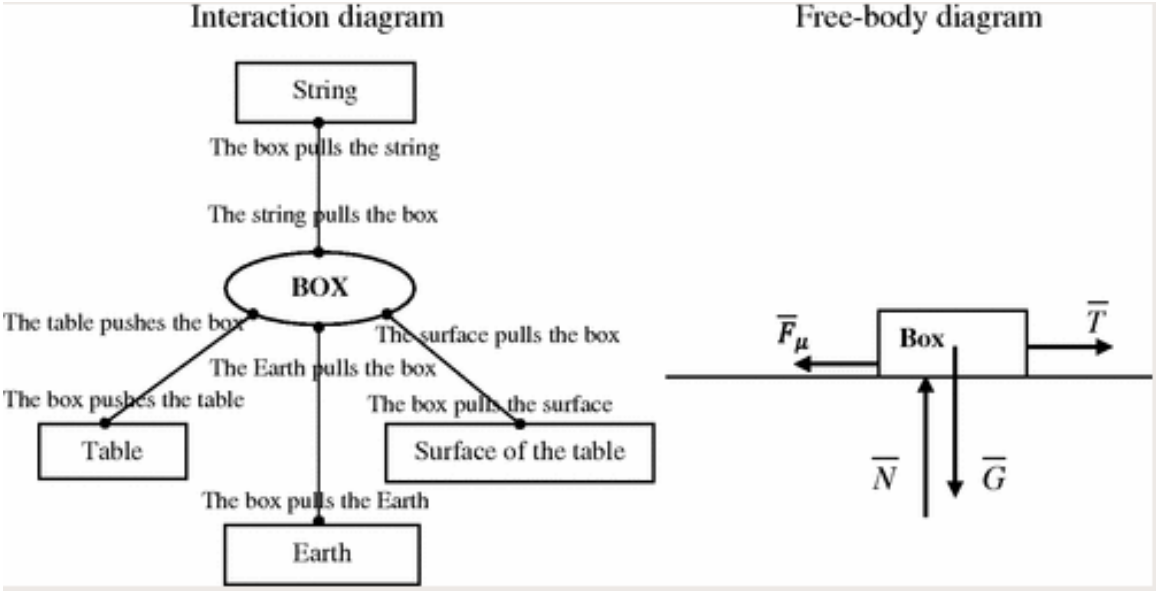


Fig. N° 1- 2: Diagrama de interacción al tirar de una caja con una cuerda a lo largo de una mesa a velocidad constante (Savinainen, 2013)

Los investigadores hallaron que, si un estudiante identifica correctamente en el diagrama de interacción, las interacciones en una situación dada y los pares de fuerzas, puede extraer fácilmente el diagrama de cuerpo libre sin omitir ni adicionar fuerzas.

En resumen, utilizar diagramas de cuerpo libre ayuda efectivamente a la comprensión y el uso correcto del concepto de fuerza y las leyes de Newton para solucionar situaciones problema, siempre y cuando estos vayan acompañados con un buen diseño de actividades, procesos de retroalimentación adecuados, un ambiente de clase agradable y la opción de oportunidades para mejorar las calificaciones.

2. Secuencia Didáctica

2.1 Descripción de la Secuencia Didáctica

La presente secuencia didáctica se diseñó en aras de alcanzar el objetivo de que cada estudiante sepa cómo diseñar y aplicar un diagrama de cuerpo libre en la solución de problemas de fuerza. El diseño está fundamentado tanto en trabajos previos (Vasconcelos 1987, Herrera 2009, Dorado 2023, Rosegrant 2009) como en la experiencia del autor. Los trabajos referenciados en este párrafo identifican cuáles son las ideas correctas e incorrectas más comunes entre los estudiantes en el concepto de fuerza y la solución de problemas a través del uso de diagramas de cuerpo libre, y sirven de fundamento para su construcción. El diseño también selecciona de la práctica docente del autor aquellas actividades que han sido exitosas, no sólo en la formación del concepto de fuerza y el uso de diagramas de cuerpo libre, sino también en la formación del carácter indagador, buscando que el individuo no solo sea capaz de resolver problemas, sino que desarrolle habilidades científicas para identificar problemas globales y poder resolverlos.

Orientados por los principios del aprendizaje significativo, se diseñaron actividades con las cuales los estudiantes pudiesen identificar, a través de sus predicciones, sus propias ideas previas. Luego, se incluyen otras que permitan a los estudiantes verificar por medio de la experimentación la validez de sus ideas. Por medio de experimentos y simulaciones se busca que el estudiante observe un fenómeno, y que pueda dar explicación a dicho fenómeno usando los conceptos adquiridos previamente y que va recibiendo a medida que se desarrolla la actividad. Se utilizaron ejemplos vivenciales, lecturas, videos, laboratorios, simulaciones y

ejercicios de su entorno para atrapar su atención y posteriormente lograr su motivación.

Antes de iniciar en sí con la secuencia en las clases, se realizó un Pretest (ver Anexo 1), con el doble propósito de identificar algunas ideas previas de los estudiantes y de fijar una línea base que ayude a establecer posteriormente el nivel de éxito o fracaso de la propuesta. Con el fin de minimizar la posibilidad de respuestas al azar, se les mostró una escala de valoración, en donde cada respuesta válida daba 2 puntos, cada pregunta sin responder daba 1 punto y cada pregunta respondida de manera incorrecta quitaba 1 punto. Además, se les dijo que esos puntos obtenidos eran puntos extras que se sumarían a la calificación de algunas actividades posteriores.

En aras de mejorar la secuencia, al final de cada clase se analizaba qué falencias se encontraban, y estas se convertían en insumos para el perfeccionamiento de la siguiente clase. Adicionalmente, se realizaron quices aproximadamente cada tres sesiones con el fin de corregir los faltantes conceptuales y procedimentales a través de una retroalimentación discutida con ellos, y, en lo posible, no dejar vacíos conceptuales en la comprensión de los estudiantes. En especial, fue necesario realizar una tutoría con los estudiantes que tenían vacíos en el uso del álgebra para la solución de ecuaciones y sistemas de ecuaciones lineales y en el uso de la trigonometría para el cálculo de las componentes de la fuerza.

Al finalizar la implementación de la secuencia, se aplicó como Postest el mismo Pretest del comienzo, para poder estimar con los dos resultados la efectividad de la secuencia didáctica implementada.

La secuencia se diseñó para 6 ciclos de estudio, cada uno formado por 2 horas de clase de 45 minutos, para un total de 12 sesiones. La secuencia cubre los temas de Leyes de Newton, fuerzas en la cotidianeidad y uso de diagramas de cuerpo libre para la resolución de problemas, como se muestra en la tabla 2 – 1.

A continuación, se muestra la planeación de la secuencia y de las actividades para cada una de las clases.

	1	Pretest		
Leyes de Newton.	2	Newton I	Identificación - leyes de Newton.	Experimentos Situaciones Videos
	3	Newton II	Identificación Leyes de Newton	Lab
			Aplicación	Ejercicios Creación Video Leyes de Newton
Fuerzas en la cotidianidad.	4	Cuerpos en equilibrio y Fuerzas	Retroalimentación 2 - 3	Quiz
			Relación aceleración y fuerza	Experimentos
			Peso Normal Fricción Tensión	Análisis de situaciones ejercicios
	5	Fricción	Identificación	Experimentos Situaciones Lab
	6	Fricción	Retroalimentación 4 -5	Quiz
			Calculo Coeficientes de Fricción	Lab
			Aplicación	Ejercicios
Uso de DCL	7	DCL I	Ejercicios donde todas las fuerzas son paralelas a los planos	Ejercicios Verificaciones Experimentales
	8	DCL II	Ejercicios con fuerzas "diagonales"	Ejercicios
	9	DCL III	Ejercicios con Planos Inclinados	Ejercicios
	10	DCL IV	Ejercicios con 2 objetos	Ejercicios
	11	Practica	Retroalimentación 6 - 10	
	12	Postest		

Tabla 2 – 1: Planeación y actividades de la secuencia didáctica.

2.2 Planeación de la Secuencia Didáctica

2.2.1 Leyes de Newton

CLASE # 1 (1:30)
En esta clase se realiza el Pretest, que nos sirve como punto de comparación para evaluar el nivel de aprendizaje de los estudiantes durante la aplicación de la secuencia didáctica. El Pretest también será útil para identificar si los estudiantes traían concepciones erradas típicas en lo referente al concepto de fuerza. **Objetivo:** Identificar el nivel de conocimientos y destrezas del estudiante en la comprensión y aplicación del concepto de fuerza.
Desarrollo de la Clase Se inicia haciendo la invitación a los estudiantes a realizar un pretest con el fin de evaluar el desarrollo posterior de los conceptos y habilidades relacionados con el concepto de fuerza y el uso de diagramas de cuerpo libre, y poder evaluar así el éxito de la estrategia de enseñanza propuesta. Con el fin de obtener resultados confiables, se les mostró una escala de valoración, en donde cada respuesta válida daba 2 puntos, cada pregunta sin responder daba 1 punto y cada pregunta respondida de manera incorrecta quitaba 1 punto. Posteriormente se les dijo que esos puntos obtenidos serían sumados como puntos extras a la calificación de otras actividades posteriores. El pretest puede ser consultado en el Anexo 1 o en el siguiente enlace: Pre Test.

CLASE # 2 (1:30)
Esta clase y la siguiente buscan dejar en los estudiantes una comprensión correcta y completa de las tres leyes de Newton, subsanando las ideas erróneas y tratando de minimizar la aparición posterior de estas ideas a lo largo del curso durante la solución de problemas mediante el uso de diagramas de cuerpo libre. **Objetivo:** Construir el concepto de fuerza a partir de la deducción de las leyes de Newton, buscando formar ideas correctas sobre este concepto, tales como: ● Para que se dé un cambio en la velocidad es necesario una fuerza externa neta sobre el objeto ● Puede que varias fuerzas actúen sobre un cuerpo, pero si estas se cancelan el cuerpo mantiene su movimiento inicial. ● Si un cuerpo está moviéndose en línea recta sin fuerzas externas, seguirá moviéndose, sin necesidad de empujarlo. ● La fuerza neta no tiene por qué ir en la dirección del movimiento. ● No puedo cambiar mi propio movimiento. Necesito de otro objeto para hacerlo. ● Las fuerzas que se hacen entre dos cuerpos son siempre iguales en magnitud, pero en dirección contraria. Adicionalmente se busca que los estudiantes entiendan que todas las fuerzas ejercidas sobre un objeto pueden ser unificadas en una sola, llamada fuerza neta. **Desarrollo de la Clase** **Introducción**. Ver Video de futbol americano. A partir de las observaciones de los estudiantes sobre el video se asocia el concepto de fuerza como aquello que hace que un cuerpo cambie su velocidad, llevando a los estudiantes a concluir que una fuerza sobre un cuerpo hace que este frene, acelere o cambie la dirección de la velocidad.

Exploración. En parejas, los estudiantes realizan las predicciones de un ejercicio en el cual uno de ellos camina hacia el frente y otro lo empuja de maneras distintas (a favor, en contra o perpendicular a su movimiento), identificando la velocidad del caminante antes y después del empujón. Esto se hace a través de la anotación y análisis de sus observaciones y las conclusiones que puedan salir del estudio. Para ello los estudiantes usan el documento Taller Clase 2A Exploración (Anexo 2).

Desarrollo. A partir de lo anterior y algunos videos, los estudiantes deben responder las preguntas propuestas del Taller Clase 2B Exploración (Anexo 3). con el fin de definir las leyes de Newton y profundizar en su concepto. Posteriormente se explica a los estudiantes el concepto de fuerza neta y cuerpos en equilibrio a través de la solución del Taller Fuerza Neta y Equilibrio. (Anexo 4).

Cierre. Se enuncian claramente las tres leyes de Newton, y cada estudiante, de manera individual, crea un brochure de estas leyes para la siguiente clase, como el del ejemplo de la figura 2-1. Adicionalmente se dará tiempo para jugar y calcular la fuerza neta con el juego que se encuentra en el siguiente link: juego.

Figura 2-1: Brochure leyes de Newton, tomado de https://iiab.me/modules/es-GCF2021/edu.gcfglobal.org/es/fisica/las-leyes-de-newton/1/index.html

CLASE # 3 (1:30)
Objetivo: Fortalecer el concepto de cada ley de Newton a través de su verificación por medio del uso de simulaciones y experimentos. Esto se realiza con un laboratorio guiado, el cual está dividido en actividades para cada una de las leyes de Newton y que buscan afianzar y profundizar en el entendimiento correcto de las leyes mencionadas, evitando errores conceptuales que lleven a la resolución de problemas de manera errada.
Desarrollo de la Clase **Introducción.** El maestro inicia la clase con un breve repaso de la sesión anterior a partir del brochure realizado por los estudiantes. **Exploración.** Los estudiantes resuelven el laboratorio 01 Concepto de Fuerza (Anexo 5). Donde se explora con una simulación PHET el efecto de aplicar diferentes fuerzas sobre un objeto que se desliza horizontalmente. **Desarrollo.** Los estudiantes comparten con todo el grupo los hallazgos y conclusiones del laboratorio realizado una discusión apoyada en las leyes de Newton. **Cierre.** Utilizando la discusión anterior, el facilitador enuncia algunas situaciones y los estudiantes las explican usando las leyes de Newton. Posteriormente, el docente presenta situaciones a medias, para que los estudiantes puedan predecir lo que sucederá explicándolo a partir de las leyes de Newton. Por último, los estudiantes deben crear un video con un tiempo inferior a 3 minutos donde muestren cada una de las leyes de Newton en práctica, según el video creado por el autor, que se puede ver en el siguiente link: o ejemplo leyes de Newton.

2.2.2 Fuerzas en la Cotidianidad

CLASE # 4 (1:30)
En esta clase el estudiante inicia con la creación de diagramas de cuerpo libre a partir de sus ideas previas, con el fin de poder obtener una fuerza neta y, con ella, predecir el movimiento del cuerpo después de haber sido sometido a una o varias fuerzas. Es muy importante el proceso de retroalimentación en la práctica de creación de diagramas de cuerpo libre para asegurar su aplicación correcta en la solución de ejercicios. **Objetivos:** • Recordar el concepto de la aceleración ***a*** como el cambio de velocidad Δv con respecto al tiempo Δt • Identificar las fuerzas que pueden llegar a actuar sobre un cuerpo y dibujarlas correctamente en un diagrama de cuerpo libre como flechas, teniendo en cuenta la dirección de la fuerza y su magnitud, para luego poder establecer la fuerza neta y predecir cómo actúa esta fuerza sobre el movimiento del cuerpo.
Desarrollo de la Clase **Inicio.** Los estudiantes presentan un quiz sobre las leyes de Newton y su aplicación, que se puede encontrar en el siguiente enlace: Quiz (Anexo 6). **Introducción:** La clase inicia con una breve retroalimentación de la sesión anterior. A continuación se recuerda el concepto de la aceleración ***a*** como el cambio de velocidad Δv con respecto al tiempo Δt. A partir de la ecuación formulada en el laboratorio de la clase anterior se relaciona la aceleración con la fuerza F, afirmando que siempre que exista una fuerza neta sobre un objeto existirá una aceleración en él. $$\Delta \boldsymbol{v} = \frac{\boldsymbol{F}\Delta \boldsymbol{t}}{\boldsymbol{m}}$$ $$\frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta \boldsymbol{t}} = \frac{\boldsymbol{F}}{\boldsymbol{m}}$$

$$\boldsymbol{a = \frac{F}{m}}$$

O escrito de otra manera

$$\boldsymbol{F = ma}$$

Luego, se habla de situaciones donde hay cambio de movimiento, como en el movimiento de La Tierra alrededor del Sol, la caída libre de un objeto, el movimiento horizontal de un objeto sobre una superficie rugosa o el jalón a través de una cuerda de una caja en reposo sobre una superficie horizontal. Con los cambios de velocidad mostrados se recuerda que estos son producidos por una fuerza externa sobre el objeto, y se discute con los estudiantes cuáles tipos de fuerzas pueden ser identificados en los ejemplos dados.

Exploración. Los estudiantes realizan los siguientes experimentos, y buscan definir si se presenta aceleración o no en los objetos. Posteriormente tratan de explicar el porqué de su respuesta.

1. Dejar caer un objeto desde el segundo piso.
2. Lanzar una caja por el piso del salón antes de encerarlo, y luego de encerarlo.
3. Colocar un computador sobre una mesa.
4. Sostener un objeto con una cuerda desde el techo.

Desarrollo. A partir del ejercicio anterior, se solicita a los estudiantes que dibujen el objeto de interés en cada ejemplo y dibujen saliendo del objeto las fuerzas que ellos piensan que están actuando sobre él (y no las hechas por él sobre otros cuerpos). La idea es que con la guía del docente se definan en la clase fuerzas como peso, fricción, normal y tensión, entendiendo que tienen una magnitud y dirección y que estas dos variables pueden ser representadas con flechas saliendo del objeto de estudio. Posteriormente el facilitador habla de las fuerzas de contacto y a distancia, y los estudiantes deben clasificar las fuerzas enunciadas inicialmente dentro de las explicadas por el maestro.

Seguido de esto, se les entrega una guía inicial DCL (Anexo 7) buscando que los estudiantes identifiquen, en un contexto dado, qué tipos de fuerzas influyen sobre el

objeto de interés y la dirección de dichas fuerzas. Posteriormente se resuelven nuevamente los ejercicios con la guía del maestro.

Luego se realiza un ejercicio cuantitativo de un auto que se varó sobre una calle y es impulsado por dos hombres, uno que lo jala con una cuerda en la parte delantera y otro que lo empuja desde la parte trasera. Se dan las magnitudes de las dos fuerzas, así como la masa del auto. Las superficies de contacto se asumen lisas, sin fricción. El objetivo de este ejercicio es calcular la aceleración del vehículo. Para la solución de este ejercicio es necesario que los estudiantes:

1. dibujen el respectivo diagrama de cuerpo libre, así como los valores conocidos de las fuerzas.
2. planteen ecuaciones en las componentes horizontales y verticales de las fuerzas, igualándolas al producto de la masa por la aceleración, según la ecuación definida anteriormente.
3. analicen las ecuaciones anteriores con el fin de encontrar una estrategia para hallar la aceleración.

Luego de la retroalimentación del ejercicio, se resuelve nuevamente suponiendo que hay fricción con la superficie, y se da un valor determinado para dicha fuerza. Lo anterior con el fin de dar una pequeña introducción al concepto de fuerza de fricción a tratar en la próxima clase.

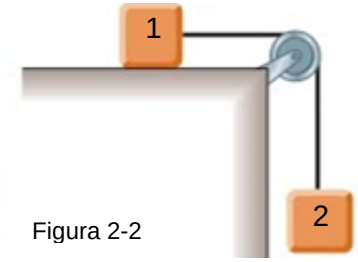
Cierre. Los estudiantes realizan un taller de diagramas de cuerpo libre (Anexo 8) de diagramas de cuerpo libre sencillos con el acompañamiento del docente.

CLASE # 5 (1:30)
En esta clase y en la siguiente se busca que el estudiante construya el concepto de fuerza de fricción y aprenda a calcularla, teniendo en cuenta ideas tales como que la fricción no siempre es la multiplicación de un coeficiente de fricción por la normal y que no siempre es contraria a la dirección del movimiento. **Objetivo:** • Identificar el concepto de fuerza de fricción y explicar por qué se da en la naturaleza. • Definir una ruta para poder determinar qué clase de fuerza de fricción puede estar involucrada en una situación problema y cómo calcularla.
Desarrollo de la Clase **Introducción.** El maestro inicia la clase con un breve repaso de la sesión anterior a partir de un ejercicio sencillo del cálculo de la aceleración para un cuerpo situado en un plano horizontal que es sometido a varias fuerzas. Posteriormente les da a los estudiantes tiempo para que investiguen qué es la fuerza de fricción y por qué existe. **Exploración.** Los estudiantes resuelven el laboratorio 02 Fuerza de fricción (Anexo 9), creado por el autor, en donde a través de experimentos los estudiantes pueden identificar tres valores de la fuerza de fricción: fuerza de fricción estática, fuerza de fricción estática máxima y fuerza de fricción cinética, así: 1. **Fuerza de fricción estática**, que se calcula como la requerida para que el cuerpo - en reposo o en movimiento - no se deslice. 2. **Fuerza de fricción estática máxima**, que corresponde al valor máximo que puede tomar la fuerza de fricción estática antes de que comience a deslizar. Esta se calcula como el producto de la fuerza normal por el coeficiente de fricción estático. 3. **Fuerza de fricción cinética**, que corresponde a la fricción entre las superficies cuando el objeto se mueve. Esta se calcula como el producto de la fuerza normal por el coeficiente de fricción cinético.

A continuación, los estudiantes construyen una gráfica que relaciona estas condiciones cuando se va aumentando la fuerza horizontal aplicada sobre un objeto que descansa sobre una superficie rugosa.

Desarrollo. Los estudiantes comparten con todo el grupo los hallazgos y conclusiones del laboratorio realizado.

Cierre. El docente define los tres tipos de fuerzas de fricción y qué variables pueden llegar a influir en su valor, (fuerzas aplicadas, rugosidad de las superficies, cambios en la fuerza normal, etc.), y cómo encontrar el valor adecuado en cada situación. Por último, los estudiantes deben traer para la próxima clase un breve cuento o ensayo sobre la vida sin fricción y un ejemplo de un problema donde sea necesario el cálculo de las tres fuerzas de fricción

CLASE # 6 (1:30)
Objetivo: Medir los coeficientes de fricción cinético y estático mediante el desarrollo de un laboratorio, buscando que los estudiantes desarrollen habilidades de investigación.
Desarrollo de la Clase **Introducción.** El maestro inicia la clase con una breve retroalimentación de la clase anterior y el cálculo de la fuerza de fricción. A continuación, se realiza un quiz (Anexo 10) de tres ejercicios sencillos donde se debe identificar el tipo de fricción a calcular y realizar los diagramas de cuerpo libre. **Exploración.** Los estudiantes buscan en internet cómo es posible calcular los coeficientes de fricción estática y cinética. Posteriormente se genera un espacio de discusión con todos los estudiantes sobre las posibles maneras con las que se podría encontrar experimentalmente los valores de estos coeficientes de fricción. **Desarrollo.** A partir de la gráfica creada en el laboratorio de la clase anterior, se pide a los estudiantes que la expliquen y digan cómo se puede utilizar para encontrar los distintos valores de la fuerza de fricción. Con la discusión anterior y la guía del maestro, la clase plantea un experimento para el cálculo del coeficiente de fricción estática. La idea es algo similar a tener un objeto 1 sobre una mesa que esté atado a un cuerpo 2 en el cual se pueden depositar pesas, según la figura 2-2, e ir añadiendo masa al objeto 2 hasta que el objeto 1 empiece a deslizar.    Figura 2-2 El docente solicita a la clase que realicen el diagrama de cuerpo libre cuando el bloque permanece quieto, y a partir de él descubran qué hacer para poder encontrar el coeficiente de fricción estático. Para el cálculo del coeficiente fricción cinético se inicia a partir del diagrama de cuerpo libre y un análisis de lo que necesitan conocer para poder calcular dicho coeficiente. Aquí los estudiantes deben llegar a la conclusión de que es necesario medir la aceleración del

objeto, lo cual pueden hacer, por sugerencia del docente, tomando un video y usando la app Tracker.

Los estudiantes deben entregar la próxima clase un laboratorio con: Objetivos, Metodología, Datos y Gráficos, Análisis de datos, conclusiones y posibles mejoras del Laboratorio.

Cierre. Se resuelve un ejercicio sencillo de fricción sobre un plano horizontal con los coeficientes encontrados.

2.2.3 Uso de Diagramas de Cuerpo Libre

CLASE # 7 (1:30)
En esta clase se inicia el trabajo formal con diagramas de cuerpo libre, y es el momento clave para corregir errores conceptuales acerca de la dirección y magnitud de las fuerzas, el cálculo de la fuerza neta y la identificación de fuerzas que deben o no ir en el diagrama, bien sea porque no están incluidas en el ejercicio o porque son hechas por el mismo objeto. Los ejercicios apuntan a calcular la fuerza neta y así predecir el movimiento, o dadas características del movimiento poder calcular fuerzas faltantes o de magnitud desconocida. Es necesario hacer un corto repaso de las ecuaciones de movimiento acelerado. En esta ocasión sólo se trabajan fuerzas paralelas y perpendiculares a la dirección del movimiento del objeto. **Objetivo:** Resolver ejercicios a través del uso de diagramas de cuerpo libre en planos horizontales con fuerzas paralelas y perpendiculares a este plano, con el fin de predecir el movimiento de objetos o el valor de fuerzas desconocidas.
Desarrollo de la Clase **Introducción.** El maestro inicia la clase pidiendo a los estudiantes que recuerden qué les llamó la atención de la clase anterior. Con estas ideas y entre todos se construye un mapa conceptual de todo lo visto acerca del concepto de fuerza hasta el momento. **Exploración.** Se dan 10 minutos para que los estudiantes intenten realizar el primer ejercicio del Taller DCL Clase 7 (Anexo 11), pasado este tiempo se resuelve entre todos. **Desarrollo.** Los estudiantes resuelven los ejercicios del taller con el acompañamiento del docente. Al terminar cada ejercicio, los estudiantes deben verificar la respuesta obtenida, con el fin de hacer una retroalimentación pronta, efectiva y, en lo posible, personalizada. **Cierre.** Luego de que los chicos acaben con el taller, el maestro resuelve el punto 6 con el fin de afianzar lo visto y corregir cualquier error.

CLASE # 8 (1:30)

Esta clase se enfoca en el repaso de razones trigonométricas y suma de vectores por el método de componentes. Se parte de una descomposición vectorial de la fuerza por medio de una gráfica, teniendo mucho cuidado al representar la posición y el valor del ángulo suministrado por el problema.

Objetivo: Resolver ejercicios a través del uso de diagramas de cuerpo libre en planos horizontales y verticales con fuerzas inclinadas con respecto a estos planos.

Desarrollo de la Clase

Introducción. El maestro inicia la clase proponiendo resolver un ejercicio donde una caja es jalada mediante una cuerda, y hay un ángulo de inclinación en la dirección de la fuerza, como lo muestra la figura 2-3. El maestro hace un breve repaso de la descomposición de cantidades vectoriales a través del uso de razones trigonométricas, explicando que una fuerza con magnitud y dirección puede ser reemplazada por dos fuerzas, por ejemplo una paralela a la dirección del movimiento y otra perpendicular a la primera. Sin embargo, es de suma importancia mostrar que estas dos fuerzas son ficticias y solamente son utilizadas para simplificar la resolución del ejercicio.

Figura 2-3

Entonces, con respecto al ejercicio, se solicita a los estudiantes realizar dos diagramas de fuerza, el original del problema dado y el segundo reemplazando la fuerza “diagonal” por las componentes horizontal y vertical. Luego de calcular dichas componentes, y con la tensión y los coeficientes de fricción dados, se calcula la aceleración de la caja y la distancia recorrida para un tiempo dado, estando la caja inicialmente en reposo. Es necesario hacer énfasis en el valor del ángulo al dibujar el triángulo que se forma con la tensión y sus componentes.

Exploración. Los estudiantes realizan el montaje de la figura 2-4 con los materiales del laboratorio, usando dos dinamómetros como se muestra. Los ángulos son iguales y tienen

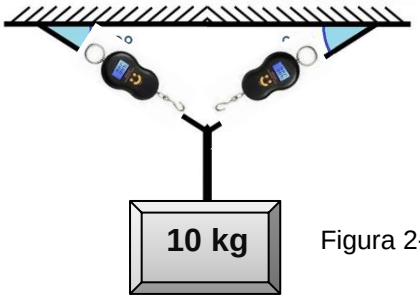


Figura 2-4

un valor de 30°. Los estudiantes anotan los valores obtenidos para la tensión de las cuerdas.

Desarrollo. Los estudiantes resuelven el ejercicio de manera teórica, con la supervisión y ayuda del docente, y contrastan el resultado obtenido con el montaje experimental. Posteriormente continúan con los ejercicios del Taller DCL Clase 8 (Anexo 12).

Cierre. Luego de que los estudiantes acaben con el taller, el maestro resuelve el punto 4 con el fin de afianzar lo visto y corregir cualquier error.

CLASE # 9 (1:30)

En esta clase se trabajan problemas con planos inclinados. La mayor dificultad en los estudiantes se presenta al intentar descomponer de manera adecuada el peso. La estrategia consiste en dibujar aparte el peso en el sistema de coordenadas inclinado (con un eje paralelo a la superficie y el otro perpendicular a ella) y descomponerlo allí.

Objetivo: Resolver ejercicios a través del uso de diagramas de cuerpo libre en planos inclinados.

Desarrollo de la Clase

Introducción. Los primeros diez minutos de la clase se usan para resolver uno de los ejercicios propuestos de la clase pasada. Posteriormente el docente propone resolver un ejercicio donde una caja está en un plano inclinado sin fricción sostenida por un hombre mediante una cuerda, como se muestra en la figura 2-5. El objetivo del problema es calcular la fuerza que debe hacer el hombre para que la masa no se deslice. Primero se pide a los estudiantes que realicen diagramas de cuerpo libre con los ejes *x* y *y* orientados en direcciones horizontal y vertical, respectivamente, y que realicen un segundo diagrama descomponiendo en dos todas las fuerzas que aparezcan diagonales. Luego, el maestro rota el plano del ejercicio de modo que quede alineado con el eje del movimiento del objeto y pide a los estudiantes que vuelvan a realizar los dos diagramas de cuerpo libre. El docente resalta el beneficio que conlleva el diagrama rotado, que tiene aceleración cero en la componente perpendicular al eje del movimiento, lo que facilita el desarrollo del problema.

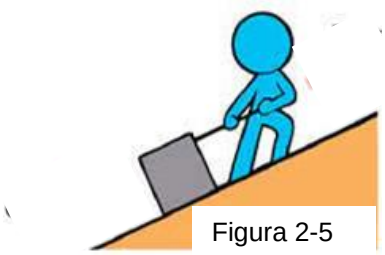


Figura 2-5

Exploración. Los estudiantes realizan el montaje experimental de la situación planteada inicialmente, amarrando la cuerda a un soporte en la punta superior del plano inclinado, y toman con el dinamómetro la medida de la tensión de la cuerda. Este valor corresponde en la situación original al valor de la fuerza que realiza el hombre.

Desarrollo. Los estudiantes resuelven el ejercicio de manera teórica, con la supervisión y ayuda del docente, y contrastan el resultado con el medido en el montaje experimental. Posteriormente realizan los ejercicios del Taller de DCL Clase 9 (Anexo 13)

Cierre. Luego de que los chicos acaben con el taller, el maestro resuelve el punto 4 con el fin de afianzar lo visto y corregir cualquier error.

CLASE # 10 (1:30)

Esta clase está dirigida a trabajar problemas con dos o más objetos. El método de solución consiste en plantear los diagramas de cuerpo libre para cada objeto, identificando las fuerzas que tiene la misma magnitud por ser pares acción y reacción. Los estudiantes plantean las ecuaciones de movimiento y, posteriormente, se les debe acompañar en la labor de solucionar dichas ecuaciones, ya que acá es donde suelen presentarse las mayores dificultades.

Objetivo: Resolver ejercicios en situaciones con dos objetos, a través del uso de diagramas de cuerpo libre

Desarrollo de la Clase

Introducción. El maestro inicia la clase proponiendo resolver un ejercicio donde un objeto que reposa sobre una mesa está atado a otro que cuelga de una cuerda que es soportada por medio de una polea, como en la figura 2-2. El objetivo de la situación es encontrar la aceleración de los objetos. Para esto se les pide a los chicos que dibujen los diagramas de cuerpo libre para cada objeto por separado.

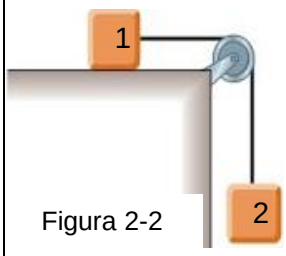


Figura 2-2

Exploración. Los estudiantes realizan el montaje experimental de la situación planteada inicialmente, y con ayuda del programa Tracker miden el valor de la aceleración. Es de suma importancia trabajar con los mismos materiales de la práctica *Coeficiente de Fricción*, con el fin de utilizar los valores encontrados para dichos coeficientes.

Desarrollo. Los estudiantes resuelven el ejercicio de manera teórica. Es necesario que el docente realice un seguimiento constante de la solución de las ecuaciones, con el fin de que los estudiantes no queden atascados en este proceso. Por último, ellos contrastan el resultado obtenido con el medido en el montaje experimental. A continuación solucionan los ejercicios del Taller de Practica 10 (Anexo 14)

Cierre. La clase finaliza con la resolución del punto 2 con el fin de afianzar lo visto.

CLASE # 11 (1:30)
La clase está destinada a revisar los conceptos y habilidades de los estudiantes durante el curso, y poder hacer la retroalimentación necesaria en aras de hacer una preparación antes del examen final. **Objetivo:** Fortalecer los conceptos y habilidades de los estudiantes a través de la solución de un taller de preparación para el examen final (Postest).
Desarrollo de la Clase Los estudiantes realizan un taller de preparación para la evaluación final (Postest) que consiste en resolver los ejercicios de los talleres trabajados, que a cada uno de ellos les costó más trabajo resolver. Es un tiempo para resolver las dudas que surjan en el desarrollo de la actividad.

CLASE # 12 (1:30)
Objetivo: Identificar el nivel de conocimiento del estudiante sobre el entendimiento y aplicación del concepto de fuerza y el uso de diagramas de cuerpo libre en la resolución de problemas.
Desarrollo de la Clase Los estudiantes realizan el examen final (Postest), que es el mismo pretest (Anexo 1). Con el fin de obtener resultados confiables, se les muestra una escala de valoración, en donde cada respuesta válida daba 3 puntos y cada pregunta respondida de manera incorrecta sin procedimientos quitaba 1 punto.

3. Implementación

3.1 Implementación

Esta secuencia se implementó en el colegio Newman School con estudiantes de grado décimo. El colegio es calendario B y tiene cerca de 700 estudiantes pertenecientes en su mayoría a familias de estrato 5 y 6. En décimo grado tiene dos cursos: 10A, con 24 estudiantes y 10B, con 21 estudiantes, con edades entre los 15 y los 17 años. Los dos cursos se mezclan y se reparten nuevamente al inicio de cada año escolar. Es un colegio con un enfoque humanista hacia el estudiante que está centrado en el bienestar del ser enfatizando la formación artística y humanística, y, en años recientes, también en la formación en habilidades STEM, buscando dar una formación al estudiante en ciencias, matemáticas e informática a través de proyectos multidisciplinarios. Los estudiantes que participaron en la implementación de la secuencia didáctica tomaron un curso combinado de física y química desde el grado sexto hasta el grado octavo, con lo cual es de esperar que varias de las ideas previas con las que los estudiantes llegan a este nivel sean correctas. Adicionalmente, por ser estudiantes formados bajo un sistema humanista, se busca crear un ambiente de clase agradable, con un maestro amable e interesado en el bienestar de su clase y con actividades interesantes que permiten crear un vínculo que sirve de motivación para que el estudiante se esfuerce por aprender. El colegio cuenta en todos sus salones con televisores inteligentes, y todos los estudiantes cuentan con computador o Tablet, bien sea propio o facilitado por el colegio. Actualmente, se están adquiriendo laboratorios en ciencias y se han iniciado capacitaciones que se espera ayuden a reforzar la formación STEM.

En física, durante el trimestre en que se tratan los temas de movimiento y fuerzas, los promedios de calificaciones de los estudiantes de décimo de los años 2021-2022 y 2022-2023 fueron de 63% y 66%, respectivamente. Sin embargo, estos valores bajaron a 28% y 31% en el examen final, lo que sugiere la necesidad de buscar estrategias didácticas que incentiven el aprendizaje duradero de los conceptos y habilidades relacionadas con el tema (que es uno de los objetivos del presente trabajo). Por su parte, los estudiantes que tienen buenas habilidades científicas y matemáticas son cerca de un 30%, con calificaciones superiores al 80% en la nota final del trimestre. Estos chicos, por lo general, son estudiantes con buenos hábitos de estudio o son hijos de padres académicos, y podrían estar interesados en formar clubes de ciencia.

3.2 Bitácora de las clases.

A continuación se presenta la bitácora de cada clase, que fue de ayuda para mejorar las actividades posteriores en aras de mejorar la comprensión de los estudiantes.

3.2.1 Leyes de Newton.

Clase 1. Objetivo: Identificar el nivel de conocimientos y destrezas del estudiante en la comprensión y aplicación del concepto de fuerza.

Observaciones: Dada la cercanía del docente con los estudiantes y el buen ambiente de clase, los estudiantes se dispusieron a realizar el Pretest de la mejor manera posible. Al no asignar una nota al test, los estudiantes estuvieron respondiendo de manera calmada, pero motivados por la oportunidad de ganar puntos extra.

Clase 2. Objetivo: Construir el concepto de fuerza a partir de la deducción de las leyes de Newton, buscando formar ideas correctas sobre este concepto, así como corregir las ideas previas erradas en los estudiantes.

Observaciones: El video inicial de fútbol americano llamó la atención de los estudiantes. Esto hizo que realizarán la actividad de empujones con una buena actitud.

A pesar de que la mayoría pensó que para que un cuerpo se mantenga en movimiento debe ser empujado de manera constante (Preguntas 1 y 2, con porcentajes de acierto de 39, 19% respectivamente) con el video # 1, la pregunta del marcador lanzado en el espacio que aparece en el taller 1, y la solución a la pregunta de un estudiante sobre el por qué es necesario empujar constantemente una caja sobre el suelo para que mantenga su velocidad, los estudiantes entendieron que no es necesario tener una fuerza para mantener un cuerpo en movimiento en línea recta a velocidad constante. Además, se llegó a la conclusión de que, si no se empuja, la caja disminuye su velocidad debido a una fuerza en dirección contraria a la dirección del movimiento, y que esa fuerza era el rozamiento con el suelo, lo cual fortaleció el concepto trabajado posteriormente de que una fuerza desbalanceada siempre genera un cambio en el movimiento.

Por otro lado, los estudiantes pensaban que no siempre la fuerza es una interacción entre dos objetos donde ambos ejercen fuerza. Esto a partir de la idea de que La Tierra no ejerce fuerza sobre El Sol. Sin embargo, en la discusión un estudiante hablo de las mareas que causa La Luna sobre La Tierra, y que La Luna se mueve alrededor de La Tierra por la fuerza que esta última ejerce sobre la primera, y con ellos se concluyó que La Tierra sí debe ejercer fuerza sobre El Sol. Ahora que entendían que la fuerza la hacen los dos objetos, el uno sobre el otro, la mayoría de estudiantes pensaban que el objeto más grande era el que hacía la mayor fuerza sobre el otro. Esta idea persistió durante esta clase.

Clase 3. Objetivo:

Construir el concepto de fuerza a partir de la inducción de las leyes de Newton a partir de situaciones cotidianas, buscando formar ideas correctas sobre este concepto, así como corregir las ideas previas erradas en los estudiantes.

Observaciones: Los estudiantes entregaron el brochure de las tres leyes de Newton que construyeron en la clase 2, y se les informó que después de finalizar la clase de hoy podrían hacerle correcciones con lo que hayan aprendido al finalizar la clase, y entregarlo en la siguiente.

En lo referente al laboratorio y la primera ley de Newton, las conclusiones obtenidas por algunos estudiantes fueron:

“Si hay fuerza, hay cambio de velocidad. Si no hay fuerza, la velocidad no cambia.”

“Después de empujar la caja no se necesita empujarla otra vez para que siga moviéndose”

“Si empujo todo el tiempo la caja, la velocidad aumenta todo el tiempo”

En lo referente a la Segunda Ley de Newton se les hizo un breve repaso de cómo se investiga la influencia de una variable sobre otra. Entre otras cosas, se explicó qué son variables independientes, dependientes o de control y cómo plantear el experimento, tomar datos, hacer gráficos y analizarlos para poder llegar a una conclusión o a la predicción de una situación. También se expuso cómo poder generar las relaciones entre variables a través de una ecuación si se presenta una proporción inversa, nula o directa. Fue necesario pasar constantemente por los escritorios de los estudiantes guiando y corrigiendo los procesos. Las conclusiones obtenidas por los estudiantes fueron:

” Entre más fuerza hay, más cambio de movimiento (proporción directa).”

“Entre más masa tiene el objeto, hay menos cambio de movimiento. (Proporción Inversa)”.

“Entre más tiempo se empuje el objeto, mayor es su cambio de movimiento Proporción Directa”.

Con lo anterior pudieron escribir la ecuación.

$$\Delta v \; \alpha \; \frac{F\Delta t}{m}$$

En lo referente a la Tercera Ley de Newton, fue interesante para ellos ver que no importaba quién o qué empujaba la bomba entre dos cuerpos, esta se comprimía igual de ambos lados. Similarmente, en el experimento en el cual dos personas sentadas frente a frente en sendas sillas con rodachines se empujan con los pies, se comprobó que el efecto es el mismo, no importando cuál de las dos empuja a la otra. Luego se enfatizó que, sin importar cómo fuesen los objetos o qué movimiento tuviesen, las fuerzas entre ellos son de igual magnitud pero van en dirección contraria. Esto se reforzó con preguntas como quién le hace más fuerza a quién entre distintas parejas de objetos en diferentes situaciones de movimiento. Posteriormente se utilizó la relación entre fuerza y masa deducida en el punto anterior para explicar que el objeto de menor masa sufre un mayor cambio en su movimiento.

3.2.2 Fuerzas en la Cotidianidad.

Clase 4. Objetivos:

- Recordar el concepto de la aceleración (a) como el cambio de velocidad con respecto al tiempo.
- Identificar las fuerzas que pueden llegar a actuar sobre un cuerpo y dibujarlas correctamente en un diagrama de cuerpo libre como flechas, teniendo en cuenta la dirección de la fuerza y su magnitud, para luego poder establecer la fuerza neta y predecir cómo actúa esta fuerza sobre el movimiento del cuerpo.

Observaciones: Los estudiantes presentaron el quiz de Leyes de Newton (Anexo 6) sin contratiempos. Fue necesario aclarar en el tercer punto (que corresponde a un mico que cuelga de una cuerda) que el mono estaba en reposo mientras colgaba de la cuerda. La pregunta que más le costó a la mayoría fue la # 4 (que pregunta si al llegar una bola en ascenso a su punto más alto, esta se encuentra en equilibrio o no) porque asociaban reposo con velocidad cero, y no con cambio de velocidad cero. Adicionalmente no tuvieron en consideración la existencia de una fuerza constante en todo momento hacia abajo (el peso) ejercida sobre el mono por La Tierra. La valoración más baja fue del 58% y las más alta del 93%, el promedio fue de 81% con una aprobación del 84%.

A partir de la transformación de la ecuación

$$\Delta \boldsymbol{v} = \frac{\boldsymbol{F}\Delta \boldsymbol{t}}{\boldsymbol{m}} \leftrightarrow \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta \boldsymbol{t}} = \frac{\boldsymbol{F}}{\boldsymbol{m}} \leftrightarrow \boldsymbol{a} = \frac{\boldsymbol{F}}{\boldsymbol{m}}$$

Se enuncia a los estudiantes la segunda ley de Newton en términos de la aceleración y se hace un análisis de cómo la fuerza neta ejercida y la masa

afectan la aceleración de un objeto. Luego se realizaron ejercicios sencillos que relacionan la fuerza, la masa y la aceleración.

Con respecto al ejercicio 1 del taller de diagramas de cuerpo libre, que describe un libro que se empuja sobre una superficie horizontal rugosa, se realizó entre todos un dibujo de la situación, anotando los datos suministrados directa e indirectamente e identificado la pregunta del ejercicio, que consiste en calcular la fuerza neta y la magnitud de la aceleración del objeto. Posteriormente se fueron dando instrucciones paso a paso para la resolución del ejercicio, y en cada paso se hacía una pausa para verificar que se hubiese llevado a cabo el proceso de la manera correcta. Al construir el diagrama de cuerpo libre, muchos estudiantes dibujaron las fuerzas como flechas que apuntaban hacia el bloque, en direcciones incorrectas y mal nombradas. Sin embargo, con algunas recomendaciones corrigieron sus errores. El segundo paso, que consistía en calcular las fuerzas desconocidas, se desarrolló sin contratiempos. Durante el tercer paso, que consistió en plantear ecuaciones en las componentes horizontales y verticales de las fuerzas igualando al producto de la masa por la aceleración, se les dificultó plantear las ecuaciones, y fue necesario hacer un ejemplo con otro problema para ayudarlos a escribirlas. Identificada la variable a encontrar, fue sencillo el despeje, ya que bastaba con analizar solamente las fuerzas en dirección horizontal, paralelas al plano.

Para la realización del taller sobre fuerza neta (Anexo 4), se les dio 15 minutos para intentar resolverlo, teniendo en cuenta lo visto en la clase. Luego se les dio un consejo y la oportunidad de corregir lo que fuese necesario, y así se hizo hasta que todos estuviesen seguros de sus respuestas. Los consejos fueron:

1. Antes de dibujar, analice qué fuerzas pueden estar actuando e identifique quién las ejerce, con el fin de no dibujar fuerzas inexistentes en el problema u omitir otras existentes.

2. Realice la representación de las fuerzas y sus direcciones en el diagrama de cuerpo libre.

3. Después de plantear las ecuaciones, determine si es viable que no exista aceleración en alguna dirección.

4. Analizar las ecuaciones para encontrar un camino hacia la solución.

Los estudiantes, mostraron dificultades en la representación de la fuerza normal y el peso en planos inclinados. En el ejercicio de la esfera que permanece estática sobre un plano inclinado, algunos pensaron que faltaba una fuerza en dirección contraria que equilibrara la fricción, pues no identificaban que el peso tiene una componente paralela al plano que cumple esa función.

La mayoría de los estudiantes pudo resolver sin dificultades el último ejercicio de la guía que condensaba todo lo visto. Sin embargo, faltaron algunos estudiantes por encuentros deportivos y fue necesario trabajar con ellos lo visto en una tutoría.

Clase 5. Objetivos:

- Identificar el concepto de fuerza de fricción y explicar por qué se da en la naturaleza.

- Definir una ruta para poder determinar qué clase de fuerza de fricción puede estar involucrada en una situación problema dada y cómo calcularla.

Observaciones: Al inicio de la clase se les pidió a los estudiantes que buscaran información sobre la fuerza de fricción. Algunos encontraron que existían fuerza de fricción estática y cinética, así como la aseveración errada de que la fuerza de fricción siempre era contraria a la dirección del movimiento. No obstante, un estudiante afirmó que no era contraria al movimiento, sino contraria hacia donde

la fuerza empujaba al objeto. Esto dio pie para hablar de situaciones en donde la fuerza de fricción tenía una dirección opuesta a la dirección del movimiento y otras situaciones donde tenía la misma dirección del movimiento.

Posteriormente los estudiantes trabajaron en el laboratorio del concepto de fuerza de fricción usando la simulación Phet (Anexo 9). La única dificultad presentada en algunos pocos estudiantes fue al graficar los datos dibujando una escala incorrecta para los ejes, lo cual se solventó mostrando con un ejemplo en el tablero la manera correcta de hacerlo. Al finalizar esta primera etapa, los estudiantes concluyeron que:

“al empujar un cuerpo y no se mueve (sic) la fuerza de fricción es estática y es igual a la fuerza del empuje”

“si empujo más fuerte, hay un punto fijo donde la caja empieza a moverse”

“Luego de que el cuerpo se está moviendo, la fuerza de fricción es cinética y tiene el mismo valor”.

Con estas ideas, los estudiantes identificaron las fuerzas de fricción estática, cinética y límite, y las relacionaron con las que habían encontrado en su investigación previa. Igualmente, pudieron identificarlas en el gráfico realizado durante la práctica. En este punto se les recomendó a los estudiantes utilizar la palabra deslizar en vez de la palabra moverse, ya que esta podría tener consideraciones distintas.

Los estudiantes identificaron correctamente que el valor de las fuerzas de fricción cinética y límite dependía de la rugosidad de las superficies, pero muchos de ellos asumían que, una vez se fijaban dichas rugosidades, estas fuerzas de fricción tomaban el mismo valor en todas las situaciones. Esta idea errada fue el punto de partida para la siguiente actividad, que buscaba identificar la influencia de la masa sobre la fuerza de fricción ejercida sobre un objeto colocado sobre una superficie horizontal. Esta sección del laboratorio no alcanzó a terminarse en la

clase, y fue necesario pedir tiempo a un compañero docente para poderla terminar, ya que el proceso de diseño de la metodología les tomó más tiempo del esperado. En efecto, a pesar de haber expresado con facilidad la pregunta de investigación y las variables, fue necesario en unos pocos casos ayudarles a crear el método para responder la pregunta de investigación.

Para finalizar, los estudiantes entendieron que en la situación descrita la masa afecta la fricción: entre más masa hay más fricción estática máxima y cinética. En ese momento el docente explicó la interacción que había entre los átomos de las dos superficies y que esta interacción se hacía mayor al presionar el objeto contra la superficie, lo que también ocurre cuando el objeto tiene una masa mayor. Luego se presentaron las ecuaciones para calcular la fuerza de fricción según la situación, y se mostró un problema de una caja que involucraba fuerzas de tensión verticales y horizontales y fuerza de fricción. En este problema se desea calcular la aceleración de la caja y el tiempo que tarda en recorrer una distancia dada, partiendo del reposo. Para ahorrar tiempo, este ejercicio se hizo en el tablero con el aporte de todos los estudiantes. Como tarea para la próxima clase se les recuerda a los estudiantes la entrega del cuento “un día sin fricción”

Clase 6. Objetivo: Medir los coeficientes de fricción cinético y estático mediante el desarrollo de un laboratorio, buscando que los estudiantes desarrollen habilidades de investigación.

Observaciones: Los estudiantes entregan su cuento “un día de colegio sin fricción”, y uno de ellos lo lee con la posterior participación de sus compañeros. Los estudiantes tenían quiz (Anexo 6), pero este se realizó como un taller, ya que no hubo tiempo suficiente en la clase pasada para practicar. Finalizado el taller, los estudiantes se organizan en grupos de cuatro para encontrar experimentalmente los coeficientes de fricción estático y cinético. Un grupo propuso empujar una mesa llena de maletas y medir la fuerza que se necesitaba para que empezará a deslizar la mesa. Sin embargo, no había forma de medir

esa fuerza. Aún así, los estudiantes de este grupo tenían claro cómo identificar el coeficiente de fricción estático a partir de la ecuación de fuerza de fricción máxima, calculando la normal y despejando el coeficiente. Otros grupos encontraron información de una ecuación que es:

$\tan \alpha = \mu_s$, donde α es el ángulo para el cual el objeto empieza a deslizar al ir levantando la superficie donde reposa el objeto. Ahí fue necesario decirles a los estudiantes que se trata de un ejercicio en un plano inclinado, y que aún no se tenía herramientas para analizar el diagrama de cuerpo libre en este caso. Sin embargo, se llegó al acuerdo que nos serviría como punto de comparación con el método que se eligiera para la práctica. Por sugerencia del docente y buscando suplir la necesidad del experimento propuesto de las mesas con las maletas, se propuso la idea del montaje sugerido en la planeación de la clase. La idea es algo similar a tener un objeto 1 sobre una mesa que esté atado a un cuerpo 2 en el cual se pueden depositar pesas, según la figura, e ir añadiendo masa al objeto 2 hasta que el objeto 1 empiece a deslizar.

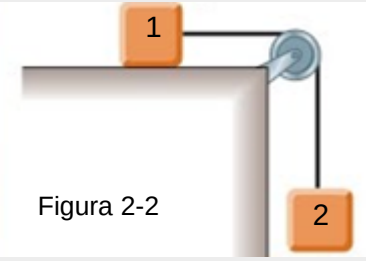


Figura 2-2

El diseño sirvió como una pequeña introducción para el trabajo posterior con diagramas de cuerpo libre con dos objetos, ya que se les propuso a los estudiantes realizar el diagrama de cuerpo libre para cada objeto, plantear las ecuaciones correspondientes y buscar una manera de despejar de una de ellas el coeficiente de fricción estático. Algo similar hicieron para el cálculo del coeficiente de fricción cinético. Como en este montaje se necesitarían el valor de la aceleración del cuerpo, por sugerencia del docente usaron tracker para medir dicho valor.

Para cerrar la clase se les puso a los chicos un problema en el cual se pide encontrar la aceleración del cuerpo sobre una superficie rugosa y otro para calcular el coeficiente de fricción estático.

3.2.3 Uso de Diagramas de Cuerpo Libre

Clase 7. Objetivo:

Resolver ejercicios que usan diagramas de cuerpo libre en planos horizontales con fuerzas paralelas y perpendiculares a este plano para predecir el movimiento de objetos o el valor de fuerzas desconocidas.

Observaciones: Los estudiantes tomaron la decisión de trabajar en parejas. El docente aceptó, pero fijando que la evaluación de los ejercicios sería oral e individual. El trabajar en parejas propició que los estudiantes con dificultades tuviesen la oportunidad de ser enseñados por sus pares.

La mayoría de las parejas resolvieron de manera adecuada el primer ejercicio del taller de estudio de la clase 7 (Anexo 10), que consiste en calcular la aceleración de un objeto sometido a varias fuerzas, y les pareció fácil, dado que el problema les daba los valores de la mayoría de las fuerzas. El segundo problema pedía calcular la fuerza normal ejercida por el piso sobre una persona dentro de un ascensor (en realidad, lo que marca una balanza sobre la que se encuentra la persona de pie). Para desarrollarlo, se les sugirió tener en cuenta las fuerzas presentes, identificando quién era el ente que ejercía la fuerza. En este ejercicio fue necesario analizar con el curso qué medía la báscula hasta llegar a identificar que esta medición corresponde a la fuerza normal, así como identificar la necesidad de definir un sistema de referencia para indicar si la aceleración era positiva o negativa.

El tercer problema describe la situación de una persona que corre en una superficie rugosa y pide encontrar cual es la máxima aceleración a la que puede llegar. Se les aconsejó a los estudiantes enfocarse en la situación y nuevamente, antes de dibujar o concluir sobre el problema, escribir las fuerzas presentes, diciendo quién las hace. De este modo erradicaban la idea de que alguien tenía

que estar empujando a la persona para vencer la fricción, y se daban cuenta que la fuerza que impulsa a la persona es la misma fricción. Luego de esto fue fácil resolver el problema. De ahí en adelante no se presentaron dudas frente al dibujo del diagrama de cuerpo libre, pero sí necesitaron apoyo en el despeje de las ecuaciones de M.U.A. Por cuestiones de tiempo, se resolvió el ejercicio 6 entre todo el grupo

Clase 8. Objetivo Resolver ejercicios a través del uso de diagramas de cuerpo libre en planos horizontales y verticales con fuerzas inclinadas con respecto a estos planos.

Observaciones: La mayor parte de la clase se enfocó en explicaciones y prácticas relacionadas con razones trigonométricas y suma de vectores. Al inicio, se les colocó a los estudiantes un ejercicio sencillo de cada una de estas temáticas, y solo un par de ellos pudo resolverlo. En ese momento los estudiantes de décimo estaban trabajando en matemáticas el tema de funciones, debido a que el año pasado no alcanzaron a ver ese desempeño, y por ello no habían empezado a trabajar razones trigonométricas. Sin embargo, ellos habían visto algo de este contenido en grado octavo.

A continuación, se realizó un ejercicio simple de una persona que jala con una cuerda en diagonal una maleta que se intenta deslizar sobre un plano horizontal, y se solicitó a los estudiantes hacer el diagrama de cuerpo libre. Posteriormente, se les pidió realizar un nuevo diagrama de cuerpo libre donde reemplacen la fuerza inclinada por sus componentes paralelas y perpendiculares a la superficie. Fue necesario recordarles la ventaja de formar un triángulo rectángulo con la fuerza original y sus dos componentes, pues en ese triángulo se pueda ubicar el ángulo de inclinación de la fuerza y utilizar razones trigonométricas para calcular la magnitud de las componentes. Con estas dos fuerzas reemplazando a la

original el problema fue fácil de resolver. Sin embargo, algunos pocos estudiantes se confundieron acerca de dónde debían colocar el ángulo.

A continuación, se les propuso a los estudiantes el montaje de la figura, y se les solicitó que midieran con los dinamómetros las tensiones de las cuerdas, las calcularan teóricamente y las compararan.

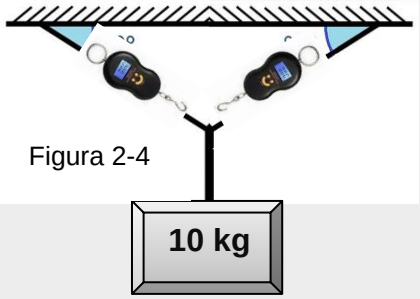


Figura 2-4

A los estudiantes se les dificultó un poco lograr ubicar el montaje de modo que tuviesen el ángulo de 30° en ambos lados, lo cual lograron al variar las longitudes hasta obtener lecturas iguales en los dos dinamómetros.

En el ejercicio teórico fue nuevamente necesario corregir la ubicación del ángulo, y para esto se les recordó el concepto de ángulos rectos, medidas de los ángulos internos de un triángulo y ángulos complementarios, y suplementarios, no porque no los conocieran previamente, sino para que los tuvieran presentes y pudieran verificar la ubicación del ángulo dibujado. Después fue necesario decirles que el diagrama de cuerpo libre dibujado sobre el punto de unión de las tres cuerdas sería más sencillo de plantear, porque algunos estudiantes estaban dibujando la tensión que sale del cuadro hacia arriba. En el planteamiento de las ecuaciones algunos estudiantes tuvieron dificultades al no tener valores numéricos de la tensión. Ahí se les hizo un ejercicio donde debían intentar escribir las ecuaciones sin valores numéricos y luego reemplazar los valores conocidos del seno y coseno del ángulo y del peso, y ahí sí, resolver la ecuación. Esto fue necesario pues en oportunidades pasadas ya se habían estancado en este tipo de problemáticas.

Posteriormente se les permitió trabajar en los ejercicios del taller 8 (Anexo 11). Los estudiantes pudieron resolver los dos ejercicios sin mayor contratiempo y el tercero se resolvió entre todos como cierre de la clase.

Clase 9. Objetivo: Resolver ejercicios a través del uso de diagramas de cuerpo libre en planos inclinados.

Observaciones: La clase inicia con la resolución del último ejercicio del Anexo 11 por parte de los estudiantes a modo de repaso e identificación de errores. Como fue resuelto por todos, no se presentaron preguntas con excepción de un joven que faltó, y fue necesario programar una tutoría con él.

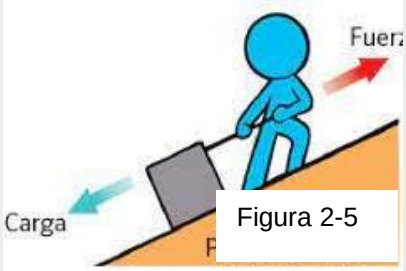


Figura 2-5

Seguido, se les presentó el ejercicio planeado para la clase. En él, una caja sobre un plano inclinado sin fricción es sostenida por un hombre mediante una cuerda, como se muestra en la figura. Se les invitó a realizar el diagrama de cuerpo libre con ejes horizontales y verticales y, luego reemplazar las fuerzas inclinadas por sus componentes. A continuación, se les invitó a hacer lo mismo, pero rotando los ejes de tal manera que uno de ellos corra paralelo al plano. Los estudiantes vieron que no tenían que descomponer tantas fuerzas. Además, se les mencionó que la razón más importante para hacer esto era para lograr una dirección que tuviese aceleración cero, ya que, en el diagrama inicial la aceleración se da en ambas componentes.

Posteriormente los estudiantes siguieron la estrategia dada en la clase pasada para poder calcular las componentes de manera correcta, que inicia con tres pasos. Como primer paso, se dibuja la fuerza y sus componentes paralela y perpendicular a la dirección del desplazamiento de la caja. Como segundo paso, se traslada una de sus componentes al final de la otra (como en una suma de vectores por el método de cabeza y cola), de tal manera que las dos componentes y la fuerza original forman un triángulo rectángulo. Como tercer paso se ubica de manera correcta el ángulo en el triángulo formado, y se calculan con

trigonometría las magnitudes de las componentes. De ahí en adelante la solución del ejercicio se dio sin inconvenientes.

A continuación se les solicitó a los estudiantes que realizarán el montaje del ejercicio 1 del taller (Anexo 12) usando los mismos materiales del laboratorio de medición de coeficientes de fricción, y que calcularan la fuerza necesaria para sostener el bloque por medio del dinamómetro. Seguidamente, se les invitó a solucionar nuevamente el ejercicio de manera teórica, pero incluyendo la fricción. La solución del problema no presentó dificultades, pues sólo debían añadir al diagrama la fuerza de fricción, que apunta en la dirección de uno de los ejes, y calcular el valor necesario para que el objeto no deslice (fuerza de fricción estática)

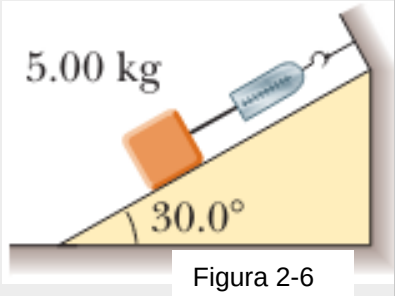


Figura 2-6

Los ejercicios de la clase 9 se realizaron con el acompañamiento del docente. En el primer ejercicio, que pedía calcular lo que marca el dinamómetro, se preguntó a los estudiantes cómo se llama la fuerza que marca el instrumento. Algunos dijeron que era la fuerza normal, pero se les aclaró que era la tensión de la cuerda. Luego de analizar el problema, los estudiantes concluyeron que, al estar el cuerpo en reposo, las aceleraciones en las distintas direcciones eran iguales a cero, y el resto del problema se resolvió sin contratiempos.

El segundo ejercicio fue el siguiente: "*Un bloque de 3.00 kg parte del reposo en lo alto de un plano inclinado 30.0° y se desliza una distancia de 2.00 m hacia abajo por el plano en 1.50 s. Encuentre: a) la magnitud de la aceleración del bloque, b) el coeficiente de fricción cinética entre el bloque y el plano, c) la fuerza de fricción que actúa sobre el bloque y d) la rapidez del bloque después de deslizar 2.00 m.* Se sugirió a los estudiantes representar el problema con un dibujo, anotar los datos dados por el problema, aclarar qué es lo que se pregunta,

analizar estos datos y definir una estrategia de solución. Algunos estudiantes identificaron que podían calcular la aceleración con la velocidad inicial, el tiempo y la distancia, luego dibujar el diagrama de cuerpo libre, y plantear las ecuaciones, Al llegar a las ecuaciones, determinaron que se necesitaba despejar la fuerza de fricción y con ella calcular el coeficiente de fricción cinético. El último punto se dejó de tarea por falta de tiempo.

Clase 10. Objetivo: Resolver ejercicios en situaciones con dos objetos, a través del uso de diagramas de cuerpo libre.

Observaciones: Se verificó la tarea de la clase pasada a través de la resolución del ejercicio en el tablero. El trabajo con dos objetos se inició con el problema de la clase 6, donde se usan dos masas atadas por una cuerda que pasa por una polea para medir el coeficiente de fricción. En este problema los estudiantes necesitan plantear los diagramas de cuerpo libre para cada cuerpo por separado. Como práctica se les pidió resolver el mismo problema encontrando la aceleración para masas de 5 kg y 9 kg, y un coeficiente cinético de 0,29. El problema se solucionó sin inconvenientes. Sin embargo, no se pudo hacer la práctica experimental y corroborar el dato, debido a que solo se tuvo una hora de clase del bloque de dos horas (por una izada de bandera).

Se continuó, entonces, con los ejercicios de la guía de problemas con dos cuerpos (Anexo 13), El primer ejercicio de la guía consiste en calcular la aceleración para un bloque que se desliza con fricción sobre una mesa, atado a dos cuerdas de las que cuelgan otros dos bloques, como se muestra en la figura. Este ejercicio se resolvió adecuadamente.

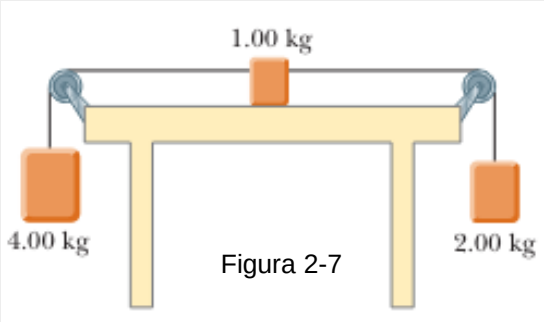


Figura 2-7

Para el segundo ejercicio de la guía, que pedía hallar la aceleración con la cual se mueve una máquina de Atwood, los estudiantes plantearon adecuadamente las ecuaciones, pero la mayoría de ellos no obtuvo la respuesta correcta, pues escogieron de manera errónea el sentido de la aceleración en una de las masas. El docente hizo que los estudiantes razonaran sobre sus ecuaciones y los guió hacia la corrección del error. El último ejercicio de la guía se dejó de practica para casa, y se les dio la respuesta para que revisaran sus procesos.

La clase # 11 no se dio por actividades institucionales, y la clase # 12 fue la realización del examen final (Postest).

4. Discusión de los Resultados

4.1 Resultados Cualitativos

Desde el inicio de la implementación, se enfatizó en la importancia de aprender, más que en sacar una buena nota. Esto se afirmó por parte del docente con un acompañamiento cercano y activo, verificando constantemente el trabajo de los chicos, dando espacio y tiempos adicionales a estudiantes con dificultades y estando siempre dispuesto a resolver dudas y clarificar los conceptos. A esto también ayudó el diseño de actividades motivantes, tales como empujar a un compañero que se mueve y ver el efecto de la fuerza en su cambio de movimiento (Segunda Ley de Newton), el trabajo con globos de fiesta para ver que las fuerzas entre dos objetos tienen igual magnitud (tercera Ley de Newton), los videos detenidos a mitad para predecir lo que sucedería, el uso de simulaciones, y el poder jugar con ellas, y la capacidad de predecir un evento y poderlo constatar experimentalmente.

Como parte de la implementación de la sección de la secuencia didáctica dedicada a las *Leyes de Newton*, se encontró que al inicio los estudiantes presentaban falencias importantes en lo que respecta a estas leyes, a saber:

- Confusión entre masa y peso.
- La idea de que en la interacción entre dos objetos, el objeto más pesado ejerce más fuerza.
- Creer que el hecho de que un obtengo tenga una velocidad es señal de que una fuerza está siendo ejercida sobre el cuerpo en dirección de la velocidad.

- Asumir que el hecho de que un objeto esté en reposo es señal de que no hay fuerza alguna interactuando con él.
- Creer que sólo los seres vivos pueden ejercer fuerza.

Estas preconcepciones erradas coinciden con las descritas en la literatura (Vasconcelos 1987, Herrera 2009, Mora y Benítez 2007 y Dorado 2023). Para corregirlas se utilizaron videos de la estación espacial y videos caseros, junto con prácticas demostrativas y situaciones hipotéticas en el espacio y en La Tierra para ilustrar las leyes de Newton. También se hicieron ejemplos para mostrar la existencia de la fricción, que, al ser una fuerza, es capaz de detener, frenar o acelerar un cuerpo. Por último, y en aras de corregir estas ideas erradas, se realizaron laboratorios con empujones, choques, globos, así como un laboratorio virtual conceptual con simulaciones del Phet. El cierre de este trabajo fue un quiz. En la retroalimentación de este quiz, con la participación activa de todos los estudiantes, se pudo verificar la corrección de estos y otros errores conceptuales. La conclusión es que las actividades realizadas dentro de la secuencia didáctica para esta primera sección fueron eficaces para corregir estos preconceptos.

En la solución de problemas por medio del uso de diagramas de cuerpo libre, una de las causas de error reside en concepciones erróneas alrededor de la fuerza de fricción, por lo que asegurar la formación correcta del concepto puede ayudar a mitigar de antemano errores en la solución final de un problema. Al inicio de la sección Fuerzas en la Cotidianidad, se comprobó que los estudiantes conocían muy poco acerca de la fuerza de fricción, lo cual fue algo positivo, pues no tenían la idea errada de que su valor es siempre el de la normal multiplicado por el coeficiente de fricción. Sus ideas previas eran muy pocas. La más equívoca de ellas fue la creencia de que la fricción sólo era útil para frenar. Para rebatirla, se usaron ejemplos de cómo la fuerza de fricción no solo podía frenar un objeto, sino también acelerarlo, y con ayuda de los laboratorios en físico y virtuales se pudo llevar a los estudiantes a entender la fuerza de fricción como un conjunto de tres posibles valores: fricción estática, fricción límite y fricción cinética. Esta estrategia, propuesta en trabajos anteriores (Hincapié, 2011), permite identificar que la fuerza

de fricción estática puede tomar valores por debajo de su valor límite. A partir del trabajo con los estudiantes (consignado en la bitácora) se comprobó que este fue el caso, pues con esta estrategia nunca confundieron el cálculo de la fuerza de fricción estática con el de su valor límite. A través de ejercicios (tal como se narra en la bitácora), los estudiantes fueron aprendiendo a manejar estos conceptos, y predecir si un cuerpo se desliza o no. Nuestra conclusión principal de esta sección es que es muy valioso presentar también situaciones cotidianas donde la fuerza de fricción acelera al cuerpo sobre el cual actúa (y no solamente situaciones donde lo frena), y que la estrategia de las tres fuerzas de fricción (estática, cinética y límite) ayuda efectivamente a construir el concepto de manera sólida.

En cuanto al trabajo de introducción a los diagramas de cuerpo libre, los estudiantes mostraron principalmente los siguientes errores:

- No sólo dibujaban las fuerzas que actúan sobre el objeto, sino también las que él hace sobre otros cuerpos.
- Dibujaban incorrectamente la dirección de la fuerza normal y del peso en planos inclinados (p. ej., dibujaban la normal hacia arriba y el peso, paralelo al plano inclinado).
- Suponían fuerzas inexistentes, como una supuesta fuerza de empuje hacia arriba cuando un objeto asciende en contra de la aceleración de la gravedad y no tiene contacto alguno con otros cuerpos.

El trabajo para erradicar esas ideas se enfocó tener claras las características de cada una de las fuerzas que aparecen, por ejemplo: que el peso siempre va dirigido hacia el centro de La Tierra, que la fuerza normal siempre va dirigida perpendicularmente a la superficie de contacto, que la fuerza de fricción va paralela a dicha superficie, o que la tensión siempre va en la dirección de la cuerda. Además, se implementaron estrategias sobre cómo dibujar el diagrama de cuerpo libre paso a paso, según lo explicado por Heuvelen (Heuvelen 2006)) y tal como se describe en la secuencia didáctica y la bitácora: identificar las fuerzas ejercidas sobre el cuerpo y dibujarlas teniendo en cuenta su dirección, plantear las

ecuaciones para cada componente e igualarlas al producto de la masa por la aceleración, y por último analizar las ecuaciones planteadas para encontrar una ruta de solución. Adicionalmente, se les dieron consejos para evitar errores que llevasen a encontrar una respuesta incorrecta, consejos tales como: antes de dibujar, analice qué fuerzas pueden estar actuando e identifique quién las ejerce, con el fin de no dibujar fuerzas inexistentes en el problema u omitir otras existentes.

Las estrategias descritas en el párrafo anterior, junto con la práctica de ejercicios y la retroalimentación continua y a tiempo, permitieron mejorar notablemente la habilidad de los estudiantes en la construcción de diagramas de cuerpo libre, lo cual se evidenciaba en que eran capaces de modelar situaciones cada vez más complejas con el paso de las clases. Tal y como se describe tanto en la secuencia didáctica como en la bitácora, este proceso inicia con la identificación de las fuerzas y sus direcciones, luego con ejercicios donde el objeto se desplaza horizontalmente y las fuerzas son verticales y horizontales, para luego añadir fuerzas en diagonal y de ahí pasar a planos inclinados, finalizando con ejercicios con dos o más cuerpos con fuerzas y planos inclinados. En estos ejercicios los estudiantes fueron capaces de calcular fuerzas netas, aceleraciones, fuerzas desconocidas, coeficientes de fricción y determinar si el cuerpo desliza o no. Una estrategia didáctica que generó conexión con los estudiantes, y por tanto una buena disposición al trabajo, fue la oportunidad de verificar sus resultados teóricos con experimentos demostrativos, y fue muy emocionante para ellos obtener con los cálculos un valor cercano al medido.

En general, algunos estudiantes presentaron dificultades con habilidades matemáticas y de comprensión lectora. Por ello fue necesario enseñarles a hacer una representación gráfica del problema y a escribir los datos del problema, tanto en el dibujo como en una tabla de datos, e identificar la variable a descubrir a partir del enunciado del ejercicio. Posteriormente fue necesario tener algunas clases y tutorías para trabajar las habilidades matemáticas. En efecto, y tal como ha sido reportado en investigaciones anteriores (Poluakan 2018), los estudiantes tenían dificultades con la descomposición de una magnitud vectorial. Esto incluye tanto el

uso de razones trigonométricas como la identificación correcta de los ángulos. Para el primer punto se realizó un repaso de trigonometría sobre triángulos rectángulos. Para el segundo, se repasaron conceptos de ángulos opuestos, alternos internos y correspondientes. Adicionalmente, se les instó a construir un diagrama de cuerpo libre auxiliar con sólo la fuerza a descomponer y sus componentes, tal como se narra en la bitácora. Aunque la mayoría de los estudiantes lograron identificar los ángulos y descomponer las fuerzas correctamente, para otros la dificultad persistió. La recomendación aquí es dedicar una sesión completa solamente a estos temas, utilizando, además, otros recursos, como recortar los ángulos en papel y trasladarlos, rotarlos o reflejarlos para identificar cuáles ángulos son iguales.

De manera similar, algunos estudiantes presentaron dificultades en el despeje de ecuaciones y la capacidad de desarrollar pensamiento abstracto. Para las ecuaciones se realizó un repaso en clase y, aunque algunos memorizaron, todos lo lograron. Para el desarrollo de pensamiento abstracto se les pidió a los estudiantes no escribir valores numéricos en los diagramas de cuerpo libre, luego, escribir las ecuaciones de cada componente y, por último, reemplazar los valores numéricos conocidos. Todo esto fue trabajado durante una hora de clase y una tutoría de dos horas en horario distinto a la clase, pero no todos llegaron a trabajar los problemas con álgebra simbólica. Se concluye que es necesario disponer de un tiempo específico en la clase de al menos dos sesiones para asegurar resultados exitosos.

En conclusión, la secuencia didáctica propuesta se mostró exitosa para que los estudiantes aprendieran a usar diagramas de cuerpo libre para modelar y resolver problemas de fuerza utilizando las leyes de Newton. Se recomienda, sin embargo, incluir dos sesiones dedicadas a herramientas matemáticas: una dedicada específicamente al despeje de ecuaciones (primero numéricamente, y luego de manera simbólica con ecuaciones algebraicas) y otra a razones trigonométricas y a la identificación de ángulos para la descomposición de fuerzas.

4.2 Resultados Cuantitativos

4.2.1 Descripción del Pretest

El Pretest (que es el mismo Postest) diseñado con el fin de evaluar la efectividad de la propuesta, consta de 20 preguntas principales y 6 preguntas que tienen doble literal, para un total de 26 preguntas. Las primeras 10 preguntas buscan revisar los conceptos relacionados con las tres leyes de Newton (1-4) y la fuerza neta, normal (5-6) y de fricción (8-10), y una de ellas (7) busca relacionar el concepto de aceleración y fuerza con el concepto de aceleración desde la cinemática. Las otras 10 preguntas están enfocadas a cualificar el uso que dan los estudiantes de los diagramas de cuerpo libre para la solución de problemas. Estas preguntas incluyen ejercicios donde todas las fuerzas descansan sobre ejes coordenados perpendiculares, problemas donde alguna fuerza no es paralela a los ejes, ejercicios con planos inclinados y situaciones que involucran dos objetos. En el pretest, se espera encontrar algunas respuestas correctas en las primeras 10 preguntas, pues los estudiantes han visto algunas ideas relacionadas con el concepto de fuerza en las clases de físico-química de los tres años anteriores.

4.2.2 Calificaciones de los estudiantes en Pretest y Postest

La efectividad de la secuencia propuesta se evaluó aplicando la misma prueba de 26 preguntas tanto al inicio (Pretest) como al final (Postest). Las tablas 4-1 y 4-2 muestran los resultados de los estudiantes en el Pretest y el Postest. Los datos se analizaron con el programa JASP (https://jasp-stats.org/) por medio del cual pudimos comparar los resultados de las dos pruebas, y así estimar qué tan efectiva fue la secuencia propuesta.

Tabla 4-1 Resultados para cada estudiante por pregunta para el Pretest

PRETEST																												
Codigo	1Pre	2Pre	3APr	3BPre	4Pre	5APr	5BPr	6APr	6BPr	7Pre	8Pre	9APr	9BPr	10Pr	11Pr	12Pr	13Pr	14Pr	15Pr	16Pr	17AP	17BP	18Pr	19AP	19BP	20Pr	Tot Pre	Tot Pre %
10101	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	35%
10102	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19%
10103	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8%
10104	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8%
10105	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15%
10106	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15%
10107	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	38%
10108	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	12	46%
10109	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19%
10110	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8%
10111	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	23%
10112	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	23%
10113	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	11	42%
10114	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15%
10115	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15%
10116	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12%
10117	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	23%
10118	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15%
10119	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	31%
10120	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19%
10121	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	27%
10122	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15%
10123	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	46%
10124	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	19%
10201	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15%
10202	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12%
10203	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4%
10204	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	13	50%
10205	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	13	50%
10206	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19%
10207	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	19%
10208	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15%
10209	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12%
10210	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	31%
10211	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	23%
10212	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19%
10213	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19%
10214	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	23%
10215	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15%
10216	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15%
10217	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10	38%
10218	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12%
10219	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	35%
10220	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8%
10221	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15%
# Aciert	17	8	5	45	5	35	42	41	13	9	7	0	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0		
% Acier	38	18	11	100	11	78	93	91	29	20	16	0	0	0	0	44	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0		

Tabla 4-2 Resultados para cada estudiante por pregunta para el Postest

POSTEST																												
Codigo	1Pre	2Pre	3APr	3BPre	4Pre	5APr	5BPre	6APre	6BPre	7Pre	8Pre	9APr	9BPre	10Pre	11Pre	12Pre	13Pre	14Pre	15Pre	16Pre	17AP	17BP	18Pre	19AP	19BP	20Pre	Tot Pre	Tot Pre %
10101	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	25	96%
10102	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	23	88%
10103	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	15	58%
10104	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	13	50%
10105	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	15	58%
10106	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	19	73%
10107	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	100%
10108	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	100%
10109	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	20	77%
10110	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	11	42%
10111	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	22	85%
10112	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	20	77%
10113	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	100%
10114	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	14	54%
10115	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	22	85%
10116	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	17	65%
10117	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	96%
10118	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	15	58%
10119	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	22	85%
10120	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	16	62%
10121	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	25	96%
10122	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	20	77%
10123	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	24	92%
10124	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	22	85%
10201	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	12	46%
10202	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	14	54%
10203	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	35%
10204	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	25	96%
10205	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	23	88%
10206	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	20	77%
10207	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	25	96%
10208	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	17	65%
10209	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	13	50%
10210	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	100%
10211	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	20	77%
10212	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	100%
10213	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	20	77%
10214	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	23	88%
10215	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	16	62%
10216	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	20	77%
10217	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	24	92%
10218	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	13	50%
10219	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	23	88%
10220	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	10	38%
10221	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	15	58%
# Aciert	45	37	44	42	33	44	40	45	45	27	45	45	36	16	30	45	29	24	17	43	42	26	25	18	17	17		
% Acier	100	82	98	93	73	98	89	100	100	60	100	89	71	31	59	100	57	47	33	96	83	51	49	35	34	33		

Como primer análisis descriptivo, se calculó la calificación total de cada estudiante en las dos pruebas, y los datos se representaron en un gráfico (Figura 4-1). Se observa que algunos estudiantes llegaron al tema con ideas previas correctas, sobre todo en lo relacionado con la comprensión de las leyes de Newton. También se puede ver el aumento en las calificaciones promedio para todos los estudiantes.

Aun cuando varios no aprobaron el examen final o Postest (la nota aprobatoria en el Newman School es del 68%, lo que equivale a tener 18 preguntas bien), sí subieron su nivel de comprensión. Por ejemplo, el estudiante # 44, que en el Pretest obtuvo 2 preguntas correctas, mejoró su desempeño a 10 preguntas correctas en el Postest. El estudiante que menos mejoría mostró en su desempeño tuvo un aumento del 31% en sus respuestas correctas, mientras el que más mejoró, lo hizo con un aumento del 77%. Este es un estudiante que llegó este año al colegio, que entendía fácilmente las explicaciones en clase y las aplicaba correctamente en los ejercicios, por cierto, pero que no había visto el concepto de fuerza de manera formal, y mucho menos la utilización de diagramas de cuerpo libre. Lo anterior nos sugiere que se obtuvo un incremento en los niveles de comprensión del concepto de fuerza y el uso de diagramas de cuerpo libre usando la secuencia didáctica diseñada.

Figura 4-1 Comparación de las calificaciones promedio de los estudiantes en el Pretest y el Postest

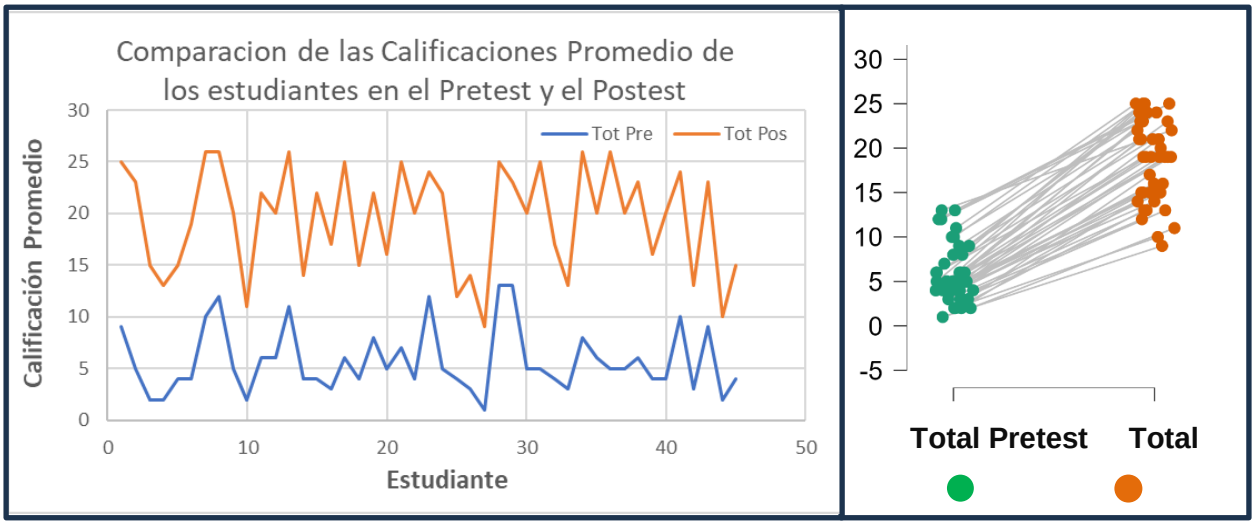


Tabla 4-3 Estadísticos descriptivos para el Pretest y Postest

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Pretest	1	13	5,711	3.116
Postest	9	26	18.911	4.665

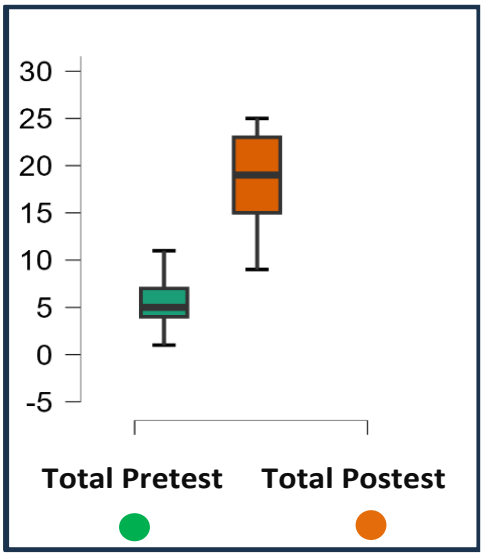


Figura 4-2 Diagrama de caja y bigotes para el Pretest y el Postest

Como segundo análisis descriptivo, se calcularon los valores mínimos, máximo, media y desviación estándar para los conjuntos de calificaciones de las dos pruebas (Tabla 4-3). Los resultados muestran un incremento en los tres valores, con sólo un ligero incremento en la desviación estándar. Esto se ven corroborados al hacer el diagrama de cajas y bigotes (Figura 4-2). Los valores sugieren nuevamente un incremento notable en el desempeño de los estudiantes, lo que muestra no sólo que se corrigieron las ideas previas, sino una generación de nuevos conocimientos a partir de esas ideas previas.

Si bien, la mejora observada en los resultados puede ser el fruto de un adecuado diseño e implementación de la secuencia didáctica propuesta, también pudiesen haber sido obtenidos al azar. Con el fin de determinarlo, hacemos un análisis estadístico de diferencia de medias. Para ello, debemos determinar primero si los datos pertenecen a una distribución normal o no, y definir, con este resultado si se utiliza una prueba paramétrica (como t de Student) o no paramétrica (como Wilcoxon), respectivamente. La prueba a usar para determinar si los datos pertenecen a una distribución normal es el test de Shapiro – Wilk, por ser una población inferior a 50. El resultado se muestra en la tabla 4-4.

Tabla 4-4 Test de Normalidad (Shapiro – Wilk)

	W	**p**
Total Pretest – Total Postest	0.971	0.311

El test arroja un valor de p=0.311 para la significancia, que por ser mayor a 0.05 se puede determinar que el análisis pareado de las dos pruebas se acomoda a una distribución Normal.

Con base en el resultado anterior, se realiza una prueba paramétrica de t student para encontrar las diferencias de las medias. Este análisis se muestra en la Tabla 4-5.

Tabla 4-5 T-Test para muestras emparejadas del Pretest y Postest

		t	df	p	Cohen´s dSE	Cohen´s d
Pretest	Postest	-28.96	44	<.001	-4.318	0.331

En esta tabla se observa que el nivel de significancia p es menor a 1 entre mil. Por lo tanto, se puede afirmar que la diferencia entre las medias de 12.2 unidades del Postest frente al Pretest no se deben simplemente al azar, sino que fuere fruto del aprendizaje obtenido a través de la implementación de la secuencia didáctica.

4.2.3 Resultados porcentaje de aciertos en las preguntas en el Pretest y Postest

Como un análisis complementario, la Tabla 4-6 muestra los resultados del porcentaje de acierto para cada pregunta durante la realización del Pretest y el Postest en la tabla 4-6. En esta tabla se puede ver el aumento general del porcentaje de acierto en todas las preguntas. También es posible concluir que durante el Pretest la mayoría de estudiantes tiene claro de manera intuitiva que en una interacción de fuerzas el objeto con menos masa tendrá un mayor cambio de velocidad (Pregunta 3B). Sin embargo, no tenían claro que estas fuerzas de interacción tienen la misma magnitud (Pregunta 3A). De igual modo, en las preguntas relacionadas con equilibrio estático de un objeto la mayoría de estudiantes infirió que la fuerza neta es cero (Pregunta 5B), pero al aplicar esto a un cuerpo en movimiento constante el resultado correcto solo fue de algunos estudiantes (Pregunta 1).

# de Pregunta	Porcentaje de Aciertos	
	Pretest	Postest
1.	38	100
2.	18	82
3A.	11	98
3B.	92	93
4.	11	73
5A.	78	98
5B.	93	89
6A.	91	100
6B.	29	100
7.	20	60
8.	16	100
9A.	0	100
9B.	0	80
10.	0	36
11.	0	67
12.	44	100
13.	0	64
14.	0	53
15.	0	38
16.	22	96
17A.	0	93
17B.	0	58
18.	0	56
19A.	0	40
19B.	0	38
20.	0	38

Tabla 4-6 Porcentaje de aciertos en las preguntas en el Pretest y Postest

En el Postest, las preguntas 10, 15, 19ª, 19 b y 20 obtuvieron rendimientos entre el 35% y el 40%, que son los porcentajes de aciertos más bajos de toda la prueba. Estas preguntas son situaciones en planos inclinados y con sistemas de ecuaciones lineales, donde se vieron errores en la escogencia adecuada del ángulo para el cálculo de las componentes y en la solución de sistemas de ecuaciones 2 x 2. Estas dificultades se trataron de mitigar con una tutoría especifica fuera del

horario, pero que no fue suficiente. Estos resultados sugieren que es necesario incluir en la secuencia didáctica sesiones dedicadas específicamente a trabajar estos temas de álgebra y trigonometría.

Al compara los dos resultados, se ven en el Postest aumentos significativos en los porcentajes de aciertos, comparados con los resultados en el Pretest. La mayoría de las preguntas que pasaron de 0% a 100% corresponden a ejercicios resueltos usando diagramas de cuerpo libre, lo cual también evidencia la eficacia de la secuencia propuesta

5. Conclusiones y Recomendaciones

Antes de entrar a listar las principales conclusiones y recomendaciones de este trabajo, así como las propuestas de trabajos futuros, resulta adecuado resumir qué fue lo que se realizó y cómo se implementó. Esta investigación presenta el diseño, implementación y evaluación de una secuencia didáctica para la enseñanza del concepto de fuerza y el uso de diagramas de cuerpo libre dirigida a estudiantes de grado décimo de educación media e implementada en el colegio Newman School. La secuencia está dividida en tres secciones: *Leyes de Newton*, *Fuerzas en la Cotidianeidad* y *Uso de Diagramas de Cuerpo Libre para la Solución de Problemas*, y se desarrolla en 12 sesiones de 90 minutos cada una, con dos sesiones por semana. El diseño fue orientado por los principios del aprendizaje significativo (Ausubel, 1973), y muchas de las actividades se utilizaron con el fin de identificar las ideas previas de los estudiantes, corregir las ideas erradas, fortalecer las ideas correctas y usarlas de base para la formación de nuevos conocimientos. Adicionalmente, se proponen didácticas que involucran en todo sentido al estudiante con el aprendizaje, tales como la experimentación vivencial y el descubrimiento de conceptos en clase, juegos, simulaciones, talleres, creación de contenido científico (videos, brochure, etc.) y la verificación de la solución de un ejercicio por experimentación. Así, se busca la conexión intelectual y emocional del estudiante para lograr la motivación hacia el aprendizaje (que es otro pilar del aprendizaje significativo de Ausubel), y llegar así a la comprensión de los conceptos que se desea enseñar.

La implementación se llevó a cabo con 45 estudiantes y se inició con un Pretest, buscando conocer algunas ideas previas de los estudiantes que – junto con la revisión bibliográfica de las dificultades de aprendizaje en el concepto de la fuerza

y el uso de diagramas de cuerpo libre – ayudó en el diseño de dicha secuencia. De igual forma, el Pretest se aplicó también como Postest, y los resultados se compararon para estimar la eficacia de la secuencia implementada.

Al inicio de la secuencia didáctica se constató que las ideas previas erradas más comunes fueron la confusión entre masa y peso, la idea de que en la interacción entre dos objetos, el objeto más pesado ejerce más fuerza, creer que el hecho de que un obtengo tenga una velocidad es señal de que una fuerza está siendo ejercida sobre el cuerpo en dirección de la velocidad, asumir que el hecho de que un objeto esté en reposo es señal de que no hay fuerza alguna interactuando con él y creer que sólo los seres vivos pueden ejercer fuerza. Estas ideas también aparecen en los estudios mencionados en el Marco Teórico (Vasconcelos 1987, Herrera 2009, Mora y Benítez 2007 y Dorado 2023). La conclusión aquí es que las ideas erradas coinciden con las reportadas en la literatura, y que resulta válido usar estos reportes de la literatura como fundamento para diseñar la secuencia didáctica.

En cuanto al trabajo de introducción a los diagramas de cuerpo libre, los estudiantes mostraron principalmente los siguientes errores. Primero, no sólo dibujaban las fuerzas que actúan sobre el objeto, sino también las que él hace sobre otros cuerpos. Además, dibujaban incorrectamente la dirección de la fuerza normal y del peso en planos inclinados (p. ej., dibujaban la normal hacia arriba y el peso, paralelo al plano inclinado), o suponían fuerzas inexistentes, como una supuesta fuerza de empuje hacia arriba cuando un objeto asciende en contra de la aceleración de la gravedad y no tiene contacto alguno con otros cuerpos. Las estrategias desarrolladas para combatir estos errores, que incluyeron aclarar las propiedades de dirección de cada una de las fuerzas (peso, normal, fricción, tensión), dibujar el diagrama de cuerpo libre paso a paso, según lo explicado por Heuvelen (Heuvelen 2006)), dar un conjunto de consejos para evitar errores comunes (como identificar quién ejerce cada fuerza), y tener una retroalimentación continua y a tiempo funcionaron correctamente.

Aunque la fuerza de fricción suele ser una dificultad, asociada a la idea errónea de calcularla solo como el producto de la normal por el coeficiente de fricción cinético y estático – que también suele aparecer en los libros (Conrari 1997, Hincapié 2011) –, para los estudiantes del Newman School no fue así, pues estos al tener poco conocimiento de dicha fuerza no poseían muchas ideas previas erróneas, – con excepción de creer que la fuerza de fricción era una de las causas de que un objeto desacelere y frene, solucionado con ejemplos y experimentos contrarios a esta idea lo que facilitó la enseñanza del concepto de manera adecuada –. Por lo tanto, incluir sesiones para enseñar la fuerza de fricción antes de atacar los diagramas de cuerpo libre con fuerzas diagonales fue suficiente para evitar los errores comunes asociados con la fuerza de fricción en la construcción de dichos diagramas (como dibujarla en la dirección incorrecta o calcular la fuerza estática siempre como igual en magnitud al producto de la normal por el coeficiente de fricción). Esta es, por lo tanto, una estrategia que se recomienda incluir siempre.

Como era de esperarse, se presentaron algunas dificultades matemáticas en la resolución de ecuaciones y sistemas de ecuaciones lineales, así como en el uso de razones trigonométricas para la descomposición de vectores. Dado el corto tiempo disponible para la implementación de la secuencia, fue necesario hacer una tutoría en horario extra (dos horas de clase de Trigonometría), pero analizando los resultados del Postest fue evidente que la tutoría no fue suficiente para los chicos que tenían falencias en estas habilidades. Nuestra conclusión al respecto es que realmente se necesita tener al menos dos sesiones dedicadas exclusivamente a repasar herramientas matemáticas: una para el despeje de ecuaciones (primero, con cantidades numéricas y, luego, de forma algebraica) y otra para la identificación de ángulos y el uso de razones trigonométricas (seno y coseno) en la descomposición de fuerzas.

Las estrategias descritas anteriormente, junto con la práctica de ejercicios y la retroalimentación continua y a tiempo, permitieron mejorar notablemente las habilidades de los estudiantes, que fueron capaces de modelar situaciones cada

vez más complejas. La estrategia de ir complejizando progresivamente las situaciones, iniciando con problemas donde todas las fuerzas son horizontales y verticales, para luego añadir fuerzas diagonales y pasar finalmente a problemas de planos inclinados, se mostró adecuada para aprender a construir y aplicar diagramas de cuerpo libre. El verse capaces de solucionar problemas cada vez más complejos motivó a los estudiantes, que respondieron favorablemente al interés genuino del docente en que ellos lograran sus metas de aprendizaje. La oportunidad de verificar sus resultados teóricos con experimentos demostrativos motivó grandemente a los estudiantes, y se recomienda incluirla siempre que sea posible.

La implementación de la secuencia didáctica tuvo cambios significativos en los estudiantes, no solo a nivel conceptual en lo relacionado a la comprensión del concepto de fuerza y el uso de diagramas de cuerpo libre – lo que es soportado por los resultados numéricos como por el diario de campo de cada clase (Bitácora) donde se ven las dificultades y avances de los estudiantes – sino también en su percepción hacia la física y en un aumento en la autoestima, al verse a ellos mismos capaces de entender y resolver un problema. Este último punto fue resaltado por los estudiantes en la encuesta de evaluación trimestral que ellos diligencian como parte de la evaluación que el Newman School hace de sus docentes, donde los estudiantes afirman lo satisfactorio que fue para ellos poder ver que su respuesta estaba alineada con una verificación experimental, dándose cuenta de estaban entendiendo un tema muy difícil para ellos.

Todo lo anterior, se evidencia también en los resultados cuantitativos. En ellos se observa que todos los estudiantes mejoraron su desempeño, y que el número de ciertos mejoró en todas y cada una de las preguntas. El promedio de calificaciones totales fue de 5.7 en pretest y de 18.9 en el Postest, para una diferencia de 12.2, en un examen con un puntaje máximo de 26, mientras que la desviación estándar sólo aumentó levemente (pasando de 3.11 a 4.67). Esto se observa muy bien en las gráficas de cajas y bigotes (Fig. 4.2). Adicionalmente, la prueba de t de student de comparación de medias entre los dos conjuntos de puntajes – que muestran

distribuciones normales – arroja un nivel de significancia $p<0.001$, que nos lleva a concluir que la diferencia entre los valores medios de los puntajes del Postest frente al Pretest es fruto del aprendizaje obtenido a través de la implementación de la secuencia didáctica.

A través del Pretest se identificaron pocas ideas correctas en los estudiantes (tal vez más por intuición que por enseñanza de un docente), tales como que el cambio de velocidad es inverso a la magnitud de la masa y que si un cuerpo está en reposo la fuerza neta sobre él es cero. En contraste, en el Postest la mayoría de los estudiantes aplicó correctamente las tres leyes de Newton a situaciones de su entorno, identificó correctamente las fuerzas que actúan sobre un objeto, así como la dirección de las mismas, diferenció entre los diversos valores que puede tomar la fuerza de fricción y usó diagramas de cuerpo libre para la predicción del movimiento y la solución de problemas. No obstante, preguntas relacionadas con la solución de sistemas de ecuaciones lineales o que usaban razones trigonométricas obtuvieron tan solo porcentajes de aciertos cercanos al 40%. Estos resultados nos sugieren que es necesario incluir en el futuro sesiones dedicadas específicamente a trabajar estos temas de álgebra y trigonometría. Además, se observó que los estudiantes tienen dificultades de comprensión de lectura que generan obstáculos para entender situaciones problémicas, pero que, curiosamente, realizar el diagrama de cuerpo libre y contar con la retroalimentación del profesor les ayuda a mejorar sus habilidades de comprensión.

La experiencia adquirida podría extrapolarse, por un lado, a diseñar secuencias didácticas para cualquier tema en ciencias, no solo en física, sino también en materias como química y biología entre otras, usando como las bases del aprendizaje significativo y haciendo que cada experiencia de aula sea lo suficiente interesante y trascendente para cada estudiante. Por otro lado, el hecho de que usar diagramas de cuerpo libre parezca ayudar a los estudiantes a mejorar su comprensión del planteamiento de los problemas propuestos nos lleva a sugerir que la construcción de gráficas y la diagramación pueden ayudar a mejorar la comprensión de lectura en los estudiantes en otras áreas, dificultad que se ve día

tras día en los centros educativos e influye en el desarrollo pleno de los conceptos y habilidades a formar a través de la educación. Estos son temas interesantes de trabajo futuro.

En conclusión, este trabajo no solo presenta una secuencia didáctica eficaz para la enseñanza del concepto de fuerza y el uso de diagramas de cuerpo libre, sino que muestra las ventajas de hacerlo siguiendo los principios del aprendizaje significativo: identificando las concepciones erradas del estudiante para poder modificarlas y realizando actividades participativas que no sólo le permitan al estudiante construir conocimiento, sino que lo empoderen aplicando lo que aprende a la predicción de situaciones que observa y explicándolas a otros, desarrollando pasión por la física y la ciencia en general.

A. Anexo: Actividades de la Secuencia Didáctica

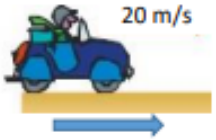
A continuación se encuentran las actividades desarrolladas durante la implementación de la secuencia didáctica, estas actividades se encuentran también como hipervínculos en el diseño de la secuencia didáctica

Anexo 1 Pretest y Postest

Resuelva con procesos, diagramas y justificaciones según el caso.

Nombre: _____ 10 ____

1. Si un automóvil de 1000 kg viaja con una rapidez constante de 20 m/s, ¿cuál es la fuerza resultante que actúa sobre él?



a) 0 N
b) 980 N.
c) 19 600 N.
d) 196 000 N

2. Dados las siguientes situaciones: A. Una caja se desliza sobre una superficie horizontal, sin que ninguna fuerza actué sobre la caja. B. Una caja quieta sobre una superficie horizontal experimenta una única fuerza. C. Una caja quieta sobre una superficie horizontal experimenta varias fuerzas, pero estas se cancelan.
a) Tanto A como B son correctos.
b) A, B y C son correctos
c) Ni B ni C son correctos.
d) Solo A y C son correctos.

3. Si una mosca choca contra el parabrisas de un autobús moviéndose rápidamente.

A. ¿Cuál de los dos experimenta una fuerza de impacto con mayor magnitud?
a) La mosca.
b) El autobús.
c) Ambos experimentan la misma fuerza.

B. ¿Cuál de los dos experimenta mayor aceleración?
a) La mosca.
b) El autobús.
c) Ambos experimentan la misma aceleración.

4. La tierra tira de ti hacia abajo con una fuerza gravitacional que es tu peso. Tiras de la tierra con una fuerza:

a) Menor a tu peso
b) Igual a tu peso
c) Mayor de tu peso
d) No haces fuerza sobre la tierra

5. Un libro que pesa 15 N descansa sobre una mesa plana.
A. ¿Cuántos Newtons de fuerza de soporte ejerce la mesa?
a) 0 N
b) 5 N
c) 15 N
d) 150 N

B. ¿Cuál es la fuerza neta sobre el libro?
a) 0 N
b) 5 N
c) 15 N
d) 150 N

6. Sobre un bloque de 2 Kg de masa, colocado sobre una mesa de fricción despreciable, se aplican dos fuerzas F1 y F2 como indica el dibujo.

$F_1 = 20$ N $F_2 = 10$ N

A. La fuerza neta que actúa sobre el bloque es la indicada en:

A. 10 N →
B. 10 N ←
C. 30 N →
D. 30 N ←

B. El bloque se mueve con una aceleración cuyo valor es:
a) 2 m/s²
b) 5 m/s²
c) 6 m/s²
d) 10 m/s²

7. Un electrón de 9.11×10^{-31} kg de masa tiene una rapidez inicial de 3.00×10^{5} m/s. Viaja en línea recta y su rapidez aumenta a 7.00×10^{5} m/s en una distancia de 5.00 cm. Si supone que su aceleración es constante, cual es la fuerza que se ejerce sobre el electrón en Newtons.
a) 1.8×10^{-15}
b) 3.6×10^{-15}
c) 1.8×10^{-18}
d) 3.6×10^{-18}

8. Un bloque de acero de 100 N, se jala con una fuerza de 57 N y no se desliza, ¿Cuál es el valor de la fuerza de fricción estática sobre el bloque?
a) 0 N
b) 27,5 N
c) 57 N
d) 100 N

9. A. Un bloque de 200 N Es empujado horizontalmente con una fuerza de 80 N. Si el bloque se mueve a velocidad constante A. ¿Cuál es el valor de la fuerza de fricción que actúa sobre el bloque?
a) 0 N
b) 80 N
c) 160 N
d) 200 N

B. ¿Cuál es el valor del coeficiente de fricción cinético?
a) 0,1
b) 0,2
c) 0,3
d) 0,4

10. Una caja se encuentra en el platón de un camión, el camión acelera y la caja se mueve con el sin deslizarse. ¿Cuál es la dirección de la fuerza de fricción ejercida por el camión sobre la caja?
a) En la misma dirección del camión.
b) En dirección contraria a la dirección del camión.
c) No hay fuerza de fricción porque no hay deslizamiento
d) No hay fuerza de fricción, las fuerzas de fricción del camión y de la caja se equilibran

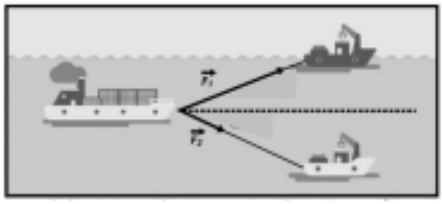
11. Se empuja una caja de masa de 10 Kg con una fuerza F de 10 Newtons, el coeficiente μ_s es 0,15 y μ_k es 0,10.
A. La fuerza de fricción que actúa sobre la caja es
a) 0 N
b) 9,8 N
c) 10,0 N
d) 14,4 N

Ejercicios Tomado: de Física Conceptual 12ª Ed. Hewitt – 2016
Física para la Ciencia y la Tecnología. 6ª ed. Tipler – Mosca. 2010
física para Ciencias e Ingeniería. Vol. 1 7ª ed. Serway - Jewett. 2009

12. Usted juega con su hija en la nieve. Ella se sienta sobre un trineo y le pide que la deslice sobre un campo horizontal plano. Usted tiene la opción de empujarla desde atrás al aplicar una fuerza hacia abajo sobre sus hombros a 30° bajo la horizontal (a), o unir una cuerda al frente del trineo y jalar con una fuerza a 30° sobre la horizontal (b). ¿Cuál opción implicaría un menor esfuerzo?

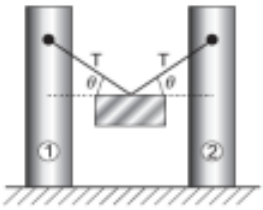
a) la opción a
b) la opción b
c) las 2 opciones necesitan el mismo esfuerzo
d) no es posible saberlo sin conocer la masa del trineo y la niña

13. Dos remolcadores arrastran una barcaza, por agua tranquila. Uno tira con una fuerza F1 = 20kN con un ángulo de 37° respecto del eje de la barcaza y el segundo remolcador jala con una fuerza F2 = 15kN y un ángulo y un ángulo de 53°, también respecto del eje del barco, como se muestra en la figura. Determine la magnitud y dirección la fuerza resultante.



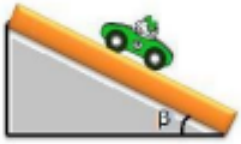
a) 22 kN 10°
b) 25 kN 0°
c) 28 kN -10°
d) 31 kN -15°

14. Un bloque de hierro pende de dos cuerdas iguales atadas a postes como muestra la figura. Las tensiones en las cuerdas son iguales. Respecto a esto, el valor del peso del bloque es:



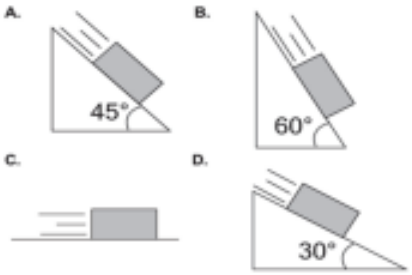
a) 2T sen θ
b) T sen θ
c) 2T cos θ
d) T cos θ

15. Un automóvil de masa m desliza sobre un camino cubierto con hielo inclinado en un ángulo β, como en la figura. Encuentre la aceleración del automóvil, si supone que la pista no tiene fricción



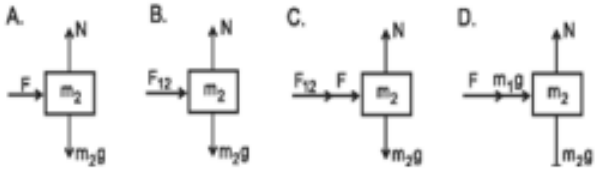
a) mg sen θ
b) μN sen θ
c) mg cos θ
d) μN cos θ

16. El coeficiente de fricción entre un bloque de 2kg y la superficie sobre la que se desliza es μ = 0,10. De las siguientes situaciones, aquella en la que la fuerza de fricción sobre el bloque es la menor es:

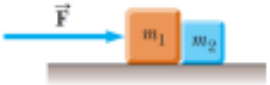


17. Dos bloques de masas m_1 y m_2, de 10 y 8 kg, respectivamente, se colocan en contacto mutuo sobre una superficie horizontal sin fricción, como en la figura y una fuerza horizontal constante F se aplica a m_1.

A. Si F_{12} es la fuerza que aplica m_1 sobre m_2 y F_{21} es la fuerza que aplica m_2 sobre m_1, el diagrama de fuerzas sobre m_2 es:



B. La aceleración del sistema es



a) F/(m1 – m2)
b) F/m2
c) F/m1
d) F/(m1 + m2)

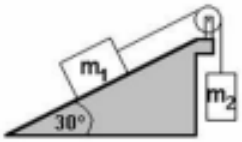
18. Dos cuerpos de masa m1 y m2 están conectados por una cuerda inextensible que pasa por una polea sin fricción. m_1 se encuentra sobre la superficie de una mesa horizontal sin fricción y m2 cuelga libremente como lo muestra la figura. Teniendo en cuenta que $m_2 = 2\ m_1$, la aceleración del sistema es igual a:

a) 0,50 g
b) 0,67 g
c) 1,50 g
d) 2,00 g

19. Un bloque de masa m_1 = 30 kg. está apoyado sobre un plano inclinado que forma un ángulo de 30º con la horizontal y está unido mediante un hilo inextensible y sin masa, que pasa por una polea sin fricción y de masa despreciable, a un segundo bloque de masa m_2 = 20 kg, que cuelga verticalmente. Si el coeficiente de rozamiento estático y cinético entre m1 y el plano es μ_s = 0,20 y μ_k = 0,15, Calcular:

A. La tensión en la cuerda que vincula ambos bloques.
a) 200 N
b) 267 N
c) 300 N
d) 500 N

B) La aceleración de los bloques.



a) 0 m/s²
b) 2 m/s²
c) 4 m/s²
d) 8 m/s²

20. Una máquina de Atwood tiene masas suspendidas de 0.25 kg y 0.20 kg. En condiciones ideales calcular respectivamente que aceleración en m/s² tiene el sistema y que magnitud tiene la tensión de la cuerda en N.

a) 0,9 y 1,2
b) 1,1 y 2,2
c) 2,2 y 0,9
d) 1,0 y 1,8

HOJA DE RESPUESTAS.

1	2	3A	3B	4	5A	5B	6A	6B	7	8	9A	9B
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19A	19B	20	

Anexo 2 Lab 01 Fuerzas de Newton.

Nombre: _____ Fecha_____ 10___

Situación	**Diagrama de flechas de la dirección y cantidad de la velocidad del caminante antes y después del empujón.**				**Observaciones**
	Predicción		**Resultados**		
	Antes	Después	Antes	Después	
No hay empujón sobre el caminante					
Empujón en la misma dirección del movimiento del caminante.					
Empujón desde uno de los lados del estudiante que camina (perpendicularmente)					
Empujón en la dirección contraria al movimiento.					
Empujón en la misma dirección por el doble del tiempo tratando de empujar siempre con la misma fuerza inicial.					
Empujón en la misma dirección con el doble de fuerza inicial y de manera constante					

Anexo 3 Taller Fuerzas de Newton

1. De acuerdo al siguiente video:
https://drive.google.com/file/d/1QoO3Z5_33v3sngI8Ocm9T3wDNUcZZaYP/view?usp=sharing

- ¿Es necesario empujar constantemente un objeto para que este se mueva?
- ¿Qué pasa con la velocidad de un objeto después de ser lanzado sobre el suelo?, explica tu respuesta.
- ¿Qué pasa con la velocidad de un objeto después de ser lanzado en el espacio sin fuerza alguna sobre el?, explica tu respuesta.
- Escribe 1 o 2 conclusiones del video y tus respuestas.

2. De acuerdo al siguiente video:
https://drive.google.com/file/d/1EouRqlBG5K8Ngd8pEzqiHIZ5XruiNa3m/view
- Cuando el hombre lanza la bola, ¿Hay algún cambio en la velocidad en la bola y en el hombre?
- ¿Porque crees que el hombre tiene un cambio en la velocidad?
- ¿En cuál se evidencia una mayor rapidez en el cambio de velocidad?
- Porque crees que el hombre tiene mayor rapidez en el cambio de velocidad cuando lanza al otro hombre que cuando lanza la bola?
- Quien crees hace mayor la mayor fuerza. ¿el hombre sobre la bola o la bola sobre el hombre.
- Quien crees hace mayor la mayor fuerza. ¿el hombre que lanza al otro o el que es lanzado?
- Escribe 1 o 2 conclusiones del video y tus respuestas.
- Escribe 1 o 2 conclusiones del video y tus respuestas.

3. De acuerdo al siguiente video:
https://drive.google.com/file/d/1hGI-dgzSLiXupZIbw_OzpwTdQaf07Jl6/view
- Ordena de mayor a menor el cambio en la velocidad de cada objeto
- Formula una hipótesis de acuerdo al punto anterior y tus observaciones de porque el cambio en la velocidad es diferente para cada objeto.

Videos Tomados de Bryan Kersten (2018) STEMonstrations: Newton's First, Second and Third Law of Motion

Anexo 4 Taller Fuerza Neta

1. La fuerza se puede expresar en Newtons lo cual corresponde a la fuerza necesaria para poder cambiar la velocidad en 1 m/s cuando se aplica la fuerza a un objeto de 1 kg en un tiempo de 1 segundo. ¿Cuál sería la fuerza neta sobre un carro que se tira hacia la derecha con 100 N y hacia la izquierda con 30 N de fuerza?

2. ¿Cuál es la fuerza neta sobre un objeto del que se tira con fuerzas de 80 newtons hacia la derecha y 80 newtons hacia la izquierda?

3. ¿Cuál es la fuerza neta sobre una bolsa jalada hacia abajo por la gravedad con una fuerza de 18 newtons y jalada hacia arriba por una soga con una fuerza de 18 newtons?

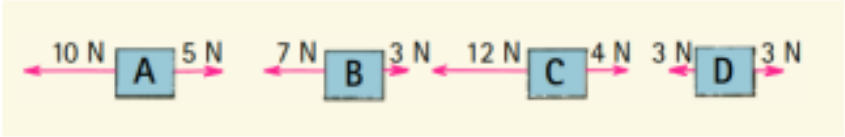
4. Investiga cual diferencia existe entre un cuerpo en reposo y un cuerpo en equilibrio. Da un ejemplo para cada caso.

5. Piensa en un libro que pesa 15 N en reposo sobre una mesa plana. ¿Cuántos newtons de fuerza de sostén proporciona la mesa? ¿Cuál es la fuerza neta sobre el libro en este caso?

6. Una bola de boliche en reposo está en equilibrio. ¿La bola está en equilibrio cuando se mueve con rapidez constante en línea recta?

7. ¿Cuál es la fuerza neta sobre un objeto en equilibrio estático (reposo) o dinámico (velocidad constante)

8. Clasifica las fuerzas netas sobre los cubos, de menor a mayor, en las cuatro situaciones, A, B, C y D.



9. Cual crees que seria el valor y dirección de la fuerza neta en la figura

10. Piensa en un libro que pesa 15 N en reposo sobre una mesa plana. ¿Cuántos newtons de fuerza de sostén proporciona la mesa? ¿Cuál es la fuerza neta sobre el libro en este caso?

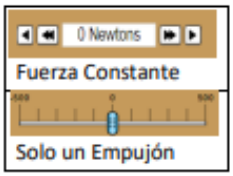
Ejercicios Tomado de Física Conceptual 12ª Ed. Hewitt – 2016

Anexo 5 Lab. Concepto de Fuerza

Simulación Concepto de Fuerza. **Nombre:** _____ **10°**

Ir al link https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_es_MX.html

Actividad A. Dar clic al link de Movimiento. Activar las casillas Fuerza, valores, masas y rapidez. Dejar el sistema sin fricción.



1. El objeto está en reposo, ¿al no aplicar ninguna fuerza inicial que sucede con el cambio de la velocidad de la caja?

2. Al Aplicar una fuerza y soltar (empujón). ¿Qué sucede con el cambio de la velocidad de la caja?

3. ¿Es necesario tener una fuerza constante para que un objeto se mueva? ¿Es lógica tu respuesta?

4. Al aplicar una fuerza constante de manera continuamente que sucede con el cambio de la velocidad de la caja?

Conclusiones: _____

_____

_____

_____

Actividad B. Dar clic al link aceleración. Activar las casillas fuerza, valores masa y rapidez, fricción en nada, dejar la simulación en Pausa hasta tener todo listo.

Se desea estudiar la influencia de la fuerza en el cambio de la velocidad, para esto se utilizan varias fuerzas, midiendo el cambio de velocidad alcanzado para un tiempo dado de aplicación de la fuerza.

1. Defina la variable, dependiente, independiente y de control(es) en el experimento.

Dependiente		Independiente		Control	

2. Complete las tablas aplicando las fuerzas dadas para un tiempo de 10 segundos y una masa de 100 kg, luego construya la gráfica ubicando adecuadamente en los ejes la variable y su respectiva unidad. Por último, defina el tipo de proporción entre las variables (directa, nula e inversa).

F (N)	ΔV (m/s)
50	
100	
150	
200	
250	

F vs ΔV

Proporción: _____

Conclusiones:

_____

_____

_____

_____

Actividad C. Dar clic al link aceleración. Activar las casillas fuerza, valores masa y rapidez, fricción en nada, dejar la simulación en Pausa hasta tener todo listo.

Se desea estudiar la influencia de la masa del objeto empujado en el cambio de la velocidad, para esto se utilizan varias masas midiendo el cambio de velocidad alcanzado para un tiempo dado de aplicación de la fuerza.

1. Defina la variable, dependiente, independiente y de control(es) en el experimento.

Dependiente		Independiente		Control	

2. Complete las tablas aplicando las masas dadas para un tiempo de 10 segundos y una fuerza constante de 100N, luego construya la gráfica ubicando adecuadamente en los ejes la variable y su respectiva unidad. Por último, defina el tipo de proporción entre las variables (directa, nula e inversa).

.

m (kg)	ΔV (m/s)
50	
100	
150	
200	
250	

m vs ΔV

Proporción: _____

Conclusiones:

_____

_____

_____

_____

Actividad D. Dar clic al link aceleración. Activar las casillas fuerza, valores masa y rapidez, fricción en nada, dejar la simulación en Pausa hasta tener todo listo.

Se desea estudiar la influencia del tiempo de empuje sobre el objeto en el cambio de la velocidad, para esto se utilizan varias tiempos, midiendo el cambio de velocidad alcanzado durante la aplicación de la fuerza .

1. Defina la variable, dependiente, independiente y de control(es) en el experimento.

Dependiente		Independiente		Control	

2. Complete las tablas aplicando los tiempos dados para una masa de 200 kg y una fuerza constante de 100N, luego construya la gráfica ubicando adecuadamente en los ejes la variable y su respectiva unidad. Por último, defina el tipo de proporción entre las variables (directa, nula e inversa).

Δt (s)	ΔV (m/s)
5	
10	
15	
20	
25	

Δt vs ΔV

Proporción: _____

Conclusiones:

_____

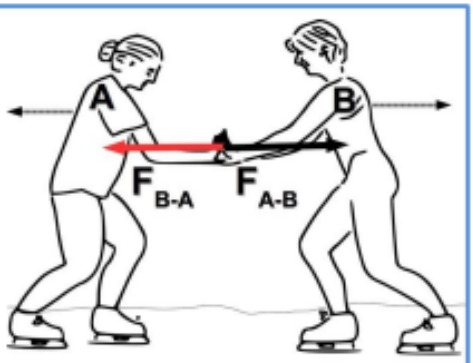
_____

_____

_____

Formule una ecuación para el cambio de la velocidad en términos de las variables analizadas, según la proporción obtenida en cada actividad.

Actividad E. Con ayuda de las sillas de ruedas y su grupo siente dos personas de masas similares en cada silla en el pasillo y realice las siguientes pruebas.



1. Junten los pies y empújense con la mayor fuerza posible. Midan la distancia desde el inicio al final de cada silla después de haber hecho el empuje.

2. Realicen nuevamente el experimento, pero cambien de sillas entre los dos participantes.

3. Realicen nuevamente el experimento, pero solo el participante A debe realizar la fuerza.

4. Realice nuevamente el experimento usando tres personas de contextura similar. Dos personas en una silla y la tercera en la otra silla.

Complete la tabla según los datos obtenidos y concluya sobre el experimento.

	Distancia A (cm)	Distancia B (cm)
Exp 1		
Exp 2		
Exp 3		
Exp 4		

Actividad F. Con ayuda de un globo realice las siguientes pruebas

1. Coloquen el globo entre la mano derecha de dos estudiantes y empujen juntos en direcciones contrarias. Que sucede con el globo.
2. Coloquen el globo entre la mano derecha de dos estudiantes y empuje solo uno en contra de su compañero. Que sucede con el globo.
3. Coloquen el globo entre la mano de un compañero y la pared y empujen el globo contra esta. Que sucede al globo

Conclusión: _____

_____

_____

_____

Anexo 6 Quiz Fuerza de Fricción

Nombre: _____ Fecha_____ 10___

1. ¿Por qué sales lanzado hacia adelante en un autobús que frena súbitamente? ¿Por qué sales lanzado hacia atrás cuando toma rapidez? ¿Qué ley se aplica aquí?

2. Cuando cualquier objeto está en equilibrio mecánico, ¿qué sería correcto decir acerca de todas las fuerzas que actúan sobre él? ¿La fuerza neta necesariamente debe ser cero?

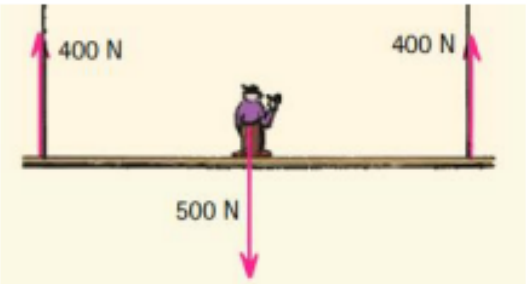
3. Un mono cuelga inmóvil al final de una liana vertical. ¿Cuáles dos fuerzas actúan sobre el mono? Si una de ellas es mayor, ¿cuál es?

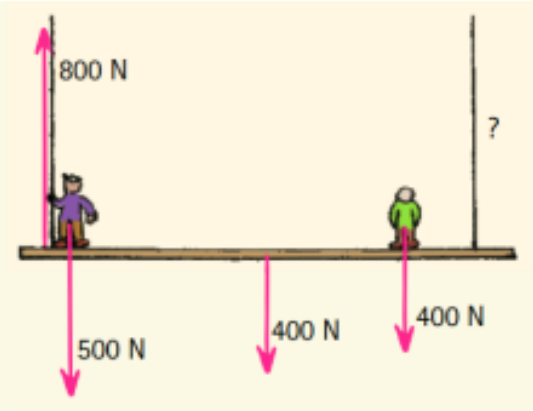
4. Cuando una bola se lanza en línea recta hacia arriba, momentáneamente llega a detenerse en lo alto de su trayectoria. ¿Está en equilibrio durante este breve momento? ¿Por qué sí o por qué no?

5. Un hombre se desliza por el hielo con una rapidez constante. ¿Está en equilibrio? ¿Por qué sí o por qué no?

6. Tu amiga se sienta en reposo sobre una silla. ¿Puedes decir que ninguna fuerza actúa sobre ella? ¿O es correcto decir que ninguna fuerza neta actúa sobre ella? Defiende tu respuesta.

7. El dibujo muestra el andamio de un pintor en equilibrio mecánico. La persona que está en medio del andamio pesa 500 N y las tensiones en cada soga son de 400 N. ¿Cuál es el peso del andamio?

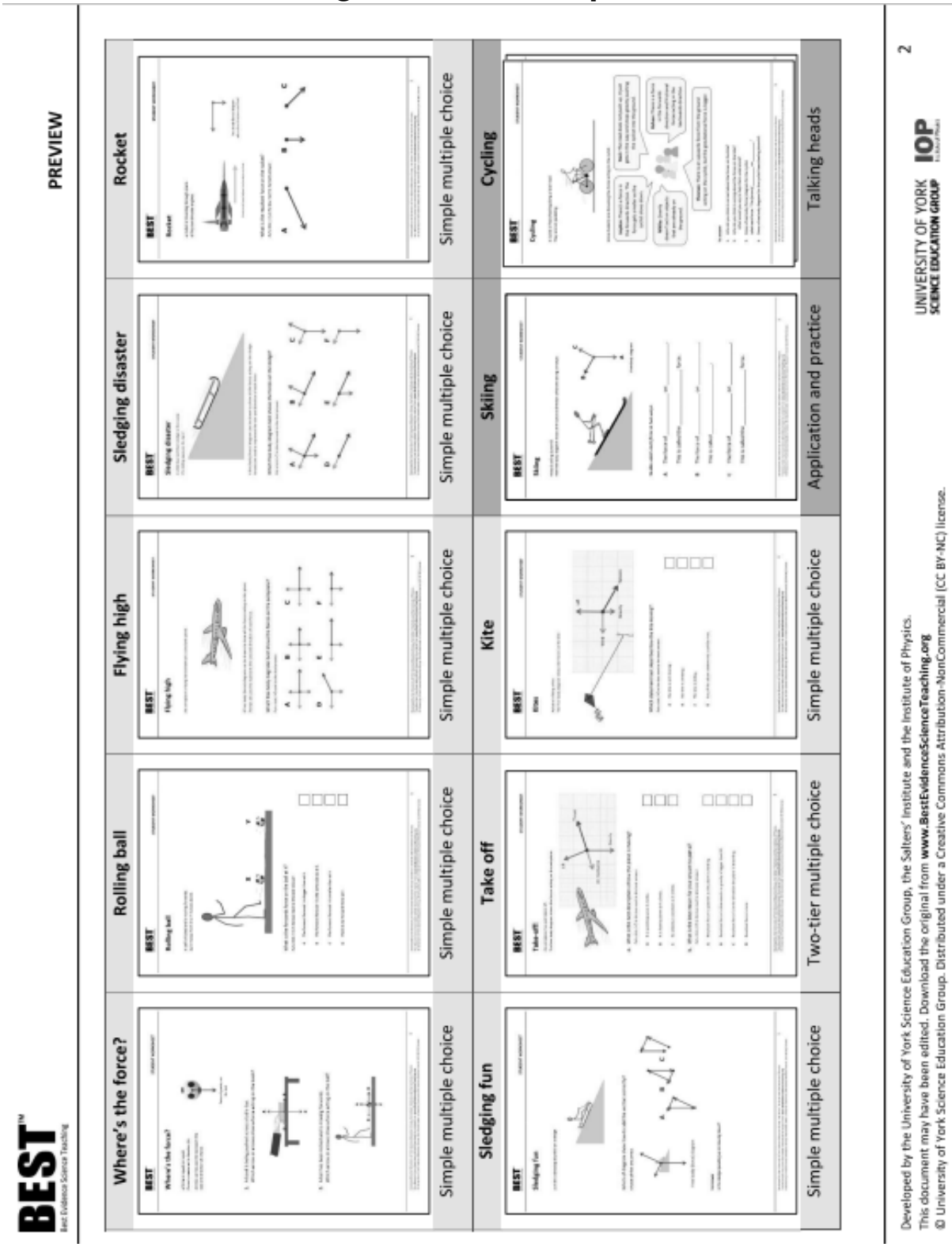




8. Un andamio diferente, que pesa 400 N, soporta dos pintores, uno de 500 N y otro de 400 N. La lectura de la báscula izquierda es de 800 N. ¿Cuál es la lectura de la báscula de la derecha?

Ejercicios Tomado de Física Conceptual 12ª Ed. Hewitt – 2016

Anexo 7 Taller Diagramas de Cuerpo Libre



Anexo 8 Lab fuerza de fricción

Simulación Concepto de Fuerza de Fricción.

Ir al link https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_es_MX.html

Actividad A. Dar clic al link de Fricción. Activar todas las casillas.

1. Realice el diagrama de cuerpo libre para una caja que es empujada por una persona sobre una superficie rugosa.

2. Aplique la fuerza enunciada en la tabla a la caja y complete dicha tabla para un objeto de 50 kg en reposo.

Situación 1		**Situación 2**		**Situación 3**		**Situación 4**		**Situación 5**	
F Empuje	40 N	F Empuje	80 N	F Empuje	120 N	F Empuje	160 N	F Empuje	200 N
Se desliza		Se desliza		Se desliza		Se desliza		Se desliza	
F Fricción		F Fricción		F Fricción		F Fricción		F Fricción	
F Neta		F Neta		F Neta		F Neta		F Neta	
Aceleración		Aceleración		Aceleración		Aceleración		Aceleración	

Compare los resultados y enuncie al menos 3 conclusiones.

Actividad B. Dar clic al link de Fricción. Activar todas las casillas.

1. Para un objeto de 50 kg encuentre la fuerza de fricción para cada fuerza aplicada según la tabla y haga la gráfica de Fuerza aplicada vs Fuerza de fricción.

2. Según los datos y el grafico obtenido explique el comportamiento de la situación planteada.

F_A (N)	F_F (N)
0	
50	
100	
125	
126	
150	
200	
300	

3. Escriba una explicación breve para alguien que no sabe como calcular la fuerza de fricción basada en los hallazgos de este problema.

4. Escoja 3 palabras para los espacios vacíos de las siguiente: masa, tensión, fricción, aplicada, deslizar, reposar y fuerza.

a. La fuerza de fricción es igual a la fuerza _____ cuando la caja no desliza.
b. Cuando la caja desliza la_____ es la misma.
c. Hay una fuerza de fricción máxima que se debe vencer para poder _____ la caja.

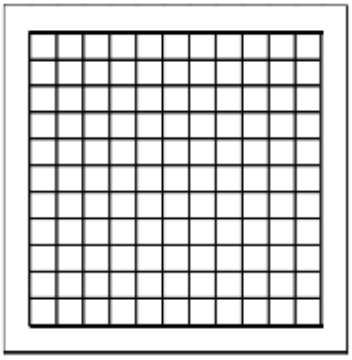
5. Relacione las anteriores afirmaciones con los siguientes conceptos.
Fuerza de Fricción Estática, Fuerza de Fricción Estática Máxima y Fuerza de Fricción Cinética

Por último, investigue estos conceptos y haga los ajustes necesarios al punto anterior.

Actividad C

1. Un estudiante de grado decimo desea investigar como la masa de un objeto afecta el cálculo de la fuerza de fricción estática máxima y la fuerza de fricción cinética de dicho objeto sobre el mismo suelo. Proponga una metodología para llevar a cabo esta investigación usando la simulación dada.

a. Pregunta de Investigación:
b. Variables:
c. Conceptos Claves:
d. Hipótesis:
e. Metodología:
f. Datos y Gráficos:
g. Análisis de Resultados:
h. Conclusiones:



masa (kg)	FF Estática Máxima (N)	FF Cinética (N)

Anexo 9 Quiz Fuerza de fricción

Nombre: _____ 10___ Fecha _____

1. Cuatro jóvenes juegan el juego de la cuerda, dos contra dos. Los dos de la izquierda tiran con fuerzas de 100N y 120 N, y uno de la derecha es capaz de tirar con una fuerza de 95 N. Si la cuerda permanece quieta, ¿qué tan fuerte está tirando el segundo joven de la derecha?

2. Un estudiante intenta empujar una caja de 18 kg por el suelo.

a. Si el estudiante empuja con 20 N de fuerza, pero la caja no se mueve. ¿Cuál es la magnitud de la fuerza de fricción ejercida por la superficie sobre la caja?

b. Si los coeficientes de fricción estática μ_S y cinética μ_K son respectivamente 0.18 y 0.12, ¿cuál es la fuerza mínima aplicada para poder deslizar la caja?

c. Si el estudiante aplica ahora una fuerza de 30N, ¿cuál será la aceleración de la caja?

3. Un bloque de madera de 3,0 kg se encuentra sobre un piso de madera horizontal. La mayor fuerza horizontal que se puede aplicar al bloque antes de que comenzará a moverse es 14,7 N. Una vez que el bloque comienza a moverse, solo se necesitan 8,8 N para mantenerlo en movimiento con velocidad constante.

(a) Calcule el coeficiente de fricción estática para el bloque y el piso.

(b) Determine la fuerza de fricción que actúa sobre el bloque si Una fuerza horizontal de 6,8 N actúa sobre el bloque.

(c) Calcule la magnitud máxima de la fricción estática que actúa sobre el bloque si se coloca encima un objeto de 2,1 kg.

(d) Determine el coeficiente de fricción cinética.

Anexo 10 Ejercicios DCL Clase 7

1. Se empuja un libro sobre una mesa de un extremo al otro con una fuerza de 25,0 N. La fuerza de fricción generada entre el libro y la mesa es 7,5 N. La masa del libro es de 1,8 kg y de la mesa 9,5 kg. Dibuje el DCL sobre el libro, calcule la fuerza neta sobre el libro y la aceleración del libro.

2. Una persona de 75 kg mide su peso en una balanza estando al interior del ascensor.
   a. ¿Cuál es la marca de la balanza al estar el ascensor en reposo?
   b. ¿Cuál es la marca de la balanza al descender el ascensor a una velocidad constante de 5 m/s?
   c. ¿Cuál es la marca de la balanza al ascender el ascensor a una velocidad constante de 5 m/s?
   d. ¿Cuál es la marca de la balanza cuando el ascensor asciende a 5m/s con una aceleración de 1,5 m/s^2?
   e. ¿Cuál es la marca de la balanza cuando el ascensor desciende desde el reposo con una aceleración de 1,5 m/s^2?

3. El coeficiente de fricción estática entre el zapato de una persona. y el terreno es 0,70. Determinar la magnitud máxima de aceleración de la persona de 62 kg, si comienza a correr sobre una superficie horizontal desde el reposo.

4. Una caja de 250 kg se desliza por una rampa y luego por un piso nivelado. El coeficiente de fricción cinética a lo largo del piso es 0,20. Una persona ve la caja moviéndose a 1,0 m/s [izquierda] y la empuja con una fuerza horizontal de 140 N.
   (a) ¿Qué distancia recorre la caja antes de detenerse?
   (b) ¿Cómo cambiarán los resultados si la caja se mueve hacia la derecha y la persona sigue empujando hacia la derecha con la misma fuerza?

5. Nueve perros tiran de un trineo en una carrera. El combinado La masa del trineo y del conductor es de 220 kg.
   (a) Los perros parten del reposo y alcanzan una velocidad de 5,0 km/h en 8,0 s. ¿Cuál es la fuerza promedio aplicada por cada perro?
   (b) ¿Cuál es la fuerza de fricción sobre el trineo si cada perro tira con una fuerza máxima de 51 N?

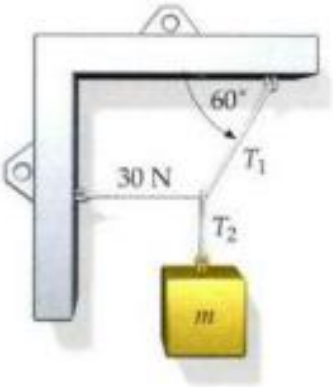
6. Se utiliza un motor eléctrico para arrastrar una caja de 125 kg por el suelo utilizando un cable largo. El La tensión en el cable es de 350 N y la caja acelera a 1,2 m/s^2 durante 5,0 s. El cable se rompe y la caja frena y se detiene.
   (a) Calcule el coeficiente de fricción cinética.
   (b) ¿Qué distancia recorre la caja hasta el momento en que se rompe el cable?
   (c) ¿Qué distancia recorre la caja desde el momento en que el cable se rompe hasta que se detiene?

Tomado de Física para Ciencias y Ingeniería. Vol 1 7a ed. Serway - Jewett. 2008

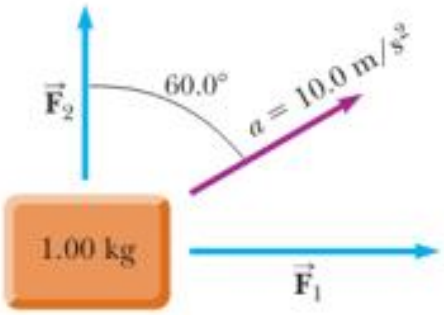
Anexo 11 Ejercicios Fuerzas Inclinadas

1. Una caja grande de 20 kg de masa esta en reposo sobre una superficie sin rozamiento. Si se tira de la caja con una fuerza de 250 N con un ángulo de 35° por debajo de la horizontal. ¿cuál es la aceleración de la caja en la dirección der la superficie. [1]

2. Determina la masa y tensión desconocida del sistema que se encuentra en equilibrio en la figura. [2]



3. Se observa que un objeto de 1.00 kg tiene una aceleración de 10.0 m/s2 en una dirección a 60.0° al noreste (figura P5.25). La fuerza F S 2 que se ejerce sobre el objeto tiene una magnitud de 5.00 N y se dirige al norte. Determine la magnitud y dirección de la fuerza F S 1 que actúa sobre el objeto. [3]

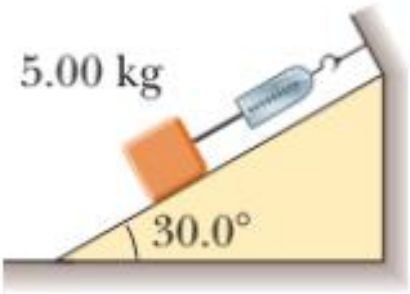


1,2. Tomado de Física para la Ciencia y la Tecnología. 6ª ed. Tipler – Mosca. 2010

3. Tomado de Física para Ciencias y Ingeniería. Vol 1 7ª ed. Serway - Jewett. 2008

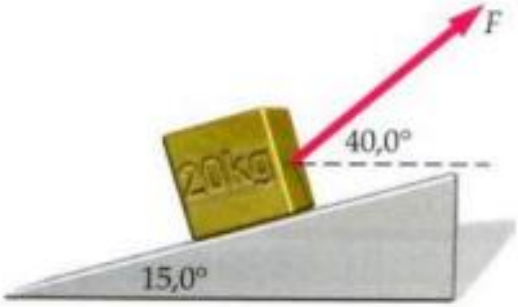
Anexo 12. Ejercicios Planos inclinados

1. El sistema que se muestran en la figura está en equilibrio. Si la Que lectura indica la balanza? Ignore la masa de la polea y cuerda, y suponga que la polea y el plano inclinado en el sistema no tienen fricción. [1]



2. Un bloque de 3.00 kg parte del reposo en lo alto de un plano inclinado 30.0° y se desliza una distancia de 2.00 m hacia abajo por el plano en 1.50 s. Encuentre a) la magnitud de la aceleración del bloque, b) el coeficiente de fricción cinética entre el bloque y el plano, c) la fuerza de fricción que actúa sobre el bloque y d) la rapidez del bloque después de deslizar 2.00 m. [2]

3. Una caja de 20 kg está situada en una rampa inclinada 15° sobre una superficie sin rozamiento. Se tira de la caja con una fuerza que forma un ángulo de 40° con la horizontal de acuerdo a la figura. ¿Cuál es el menor valor de la fuerza que hace que la caja suba por la rampa. [3]

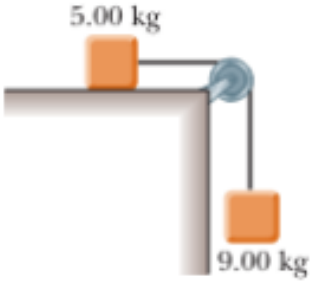


1 Tomado de Física para Ciencias y Ingeniería. Vol 1 7a ed. Serway - Jewett. 2008

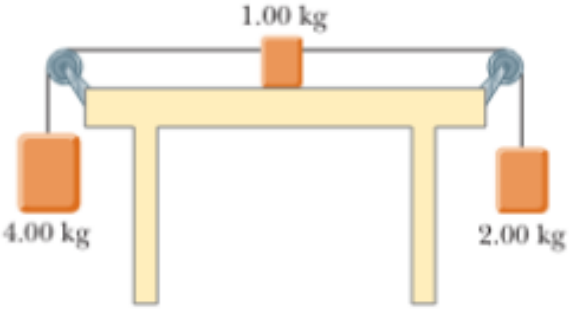
2,3. Tomado de Física para la Ciencia y la Tecnología. 6a ed. Tipler – Mosca. 2010

Anexo 13. Ejercicios Con 2 o más Objeto

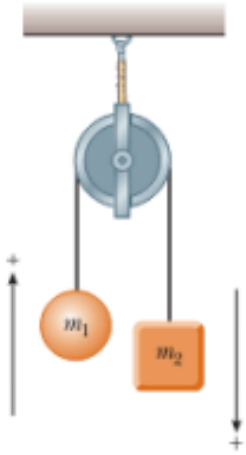
1. Un objeto de 5.00 kg colocado sobre una mesa horizontal sin fricción se conecta a una cuerda que pasa sobre una polea y después se une a un objeto colgante de 9.00 kg, como se muestra en la figura. Dibuje diagramas de cuerpo libre de ambos objetos. Encuentre la aceleración de los dos objetos y la tensión en la cuerda

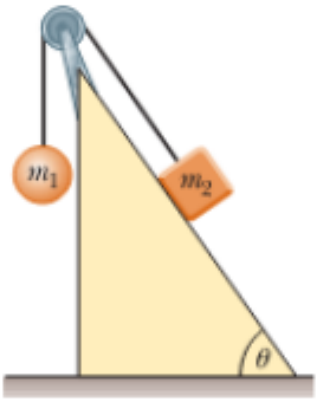


2. Tres objetos se conectan sobre una mesa como se muestra en la figura. La mesa rugosa tiene un coeficiente de fricción cinética de 0.350. Los objetos tienen masas de 4.00 kg, 1.00 kg y 2.00 kg, como se muestra, y las poleas no tienen fricción. Dibuje un diagrama de cuerpo libre para cada objeto. a) Determine la aceleración de cada objeto y sus direcciones. b) Determine las tensiones en las dos cuerdas.



3. En la máquina de Atwood que se muestra en la figura 5.14a, m1 = 2.00 kg y m2 = 7.00 kg. Las masas de la polea y la cuerda son despreciables si se les compara. La polea gira sin fricción y la cuerda no se estira. El objeto más ligero se libera con un empujón rápido que lo pone en movimiento a vi 2.40 m/s hacia abajo. a) ¿Qué distancia descenderá m1 abajo de su nivel inicial? b) Encuentre la velocidad de m1 después de 1.80 segundos.





4. Dos objetos se conectan mediante una cuerda ligera que pasa sobre una polea sin fricción, como se muestra en la figura. Dibuje diagramas de cuerpo libre de ambos objetos. Si supone que el plano no tiene fricción, m1 = 2.00 kg, m2 = 6.00 kg y V = 55.0°, encuentre a) las aceleraciones de los objetos, b) la tensión en la cuerda y c) la rapidez de cada objeto 2.00 s después de que se liberan desde el reposo.

Ejercicios Tomado de Física para la Ciencia y la Tecnología. 6a ed. Tipler – Mosca. 2010

Bibliografía

Delval, J. (1983). Crecer y pensar. La construcción del conocimiento en la escuela. Laia. Barcelona.

Diaz, R., Maringer, D. (2021). La enseñanza del concepto de fuerza: algunas reflexiones. Latin American Journal of Science Education.

Pratap, R., Ruina A. (2022). Introduction to Statics and Dynamics. Oxford University.

Vasconcelos, N. (1987). Motion And Forces: A view of students' ideas in relation to physics teaching. University of London.

Herrera, D. (2009). Teorías contemporáneas de la motivación: una perspectiva aplicada. Lima: Fondo Editorial de la PUCP. 344 p.

Mora, C., Benitez Y. (2007). Errores conceptuales sobre fuerza y su impacto en la enseñanza. Revista Cubana Física vol. 24 No. 1 (2007) p.41-45.

Dorado, C. (2023). Construcción de un banco de recursos para la enseñanza personalizada del concepto de fuerza. Universidad Nacional de Colombia.

Ausubel, (1973). Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento. En Elam, S. La educación y la estructura del conocimiento. Ed. El Ateneo. Buenos Aires. Págs. 211-239.

Ausubel, **D. P**. (1986), Teoría del Aprendizaje Significativo.

Lejter de B., J. (1990). Instrucción y aprendizaje significativo, Ediciones Universidad Pedagógica Experimental Libertador.

Diaz Mosquera, E. (2012). Estilos de Aprendizaje. Eidos 5, p. 5-11.

Rosales, C. (2012). Contextos de la Innovación Educativa. Universidad de Santiago de Compostela. Innovación educativa Núm. 22 Pág. 9-21.

Arias, F. (2016). El proyecto de investigación a la metodología de la investigación. Venezuela, Epísteme.

Giraldo, Y. (2017) Fuerza y Movimiento: una propuesta didáctica para estudiantes rurales de noveno grado. Universidad Nacional de Colombia. Trabajo de investigación.

García, Yorlady (2011) Dificultades en la Interpretación del concepto de Fuerza en estudiantes de grado décimo.

LeGresley S., Delgado J., Bruner C., Murray M., and Fischer C. (2019). Calculus-enhanced energy-first curriculum for introductory physics improves student performance locally and in downstream courses. Phys. Rev. Phys. Educ. Res. 15, 020126.

Suaza, **O.** (2011), Los diagramas de fuerza como elemento fundamental en la enseñanza-aprendizaje de las leyes de newton bajo un enfoque constructivista estudio de caso en x grado de la institución educativa Alejandro Vélez Barrientos del municipio de Envigado. Universidad Nacional de Colombia. Monografía de grado.

Rosengrant, D; Heuvelen, A and Etkina, E. (2009) Do students use and understand freebody diagrams? Physical Review Special Topics - Physics Education Research.

Aviani, I., Erceg, N., and Mešić V. (2015) Drawing and using free body diagrams: Why it may be better not to decompose forces. Physical review special topics - Physics education research 11,020137

Gross, R. (2012). Psicología: la ciencia de la mente y la conducta. SERBIULA (sistema Librum 2.0). 29.

Rivera, J. (2004) EL aprendizaje significativo y la evaluación de los aprendizajes. Revista de investigación educativa año 8 N.º 14 UNMSM.

Slisko, J. (2005). Errores en los libros de texto de física: ¿cuáles son y por qué persisten tanto tiempo? Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. Revista Electrónica Sinéctica

Novak, J. (2002). La Teoría Subyacente a los Mapas Conceptuales y a Cómo Construirlos. Reporte Técnico IHMC CmapTools 2006-01Affiliation: Institute for Human and Machine Cognition.

Cravino, J; **Lopes**, J. (2001), La Enseñanza de Física General en la Universidad. Propuestas De Investigación, Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas. Volumen 21. Número 3, noviembre de 2003

Tipler – Mosca (2005), Física para la Ciencia y la Tecnología. Vol. 1, Mecánica, Editorial Reverté, 2005.

A. Van Heuvelen and X. Zou. (2001) Multiple representations of work energy processes, Am. J. Phys. 69, 184.

E. Etkina, A. Van Heuvelen, S. White-Brahmia, D. Brookes, M. Gentile, S. Murthy, D. Rosengrant, and A. Warren, (2006). Scientific abilities and their assessment, Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 2.

D. Hestenes and M. Wells, (1992) A mechanics baseline test, Phys. Teach. 30, 159.

T J McCarthy, T Goldfinch. (2010) Teaching the concept of free body diagrams.

Antti Savinainen, Asko Mäkynen, Pasi Nieminen, and Jouni Viiri. (2013). Does using a visual-representation tool foster students' ability to identify forces and construct free-body diagrams? Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 9.

D Halliday, R Resnick, J Walker (2013). Fundamentals of Physics Extended, 10th Edition. Edition Integra. Editor, Wiley, 2013.

Wittman, M. (2002). On the dissemination of proven curriculum materials: RealTime Physics and Interactive Lecture Demonstrations. Orono: Dep. of Physics and Astronomy, University of Maine.

Hincapié, **H**. (2011). “Predicción, experimentación y simulación en la enseñanza de la fuerza de rozamiento”, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia.

Poluakan, C. (2018). Students' difficulties regarding vector representations in free-body system, Phys.: Conf. Ser. 1120 012062

Concari, S. B., Pozzo, R. L., & Giorgi, S. M. (1997). Un estudio sobre el rozamiento en libros de física de nivel universitario. Investigación didáctica, Santa Fe. Argentina.