

**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIA**

**Departamento de Física**



**Diseño de una secuencia didáctica para el aprendizaje de Fuerza y Movimiento, basada en contextos de aprendizaje activo y colaborativo para estudiantes de segundo año de enseñanza media.**

**Felipe Ignacio Córdova Cepeda  
Felipe Alejandro Salinas Calderón**

**Profesores Guía:**

**Carla Hernández Silva**

**Silvia Tecpan Flores**

**Tesis para optar al Grado de Licenciado  
en Educación de Física y Matemática.**

**Santiago – Chile**

**2018**



Diseño de una secuencia didáctica para el aprendizaje de Fuerza y Movimiento, basada en contextos de aprendizaje activo y colaborativo para estudiantes de segundo año de enseñanza media

Felipe Ignacio Córdova Cepeda

Felipe Alejandro Salinas Calderón

Este trabajo de graduación fue elaborado bajo la supervisión de las profesoras guías Carla Hernández Silva y Silvia Tecpan Flores del Departamento de Física, y ha sido aprobado por los miembros de la comisión calificadora, Sr. Bernardo Carrasco y Sr. Samuel Baltazar.

---

Dra. Carla Hernández

Profesora Guía

---

Dra. Silvia Tecpan

Profesora Guía

---

Msc. Bernardo Carrasco

Profesor corrector

---

Dr. Samuel Baltazar

Profesor corrector

---

Dr. Roberto Bernal

Director

## RESUMEN

En el presente trabajo de titulación, se diseñó de una secuencia didáctica para el aprendizaje de Fuerza y Movimiento, basada en contextos de aprendizaje activo y colaborativo para estudiantes de segundo año de enseñanza media, basada en la metodología de Clases Demostrativas Interactivas (CDI).

La base de la metodología de Clases Demostrativas Interactivas posee un ciclo de aprendizaje denominado PODS, el cual hace referencia al siguiente orden: Predicción, Observación, Discusión y Síntesis. Las clases demostrativas interactivas constan de ocho pasos que se realizan de manera progresiva y sistemática en cada ocasión (Sokoloff y Thornton, 2004).

La temática de la propuesta fue elegida por medio de una revisión de literatura, la cual demostró una serie de investigaciones que evidenciaban un problema en el aprendizaje de Fuerza y Movimiento, en las cuales el estudiantado presentaba dificultades al comprender la idea de pares de fuerza, la relación entre fuerza y movimiento, entre otras dificultades. Dicho panorama se presenta tanto a nivel nacional como internacional, lo cual evidencia una problemática en la enseñanza de estos contenidos.

Así, se realizó el diseño de dos guías de aprendizaje, donde cada una de estas contiene dos actividades centradas en experimentos que pueden evidenciar preconceptos en el estudiantado mediante una serie de predicciones. Además, se elaboraron dos guías de orientación para el docente, las cuales tienen como finalidad facilitar la implementación de las anteriores guías.

La validación de la propuesta se realizó por medio de evaluación de expertos utilizando una rúbrica y a través de la implementación en un curso de física de enseñanza media. Estos procesos permitieron optimizar la propuesta. En la implementación fue posible detectar la existencia de modelos alternativos en el alumnado respecto a Fuerza y Movimiento. Las actividades de la propuesta permitieron que confrontaran dichos modelos.

Palabras clave: Aprendizaje activo, Clases Demostrativas Interactivas, pares de fuerza, fuerza, movimiento.

## ABSTRACT

This present thesis project, introduce a didactic sequence for the learning of Force and Movement, which was designed based on contexts of active and collaborative learning, specifically for students of second year of secondary education, founded on the methodology of Interactive Demonstration Classes (CDI).

The foundation of the Interactive Demonstration Classes methodology has a learning cycle called PODS, which refers to the following order: Prediction, Observation, Discussion and Synthesis. In addition, this methodology consist if eight steps that are carried out progressively and systematically on each occasion (Sokoloff and Thornton (2004).

The theme of the proposal was chosen through a literary review, which made evident a problem in the learning of Force and Movement, in which the students had difficulties understanding the idea of pairs of forces, the relationship between force and movement, among other difficulties. This stage is presented both nationally and internationally, which shows a problem in the teaching of these contents.

Thus, the design of two learning guides was carried out, where each of them contains two activities centered on experiments that show preconceptions in the students, through a series of predictions. Besides, two orientation guides for the teacher were prepared, which are intended to facilitate the implementation of the previous guides.

The validation of the proposal was made through the evaluation of experts using a rubric and through the implementation in a middle school physics course. These processes allowed to optimize the proposal. In the implementation it was possible to detect the existence of alternative models in the students with respect to Force and Movement. The activities of the proposal allowed them to confront these models.

Keywords: Active learning, interactive Demonstration Classes, Pairs of Forces, Force, Movement.

## **AGRADECIMIENTOS**

Hoy, luego de 6 años puedo decir que estoy finalizando este proceso, algunos de estos años fueron buenos tiempos, pero otros formaron parte de los peores. Por esto, es que me impacienta el sentir la tranquilidad de saber que cumplí una de mis metas y realmente descansar con una sonrisa.

Durante esta etapa de mi vida he conocido varias personas dentro de la universidad, algunas importantes y otras no tanto, por lo que a esas personas que aún están ahí les agradezco enormemente el entregarme su amistad. Entre estas personas quiero mencionar a mi amiga Nacha, a la cual ya le he dicho casi todo, pero quiero igualmente agradecer tu amistad incondicional.

Quiero dar gracias a las profesoras guías, por su infinita paciencia y apoyo durante este último proceso, dándose el tiempo para explicarnos y ayudarnos en todo lo necesario.

La familia es uno de los pilares fundamentales para toda persona, no soy la excepción por ello quiero darle las gracias a mi madre y mi hermano, los cuales han tenido que soportar el constante mal humor de mis días malos, que no han sido pocos, simplemente gracias por existir.

Muchas gracias a mi pareja, la cual me ha acompañado por gran parte de lo que ha durado este proceso, por entregarme tanto y ayudarme a seguir mejorando como persona día a día.

Finalmente, gracias al resto de mis amigos, entre cuales se encuentran amigos del colegio, como lo son Carlos, Julio y Chico, si bien el tiempo hace que vernos sea más difícil, aun disfruto cada momento que pasamos juntos y agradezco su apoyo. También agradezco a Simón, un gran amigo, al cual admiro mucho y agradezco por darme ánimos para seguir luchando en los momentos indicados.

Agradezco principalmente a mi paciencia y esperanza, ya que gracias a ello he podido ganar la pelea contra mis demonios, y gracias a esto tendré una base sobre la cual comenzar a construir mi vida y ayudar a la gente que quiero.

**Felipe Ignacio Córdova Cepeda**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres Hilda y Juan, gracias a ellos esto no hubiera sido posible, porque a pesar de la distancia su amor y cariño incondicional siempre estuvo presente, en los buenos y malos momentos de esta larga travesía; a mis hermanos quienes me brindaron todo su apoyo y ánimo, y a mi familia entera. Un agradecimiento especial a mi “Güeli” quien me brindó todo su amor y cariño, tú quien me esperaba con comida cada vez que viajaba, gracias por todo, un abrazo y un beso a donde quiera que estés, siempre te llevaré en mi corazón.

A todos mis amigos, de Pichilemu y de Santiago, gracias por todo, gracias por darme momentos de felicidad, amor y contención, especialmente a Laura, Beatriz, María Jesús y Camilo, gracias por dejarme aprender de ustedes cosas de la vida que no se enseñan en sala de 4 paredes.

Agradecer también a mis profesoras guías Carla y Silvia, que gracias a ellas este trabajo no hubiera sido posible, de ellas aprendí cosas valiosas que me servirán a lo largo de la vida. Y a mi compañero de trabajo, el cual me soportó a lo largo de este proceso, y con el cual este trabajo fue mucho más ameno.

Por último, agradecer a la vida, ya que a veces tiene una forma un poco extraña de enseñar, pero es la forma más correcta de que nosotros podamos aprender.

“La ciencia, muchacho, está hecha de errores, pero de errores útiles de cometer, pues poco a poco, conducen a la verdad.”

– Julio Verne –

**Felipe Alejandro Salinas Calderón**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>2</b>
CONTEXTO Y PROBLEMÁTICA .....	2
1.1 CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	6
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
2.1 APRENDIZAJE ACTIVO Y COLABORATIVO.....	7
2.2 DIFICULTADES CONCEPTUALES EN EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA .....	10
2.3 FUERZA Y MOVIMIENTO .....	14
2.3.1 CONCEPTO DE FUERZA.....	14
2.3.2 FUERZAS EN LA NATURALEZA .....	15
2.3.3 TIPOS DE FUERZAS .....	16
2.3.4. LEYES DE MOVIMIENTO DE NEWTON .....	18
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>23</b>
3.1 CLASES DEMOSTRATIVAS INTERACTIVAS .....	23
3.2 DISEÑO DE LA PROPUESTA.....	25
3.3 VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA.....	33
<b>CAPITULO 4</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1. PROPUESTA DIDACTICA</b> .....	<b>34</b>
SECUENCIAS EXPERIMENTALES .....	34
SECUENCIA EXPERIMENTAL N°1.....	35
SECUENCIA EXPERIMENTAL N°2.....	38
4.2 GUIAS DE ORIENTACION PARA EL DOCENTE .....	40
GUIA DE ORIENTACION AL DOCENTE 1 .....	40
GUIA DE ORIENTACION AL DOCENTE 2 .....	46
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>52</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>52</b>
SECUENCIA EXPERIMENTAL 1 .....	52
SECUENCIA EXPERIMENTAL 2 .....	56

VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS.....	59
RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN.....	61
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>68</b>
ANEXO 1.....	68
RÚBRICA DE EVALUACIÓN .....	68
ANEXO 2.....	69
ENCUESTAS DE VALIDACIÓN.....	69

## ÍNDICE DE CUADROS Y/O TABLAS

Tabla 2.1. Conceptos Newtonianos en FORCE CONCEPT INVENTORY (FCI) (fuente: Rodríguez, Mena & Rubio, 2010).	11
Tabla 3.1: Procedimiento de ocho pasos para las Clases Demostrativas Interactivas. Fuente: Sokoloff y Thornton, 2004.	24
Tabla 3.2: Guía 1 según ciclo PODS. Fuente: Elaboración Propia.	29
Tabla 3.3: Guía 2 según ciclo PODS. Fuente: Elaboración Propia.	32
Tabla 3.4. Resumen tiempos de secuencia didáctica. Fuente elaboración propia.	33
Tabla 5.1. Modelos en el caso 1 de la secuencia experimental 1 realizada por estudiantes de cuarto medio. N=15.	53
Tabla 5.2: Modelos en el caso 2 de la secuencia experimental 1 realizada por estudiantes de cuarto medio. N=15.	55
Tabla 5.3. Comentarios de estudiantes ante el primer caso.	36
Tabla 5.4: Modelos en el caso 1 de la secuencia experimental 2 realizada por estudiantes de cuarto medio. N=14	57
Tabla 5.5. Comentarios de estudiantes ante el segundo caso.	58
Tabla 5.6: Modelos en el caso 2 de la secuencia experimental 2 realizada por estudiantes de cuarto medio. N=14	59
Tabla 5.7: Tabla de comentarios de los profesores y acciones de mejora.	60
Tabla 5.8. Tabla de resumen de promedios por ítem de la rúbrica de evaluación.	61

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y GRÁFICOS

Gráfico 1.1: Niveles de desempeño de los estudiantes chilenos en prueba de ciencias naturales PISA 2012 y 2015. Fuente: Elaboración propia.	2
Gráfico 1.2: Comparativa resultados de PISA respecto a Chile. Fuente: Agencia de Calidad de la Educación, 2015.	3
Gráfico 2.3: Resultados según los temas del test FCI (Fuente: Castillo, Moscoso, Phan & Quiroz, 2013).	13
Figura 1.1. Gran idea de la ciencia N°7. Fuente: Bases Curriculares 7° básico a 2° medio, 2015.	4
Figura 2.2: Principio de acción y reacción.	14
Figura 2.3: Representación de la fuerza normal.	17
Figura 2.4: Fuerza de tensión ( $\vec{T}$ ) surge cuando la fuerza es ejercida por una cuerda, cable o similar, sobre un objeto.	18
Figura 2.5: Mapa conceptual de fuerza y movimiento en el marco teórico. Fuente: Elaboración propia.	22
Figura 3.1: Ciclo PODS. Fuente: Orozco, 2012	24
Figura 3.2: Diagrama de flujo de resumen de la metodología. Fuente: Elaboración propia.	33
Figura 4.1. Montaje Experimental.	44
Figura 4.2. Ejemplo de demostración	44
Figura 4.3. Montaje. Experimental	50
Figura 4.4. Ejemplo de demostración.	51
Figura 5.1. Captura del video de demostración	52
Figura 5.2. Captura de la demostración del video.	54
Figura 5.3. Montaje.	56
Figura 5.4. Montaje	58

## INTRODUCCIÓN

El siguiente apartado tiene como objetivo presentar la estructura general del seminario de grado.

El problema que se aborda en el presente trabajo hace referencia a la enseñanza de la relación entre los conceptos Fuerza y Movimiento en segundo año de enseñanza media según el marco curricular vigente y el programa de estudio del Ministerio de Educación (MINEDUC).

Las bases de la propuesta didáctica se centran en el aprendizaje activo y colaborativo, más precisamente la metodología de clases demostrativas interactivas (CDI), la cual propone una serie de pasos definidos que permiten a los estudiantes ser partícipes de su proceso de enseñanza por medio de experimentos guiados y predicciones, permitiendo así que estos puedan desarrollar distintas competencias y habilidades.

A nivel teórico se presenta una problemática vigente en la enseñanza del concepto de fuerza, para lo cual se contextualiza de acuerdo a distintas fuentes literarias, logrando identificar una serie de preconceptos presentes en el estudiantado. Éstos responden a un entendimiento intuitivo de la fuerza, el cual se aleja de la concepción newtoniana que se espera conseguir en la enseñanza escolar.

Luego, se presenta la metodología con mayor detalle y la propuesta didáctica diseñada que consta de dos guías para los estudiantes y dos guías de apoyo al docente, las cuales se construyen de acuerdo a la metodología CDI para abordar algunos preconceptos en específico, buscando evidenciar el fenómeno de manera cualitativa y cuantitativa.

La propuesta fue validada por un grupo de profesores de física que ejerce actualmente en establecimientos educacionales, los cuales entregaron una serie de observaciones respecto a las guías de trabajo para facilitar el entendimiento de estudiantes. Además, se presentan los resultados obtenidos de una segunda validación realizada con la implementación de la propuesta en estudiantes de un cuarto año medio de enseñanza media.

Finalmente se presentan las conclusiones frente a los resultados obtenidos con la propuesta y el cumplimiento de los objetivos inicialmente planteados para este trabajo.

## CAPÍTULO I

### CONTEXTO Y PROBLEMÁTICA

#### 1.1 CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN

En pleno siglo XXI, la actividad científica forma parte fundamental del desarrollo de nuestra sociedad. Como se enfatiza en la Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico (UNESCO, I.C.S.U, 1999), la ciencia debe encontrarse al servicio del conocimiento, la paz y el desarrollo, y siempre enfocada al bienestar de la humanidad, desde y hacia la sociedad. A causa de esto, el concepto de alfabetización científica gana gran relevancia en la formación de ciudadanos, y por tanto se transforma en una pieza clave del proceso de enseñanza de las ciencias. Así, una enseñanza enfocada en la alfabetización científica debe tener como propósito lograr que los estudiantes adquieran los conocimientos básicos de la ciencia, para que sean capaces de realizar toma de decisiones informadas frente a una gran diversidad problemas cotidianos, así como de involucrarse en la generación de soluciones para dichos problemas (MINEDUC, 2015).

En el panorama internacional, el Programa Internacional de Evaluación de los Estudiantes (PISA), se encarga de evaluar el rendimiento académico y desarrollo de competencias de los estudiantes de una gran cantidad de países alrededor del mundo, con enfoque en las áreas de lectura, ciencia y matemática. PISA separa los resultados que obtiene en niveles de desempeño, los cuales se dividen en 6. Bajo el nivel 2, se considera que los estudiantes no alcanzan las competencias mínimas requeridas para participar en una sociedad moderna, mientras que a partir del nivel 2 se considera que estos sí cumplen con dichas competencias mínimas.

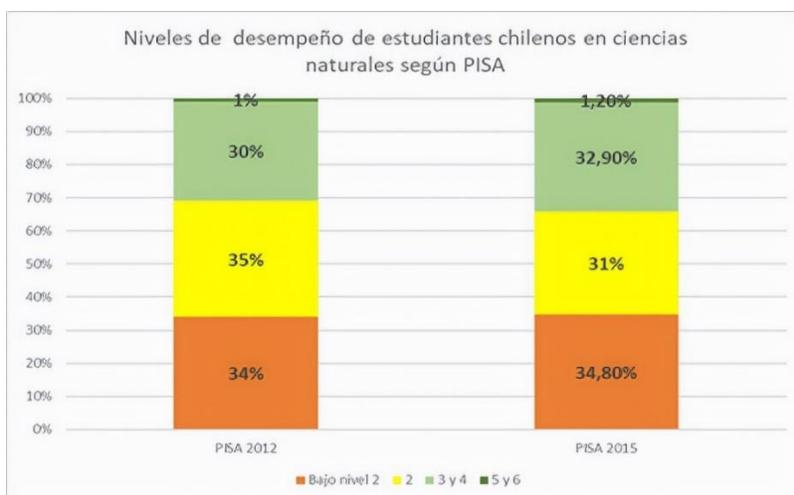
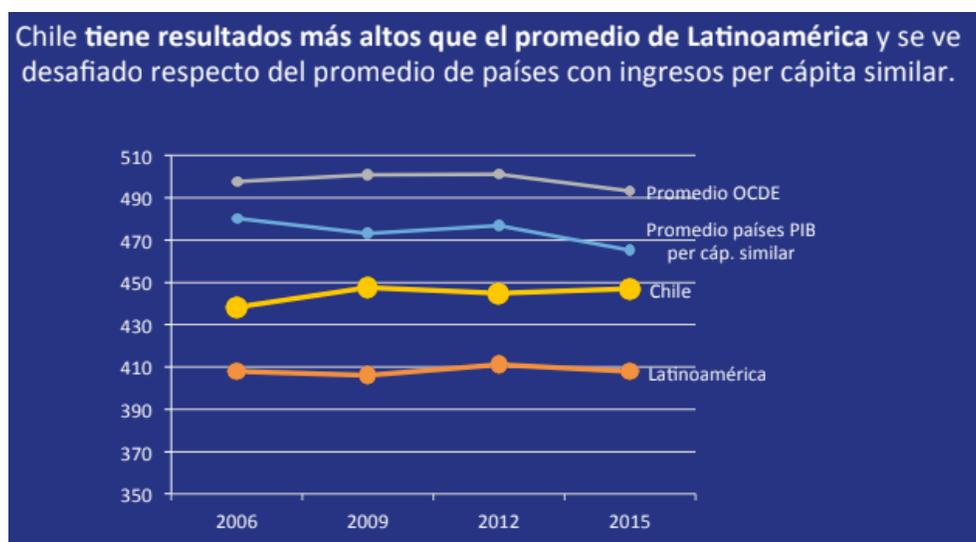


Gráfico 1.1: Niveles de desempeño de los estudiantes chilenos en prueba de ciencias naturales PISA 2012 y 2015. Fuente: Elaboración propia

Las más recientes evaluaciones realizadas por el programa PISA, en los años 2012 y 2015, nos entregan información respecto al nivel de competencias desarrollados por los estudiantes chilenos en las distintas áreas evaluadas. En cuanto al área de ciencias naturales, como se observa en el gráfico 1, PISA 2012 revela que un 34% del estudiantado chileno evaluado no alcanza el nivel 2; mientras que en PISA 2015, un 35% de estos no ha desarrollado las competencias científicas mínimas esperadas. Al comparar los resultados de los años 2012 y 2015, podemos notar que la tendencia general se mantiene, y si bien hay un pequeño aumento porcentual en la cantidad de estudiantes que alcanzan los niveles superiores, también existe un pequeño incremento en el porcentaje de estudiantes ubicados bajo el nivel 2.



*Gráfico 1.2: Comparativa resultados de PISA respecto a Chile. Fuente: Agencia de Calidad de la Educación, 2015*

Por otra parte, como se puede ver en el gráfico 2, Chile se encuentra posicionado como el país latinoamericano con mejor puntaje promedio en el área de ciencias naturales. Sin embargo, sigue encontrándose muy por debajo del promedio de los países de la OCDE, así como también se encuentra por debajo del puntaje promedio de países con producto interno bruto per cápita similar (Agencia de la Calidad de la Educación, 2015). Además, respecto a las evaluaciones de carácter nacional, los resultados de la prueba SIMCE 2016 reflejaron un descenso de 8 puntos en el área de ciencias naturales de segundo medio, generado principalmente por el empeoramiento de los resultados en las áreas de física y química (Agencia de la Calidad de la Educación, 2016).

Con la finalidad de mejorar dichos resultados, surge la propuesta de ciertas orientaciones para modificar la política educativa que existe actualmente. Una de estas orientaciones tiene como objetivo enfrentar el rezago de aprendizajes con estrategias nuevas, lo cual abre paso a la necesidad de incorporar estrategias que ayuden al docente en el proceso de enseñanza, y que sean capaces de abordar de manera más efectiva las deficiencias del aprendizaje que evidencian los indicadores existentes (Agencia de la Calidad de la Educación, 2015).

Si nos situamos específicamente en el campo de la enseñanza de la Física, es posible observar la importancia de los conceptos Fuerza y movimiento en el estudio de la disciplina. A nivel nacional, las bases curriculares vigentes nos indican las principales ideas que se desarrollan durante la transición por los distintos niveles de escolaridad de los estudiantes (MINEDUC, 2015). En el caso de la temática de “Fuerza y Movimiento”, podemos observar que esta se encuentra contenida en la séptima gran idea de la ciencia (GI.7) planteada en las bases curriculares, como se puede ver en la imagen 1.

Grandes ideas [GI]	Objetivos de Aprendizaje de Ciencias Naturales											
	Biología				Física				Química			
	7º	8º	1º	2º	7º	8º	1º	2º	7º	8º	1º	2º
<b>GI.7</b> El movimiento de un objeto depende de las interacciones en que participa.		3 4 5				8 11 14 7 8 10 11 15 16	9 10 11 12 13 14		15			19 15 18

Figura 1.1. Gran idea de la ciencia N°7. Fuente: Bases Curriculares 7º básico a 2º medio, 2015

Es posible notar que esta idea se va desarrollando de manera creciente en la disciplina, desde 7º a 2º medio, mientras que también se aborda a lo largo de los ejes temáticos de química y biología. Si bien, se evidencia que es una idea que se trabaja de manera recurrente, se debe tener en consideración que se hace desde diversos contextos y enfoques, de acuerdo con los tópicos específicos a estudiar en cada unidad y eje temático.

Al momento de enfocarnos en el Programa de Estudio de Ciencias Naturales para segundo año medio, encontramos en la unidad de Fuerza el Objetivo de Aprendizaje 10, asociado a la GI.7 señalada en las bases curriculares, el cual consiste en “explicar, por medio de investigaciones experimentales, los efectos que tiene una fuerza neta sobre un objeto, utilizando las leyes de Newton y el diagrama de cuerpo libre” (MINEDUC, 2016), el cual será fundamental para la comprensión de una gran cantidad de fenómenos asociados al movimiento que se pueden observar en nuestra vida cotidiana.

Sobre esta línea se reporta, con base en la literatura, la existencia de una gran cantidad de preconcepciones en tópicos de mecánica introductoria, especialmente entre los conceptos de fuerza y aceleración, los cuales se encuentran fuertemente arraigados en los estudiantes, dificultando de gran manera el correcto aprendizaje de temas como las leyes de Newton (Clement, 1982). Es así como, a pesar de ser un tema tan abordado en la enseñanza escolar, siguen existiendo importantes desafíos para su aprendizaje, ante lo cual en la actualidad se siguen desarrollando nuevas propuestas, basadas en distintas estrategias, para mejorar los resultados de aprendizaje de los estudiantes (Savinainen, Mäkynen, Nieminen y Viiri, 2017).

Otro importante antecedente a considerar son los resultados de la Evaluación Nacional Diagnóstica de la Formación Inicial Docente (END-FID), la cual, en su aplicación más reciente en el año 2017, revela que el promedio de respuestas correctas por parte de los estudiantes de programas regulares de pedagogía en física a nivel global en Chile, alcanza tan solo un 50,5% en el eje temático de fuerza y movimiento (Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas, 2018). Este antecedente deja en evidencia que las dificultades conceptuales respecto al aprendizaje de los conceptos de fuerza y movimiento son persistentes a lo largo de la trayectoria formativa.

Para abordar esta problemática y la necesidad de mejorar el aprendizaje de los conceptos Fuerza y Movimiento, el presente seminario de grado propone una secuencia que permita abordar estos temas a nivel escolar, potenciando un aprendizaje activo y colaborativo en el aula.

## 1.2 OBJETIVOS

Con fundamento en la problemática previamente señalada, surge el desarrollo del presente trabajo, el cual tiene como objetivo general:

- Diseñar, validar e implementar una secuencia didáctica sobre Fuerza y Movimiento como conceptos fundamentales dentro del currículum escolar vigente, que permita identificar en tiempo real los modelos alternativos de los estudiantes de segundo año de enseñanza media, a partir de actividades centradas en el aprendizaje colaborativo

Para lograr dicho objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- I. Identificar, a partir de la literatura especializada, y a través de una revisión bibliográfica sistemática, los principales modelos alternativos de los estudiantes en enseñanza media, sobre los conceptos de Fuerza y Movimiento
- II. Diseñar actividades de aprendizaje colaborativo basadas en Clases Demostrativas Interactivas (CDI) como metodología para enseñar Fuerza y Movimiento, integrando aspectos conceptuales y experimentales en el aula, con uso de TIC.
- III. Identificar y confrontar los principales modelos alternativos de los estudiantes de segundo medio sobre los conceptos de Fuerza y Movimiento a través de la implementación de la secuencia diseñada.
- IV. Validar la secuencia didáctica e instrumentos de evaluación para una adecuada implementación que favorezca el aprendizaje de los conceptos involucrados, considerando los modelos alternativos de los estudiantes en el aula.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

A continuación, se presentan los conceptos básicos necesarios para comprender adecuadamente la propuesta didáctica para el aprendizaje de “Fuerza y Movimiento”, desarrollada para contextos de aprendizaje activo y colaborativo en el aula.

#### **2.1 APRENDIZAJE ACTIVO Y COLABORATIVO**

En el ámbito del desarrollo cognitivo existen numerosas investigaciones, principalmente impulsadas a partir de los trabajos de Piaget y Vygotsky cuyas teorías del aprendizaje buscan explicar el mismo fenómeno, pero con un foco completamente distinto. De acuerdo a Rafael (2009), Vygotsky le da una mayor importancia al papel que cumplen las interacciones sociales en el desarrollo cognitivo, es decir, que el conocimiento no se construye de forma individual, sino que es un proceso social.

En su teoría, Vygotsky destaca el hecho de que es imposible comprender el desarrollo de un individuo desconociendo la cultura donde es criado, lo que determina que la forma en la cual pensarán los niños no es innata, sino que dependerá de las instituciones culturales y de las actividades sociales que desarrolle, ya que de estas incorporarán distintas herramientas culturales, como lo es el lenguaje, el que luego permitirá internalizar los distintos resultados de las interacciones sociales (Rafael, 2009).

En consecuencia, el lenguaje juega un rol fundamental en el proceso de desarrollo del individuo ya que “nos permite compartir nuestras experiencias, aprender de cada uno, proyectar juntos y acrecentar enormemente nuestro intelecto al vincular nuestro pensamiento con los de nuestros semejantes” (Goodman, 1992, p.148).

Así, desde el enfoque sociocultural de Vygostky, podemos entender el aprendizaje como una “actividad de producción y reproducción del conocimiento mediante la cual el niño asimila los modos sociales de actividad y de interacción, y después en la escuela, los fundamentos del conocimiento científico bajo condiciones de orientación e interacción social” (Veloso, Rodríguez, López y Veloso, 2006, p.69).

Según Collazos, Guerrero y Vergara (2001) el aprendizaje colaborativo se refiere a la organización de grupos reducidos en los cuales cada estudiante trabaja buscando tanto el aprendizaje individual como el de los demás miembros del grupo, es decir, los estudiantes trabajan colaborando entre sí. En coherencia, el aprendizaje colaborativo requiere del diálogo e interacción entre los estudiantes dentro del aula.

De igual manera, es necesario hacer una distinción entre aprendizaje colaborativo y aprendizaje cooperativo. Si bien ambos tienen una base en el aprendizaje social, poseen elementos diferenciadores esenciales, entre los cuales el aprendizaje colaborativo destaca a la hora de adquirir conocimientos de orden superior, ya que se necesita una mirada más crítica y creativa (Ariño, 2015). Como menciona Maldonado (2007) otra diferencia es que en el aprendizaje cooperativo es que el docente posee una responsabilidad elevada del trabajo, debido a que él estructura y asigna la tarea y organiza el trabajo de una manera que considere pertinente para que el grupo pueda aprender; en cambio en el aprendizaje colaborativo el docente acompaña el proceso de aprendizaje como un mediador, pero la responsabilidad de organización recae en los estudiantes que integran el grupo.

A partir de las bases socio-constructivistas del aprendizaje, Redish (1998) plantea el principio del aprendizaje social, en el cual se indica que, para la mayoría de los individuos, el aprendizaje se lleva a cabo de manera más efectiva por medio de las interacciones sociales. Así, la instrucción tradicional, con su enfoque centrado en la transmisión de conocimientos por parte del profesor hacia sus estudiantes no resulta beneficiosa para el proceso de aprendizaje, ya que adquieren un rol de receptores pasivos de dicho conocimiento. Dada la poca interacción social característica de este tipo de instrucción, las investigaciones reportan bajos niveles de retención de información, comenzando con un 70% durante los primeros minutos, porcentaje que decae hasta un 20% durante los últimos 10 minutos de la clase (Silberman, 2005). En consecuencia, resulta fundamental que el estudiantado participe activamente en el proceso de aprendizaje, apropiándose de los conocimientos por medio de la lectura, discusión, reflexión y colaboración en el aula (Chickering y Gamson, 2007).

Como consecuencia de la necesidad de incorporar las interacciones sociales al proceso de aprendizaje, surgen las estrategias de aprendizaje activo. Diversos autores plantean una visión similar respecto a qué se puede entender por aprendizaje activo. Según Bonwell y Eison (1991), se consideran estrategias de aprendizaje activo aquellas en que la instrucción contempla la participación de los estudiantes haciendo diversas actividades, y reflexionando respecto a dicho accionar.

En coherencia con Hernández, López, Ruz y Tecpan (2018) se entiende el Aprendizaje Activo como un proceso en el cual los estudiantes realizan actividades diversas que promueven el análisis, la síntesis y la evaluación, de acuerdo a la definición dada por el Center for Research on Learning and Teaching de la Universidad de Michigan. A diferencia de las metodologías tradicionales, centradas en el contenido, se sitúa al estudiante en el centro del aprendizaje y se potencia el trabajo colaborativo entre pares (p.2).

Según Prince (p. 223, 2004) “El aprendizaje activo se define generalmente como cualquier método de instrucción que involucra a los estudiantes en el proceso de aprendizaje. En resumen, el aprendizaje activo requiere que los estudiantes realicen actividades de aprendizaje significativas y piensen en lo que están haciendo”. Según esta definición el estudiante se transforma en el actor principal en el proceso de aprendizaje a diferencia del aprendizaje tradicional donde el alumno es un receptor pasivo de la información, mientras que todo el peso del proceso educativo recae en el profesor.

Respecto al impacto efectivo de las estrategias de aprendizaje activo en ciencias, ingeniería y matemática, investigaciones evidencian que su utilización genera mejoras en el rendimiento a lo largo de todas estas disciplinas, y esto ocurre en clases de todos los tamaños, tipos de curso y niveles. Además, en clases con pocos estudiantes, el aprendizaje activo resulta particularmente beneficioso al ser evaluado por medio de pruebas de conocimiento conceptuales (Freeman et al., 2014). Por otra parte, Prince (2004) señala que existe vasta evidencia que respalda el uso de metodologías de aprendizaje activo, especialmente a la hora de abordar los errores conceptuales

De acuerdo con Ausubel (1983), el aprendizaje de una nueva información se encuentra estrechamente relacionado con la estructura cognitiva previa del individuo, es decir, todas las ideas y conceptos que posee sobre un determinado campo del conocimiento, así como también la organización de dicha información. Durante la orientación del aprendizaje de los estudiantes, es muy importante conocer sus estructuras cognitivas, es decir, las proposiciones que manejan y cuán bien las manejan, ya que las mismas experiencias y conocimientos se pueden aprovechar para beneficiar el aprendizaje.

Múltiples investigaciones han dejado en evidencia que ciertas dificultades conceptuales no logran ser superadas por medio de la instrucción tradicional (McDermott, 2001). Inicialmente, se consideraban los errores conceptuales de los estudiantes como obstáculos contra los que luchar. Sin embargo, el fracaso de la enseñanza tradicional al intentar combatirlos terminó por revelar que estos conforman complejos esquemas conceptuales, que interactúan con la información recibida y conformando un rol fundamental en el proceso de aprendizaje, lo cual dio paso a la búsqueda de estrategias destinadas a modificar dichos esquemas conceptuales (Furió, Solbes y Carracosa, 2006).

## **2.2 DIFICULTADES CONCEPTUALES EN EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA**

Los errores conceptuales se presentan en todos los ámbitos de estudio, especialmente en aquellas áreas donde los conceptos que se estudian no son tangibles para los estudiantes, así, la mayoría de los conceptos erróneos se construyen en las especialidades de física y química donde regularmente las y los estudiantes reciben estos nuevos conceptos de manera expositiva, sin considerar la experiencia que traen consigo y que han adquirido a lo largo de su vida, incluso en ocasiones los mismos docentes transfieren estos errores conceptuales a los estudiantes siendo detectados desde la formación inicial docente (Hernández et al, 2018). Ante esto, es de suma importancia que el docente detecte los conceptos erróneos de los estudiantes y trabaje en base a estos, permitiendo así que los mismos estudiantes sean capaces de detectar sus propios errores y que en este proceso puedan comprender los conceptos explicados (Romanos, 2014).

En la década del 90 en Estados Unidos se diseñaron varias evaluaciones para determinar el desempeño que tienen los estudiantes en el manejo de conceptos de mecánica newtoniana a nivel universitario. Una de estas evaluaciones es el Force Concept Inventory (FCI). Este test lo crearon David Hestenes, Malcom Wells y Gregg Swackhamer y se publicó en 1992. Fue tal el impacto de este test que se tradujo en diversos idiomas para poder llegar a distintos países y culturas (Artamonova, Mosquera & Artamanov, 2017).

Esta evaluación está compuesta de 30 preguntas de selección múltiple que evalúan conceptos de mecánica en cuatro ítems: cinemática, primera, segunda, y tercera ley de Newton, permitiendo así evaluar la comprensión de los estudiantes de los conceptos más básicos de la mecánica clásica, por medio de la cotidianidad y utilizando distractores que aluden al sentido común. En la siguiente tabla se clasifican los conceptos que se evalúan en el test:

0. Cinemática	Velocidad diferenciada de la posición	
	Aceleración diferenciada de la velocidad	
	Aceleración constante implica trayectoria parabólica	
	Cambio de velocidad	
	Adición vectorial de velocidades	
1. Primera Ley de Newton	Sin fuerzas	
	Dirección constante de la velocidad	
	Velocidad constante	
	Con fuerzas que se anulan	
2. Segunda Ley de Newton	Fuerza impulsiva	
	Fuerza constante implica aceleración constante	
3. Tercera Ley de Newton	Para fuerza impulsivas	
	Para fuerzas continuas	
4. Principio de superposición	Suma de vectores	
	Fuerzas que se anulan	
5. Tipos de fuerza	De contacto entre sólidos	Pasivo
		Impulsivo
		Fricción opuesta al movimiento
	De contacto con fluidos	Resistencia del aire
		Presión del aire
	Gravitación	Aceleración independiente del peso
Trayectoria parabólica		

Tabla 2.1. Conceptos Newtonianos en FORCE CONCEPT INVENTORY (FCI) (Fuente: Rodríguez, Mena & Rubio, 2010).

En la anterior tabla se presentan los conceptos newtonianos que se trabajan en las preguntas que contiene el FCI, algunos de estos presentan, en ocasiones, complicaciones al momento de comprenderlas por los estudiantes. De esta manera se permite al docente trabajar en base a los resultados obtenidos por el test y confrontar los preconceptos más comunes en el estudiantado.

El test FCI ha sido utilizado durante años para detectar dificultades conceptuales de los y las estudiantes sobre Fuerza y Movimiento, y se utiliza como herramienta para determinar la efectividad de una intervención pedagógica al comparar los resultados obtenidos en modalidad pre y post instrucción.

Por ejemplo, entre los años 2009 y 2011 se aplicó este test a estudiantes de la Universidad Católica de Perú, a una muestra de 4.535 alumnos los resultados arrojan que los conocimientos de fuerza y movimiento no tienen una mejora a largo plazo, siendo la segunda ley de Newton la que tiene una

mayor dificultad de aprendizaje (Castillo, Moscoso, Phan & Quiroz, 2013). Esto evidencia que es un problema que afecta incluso a nivel de educación superior, por lo cual es de gran importancia abordarlo desde la enseñanza en la escuela.

No obstante, es importante que exista una intervención pedagógica bien planificada para lograr mejoras en el aprendizaje que favorezca la construcción de conocimiento formal en el estudiante (Flores, Chávez, Luna, González, González, & Hernández, 2015) en física.

Dentro de las dificultades conceptuales en el aprendizaje de la física surgen los llamados modelos alternativos. En Fernández (2015) citan a Viennot, Gilbert, Watts, Pozo, Mora y Soto (1979), se define como modelo alternativo a “una explicación alternativa de los fenómenos físicos a la aceptada como verdadera, explicación que cada persona adapta al mundo que lo rodea” (p. 162).

En la mayoría de los cursos a nivel universitario, el aprendizaje de los conceptos de mecánica posee una gran importancia a la hora de analizar los distintos problemas, pero estos problemas no miden el desarrollo de los conceptos que tienen, quedando una brecha en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Artamonova, Mosquera, Artamanov & 2017). La comprensión en la resolución de problemas de forma eficaz aparece cuando se analizan situaciones conceptualmente ricas, de esta forma el análisis que se realiza permite que los conceptos que se utilizan sirvan en la resolución de problemas, teniendo como consecuencia que los estudiantes logren y alcancen un nivel mayor, aumentando sus habilidades de comprensión y razonamiento en comparación con los estudiantes que siguen con el enfoque tradicional (Castillo, Moscoso, Phan & Quiroz, 2013).

En una de las conclusiones que realiza, Badagnani, Petrucci, y Cappannini, Osvaldo (2012), muestran que grupos que no tienen una formación en física universitaria, sus respuestas fueron al azar, lo cual no fue así, ya que ellos posteriormente afirmaron que pensaban sus respuestas antes de contestar. Las respuestas al “azar” parecen mostrar que las respuestas newtonianas o estarían seleccionadas por razones o si es que las hubiera no la correlacionan con el enfoque newtoniano. Si hubiera razonamiento newtoniano en ellos, el patrón no sería tan azaroso, como sí ocurriría en respuestas de pensadores “no newtonianos”.

En otro estudio realizado por Corona (2010), analizó y observó que los estudiantes universitarios no eran capaces de diferenciar entre la segunda y tercera ley de Newton.

A continuación, se muestra una gráfica con algunos resultados de la aplicación del test FCI a estudiantes universitarios que ya tienen conocimiento sobre los conceptos de física newtoniana.

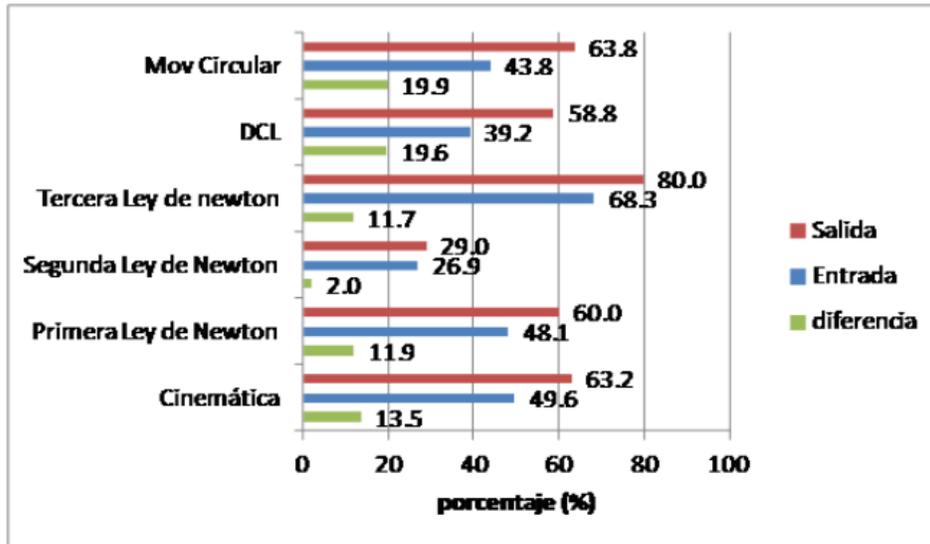


Gráfico 2.3: Resultados según los temas del test FCI (Fuente: Castillo, Moscoso, Phan & Quiroz, 2013)

De la figura se puede apreciar que cuando se aplicó el test (entrada y salida), los temas que sobresalen respecto a respuestas correctas son las leyes de Newton, teniendo la tercera ley de Newton como el tema que mayor respuesta correcta obtuvo y la segunda como el tema que tiene el menor porcentaje de respuestas correctas llegando a un máximo de aprobación de 29%. Esto indica que existe un déficit de las concepciones respecto a las leyes de Newton específicamente a la segunda ley.

Algunas de las ideas alternativas que han podido ser detectadas y que se mencionan en Mora & Herrera (2009) entre los estudiantes son las siguientes:

- Sólo agentes activos ejercen fuerza
- Movimiento implica fuerza activa
- Aceleración implica fuerza en aumento
- Fuerza activa se gasta
- Compromiso entre fuerzas determina el movimiento
- Los obstáculos no ejercen fuerzas

Las concepciones intuitivas de los estudiantes son una interpretación básica de la experiencia, la cual no tiene una relación con la idea de causa y efecto. No obstante, la mecánica newtoniana posee una alta relación con dicha comprensión, donde las aplicaciones encaminan a conclusiones poco intuitivas, por esto es poco probable para un estudiante que no adquiere dicha relación aceptar las ideas newtonianas del movimiento (Hewson, 1990).

## 2.3 FUERZA Y MOVIMIENTO

Para la propuesta desarrollada en este trabajo es necesario tener presente los fundamentos físicos detrás de la idea de fuerza y movimiento.

El concepto de fuerza es utilizado de muchas maneras en el diario vivir, algunos de estos usos al contrario de esclarecer el concepto, pueden dificultar aún más su entendimiento. La idea de que la fuerza es algo que se posee o que te acompaña siempre es muy recurrente, incluso formando parte de una frase icónica de una de las sagas más importantes del cine como lo es “que la fuerza te acompañe”, surgiendo así preguntas como ¿Es posible que una fuerza sea algo que te acompañe?

El decir que la fuerza es algo intrínseco de un cuerpo o persona suele formar parte de frases muy comunes como “Juan es más fuerte que Pedro”. Para analizar la validez de esto, es necesario definir el concepto de fuerza y todas las variables que se involucran en el estudio de las fuerzas, permitiendo así plantar las bases de la investigación.

### 2.3.1 CONCEPTO DE FUERZA.

Fuerza ( $\vec{F}$ ) es una magnitud física vectorial que surge producto de la interacción entre dos o más objetos, dichas fuerzas actúan siempre en pares. Entendiéndose interacción como la acción que se desarrolla de modo recíproco entre dos o más organismos u objetos.

De acuerdo al Principio de Acción y Reacción, también conocido como Tercera Ley de Newton, cuando un cuerpo 1 ( $m_1$ ) ejerce una fuerza sobre un cuerpo 2 ( $m_2$ ), éste ejerce sobre el cuerpo 1, simultáneamente, una fuerza de igual magnitud y dirección, pero sentido opuesto.

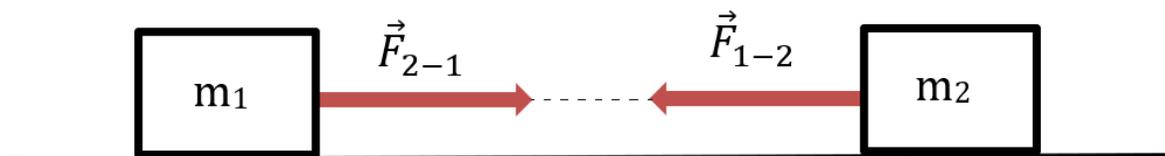


Figura 2.2: Principio de acción y reacción.

En la figura,  $\vec{F}_{2-1}$  es la fuerza que el objeto 2 ejerce sobre el objeto 1. Es de igual magnitud y dirección que  $\vec{F}_{1-2}$  que es la fuerza que el objeto 1 ejerce sobre el objeto 2, sólo que con sentidos contrarios.

De este Principio podemos definir lo que llamaremos un **Par de Fuerzas**: un sistema formado por dos fuerzas paralelas entre sí, de la misma intensidad o módulo, pero de sentidos contrarios y que son aplicadas simultáneamente sobre objetos diferentes. En la figura,  $\vec{F}_{2-1}$  y  $\vec{F}_{1-2}$  constituyen un par de fuerzas.

El hecho de que un cuerpo este sometido a una fuerza, producirá que este pueda tanto cambiar su forma, como su estado de movimiento. Con respecto al cambio de forma, se clasificará en dos tipos según si el cuerpo es capaz de volver a retomar su forma inicial luego de ser sometido a una fuerza, los dos tipos de cambios de forma son el cambio de forma permanente o no permanente, esto dependerá directamente a la naturaleza del cuerpo que está siendo sometido a la fuerza. Por ejemplo, un cuerpo que sufre un cambio no permanente sería un elástico sometido a una fuerza, por otro lado, un cambio permanente podría ser una lata de bebida sometida a una fuerza.

### **2.3.2 FUERZAS EN LA NATURALEZA**

Todas las fuerzas que se pueden observar en la naturaleza pueden ser explicadas en función de cuatro fuerzas, las cuales se denominan fuerzas fundamentales, siendo estas interacciones entre partículas elementales (Tipler & Mosca, 2007)

Estas cuatro fuerzas fundamentales son las siguientes.

- Fuerza gravitatoria: Esta es la atracción mutua que ocurre entre distintos objetos, dando como resultado la caída de objetos por efecto de la gravedad.
- Fuerza electromagnética: Esta es la atracción o repulsión que puede existir entre cuerpos que poseen una cierta carga eléctrica. Un ejemplo es el uso de los imanes los cuales aun sin tocarse producen una interacción.
- Fuerza nuclear fuerte: Esta hace énfasis a la interacción que se produce entre particular subatómicas.
- Fuerza nuclear débil: Esta hace énfasis a la interacción que se produce entre partículas subatómicas que están pasando por un proceso de decaimiento radioactivo.

Según la forma en que interactúan los cuerpos, las fuerzas que ejercen se clasifican en:

#### **i) FUERZAS A DISTANCIA**

Las fuerzas a distancia son todas aquellas que se ejercen sin necesidad de entrar en contacto con respecto al cuerpo que genera dicha fuerza y el que la recibe, una característica de este tipo de fuerzas suele crear campos de fuerza. Este concepto está incluido dentro del campo de la física, tal vez uno de los ejemplos más extremos de este tipo de fuerza es el de las nucleares y en este caso las partículas generan cohesión en el núcleo del átomo, por otro lado, un ejemplo más común que se puede ver en diferentes momentos y situaciones de la vida cotidiana son los imanes los cuales están presentes en casi todos los electrodomésticos y dispositivos tecnológicos que usamos

#### **ii) FUERZAS DE CONTACTO**

Las fuerzas de contacto son aquellas en las que los objetos se encuentran en contacto físico y la fuerza se ejerce sobre su superficie de modo perpendicular. Un ejemplo es la fuerza de fricción.

### 2.3.3 TIPOS DE FUERZAS

Independiente de su naturaleza existen distintos tipos de fuerza que se explican a continuación.

#### i) PESO

En la vida cotidiana todos saben que si al soltar un cierto objeto desde una cierta altura, este caerá en dirección hacia el suelo. Los objetos al soltarse caen con una aceleración que es igual a  $g$ , esta aceleración se le conoce como aceleración de gravedad. Este movimiento se debe a que existe una atracción que ejerce la tierra sobre el objeto, a esta atracción también es conocida como fuerza de gravitación y está dirigida hacia el centro de la tierra.

Generalmente las personas tienden a pensar que el peso es una medida de masa, lo cual no es así, ya que el peso es una medida de fuerza, pero está estrechamente relacionado con la masa. Esta relación se observa cuando se aplica la segunda ley de Newton ( $\vec{F} = m\vec{a}$ ), con  $\vec{a} = \vec{g}$  se tiene que:

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

Donde  $m$  es la masa del objeto,  $\vec{g}$  la aceleración de gravedad y  $\vec{F}$  es la fuerza que ejerce la tierra sobre el objeto.

A esta fuerza se le conoce como fuerza de gravitación o el peso del objeto, es decir:

$$\vec{F}_g = m\vec{g}$$

#### ii) FUERZA NORMAL

La fuerza normal es la fuerza que las superficies ejercen para prevenir que los objetos sólidos se atraviesen entre sí.

La fuerza normal es una fuerza de contacto. Si dos superficies no están en contacto, no pueden ejercer fuerza normal una sobre la otra. Por ejemplo, las superficies de una mesa y una caja no ejercen fuerza normal la una sobre la otra si no están en contacto.

Sin embargo, cuando dos superficies están en contacto (por ejemplo, la caja y la mesa), ejercen fuerza normal la una sobre la otra, perpendicular a las superficies de contacto.

La palabra "normal" en fuerza normal no se refiere a ordinaria o común. En este contexto, "normal" se refiere a perpendicular. Esto es porque la fuerza normal, usualmente representada por  $\vec{N}$ , es una fuerza en dirección perpendicular a las dos superficies en contacto. Tiene sentido que las fuerzas sean perpendiculares a las superficies, pues la fuerza normal es la que previene que los objetos se atraviesen el uno al otro.

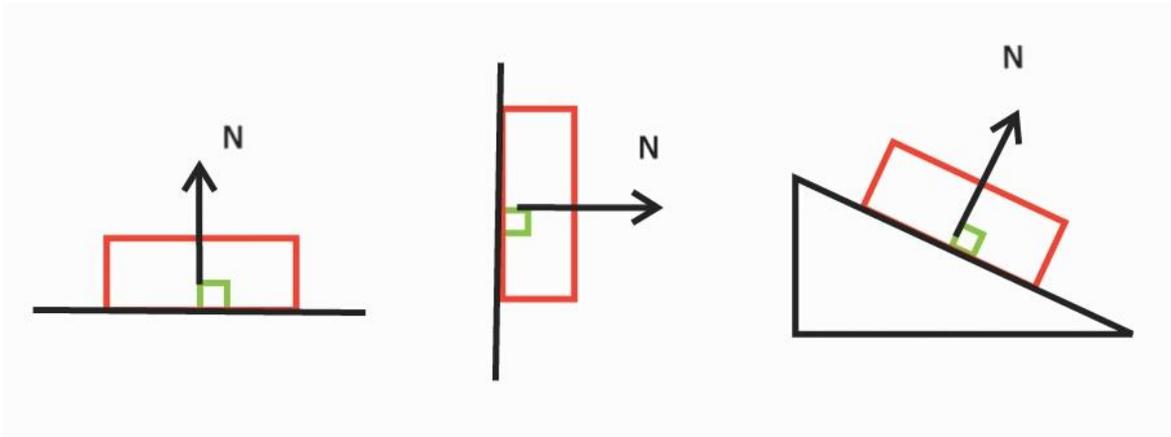


Figura 2.3: Representación de la fuerza normal.

### iii) FUERZA DE ROCE

Cuando se está en contacto en algún medio o alguna superficie, existe algo entre los dos medios que interactúan que impide que el movimiento sea libre, es decir que existe una resistencia entre ellos, a esta resistencia se le conoce como fuerza de fricción o simplemente rozamiento. Esta fuerza es muy necesaria para el movimiento, ya que sin ella no se podría caminar, ni las ruedas de los vehículos podrían girar si esta fuerza no existiera.

Existen dos fuerzas de fricción, la primera es la fuerza de fricción estática y la segunda es la fuerza de fricción cinética.

La fuerza de fricción estática ocurre hasta el momento justo antes de que las superficies que están en contacto se pongan en movimiento y se puede denotar por la siguiente fórmula:

$$f_e \leq \mu_e N$$

Donde  $f_e$  es la fuerza de fricción estática,  $\mu_e$  es el coeficiente de rozamiento estático, este depende de la naturaleza de las superficies que están en contacto y  $N$  es la magnitud de la fuerza normal que ejerce una superficie sobre la otra.

La segunda fuerza de fricción que existe es la fuerza de fricción cinética, esta fuerza aparece cuando las superficies en contacto están en movimiento

$$f_k = \mu_k N$$

Donde  $f_k$  es la fuerza de fricción cinética,  $N$  es la magnitud de la fuerza normal que ejerce una superficie sobre la otra y  $\mu_k$  es el coeficiente de fricción cinético, este coeficiente puede variar con la rapidez.

En los experimentos que se han realizado, los resultados que se han obtenidos de ellos destacan que  $\mu_k$  es menor que  $\mu_e$  y es  $\mu_k$  es casi constante para velocidades de 1 cm/s a varios metros por segundo (Serway, Jewett & González, 2015 y Tipler & Mosca, 2007).

#### iv) FUERZA DE TENSIÓN

Todos los objetos físicos que están en contacto pueden ejercer fuerzas entre ellos. A estas fuerzas de contacto les damos diferentes nombres, basados en los diferentes tipos de objetos en contacto. Si la fuerza es ejercida por una cuerda, un hilo, una cadena o un cable, la llamamos tensión.

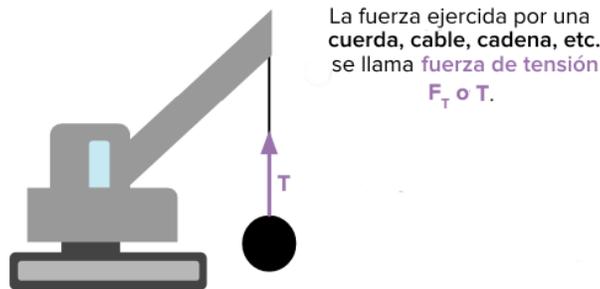


Figura 2.4: Fuerza de tensión ( $\vec{T}$ ) surge cuando la fuerza es ejercida por una cuerda, cable o similar, sobre un objeto.

Las cuerdas y los cables son útiles para ejercer fuerzas, ya que pueden transferir una fuerza de manera eficiente sobre una distancia significativa (por ejemplo, la longitud de la cuerda). Un trineo puede ser jalado por un equipo de perros siberianos por medio de cuerdas atadas a estos, que les permiten correr con un mayor rango de movimiento comparado con el que tendrían si tuvieran que empujar el trineo por su parte trasera usando la fuerza normal.

Es importante observar que la tensión es una fuerza de tracción, pues las cuerdas no pueden empujar de forma efectiva. Tratar de empujar con una cuerda provocaría que se afloje y pierda la tensión que le permitiría jalar en primer lugar.

#### 2.3.4. LEYES DE MOVIMIENTO DE NEWTON

Como se mencionó anteriormente Isaac Newton en el siglo XVII propuso tres principios que cambiaron totalmente el paradigma respecto a fuerza hasta ese entonces, permitiendo así explicar correctamente la naturaleza de la dinámica. Estas tres leyes fueron las siguientes:

**i) PRIMERA LEY DE NEWTON**

Previo a mencionar la primera ley de Newton es importante conocer el concepto de partícula libre, ya que es la base sobre la cual se establece esta. Una partícula libre puede definirse como aquella que interactúa con nada, esta idea es principalmente difícil de concebir en la cotidianeidad, porque una partícula aislada de todo no podría ser observada, porque ya existiendo este proceso se producirá una interacción entre dicha partícula y el observador. No obstante, algunas partículas pueden considerarse aisladas si están a una distancia tal, que la interacción entre estas es casi despreciable o bien por interacciones que se anulen, resultando una interacción total nula (Alonso & Finn, 2000).

En cinemática se destaca la diferencia que puede significar apreciar la velocidad de un camión de acuerdo a distintas referencias, ya que esta impresión depende del estado de movimiento, o reposo, que tenga el observador, ya que no tendrá la misma impresión al estar en reposo que al estar moviéndose en la misma dirección o en dirección contraria del camión. En la dinámica esta idea es análoga, donde el observador se denomina como observador inercial, el cual se sitúa sobre un sistema de referencia inercial. Este concepto se define como “Si sobre un objeto no actúa ninguna fuerza, cualquier sistema de referencia con respecto al cual la aceleración del objeto es cero es un sistema de referencia inercial” (Tipler & Mosca, 2007). El concepto anterior posee una gran importancia en este punto, por lo que es de vital importancia comprenderlo, un observador inercial (el cual se sitúa sobre un sistema de referencia inercial) se considera como una partícula libre, es decir, no posee interacción alguna, por lo tanto este observador no está sometido a ninguna aceleración, lo cual significa que puede estar en reposo o bien moviéndose a velocidad constante, por lo tanto frente a un objeto, que es una partícula libre, cualquier sistema de referencia en el que la aceleración de dicho objeto sea cero, se denominará sistema de referencia inercial.

Regularmente se utiliza una versión moderna de las leyes de Newton, las cuales postulan en el caso de la primera ley de movimiento de Newton, la cual dice lo siguiente: “Todo cuerpo en reposo sigue en reposo a menos que sobre él actúe una fuerza externa. Un cuerpo en movimiento continúa moviéndose con velocidad constante a menos que sobre él actúe una fuerza externa” (Tipler & Mosca p.79, 2007).

Una situación física cotidiana podría verse al jugar hockey de aire; cabe destacar que la particularidad de las mesas de hockey de aire es tener un roce muy bajo, se esperara debido a lo anterior que el disco se mantenga en su posición inicial. Pero si dicha mesa se coloca sobre un tren que se desplaza a velocidad constante sobre una pista perfectamente recta y sin sobresaltos, nuevamente se espera que el disco se mantenga en su posición. No obstante, si el tren acelera el disco se moverá en dirección contraria al movimiento del tren, al igual que sucedería con una persona parada en un autobús que acelera bruscamente, la cual sentiría un empujón hacia la parte trasera del autobús (Serway, Jewett & González, 2015).

## ii) SEGUNDA LEY DE NEWTON.

Previo a mencionar la segunda ley de Newton es importante definir la masa, debido a que esta es una de las variables principales en el estudio de las fuerzas.

Masa se define como una propiedad de un objeto, la cual hace referencia a la resistencia que el mismo presenta para modificar su velocidad, es decir, en palabras simples es cuán difícil es cambiar el estado de movimiento o reposo de un objeto. Experimentalmente se ha mostrado que a medida que la masa de un objeto aumenta, la aceleración que presentaría este frente a la acción de una fuerza conocida será menor (Serway, Jewett, & González, 2015).

Con estos conceptos ya definidos, se puede entrar de lleno a desarrollar la Segunda ley de Newton.

Regularmente el movimiento se observa centrándose únicamente en una partícula, lo cual puede ser consecuencia de la dificultad de mirar las demás partículas o bien por simple conveniencia, este punto es muy recurrente y se dificulta en gran medida el uso de la conservación del momentum. Por esto es que se resolvió dicho problema introduciendo el concepto de fuerza, el cual es el principal que se viene a la cabeza al mencionar las leyes de movimiento de Newton.

La interpretación básica del concepto de fuerza se realiza de acuerdo a las experiencias cotidianas que ha tenido cada persona, de esta manera se asocia principalmente a la idea de empujar o tirar un objeto. En la mayoría de los casos cotidianos que se toman como experiencia para la comprensión de este concepto existe una interacción entre una persona y un objeto principalmente por actividad muscular, por esto es común que se centre la atención en una parte de la interacción y la otra se obvie, es decir, se piensa que solo existe una fuerza que ejerce la persona sobre el objeto para lograr moverlo y así modificar su velocidad. Sin embargo, las fuerzas no necesariamente causan algún movimiento, un claro ejemplo es un objeto situado sobre una mesa, sobre el objeto actúa la fuerza gravitacional, pero aun así este permanece estático.

Al considerar la masa no inercial; se puede deducir la ecuación que regularmente se asocia a la segunda ley de movimiento de Newton. Esta dice de acuerdo a su definición moderna que: "La aceleración de un cuerpo tiene la misma dirección que la fuerza externa neta que actúa sobre él. Es proporcional a la fuerza externa neta según  $\vec{F}_{neta} = m \cdot \vec{a}$ , donde m es la masa del cuerpo. La Fuerza neta que actúa sobre un cuerpo, también llamada fuerza resultante, es el vector suma de todas las fuerzas que sobre el actúan:  $\vec{F}_{neta} = \Sigma \vec{F}$ " (Tipler & Mosca, p.80, 2007).

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

Cabe destacar que la idea de fuerza neta hace referencia a la suma de todas las fuerzas externas que actúan sobre la partícula, es decir, la consecuencia de la interacción con las demás partículas o cuerpos. Por ejemplo, un vehículo en movimiento esta presencia de las fuerzas horizontales, las

cuales serían la fuerza del motor sobre el vehículo y el roce que genera el piso sobre las ruedas; mientras por otro lado están las fuerzas verticales que serían la fuerza gravitatoria que actúa sobre el vehículo. En este caso cotidiano se incorpora la idea de fuerza normal, siendo esta la fuerza que ejerce el vehículo sobre el suelo; si bien esta fuerza no está actuando sobre el vehículo se incorpora para explicar el hecho de que el cuerpo no esté moviéndose en forma vertical.

### iii) TERCERA LEY DE NEWTON.

La tercera ley de Newton hace referencia a la importancia de los pares de fuerzas, ya que como se mencionó anteriormente, regularmente se tiende a focalizar el estudio de la fuerza en sólo una partícula. Esto posee una gran importancia ya que la fuerza es una interacción entre partículas, no algo intrínseco, esto quiere decir que toda fuerza aplicada tendrá como consecuencia otra fuerza de igual magnitud, pero en sentido opuesto, además cabe recalcar la idea de que ésta actúa sobre cuerpos distintos.

Esta idea da pie a la definición moderna de la tercera ley de Newton, más conocida como la ley de acción y reacción, la cual menciona lo siguiente: “Las fuerzas siempre actúan por pares iguales y opuestos. Si el cuerpo A ejerce una fuerza  $\vec{F}_{ab}$  sobre el cuerpo B, éste ejerce una fuerza igual, pero opuesta  $\vec{F}_{ba}$  sobre el cuerpo A (Tipler & Mosca p.80, 2007).

$$\vec{F}_{ab} = -\vec{F}_{ba}$$

Si bien la complejidad de esta ecuación es baja, la dificultad que genera es elevada ya que como se mencionó anteriormente suele mal entenderse, generando así errores conceptuales que dificultan la comprensión newtoniana de las fuerzas. Por esto es importante destacar el hecho de que la fuerza se debe mencionar que es la fuerza que ejerce un cuerpo sobre otro. Por ejemplo, la fuerza gravitatoria es la fuerza que ejerce la tierra sobre una persona u objeto. A continuación, se presenta un mapa conceptual que resume la parte física asociada al marco teórico:

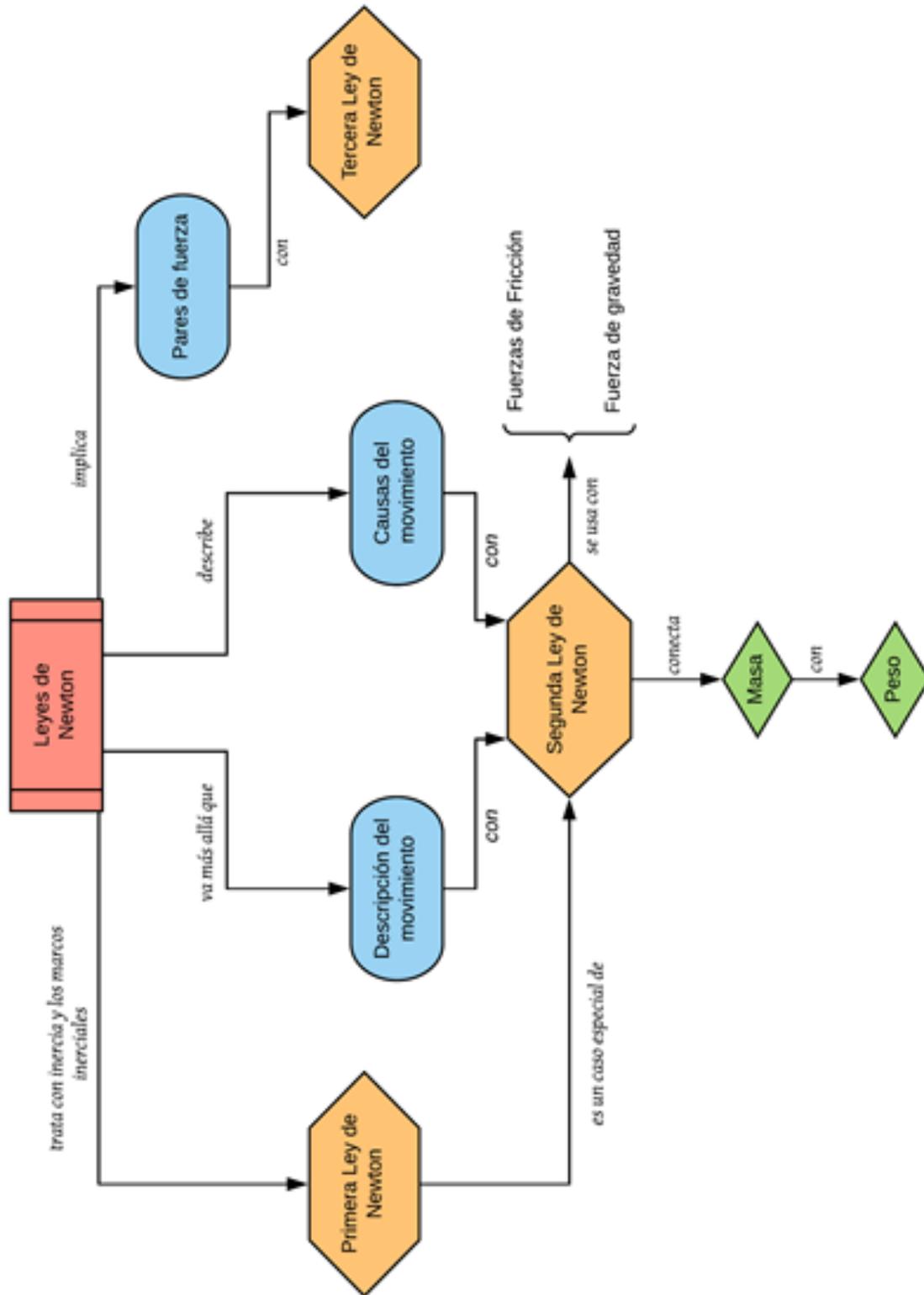


Figura 2.5. Mapa conceptual de fuerza y movimiento en el marco teórico. Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO METODOLÓGICO**

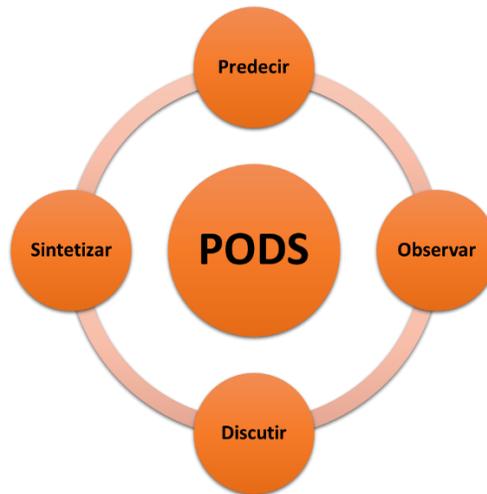
#### **3.1 CLASES DEMOSTRATIVAS INTERACTIVAS**

En el último tiempo se ha incrementado la tendencia por el uso de estrategias de enseñanza aprendizaje basadas en el constructivismo, “la idea básica del llamado enfoque constructivista es que aprender y enseñar, lejos de ser meros procesos de repetición y acumulación de conocimientos, implican transformar la mente de quien aprende” (Pozo y Gómez, 2006, p.23).

En el contexto de esta idea los docentes tendrán que cambiar su forma de enseñar desde lo teórico y narrativo a actividades prácticas y significativas, en las cuales los estudiantes puedan manipular e intercambiar sus ideas, con la característica de centrar el aprendizaje en el desarrollo de las habilidades y competencias para que el estudiante abarque “los tres aspectos de conocer y comprender, saber actuar y saber ser” (Huber, 2008, p62.) los cuales son de suma importancia en el desenvolvimiento de la sociedad actual.

En el ámbito de la enseñanza de la física, una de las principales fórmulas para el desarrollo de metodologías de aprendizaje activo es el denominado ciclo PODS (según sus siglas: Predecir, Observar, Discutir, Sintetizar). El ciclo PODS se enfoca en estimular a los estudiantes para que colaboren entre sí intercambiando ideas, sugerencias y hallazgos, pero es indispensable que posean aprendizajes previos tanto los profesores como los alumnos para llevarlos a cabo, cambiando las técnicas didácticas de las clases magistrales por actividades que propicien la reflexión y la resolución de problemas autónomos y autodirigidos (Mora, 2008).

Este ciclo, según lo describe Cesar Mora (2008), se ajusta de excelente manera a las características pedagógicas de los métodos constructivistas, es un ciclo en el cual los estudiantes elaboran sus propias predicciones de algún fenómeno físico, posteriormente observan de forma detallada, manipulando los experimentos o bien observando algún manipulativo virtual, luego discuten sus resultados en grupos pequeños, esto permite comparar los resultados con los obtenidos en las predicciones que se hicieron al principio del ciclo, y así ver sus errores o aciertos, reafirmando de esta forma sus aprendizajes.



*Figura 3.1. Ciclo PODS. Fuente: Orozco, 2012*

Con base en este ciclo, Sokoloff y Thornton (1997) desarrollaron una metodología de enseñanza para el aprendizaje activo conocida como Clases Demostrativas Interactivas (ILD según sus siglas en inglés), indicando que dicha metodología involucra a los estudiantes en el proceso de aprendizaje y, en consecuencia, convierte el entorno de clases usualmente pasivo en uno más activo. Para el desarrollo de su metodología, Sokoloff y Thornton plantean ocho pasos, que se pueden ver en la tabla a continuación.

<b>Procedimiento de ocho pasos para las Clases Demostrativas Interactivas</b>
1. Describir la demostración y realizarla frente a la clase sin exhibir mediciones.
2. Solicitar a los estudiantes que registren sus predicciones individuales en la Hoja de Predicciones.
3. Reunir a los estudiantes en pequeños grupos de discusión.
4. Obtener las predicciones en común de los distintos grupos.
5. Solicitar a los estudiantes registrar su predicción final en su Hoja de Predicciones.
6. Realizar la demostración, exhibiendo las mediciones realizadas.
7. Solicitar a algunos estudiantes que describan los resultados y discutirlos en el contexto de la demostración. Los estudiantes pueden completar su Hoja de Resultados.
8. Discutir situaciones físicas análogas, con diferentes características, pero basadas en los mismos conceptos.

*Tabla 3.1: Procedimiento de ocho pasos para las Clases Demostrativas Interactivas. Fuente: Sokoloff y Thornton, 2004.*

Las Clases Demostrativas Interactivas son una de las metodologías de aprendizaje activo que se pueden usar en aulas donde la cantidad de alumnos sea muy numerosa y de esta manera sean involucrados en su proceso de aprendizaje y mejorar su entendimiento conceptual (Mazzolini, Daniels y Edwards, 2012). Cabe señalar, que los pasos de la estrategia son perfectamente realizables en una sola clase, ya que varios de ellos son sólo acciones a seguir.

Una de las claves del funcionamiento de esta metodología es la estimulación que produce el uso de las demostraciones, lo cual permite que los estudiantes busquen una explicación de una observación, discutan las causas de esto y que también desean manipular el experimento para entender a cabalidad el fenómeno. Este proceso permite mejorar el entendimiento de la física en los estudiantes, ya que construyen el conocimiento a partir de las bases físicas que poseen, es decir, conceptos, teorías y también patrones (Tavares & Martínez, 2017). Así, las Clases Demostrativas Interactivas incorporan los elementos clave de las metodologías de enseñanza para el aprendizaje activo, mientras que también otorgan relevancia a las ideas, conceptos y conocimientos previos del estudiantado.

La UNESCO por otro lado, apoya el uso de estas metodologías de aprendizaje de la física, dado que promueven en los estudiantes la realización de tareas experimentales que favorecen de gran manera el aprendizaje conceptual, además, se incentiva al docente a realizar investigaciones en el aula sobre la enseñanza de la física (Sokoloff, 2006).

Sokoloff y Thornton (2004) señalan que las ILD permiten al estudiante utilizar la experiencia concreta para construir conceptos, y también permiten la retroalimentación mediante el intercambio de experiencias con sus pares. De esta manera, la metodología se ha probado con éxito en varios tópicos de la física, como lo son magnetismo, óptica o mecánica (Díaz, 2017).

### **3.2 DISEÑO DE LA PROPUESTA**

Con base en los antecedentes de las preconcepciones de los estudiantes en el estudio de Fuerza y Movimiento, la propuesta se basó en los siguientes modelos alternativos recurrentes:

- En ausencia de fuerza, todo objeto permanece en reposo.
- Un objeto dejará de moverse cuando la fuerza deje de ser aplicada sobre él.
- Si una persona está quieta, no ejercerá fuerza sobre otra que la esté tirando.
- Los objetos se ponen en movimiento debido a la acción de una fuerza, y ese movimiento se dará en la misma dirección y sentido de la fuerza.
- La fuerza aplicada por la mano acompaña al objeto en su movimiento.

De esta manera se construyó una propuesta didáctica para poder contrastar las ideas intuitivas de los estudiantes, mediante la metodología explicada anteriormente de Clases Demostrativas Interactivas (CDI).

La propuesta está enfocada en estudiantes de segundo año de enseñanza media para la unidad 2 llamada "Fuerzas" en el currículum vigente, y consta de dos guías que en conjunto tienen una duración de cuatro horas pedagógicas. La propuesta se presenta en el capítulo 4. Consta de dos guías de trabajo para el estudiante acompañadas de material visual (videos) junto a dos guías de orientaciones para el docente, las cuales servirán de apoyo al momento de implementar las dos guías propuestas.

El objetivo que buscan las guías de trabajo será contribuir al aprendizaje del concepto de fuerza, apoyado en actividades experimentales y recursos digitales en el marco de una clase basada en aprendizaje activo. Cada guía se estructura de acuerdo al ciclo PODS.

En el caso de la primera guía, la especificación de la secuencia según el ciclo PODS, será la siguiente:

Etapa de CDI	Especificación de la secuencia				
Predecir	<p>Habilidades: Analizar y explicar los resultados de una investigación científica, para plantear inferencias y conclusiones.</p> <p><b>ETAPA I. PREDICCIONES INDIVIDUALES</b></p> <p>Tiempo de duración: 10 minutos.</p> <p>Objetivo: Formular predicciones con base en la descripción experimental del docente.</p> <p>Según la descripción dada por el docente, se presentan dos personas que tiran simultáneamente de dos sensores de fuerza conectados, en este caso se postula la siguiente interrogante:</p> <table border="1" data-bbox="407 890 1377 1075"> <thead> <tr> <th data-bbox="407 890 894 936">Actividad 1</th> <th data-bbox="894 890 1377 936">Actividad 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="407 936 894 1075">¿Cómo serán las gráficas de fuerza en el tiempo para dos personas que se jalen entre ellas simultáneamente?</td> <td data-bbox="894 936 1377 1075">¿Cómo serán las gráficas de fuerza en el tiempo para cada una de las personas?</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dicha pregunta debe ser respondida de acuerdo con lo solicitado, en este caso una gráfica de fuerza versus tiempo, procurando que los estudiantes no compartan ninguna idea entre ellos, ya que se espera obtener una predicción de los modelos de cada estudiante, sin la influencia de sus pares, ya que para esto se presenta la segunda etapa.</p> <p><b>ETAPA II. PREDICCIONES GRUPALES</b></p> <p>Tiempo de duración: 10 minutos.</p> <p>Objetivo: Comentar las predicciones en grupos de dos o tres estudiantes, promoviendo la discusión, todo esto con el propósito de llegar a una respuesta grupal del fenómeno que se espera ocurra.</p> <p>De acuerdo al montaje propuesto se pide posteriormente que cada integrante del grupo comparta sus predicciones individuales, comentando las razones por las cuales las realizó.</p>	Actividad 1	Actividad 2	¿Cómo serán las gráficas de fuerza en el tiempo para dos personas que se jalen entre ellas simultáneamente?	¿Cómo serán las gráficas de fuerza en el tiempo para cada una de las personas?
Actividad 1	Actividad 2				
¿Cómo serán las gráficas de fuerza en el tiempo para dos personas que se jalen entre ellas simultáneamente?	¿Cómo serán las gráficas de fuerza en el tiempo para cada una de las personas?				

	<p>Luego se llega a un acuerdo para elaborar una predicción grupal, la cual reflejará el comportamiento más aceptado en el grupo, destacando las diferencias y similitudes que presentará cada predicción grupal. Es importante destacar que la predicción grupal debe responder a la misma pregunta que se mencionó anteriormente.</p> <p><b>ETAPA III. PRESENTACION DE PREDICCIONES</b></p> <p>Tiempo de duración: 10 minutos</p> <p>Objetivo: Contrastar las predicciones acordadas entre los distintos grupos de trabajo.</p> <p>Finalmente, en esta etapa de predicción todos los grupos compartirán sus predicciones, explicando la razón por la cual fue escogida, haciendo un catálogo de predicciones grupales, para en la etapa posterior contrastar con lo que realmente sucede.</p>
Observar	<p>Habilidades: Observar y describir detalladamente las características de objetos, procesos y fenómenos.</p> <p><b>ETAPA IV. DEMOSTRACIÓN EXPERIMENTAL</b></p> <p>Tiempo de duración: 10 minutos</p> <p>Objetivo: Comparar las predicciones anteriormente entregadas con los resultados experimentales obtenidos con los sensores y software de análisis de datos.</p> <div data-bbox="407 1333 1380 1501" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar la existencia de pares de fuerza</li> <li>• Analizar la relación entre fuerzas de un par acción y reacción.</li> </ul> </div> <p>De acuerdo con lo anterior observar si alguna predicción grupal efectivamente es la obtenida por la gráfica del software. Esto permite cuestionarse ¿Por qué esa predicción es la correcta? ¿Por qué las demás predicciones no corresponden?</p>
Discutir	<p>Habilidades: Analizar y explicar los resultados de una investigación científica, para plantear inferencias y conclusiones.</p>

	<p><b>ETAPA V. DISCUSIÓN</b></p> <p>Tiempo de duración: 15 minutos.</p> <p>Objetivo: Detallar los fundamentos detrás del comportamiento observado en la actividad.</p> <p>En este punto lo importante para el docente es tomar las anteriores predicciones expuestas, ya que a través de estas se expresan posibles ideas alternativas con respecto a los pares de fuerzas. Así, permitiendo construir el conocimiento partiendo de la experiencia de los estudiantes y procurando modificar ideas erróneas relacionadas con la intuición.</p>
<p>Sintetizar</p>	<p>Habilidades: Formular preguntas y/o problemas a partir de conocimiento científico.</p> <p><b>ETAPA VI. SITUACIONES COTIDIANAS</b></p> <p>Tiempo de duración: 10 minutos.</p> <p>Objetivo: Relacionar los conceptos tratados a partir de la actividad con la vida cotidiana.</p> <p>A modo de síntesis es importante contextualizar que lo hablado no se aleja tanto de la vida diaria, ya que se puede observar en una infinidad de situaciones análogas, donde en cada interacción hay presente un par de fuerzas.</p> <p>De esta manera dejar claro que la fuerza no es algo intrínseco de los objetos, sino que responde a una interacción entre dos objetos, lo cual produce que aparezcan simultáneamente dos fuerzas de igual magnitud, pero con distinto sentido.</p> <p>Aclarando también lo anterior es crucial clarificar que, si bien existen dos fuerzas, estas actúan sobre cuerpos distintos, siendo esta la razón por la cual no siempre se anularán todas las fuerzas.</p>

Tabla 3.2: Guía 1 según ciclo PODS. Fuente: Elaboración Propia.

En la segunda guía, la especificación de la secuencia según el ciclo PODS, será la siguiente:

Etapa de CDI	Especificación de la secuencia				
Predecir	<p>Habilidades: Analizar y explicar los resultados de una investigación científica, para plantear inferencias y conclusiones.</p> <p><b>ETAPA I. PREDICCIONES INDIVIDUALES</b></p> <p>Tiempo de duración: 10 minutos.</p> <p>Objetivo: Formular predicciones con base en la descripción experimental del docente.</p> <p>Según la descripción dada por el docente, se presenta una persona empuja un sensor de fuerza, en este caso se postula la siguiente interrogante:</p> <table border="1" data-bbox="407 968 1382 1199"> <thead> <tr> <th data-bbox="407 968 894 1010">Actividad 1</th> <th data-bbox="894 968 1382 1010">Actividad 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="407 1010 894 1199">explique brevemente qué ocurrirá con el carro cuando se deje de aplicar la fuerza sobre él.</td> <td data-bbox="894 1010 1382 1199">Explique brevemente qué ocurrirá con el carro después de aplicar la fuerza sobre él.</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dicha pregunta debe ser respondida de acuerdo a lo solicitado, en este caso una gráfica de fuerza versus tiempo, procurando que los estudiantes no compartan ninguna idea entre ellos, ya que se espera obtener una predicción de los modelos de cada estudiante, sin la influencia de sus pares, ya que para esto se presenta la segunda etapa.</p> <p><b>ETAPA II. PREDICCIONES GRUPALES</b></p> <p>Tiempo de duración: 10 minutos.</p> <p>Objetivo: Comentar las predicciones en grupos de dos o tres estudiantes, promoviendo la discusión, todo esto con el propósito de llegar a una respuesta grupal del fenómeno que se espera ocurra.</p>	Actividad 1	Actividad 2	explique brevemente qué ocurrirá con el carro cuando se deje de aplicar la fuerza sobre él.	Explique brevemente qué ocurrirá con el carro después de aplicar la fuerza sobre él.
Actividad 1	Actividad 2				
explique brevemente qué ocurrirá con el carro cuando se deje de aplicar la fuerza sobre él.	Explique brevemente qué ocurrirá con el carro después de aplicar la fuerza sobre él.				

	<p>De acuerdo al montaje propuesto se pide posteriormente que cada integrante del grupo comparta sus predicciones individuales, comentando las razones por las cuales las realizó.</p> <p>Luego se llega a un acuerdo para elaborar una predicción grupal, la cual reflejará el comportamiento más aceptado en el grupo, destacando las diferencias y similitudes que presentará cada predicción grupal. Es importante destacar que la predicción grupal debe responder a la misma pregunta que se mencionó anteriormente.</p> <p><b>ETAPA III. PRESENTACION DE PREDICCIONES</b></p> <p>Tiempo de duración: 10 minutos</p> <p>Objetivo: Contrastar las predicciones acordadas entre los distintos grupos de trabajo.</p> <p>Finalmente, en esta etapa de predicción todos los grupos compartirán sus predicciones, explicando la razón por la cual fue escogida, haciendo un catálogo de predicciones grupales, para en la etapa posterior contrastar con lo que realmente sucede.</p>
Observar	<p>Habilidades: Observar y describir detalladamente las características de objetos, procesos y fenómenos.</p> <p><b>ETAPA IV. DEMOSTRACIÓN EXPERIMENTAL</b></p> <p>Tiempo de duración: 10 minutos</p> <p>Objetivo: Comparar las predicciones anteriormente entregadas con los resultados experimentales obtenidos con los sensores y software de análisis de datos.</p> <div data-bbox="407 1560 1382 1730" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar la relación que existe entre fuerza y movimiento</li> <li>• Distinguir el efecto de fuerzas impulsivas y continuas sobre los objetos</li> </ul> </div>

	De acuerdo a lo anterior observar si alguna predicción grupal efectivamente es la obtenida por la gráfica del software. Eso permite cuestionarse ¿Por qué esa predicción es la correcta? ¿Por qué las demás predicciones no corresponden?
Discutir	<p>Habilidades: Analizar y explicar los resultados de una investigación científica, para plantear inferencias y conclusiones.</p> <p><b>ETAPA V. DISCUSIÓN</b></p> <p>Tiempo de duración: 15 minutos.</p> <p>Objetivo: Detallar los fundamentos detrás del comportamiento observado en la actividad.</p> <p>En este punto lo importante para el docente es tomar las anteriores predicciones expuestas, ya que a través de estas se expresan posibles ideas alternativas con respecto a los pares de fuerzas. Así, permitiendo construir el conocimiento partiendo de la experiencia de los estudiantes y procurando modificar ideas erróneas relacionadas con la intuición.</p>
Sintetizar	<p>Habilidades: Formular preguntas y/o problemas a partir de conocimiento científico.</p> <p><b>ETAPA VI. SITUACIONES COTIDIANAS</b></p> <p>Tiempo de duración: 10 minutos.</p> <p>Objetivo: Relacionar los conceptos tratados a partir de la actividad con la vida cotidiana.</p> <p>A modo de síntesis es importante contextualizar que lo hablado no se aleja tanto de la vida diaria, ya que se puede observar en una infinidad de situaciones análogas, donde en cada interacción hay presente un par de fuerzas.</p>

Tabla 3.3. Guía 2 según ciclo PODS. Fuente: Elaboración Propia.

Cabe insistir que la metodología pide realizar una serie de pasos, los cuales deberán repetirse contantemente durante el trascurso de la clase, en el caso particular de estas guías, en resumen, la distribución de tiempo por clase y distribución de cada una de las guías es el siguiente:

Etapa	Tiempo (minutos)
Presentación del experimento.	5
Predicciones individuales.	10
Presentaciones grupales.	10
Presentación de predicciones.	5
Presentación de resultados del experimento.	5
Contextualización de la experiencia.	15
Situaciones análogas.	5

Tabla 3.4. Resumen tiempos de secuencia didáctica. Fuente elaboración propia.

### 3.3 VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

El proceso de validación constó de varias etapas y participaron en ella estudiantes de enseñanza media, profesores de física que actualmente ejercen la docencia en colegio de la región metropolitana y profesores en formación inicial.

Para este proceso se consideró la implementación rúbricas que permitieron validar ambas guías por constructo y contenido (anexo 2). Ambos insumos se analizaron de manera cualitativa y los resultados permitieron optimizar la secuencia propuesta.

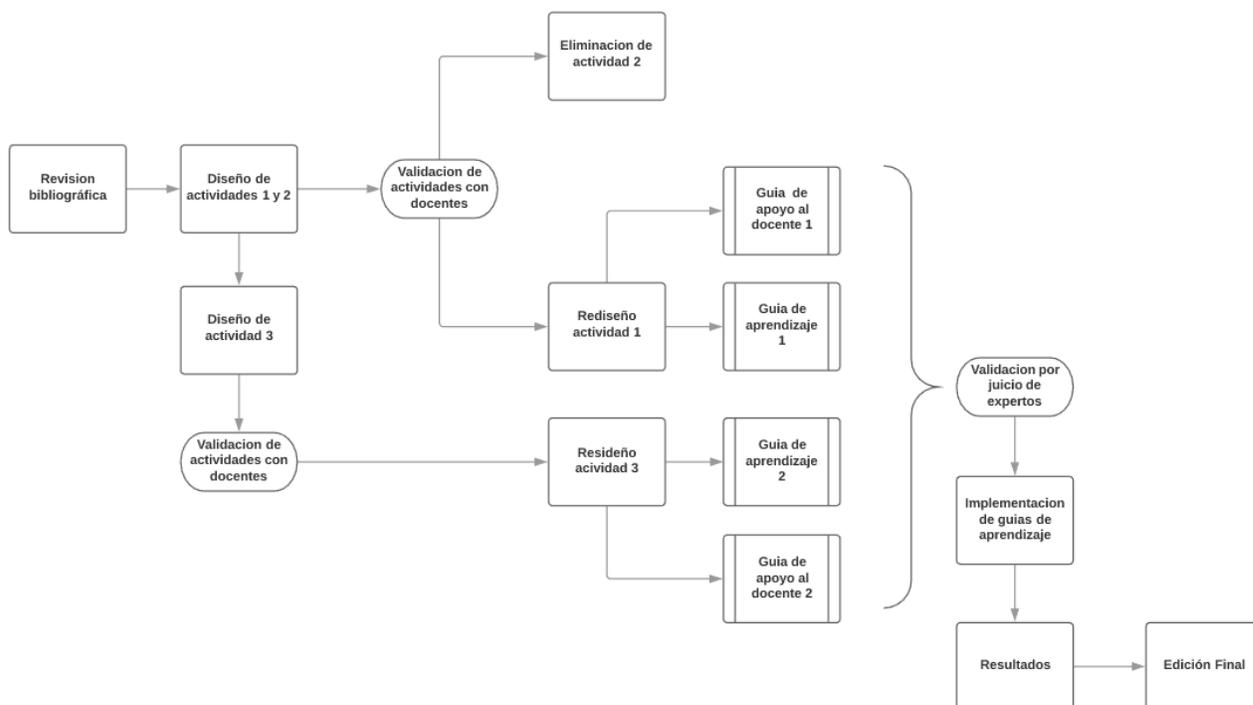


Figura 3.2: Diagrama de flujo de resumen de la metodología. Fuente: Elaboración propia.

## **CAPITULO 4**

En este capítulo se presenta la propuesta didáctica optimizada como resultado de las distintas etapas de validación.

### **4.1. PROPUESTA DIDACTICA**

Como ya se ha mencionado la propuesta didáctica consta de dos guías de aprendizaje para el estudiantado y dos guías de apoyo al docente. En la propuesta también se incluyen los videos generados para colegios en los que no sea posible mostrar de manera presencial la experiencia. Esta propuesta está diseñada para implementarse en 4 horas pedagógicas, correspondiendo dos horas pedagógicas para cada una de las guías.

### **SECUENCIAS EXPERIMENTALES**

Se presentan a continuación las dos secuencias experimentales elaboradas, tal y como se utilizarían en el aula.

Cabe señalar que para evitar que las escuelas deban adquirir el material experimental utilizado, se sugiere recurrir a videos donde el experimento demostrativo está grabado, que son presentados más adelante.

## SECUENCIA EXPERIMENTAL N°1

### Hoja de predicciones

Nombre: \_\_\_\_\_

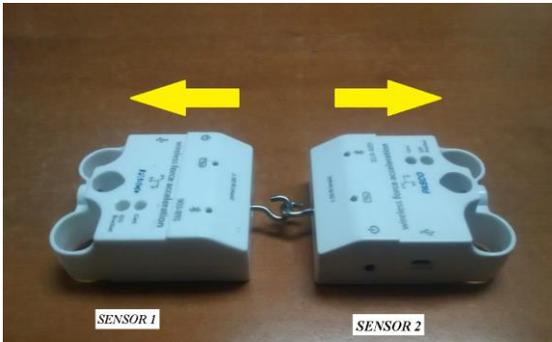
Curso: \_\_\_\_\_

Objetivo(s):

- Identificar la existencia de pares de fuerza
- Analizar la relación entre fuerzas de un par acción y reacción.

Montaje experimental:

Figura 1.



En la figura 1 se pueden apreciar dos sensores de fuerza unidos entre sí por dos ganchos.

Cada sensor mide las fuerzas que se ejercen sobre su propio gancho.

De acuerdo al sistema de coordenadas del sensor, se considera positiva la fuerza que es aplicada tirando el gancho hacia el exterior del sensor. En contraste, se considera negativa la fuerza aplicada al empujar del gancho del sensor hacia dentro.

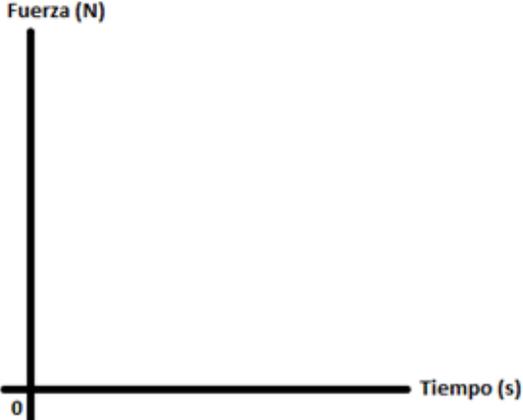
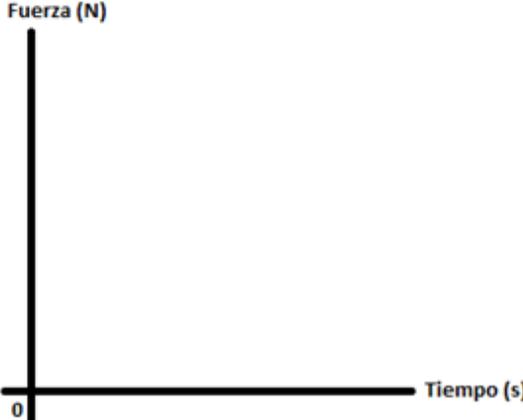
**Caso n°1:**

Dos personas tienen en sus manos un sensor de fuerza y ambos están unidos a través de sus ganchos como se muestra en la figura 1.

Cada una de las personas tira del sensor con una cierta fuerza en dirección contraria a la fuerza que ejerce la otra persona sobre su propio sensor.

Nótese que ninguna de las dos personas sabe qué fuerza está aplicando la otra.

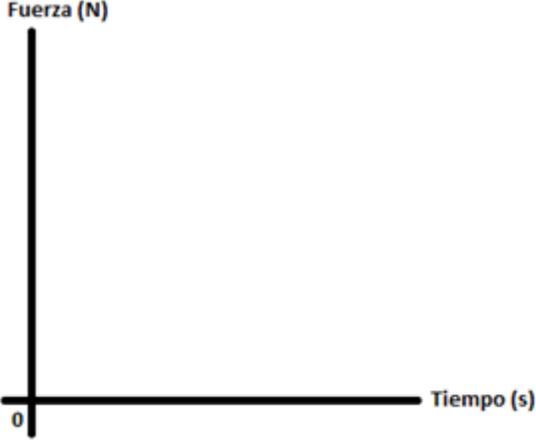
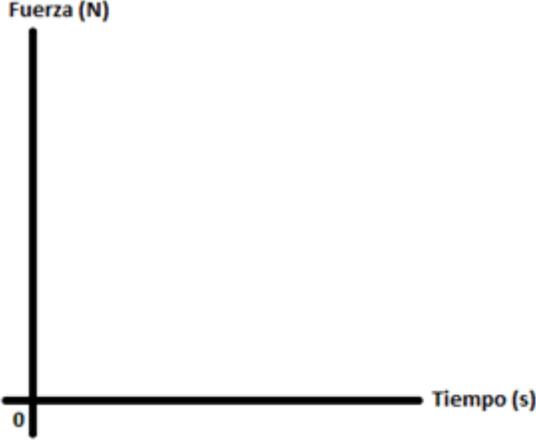
Prediga cómo será el gráfico de fuerza en función del tiempo medido por el sensor de cada una de las personas.

<b>Sensor 1 (persona 1 - izquierda)</b>	<b>Sensor 2 (persona 2 - derecha)</b>
<b>Gráfico fuerza aplicada vs tiempo</b>	<b>Gráfico fuerza aplicada vs tiempo</b>
	

**Caso n°2:**

En esta oportunidad una de las personas del caso anterior se queda fija en un lugar, sin tirar de su sensor (sensor 1), y la otra persona tira de su sensor (sensor 2) con una cierta fuerza.

Prediga cómo será el gráfico de fuerza aplicada en función del tiempo para cada una de las personas.

<b>Sensor 1 (persona 1 quieta)</b>	<b>Sensor 2 (persona 2 que tira del sensor)</b>
<b>Gráfico fuerza aplicada vs tiempo</b>	<b>Gráfico fuerza aplicada vs tiempo</b>
	

¿Qué mide exactamente cada uno de los sensores en los casos 1 y 2?

## SECUENCIA EXPERIMENTAL N°2

### Hoja de predicciones

Nombre: \_\_\_\_\_

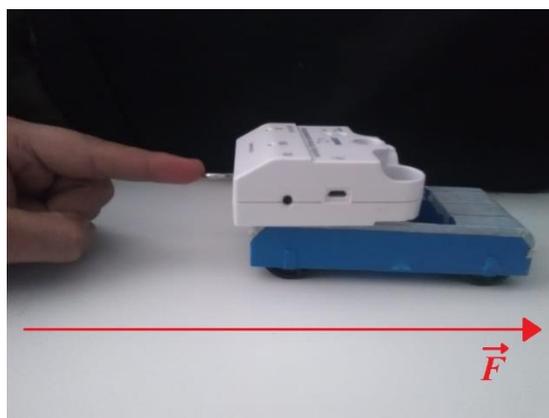
Curso: \_\_\_\_\_

#### Objetivo(s):

- Identificar la relación que existe entre fuerza y movimiento
- Distinguir el efecto de fuerzas impulsivas y continuas sobre los objetos

#### Montaje experimental

En la figura se muestra el montaje que consiste en un sensor de fuerzas unido a un carro, el cual desliza sobre una superficie con un cierto roce. La flecha roja indica la dirección de la fuerza aplicada y del movimiento del carro.

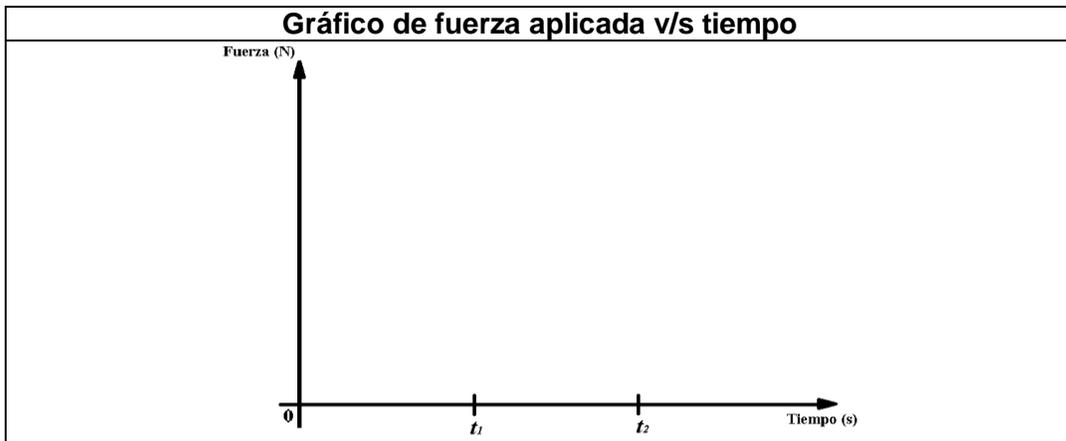


#### Caso n°1:

Una persona se dispone a empujar el sensor unido al carro, con una pequeña fuerza inicial, la cual irá aumentando continuamente. En un momento  $t_2$  la persona dejará de aplicar la fuerza sobre el sensor y el carro.

Al respecto y considerando como sistema de referencia un observador externo al sistema, explique brevemente qué ocurrirá con el carro cuando se deje de aplicar la fuerza sobre él.

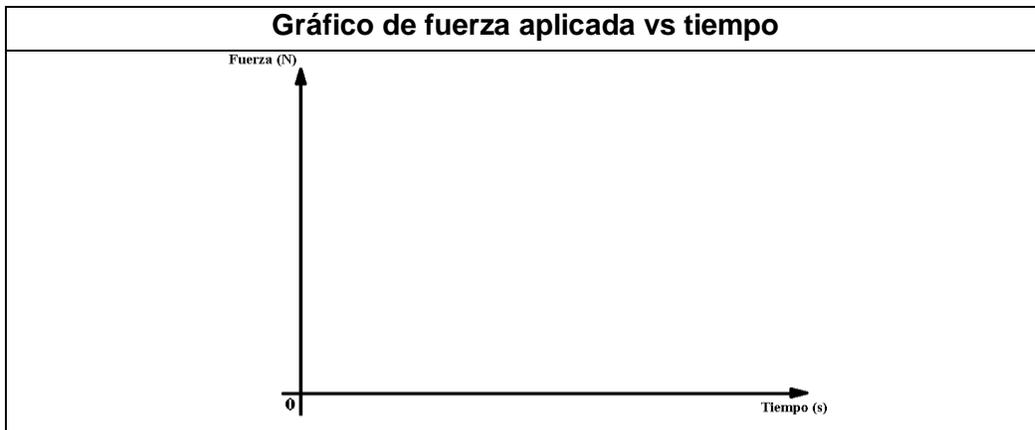
Considerando que en el intervalo "0 -  $t_1$ " el carro aún no se mueve, entre " $t_1$ " y " $t_2$ " se está moviendo y en " $t_2$ " se deja de aplicar la fuerza. Prediga cómo será el gráfico de Fuerza aplicada en función del tiempo, medido por el sensor que está unido al carro:



**Caso n°2**

Sobre el mismo sensor unido al carro, una persona aplica una fuerza impulsiva, dando un solo gran “empujón” inicial que logra sacar al carro de su estado de reposo.

Al respecto y considerando como sistema de referencia un observador externo al sistema, explique brevemente qué ocurrirá con el carro después de aplicar la fuerza sobre él.



## 4.2 GUIAS DE ORIENTACION PARA EL DOCENTE

### GUIA DE ORIENTACION AL DOCENTE 1

La siguiente propuesta didáctica está diseñada para los cursos de segundo año de enseñanza media, específicamente para la unidad 2: “Fuerza”. La metodología utilizada para desarrollar dicha actividad se denomina Clases demostrativas interactivas (CDI), la cual permite que el estudiante tome un rol activo en el proceso de aprendizaje.

**El objetivo general de esta propuesta es:**

- Identificar la existencia de pares de fuerza
- Analizar la relación entre fuerzas de un par acción y reacción.

#### **Introducción.**

Este experimento desarrolla la idea de pares de fuerzas, el cual se trabaja en la tercera ley de Newton. Si bien el concepto de acción y reacción es uno de los más recordados con respecto a las leyes de Newton, ha quedado demostrado en varios diagnósticos, como el FCI, la dificultad al desarrollar esta idea de pares de fuerzas con mayor profundidad, dicha dificultad se presenta al identificar “quien ejerce la fuerza sobre quien”, lo cual finalmente decanta en no comprender realmente cuáles fuerzas son pares y cuáles no.

Ambas actividades utilizan los mismos materiales, los cuales son los siguientes:

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Notebook con software de toma de datos y proyector</li></ul> |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Dos sensores de fuerza</li></ul>                             |

Cabe destacar que, dado que no todos los establecimientos educativos cuentan con sensores, se generó un video con ambas actividades, el cual permitiría trabajar de igual manera con esta propuesta, mostrando incluso los gráficos que entregaría el software. El video se puede encontrar en la siguiente dirección web:

<a href="https://drive.google.com/open?id=1sWMNETyEMrQQ83F5fAca_MAFs50kFGpK">https://drive.google.com/open?id=1sWMNETyEMrQQ83F5fAca_MAFs50kFGpK</a>	
<a href="https://drive.google.com/open?id=1ECfdIVmVnSrmdFv1GF0QU8qohk90GDz4">https://drive.google.com/open?id=1ECfdIVmVnSrmdFv1GF0QU8qohk90GDz4</a>	

Esta propuesta consta de dos actividades, las cuales tendrán un montaje idéntico, pero con una ligera variación en el enfoque de la actividad. Es importante mencionar que debido a la metodología que se está utilizando, cada actividad se dividirá en varias etapas. Dichas etapas serán iguales para ambas actividades, las situaciones a predecir serán las siguientes:

<b>Actividad n°1</b>
<p>Dos personas tienen en sus manos un sensor de fuerza y ambos están unidos a través de sus ganchos como se muestra en la figura 1.</p> <p>Cada una de las personas tira del sensor con una cierta fuerza en dirección contraria a la fuerza que ejerce la otra persona sobre su propio sensor.</p> <p>Nótese que ninguna de las dos personas sabe qué fuerza está aplicando la otra.</p>

<b>Actividad n°2</b>
<p>En esta oportunidad una de las personas del caso anterior se queda fija en un lugar, sin tirar de su sensor (sensor 1), y la otra persona tira de su sensor (sensor 2) con una cierta fuerza.</p>

Ambas actividades tendrán las mismas etapas, las cuales tendrán una duración similar. Por esto las etapas se mencionan de manera general, esto implica que el proceso se debe realizar para una actividad y luego de esto repetirlo para la siguiente actividad.

### **Etapas I. Predicción Individual (duración: ≈10 min)**

El docente presenta el experimento que será realizado, mostrando el montaje de este. Es importante que no se muestre el experimento en acción, ni los resultados que se obtengan, ya que la idea es que los estudiantes puedan realizar sus propias predicciones de acuerdo a lo que se pide.

Las preguntas que se busca responder son las siguientes:

<b>Actividad n°1:</b>	¿Cómo serán las gráficas de fuerza en el tiempo para dos personas que se jalen entre ellas simultáneamente?
-----------------------	---

<b>Actividad n°2:</b>	¿Qué sucedería con las gráficas de fuerza en el tiempo si solo una de las dos personas jala y la otra se mantiene fija?
-----------------------	---

En ambos casos se pueden esperar varias respuestas posibles, las cuales principalmente responderán a los preconceptos que puedan mantener los estudiantes de acuerdo a las distintas experiencias que pueda tener cada uno. Algunas de estas posibles respuestas podrían ser las siguientes:

<b>Actividad n°1:</b>	La gráfica de fuerza asociada a la persona con contextura corporal más delgada tendrá una fuerza de magnitud más pequeña que la otra.
-----------------------	---

<b>Actividad n°2:</b>	Solamente la persona que está tirando efectúa una fuerza, por lo tanto, el gráfico asociado a esta mostrará algo. En cambio, el gráfico asociado a la persona fija no mostrará nada, es decir, no habrá fuerza.
-----------------------	---

## **Etapla II. Predicción Grupal (duración: ≈10 min)**

El docente organiza a los estudiantes en grupos de 2 o 3 personas, los cuales nuevamente recibirán una hoja de predicciones idéntica a la individual, pero esta vez la completarán de manera grupal. Por esta razón se pedirá que los estudiantes sean capaces de compartir su predicción y fundamentar su elección. Para así convencer a sus compañeros de grupo y llegar a un consenso.

La disposición y el diálogo en esta instancia es muy importante, por lo tanto, el rol del profesor como guía es muy importante, para encaminar las discusiones y permitir que la conversación no se aleje de la pregunta inicial.

## **Etapla III. Presentación de predicciones (duración: ≈5 min)**

En este punto los alumnos ya tendrán una predicción grupal, por lo que se pedirá a un representante por grupo dibujar su predicción en el pizarrón, anotando las posibles predicciones sin anotar las predicciones idénticas. Además, cada representante debe dar una explicación de la predicción grupal.

El anotar en el pizarrón todas las predicciones permite tener un catálogo de todas las predicciones grupales, esto permitirá al momento de ver los resultados comparar si uno o varios grupos fueron capaces de describir el experimento correctamente.

Es necesario que el docente en este punto no de indicios de si una alguna predicción está más cercano al resultado que otras, o que alguna está mal. La idea es que cada uno presente su posible alternativa con total libertad sin miedo a que lo puedan juzgar, ya que más adelante se verá efectivamente cual predicción era la correcta o cual debiese haber sido en el caso de que nadie la hubiese propuesto.

## **Etapla IV. Demostración Experimental (duración: ≈5 min)**

En este punto el docente debe realizar la demostración del experimento, permitiendo así que todos puedan observar efectivamente lo que resultó. Además, con ayuda del software de toma de datos, mostrar el gráfico que entregan los sensores de movimientos en cada una de las actividades. El montaje para ambas actividades será el siguiente:

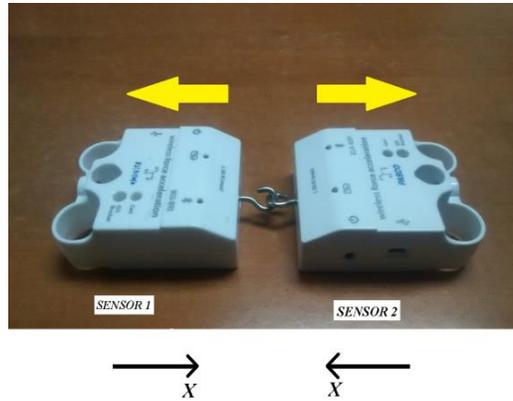


Figura 4.1. Montaje Experimental.

### Procedimiento.

1. Preparar el material que permite observar la demostración, es decir, conectar el notebook al proyector.
2. Sincronizar y configurar los sensores de fuerza wireless con el notebook, esto se realiza mediante el software de toma de datos (sparkvue, en este caso).
3. Ajustar la gráfica en el software de modo que la escala de medición permite que las observaciones sean visibles y claras. Además, se recomienda colocar dos gráficas en paralelo para que se puedan observar simultáneamente ambos gráficos.
4. Pedir a dos estudiantes que pasen adelante para realizar la demostración de acuerdo a la actividad.
5. Iniciar la medición en el software, procurando que el sensor se encuentre previamente calibrado.

Los gráficos que se obtendrán en ambas actividades, independiente de la actividad serán similares a estos:

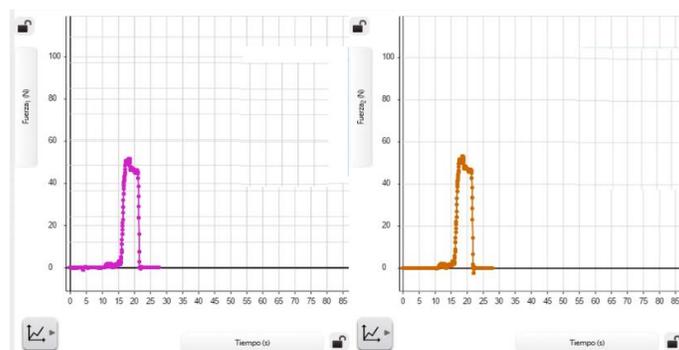


Figura 4.2. Ejemplo de demostración.

El comportamiento del gráfico dependerá únicamente de cómo realicen la fuerza los estudiantes, pero independiente de cómo se realice la fuerza la gráfica será la misma para ambos sensores. Es necesario destacar la idea de que la gráfica que se obtiene digita una fuerza negativa por el sistema de referencia que utilizan los sensores.

En este momento es importante destacar la idea de que las fuerzas que realizan los estudiantes serán iguales en módulo, pero en distinto sentido. Puede suceder que el hecho de que ambos gráficos den exactamente iguales y no resulte una fuerza negativa y otra positiva los confunda, pero ahí nuevamente hay que destacar el sistema de referencia de los sensores, donde el eje x de los sensores posee sentidos contrarios.

La idea de pares de fuerzas debe ser reforzada, explicando que las fuerzas siempre aparecen en pares por el hecho de ser una interacción entre cuerpos. Además, para que no se generen confusiones más adelante, también es necesario destacar que, si bien las fuerzas aparecen en pares, dichas fuerzas no están en un mismo cuerpo, sino que, en cuerpos distintos, de ahí el hecho de que no se anulen siempre.

#### **Etapas V. Situaciones Cotidianas (duración: ≈5 min).**

En este punto se pide a los estudiantes que mencionen situaciones donde ocurra algo análogo a lo visto en la actividad. Estas situaciones son muy variadas, debido a que cotidianamente uno está en presencia de fuerzas.

Sería muy provechoso a modo de cierre reforzar la idea de que las fuerzas están en cuerpos distintos, para esto se puede hacer la siguiente pregunta:

**Si dos personas se empujan al mismo tiempo y, además, se sabe que las fuerzas de acción y reacción son iguales, ¿Por qué regularmente una persona será alejada más que la otra?**

**¿Sucedería lo mismo si ambas personas están sobre hielo, en vez de sobre la Tierra?**

De manera análoga a este experimento y para reforzar la idea de la situación sobre hielo, se puede llevar una patineta para simular una situación con poco roce. Si se dificulta la idea de llevar una patineta, también es posible entrar a este enlace para que puedan ver un video.

## GUIA DE ORIENTACION AL DOCENTE 2

La siguiente propuesta didáctica está diseñada para los cursos de segundo año de enseñanza media, específicamente para la unidad 2: "Fuerza". La metodología utilizada para desarrollar dicha actividad se denomina Clases demostrativas interactivas (CDI), la cual permite que el estudiante tome un rol activo en el proceso de aprendizaje.

### El objetivo general de esta propuesta es:

- Identificar la relación que existe entre fuerza y movimiento
- Distinguir el efecto de fuerzas impulsivas y continuas sobre los objetos

### Introducción.

Este experimento desarrolla la idea de una fuerza breve sobre un carro, el cual se trabaja de acuerdo a la segunda ley de Newton. La idea de una fuerza que acompaña el movimiento es un preconcepto presente en algunos estudiantes, lo cual lleva a que entiendan que hasta que el objeto empujado se detiene totalmente no desaparece la fuerza que lo empujó de un principio. Esta idea es la que se denomina la "fuerza de la mano", esta propuesta busca con la presente experiencia que pueda comprenderse que no es necesario que exista una fuerza para que el objeto continúe su movimiento, evidenciándolo de manera cuantitativa por medio del sensor de fuerza instalado en el carro.

Los materiales utilizados en la presente experiencia serán los siguientes:

• Notebook con software "Sparkvue"
• Proyector
• Un sensor de fuerza.
• Carro con ruedas
• Masas

Cabe destacar que es sabido que lamentablemente no todos los establecimientos cuentan con sensores, por lo que entrando a la siguiente dirección web encontrarán un video con ambas actividades, el cual permitiría poder trabajar de igual manera con esta propuesta, mostrando incluso los gráficos que entregaría el software.

<a href="https://drive.google.com/open?id=1nbV4A5wDIFzOzy6aLpNVO4opPa2k_38z">https://drive.google.com/open?id=1nbV4A5wDIFzOzy6aLpNVO4opPa2k_38z</a>	
<a href="https://drive.google.com/open?id=1n2opqscLNCtssyop_AU5KvkZFnirH0Ob">https://drive.google.com/open?id=1n2opqscLNCtssyop_AU5KvkZFnirH0Ob</a>	

Es importante mencionar que debido a la metodología que se está utilizando, la actividad se dividirá en varias etapas. Dichas etapas serán las siguientes:

<b>Actividad n°1</b>
<p>Una persona se dispone a empujar el sensor unido al carro, con una pequeña fuerza inicial, la cual irá aumentando continuamente hasta que el carro salga de su estado de reposo y comience a moverse. En ese momento la persona dejará de aplicar la fuerza sobre el sensor y el carro.</p>

<b>Actividad n°2</b>
<p>Sobre el mismo sensor unido al carro, una persona aplica una fuerza impulsiva, dando un solo gran “empujón” inicial que logra sacar al carro de su estado de reposo.</p>

Ambas actividades tendrán las mismas etapas, las cuales durarán aproximadamente lo mismo. Por esto las etapas se mencionan de manera general, esto implica que el proceso se debe realizar para una actividad y luego de esto repetirlo para la siguiente actividad.

### **Etapa I. Predicción Individual (duración: ≈10 min)**

El docente presenta el experimento que será realizado, mostrando el montaje de este. Es importante que no se muestre el experimento en acción ni los resultados que se obtenga, ya que la idea es que los estudiantes puedan realizar sus propias predicciones de acuerdo a lo que se pide.

Las preguntas que se busca responder son las siguientes:

<b>Actividad n°1:</b>	¿Cómo será la gráfica de fuerza en el tiempo para el carro?
-----------------------	---

<b>Actividad n°2:</b>	¿Cómo será la gráfica de fuerza en el tiempo para el carro al cual se le aplica una fuerza impulsiva?
-----------------------	---

En ambos casos se pueden esperar varias respuestas posibles, las cuales principalmente responderán a los preconceptos que puedan mantener los estudiantes de acuerdo a las distintas experiencias que pueda tener cada uno. Algunas de estas posibles respuestas podrían ser las siguientes:

<b>Actividad n°1:</b>	La gráfica de fuerza presentará una curva que aparecerá en el momento que el carro comienza a moverse, por lo tanto, hasta que no haya un movimiento por parte del carro no habrá fuerza alguna.
-----------------------	--

<b>Actividad n°2:</b>	La gráfica de fuerza presentará una curva que decrece con el tiempo, empezando desde un punto elevado para llegar a cero justo en el momento en el cual el carro deja de moverse.
-----------------------	---

## **Etapla II. Predicción Grupal (duración: ≈10 min)**

El docente agrupa los estudiantes en grupos de 2 o 3 personas, los cuales nuevamente recibirán una hoja de predicciones idéntica a la individual, pero esta vez la completarán de manera grupal. Por esta razón se pedirá que los estudiantes sean capaces de compartir su predicción y fundamentar su elección. Para así convencer a sus compañeros de grupo y llegar a un consenso.

La disposición y el diálogo en esta instancia es muy importante, por lo tanto, el rol del profesor como guía es muy importante, para encaminar las discusiones y permitir que la conversación no se aleje de la pregunta inicial.

## **Etapla III. Presentación de predicciones (duración: ≈5 min)**

En este punto los alumnos ya tendrán una predicción grupal, por lo que se pedirá a un representante por grupo dibujar su predicción en el pizarrón, anotando las posibles predicciones sin anotar las predicciones idénticas. Además, cada representante debe dar una explicación de la predicción grupal.

El anotar en el pizarrón todas las predicciones permite tener un catálogo de todas las predicciones grupales, esto permitirá al momento de ver los resultados comparar si uno o varios grupos fueron capaces de describir el experimento correctamente.

Es necesario que el docente en este punto no de indicios de si una alguna predicción está más cercano al resultado que otras, o que alguna está mal. La idea es que cada uno presente su posible alternativa con total libertad sin miedo a que lo puedan juzgar, ya que más adelante se verá efectivamente cual predicción era la correcta o cual debiese haber sido en el caso de que nadie la hubiese propuesto.

## **Etapla IV. Demostración Experimental (duración: ≈5 min).**

En este punto el docente debe realizar la demostración del experimento, permitiendo así que todos puedan observar efectivamente lo que resultó. Además, con ayuda del software “sparkvue” mostrar el gráfico que entregan los sensores de movimientos en cada una de las actividades. El montaje para ambas actividades será el siguiente:

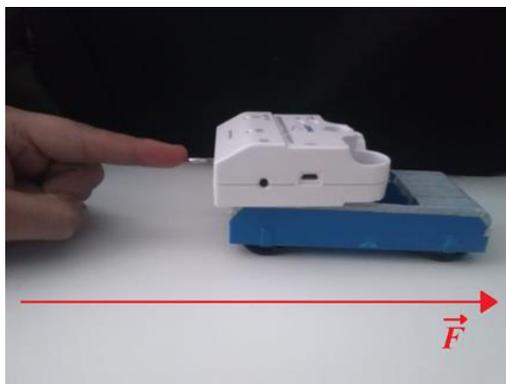


Figura 4.3. Montaje. Experimental

#### **Procedimiento.**

1. Preparar el material que permite observar la demostración, es decir, conectar el notebook al proyector.
2. Sincronizar y configurar los sensores de fuerza wireless con el notebook, esto se realiza mediante el software "sparkvue".
3. Ajustar la gráfica en el software de modo que la escala de medición permite que las observaciones sean visibles y claras. Además, se recomienda colocar dos gráficas en paralelo para que se pueda observar simultáneamente ambos gráficos.
4. Realizar la demostración de acuerdo a la actividad.
5. Iniciar la medición en el software, procurando que el sensor se encuentre previamente calibrado.

Los gráficos de fuerza en función del tiempo que se obtendrán en las actividades serán los siguientes:

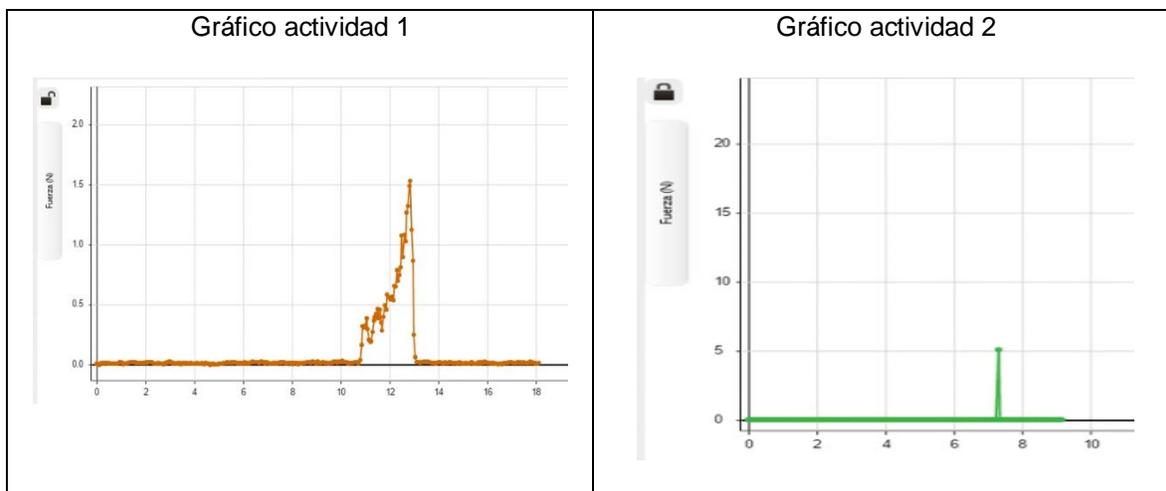


Figura 4.4. Ejemplo de demostración.

Para la primera actividad el comportamiento del gráfico va a variar según la masa del carro, ya que mientras menos masas se pongan sobre este, se moverá con mayor facilidad; lo cual finalmente se reflejará en una gráfica de fuerza menos pronunciada. Con respecto a la segunda actividad el gráfico tendrá una curva muy pronunciada, la cual mostrará la presencia de una fuerza en un momento y después la desaparición de esta de manera drástica.

Con respecto a la primera actividad es importante analizar el efecto de la fuerza de roce en el objeto a desplazar, ya que en un principio la fuerza necesaria para sacar del estado de reposo era mayor a la que posteriormente se necesita para moverlo ya habiendo salido del reposo; de esta manera se puede introducir la idea de roce estático y cinético.

Además, se puede trabajar con la idea de que en el instante justo antes de moverse la fuerza de roce estático es igual a la fuerza que es aplicada sobre el objeto, así permitiendo poder realizar cálculos y obtener datos de acuerdo a las variables que ya se conocen.

#### **Etapas V. Situaciones Cotidianas (duración: ≈5 min).**

En este punto se pide a los estudiantes que mencionen situaciones donde ocurra algo análogo a lo visto en la actividad. Estas situaciones son muy variadas, debido a que cotidianamente uno está en presencia de fuerzas.

Sabiendo que la idea de estar en un sistema aislado de fuerzas es muy difícil de imaginar, por estar sumergido en una realidad en la cual en todo momento nos acompañan fuerzas de todo tipo, esto lleva a la idea intuitiva de que si no hay fuerza un cuerpo se detendrá sí o sí. ¿En qué casos se podría observar cuerpo que se va desplazando por un periodo considerable sin depender de una fuerza? ¿Es necesario que un cuerpo que se está moviendo este acompañado de una fuerza que actúa sobre él?

## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS

La secuencia didáctica se implementó en un colegio particular y mixto de la región metropolitana donde participaron estudiantes del plan electivo de Física de cuarto medio. Considerando las fechas de implementación de esta propuesta se tuvo que optar por no implementar en segundo medio, ya que según lo planificado por la docente a cargo, se tenía planificado esta materia para algunas clases más adelante, es por ello que se decidió implementarla a otro curso. Este curso electivo tenía un número de 15 estudiantes.

### SECUENCIA EXPERIMENTAL 1

Esta secuencia experimental consiste en dos casos.

En el primer caso dos personas tiran de un sensor de fuerza, uno cada una en dirección contraria (Figura 5.1).

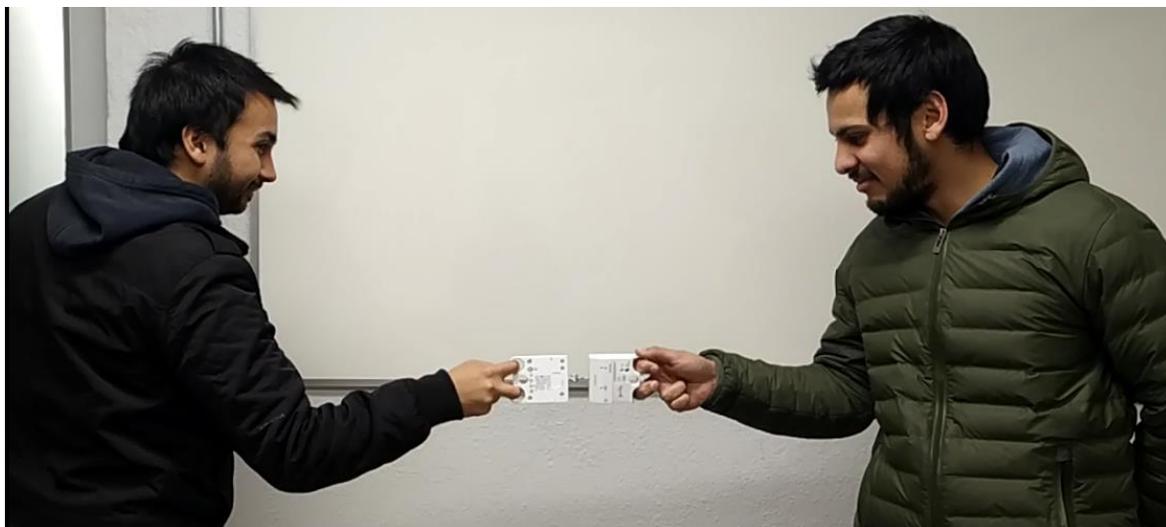


Figura 5.1. captura del video de demostración

En la tabla 5.1 se resumen los principales modelos de los estudiantes frente a la indicación que se expresa en la secuencia.

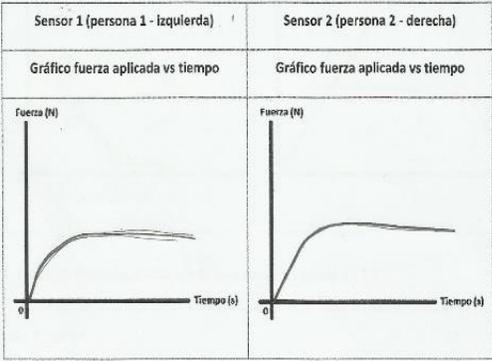
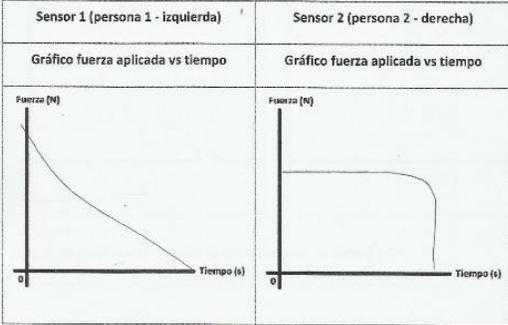
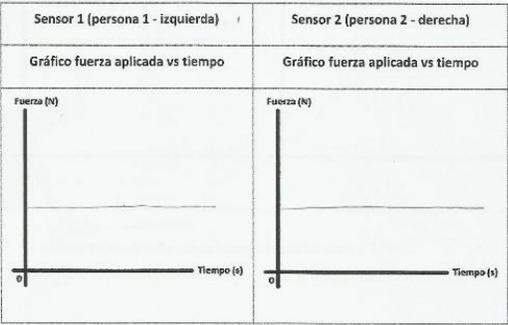
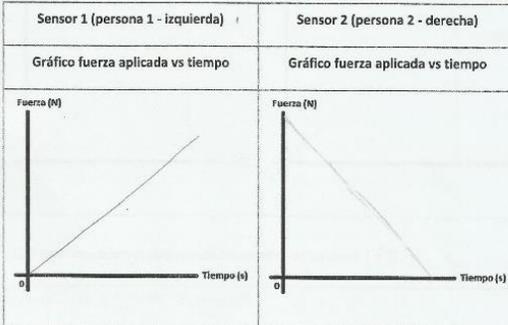
Predicción	Frecuencia	Modelo
 <p>Sensor 1 (persona 1 - izquierda) / Sensor 2 (persona 2 - derecha)</p> <p>Gráfico fuerza aplicada vs tiempo / Gráfico fuerza aplicada vs tiempo</p> <p>Fuerza (N) / Fuerza (N)</p> <p>Tiempo (s) / Tiempo (s)</p>	6	Ambas personas ejercen la misma fuerza las cuales aumentan de forma constante.
 <p>Sensor 1 (persona 1 - izquierda) / Sensor 2 (persona 2 - derecha)</p> <p>Gráfico fuerza aplicada vs tiempo / Gráfico fuerza aplicada vs tiempo</p> <p>Fuerza (N) / Fuerza (N)</p> <p>Tiempo (s) / Tiempo (s)</p>	2	Cada persona ejercerse una fuerza distinta.
 <p>Sensor 1 (persona 1 - izquierda) / Sensor 2 (persona 2 - derecha)</p> <p>Gráfico fuerza aplicada vs tiempo / Gráfico fuerza aplicada vs tiempo</p> <p>Fuerza (N) / Fuerza (N)</p> <p>Tiempo (s) / Tiempo (s)</p>	3	Ambas fuerzas son iguales y constantes.
 <p>Sensor 1 (persona 1 - izquierda) / Sensor 2 (persona 2 - derecha)</p> <p>Gráfico fuerza aplicada vs tiempo / Gráfico fuerza aplicada vs tiempo</p> <p>Fuerza (N) / Fuerza (N)</p> <p>Tiempo (s) / Tiempo (s)</p>	3	Las fuerzas son distintas y a medida que una crece de manera constante y la otra decrece de la misma forma.
No responde	1	

Tabla 5.1. Modelos en el caso 1 de la secuencia experimental 1 realizada por estudiantes de cuarto medio. N=15.

Es posible observar que aparecen varios modelos alternativos propuestos por los estudiantes, si bien se puede tomar como correcto el modelo que tiene una mayor frecuencia, existen otros donde no corresponden a este tipo, estos modelos alternativos son más de la mitad del curso al cual se implemento la secuencia diseñada

En cuanto a la guía cumple con su objetivo de visualizar los modelos que existen entre los estudiantes, esto permite abordar a los modelos desde puntos de vista del estudiantado para así poder llevarlos a los conceptos correctos en cuanto al aprendizaje de la física.

En el segundo caso una persona tira de un sensor de fuerza, y otro se encuentra quieto (Figura 5.2).

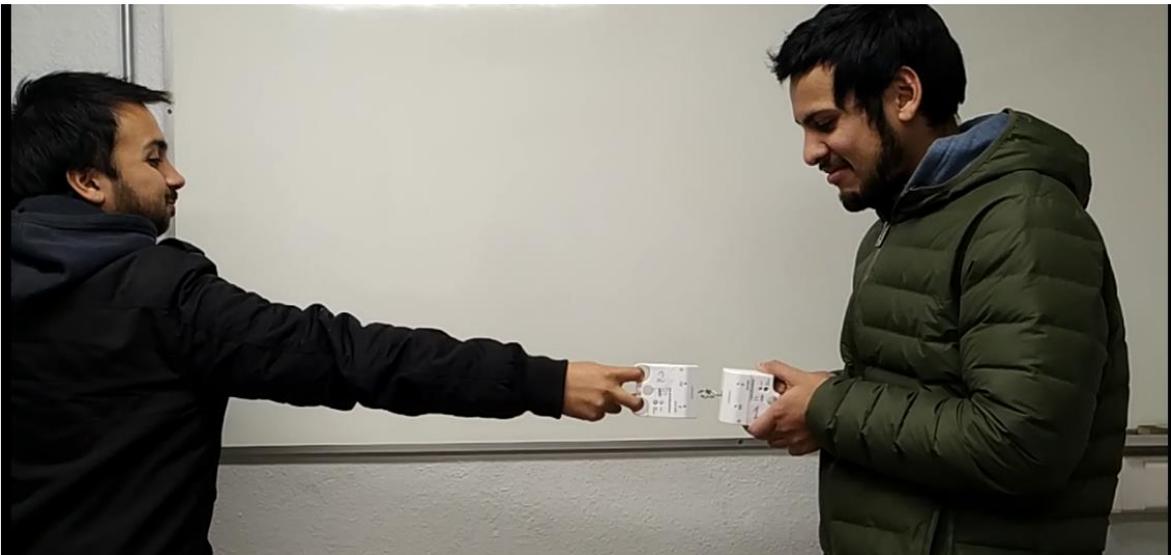


Figura 5.2. captura de la demostración del video.

En la tabla 5.2 se resumen los principales modelos de los estudiantes frente a la indicación que se expresa en la secuencia.

Caso 2

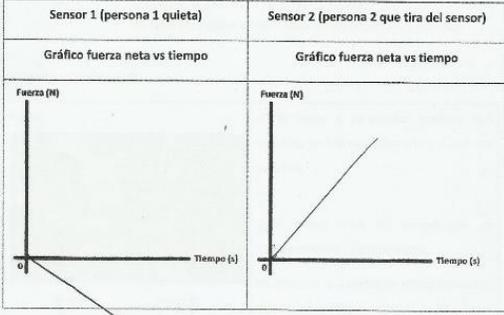
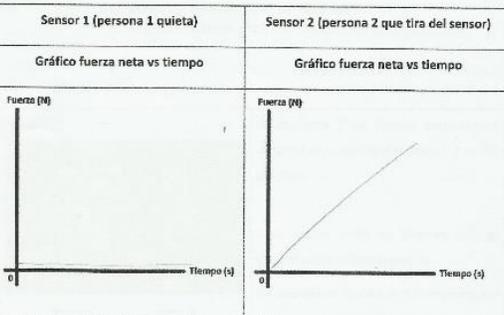
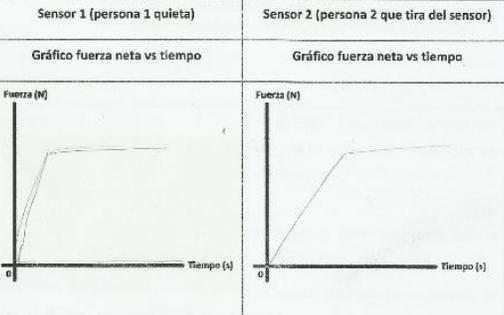
Predicción	Frecuencia	Modelo
 <p>Sensor 1 (persona 1 quieta)      Sensor 2 (persona 2 que tira del sensor)</p> <p>Gráfico fuerza neta vs tiempo      Gráfico fuerza neta vs tiempo</p> <p>Fuerza (N) vs Tiempo (s)      Fuerza (N) vs Tiempo (s)</p>	3	Ambas personas registran fuerzas, pero una aumenta de forma negativa y constante, mientras que la otra fuerza crece de forma constante.
 <p>Sensor 1 (persona 1 quieta)      Sensor 2 (persona 2 que tira del sensor)</p> <p>Gráfico fuerza neta vs tiempo      Gráfico fuerza neta vs tiempo</p> <p>Fuerza (N) vs Tiempo (s)      Fuerza (N) vs Tiempo (s)</p>	5	Una persona no registra fuerza, mientras que la otra si registra y esta aumenta de forma constante.
 <p>Sensor 1 (persona 1 quieta)      Sensor 2 (persona 2 que tira del sensor)</p> <p>Gráfico fuerza neta vs tiempo      Gráfico fuerza neta vs tiempo</p> <p>Fuerza (N) vs Tiempo (s)      Fuerza (N) vs Tiempo (s)</p>	7	Ambas personas ejercen la misma fuerza y aumenta de forma constante.

Tabla 5.2: Modelos en el caso 2 de la secuencia experimental 1 realizada por estudiantes de cuarto medio.

$N=15$ .

Al igual que en el caso 1 es posible observar que aparecen varios modelos alternativos propuestos por los estudiantes. Cabe señalar a la segunda frecuencia más alta. El modelo descrito acá es que, si una persona no ejerce ningún movimiento, no se marcará ninguna fuerza en el gráfico.

## SECUENCIA EXPERIMENTAL 2

Esta secuencia experimental consiste en dos casos.

En el primer caso una persona aplica una fuerza hasta sacar de su estado de reposo al carro (Figura 5.1).

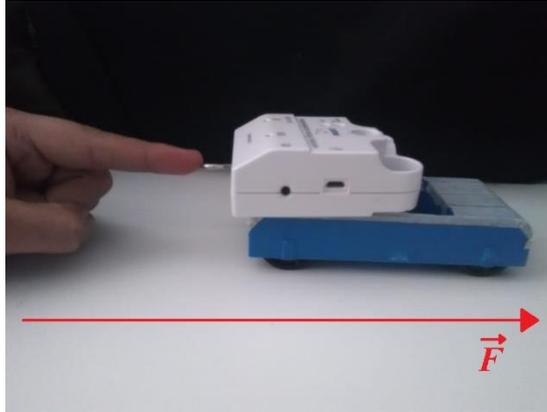


Figura 5.3. Montaje.

Antes de que hagan sus predicciones sobre los gráficos que resultan, se les pide que realicen una predicción después de que se deje de aplicar la fuerza, algunas de las respuestas sus respuestas se muestran en la siguiente tabla:

“Se seguirá moviendo por un tiempo hasta detenerse”
“El carro se moverá mientras se aplique la fuerza”
“Se dejará de mover debido a la fuerza de roce”

Tabla 5.3. Comentarios de estudiantes ante el primer caso.

Estos comentarios ayudan a completar los modelos alternativos que poseen los estudiantes, por ejemplo, en el segundo comentario está arraigada la idea de que el carro se moverá solo cuando se le esté aplicando la fuerza.

En la tabla 5.4 se resumen los principales modelos de los estudiantes frente a la indicación que se expresa en la secuencia.

Caso 1

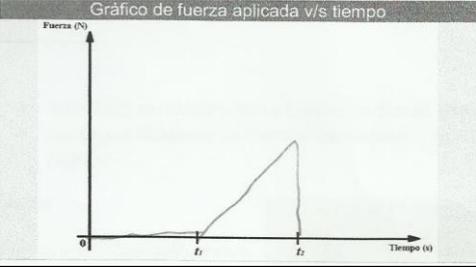
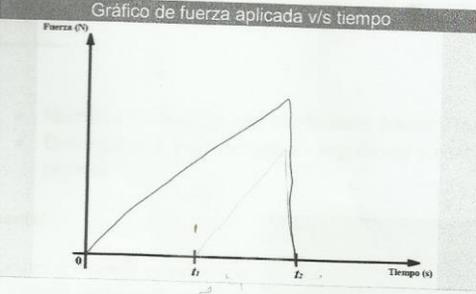
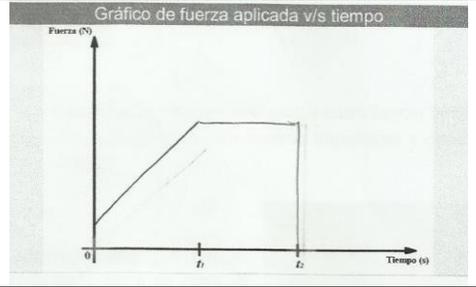
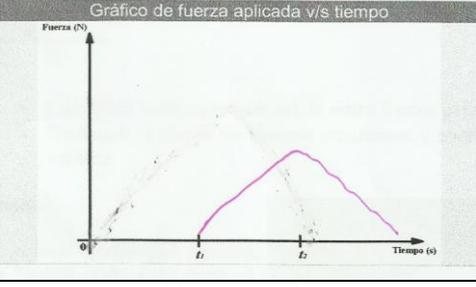
Predicción	Frecuencia	Modelo
	4	La fuerza es nula hasta el instante $t_1$ , luego aumenta de forma constante hasta el instante $t_2$ y finalmente disminuye a 0 de forma instantánea.
	3	La fuerza aumenta de forma constante hasta el instante $t_2$ y finalmente disminuye a 0 de forma instantánea.
	3	La fuerza aumenta de manera constante hasta el instante $t_1$ , manteniéndose constante hasta el instante $t_2$ y finalmente disminuye a 0 de forma instantánea.
	2	La fuerza aumenta de forma constante desde el instante $t_1$ hasta el instante $t_2$ y posteriormente decae de la misma forma.
No responde	2	

Tabla 5.4: Modelos en el caso 1 de la secuencia experimental 2 realizada por estudiantes de cuarto medio.

$N=14$

En la actividad 1 de esta secuencia se puede observar que los modelos de los estudiantes se reparten de manera equitativa, concentrándose una mayor cantidad de estudiantes en el primer modelo, dicho modelo presenta una idea recurrente, la cual expresa que, si no hay movimiento del objeto, no hay fuerza.

En el segundo caso una persona aplica una fuerza por un instante al carro (Figura 5.2).

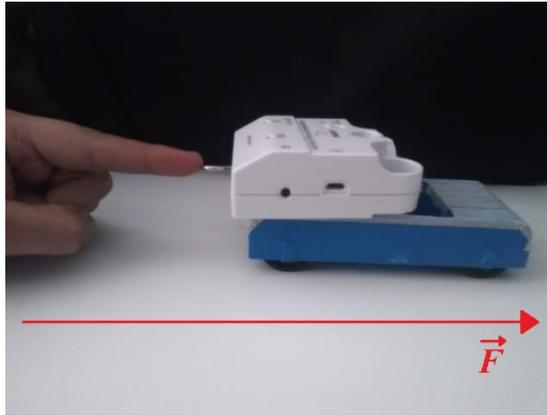


Figura 5.4. Montaje

Antes de que hagan sus predicciones sobre los gráficos que resultan, se les pide que realicen una predicción después de que se deje de aplicar la fuerza, algunas de las respuestas sus respuestas se muestran en la siguiente tabla:

“Va a acelerar, luego irá frenando”
“El carro seguirá moviéndose hasta detenerse completamente por el roce con el suelo”
“Seguirá por inercia hasta detenerse”

Tabla 5.5. Comentarios de estudiantes ante el segundo caso.

Los comentarios mencionados anteriormente demuestran que los estudiantes conocen que ocurrirá respecto al comportamiento del carro, mas no así lo que ocurre respecto a la fuerza, esto se evidencia en los gráficos dibujados por ellos y que se muestran más abajo.

En la tabla 5.3 se resumen los principales modelos de los estudiantes frente a la indicación que se expresa en la secuencia.

Caso 2

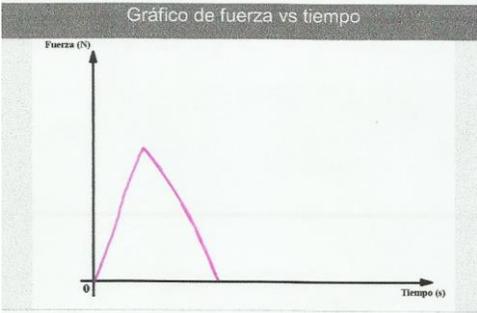
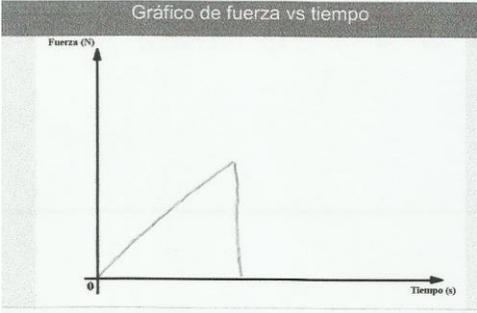
Predicción	Frecuencia	Modelo
 <p>Gráfico de fuerza vs tiempo</p> <p>Fuerza (N)</p> <p>0</p> <p>Tiempo (s)</p>	7	La fuerza aumenta de forma constante y posteriormente disminuye de la misma forma.
 <p>Gráfico de fuerza vs tiempo</p> <p>Fuerza (N)</p> <p>0</p> <p>Tiempo (s)</p>	5	La fuerza aumenta de forma constante y posteriormente disminuye a 0 de forma instantánea.
Otros	2	

Tabla 5.6: Modelos en el caso 2 de la secuencia experimental 2 realizada por estudiantes de cuarto medio.

$N=14$

En esta actividad la mayor cantidad de respuestas se concentra en el primer modelo, en el cual se menciona que la fuerza aumentara de manera constante hasta alcanzar una pick de fuerza y luego baja de la misma forma que subió.

#### VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

La propuesta fue presentada a nueve profesores que actualmente hacen clases de física en segundo medio y tienen una experiencia promedio de aproximadamente 7 años como docentes en colegios, para que dieran sus opiniones y comentarios acerca de las dos guías didácticas que integran la propuesta.

En la validación realizada los docentes realizaron las dos guías; hicieron comentarios sobre ellas para mejorarlas a razón de que los estudiantes las puedan entender mejor y no haya confusiones al momento de aplicarlas. Algunos de los comentarios se muestran a continuación:

Comentario	Acción	Justificación.
Mejorar la redacción de la actividad que se realizará, por ejemplo, en el caso donde dice “una determinada fuerza” por “intensidad de la fuerza”.	Se acoge la observación.	Se mejora la redacción para un mejor entendimiento de las guías.
Señalar en el diagrama cuál es el sensor 1 y 2.	Se acoge la observación.	Esto evitará confusión entre los estudiantes.
Mostrar hacia dónde se moverán los sensores.	Se acoge la observación.	Se coloca una flecha debajo de los sensores para indicar el sentido del movimiento.
Incluir preguntas orientadoras o al final de las predicciones.	Se acoge la observación.	Se incluyeron preguntas orientadoras antes de cada predicción que se debía realizar.
Evitar imágenes que generen confusión como el eje de coordenadas.	Se acoge la observación.	Se decide sacar el eje de coordenadas
Desarrollar hoja de constatación/contraste de resultados	No se acoge observación.	El contraste de las predicciones se realiza al momento de realizar la experiencia.

*Tabla 5.7: Tabla de comentarios de los profesores y acciones de mejora.*

## RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

Para la validación de la propuesta, participaron nueve profesores de física de colegios particulares, municipales y técnicos profesionales. A cada experto se le entregó una rúbrica de validación que incluyó distintos indicadores que debían valorar por medio de una escala de cuatro puntos donde:

1= Totalmente en desacuerdo y 4 = Totalmente de acuerdo.

A continuación, se muestra la tabla de resumen de los promedios por ítem de la rúbrica de validación (ver anexo).

Pregunta o indicador	Promedio
La actividad tiene un nivel de complejidad apropiado para 2° año medio.	3,4
Existe coherencia en las etapas de la actividad.	3,3
Las propuestas permiten un apropiado entendimiento conceptual de la física.	3,3
Es factible realizar la actividad en el horario de clase promedio.	3,7
Es adecuada para enseñar Fuerza y Movimiento	3,8
Los recursos digitales (sensores) contribuyen en el logro de los objetivos de aprendizaje propuestos.	3,4
La actividad es coherente con el contenido propuesto en las bases curriculares vigentes.	3,4

Tabla 5.8. Tabla de resumen de promedios por ítem de la rúbrica de evaluación.

Para los promedios más bajos (3,3) se tomaron medidas para mejorar estos puntos como mejorar la redacción y las imágenes y diagramas para que la propuesta se pueda entender de mejor manera y que la coherencia de las actividades sea la mejor posible.

Se destaca que la propuesta se considera adecuada para enseñar Fuerza y Movimiento y que es factible de realizar en el horario de una clase promedio. Por otra parte, se tiene un promedio de 3,3 en la coherencia de las etapas, lo que puede deberse a la estructura de la Clase Demostrativa Interactiva que es poco conocida a nivel colegio.

Respecto a si es apropiada la propuesta para entendimiento conceptual de física, los docentes concluyeron que sí, pero requería los arreglos mencionados de redacción e imágenes. Estos cambios fueron incorporados a la versión final

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos inicialmente planteados, la propuesta didáctica diseñada y validada que se ha presentado en este trabajo es coherente con el modelo de clases demostrativas interactivas (CDI), la cual corresponde a una metodología de aprendizaje activo y colaborativo. Así, la propuesta logra trabajar algunos de los conceptos importantes en la unidad de fuerza de segundo año de enseñanza media, tales como pares de fuerza, fuerza de roce y fuerzas impulsivas, además de otras ideas que se van abordando de forma transversal, como la definición vectorial de fuerza, el análisis de gráficas y la construcción de diagramas de cuerpo libre.

Las actividades propuestas permiten fortalecer el aprendizaje de la física conceptual a nivel escolar, y pueden ser una base para realizar actividades de índole cuantitativa, si se entregan valores de las masas de los carros por ejemplo en la actividad 2, o bien, hacer un análisis del video para determinar la posición de los carros a través del tiempo y obtener así su velocidad y aceleración. En ese sentido, las guías invitan al docente a explorar nuevas posibilidades de enseñar física utilizando situaciones simples.

La propuesta desarrollada logra fomentar la discusión entre pares en clases de física, favoreciendo el desarrollo de habilidades comunicativas importantes para la formación integral de los y las estudiantes, que es característica de un aprendizaje activo y colaborativo en física. En coherencia, la metodología CDI permite que los estudiantes expliquen y discutan situaciones presentadas por el docente, fomentando el discurso y la capacidad de explicar sus ideas, logrando que el estudiantado se sienta parte del proceso de enseñanza y aprendizaje.

La secuencia diseñada ha considerado el uso de sensores y manipulativos virtuales para fortalecer la visualización de los contenidos y demostración de fenómenos en el aula e incorporando además como sugerencia el uso videos para realizar las guías sin la necesidad de contar con el quipo experimental.

La retroalimentación y validación por pares de la propuesta didáctica se realizó con la participación de 9 docentes de física de enseñanza media de colegios municipales, particulares subvencionados y privados. Ellos realizaron observaciones de constructo y contenido de las guías, ayudando a disminuir posibles confusiones por lenguaje o complejidad. Gran parte de las sugerencias tenía como finalidad el prevenir posibles confusiones, de esta manera se discutió de qué manera indicar la dirección del movimiento y la fuerza, sin que esta entregara mayor información o complejizara la comprensión del fenómeno. También el uso de las palabras se discutió entre los docentes, ya que frase como “roce despreciable” es algo casi imposible de conseguir en la realidad. Esto atiende al objetivo específico IV, el cual dice sobre la validación de la propuesta diseñada.

Para los objetivos específicos II y III se diseñó la secuencia didáctica, la cual cuenta con dos guías de trabajo y dos guías de apoyo para el docente, fomentando el trabajo colaborativo entre pares y

permitiendo detectar las dificultades conceptuales de los estudiantes en tiempo real, cuando se enfrentan individualmente a las predicciones. Ambas guías permiten abordar distintas dificultades de los estudiantes, en la primera se refuerza el concepto de pares de fuerza, debido a que al aislar cuerpos sometidos a fuerzas mediante los cuerpos libres se pierde uno de los pares de fuerza, lo cual produce que erróneamente se crea que la fuerza aparece por sí sola, no dé a pares. En el caso de la segunda guía, un porcentaje de estudiantes mantiene la idea de que si no hay fuerza aplicada no hay movimiento, generando que piensen que la fuerza se mantiene durante el trayecto del objeto hasta que este se detiene, la popularmente llamada “fuerza de la mano”.

De acuerdo a la revisión bibliográfica fue posible identificar que varios investigadores daban cuenta las mismas dificultades aquí detectadas, con la validación, para comprender conceptos asociados a Fuerza y Movimiento. De este modo se demuestra la efectividad de la secuencia, ya que, al ser implementada tanto en estudiantes universitarios como escolares, fue posible identificar como predecían los fenómenos de acuerdo a concepciones intuitivas de las fuerzas. Con esto se cumple con el objetivo específico I, el cual se tenía que identificar los modelos alternativos que se presentan en estudiantes de enseñanza media, sobre los conceptos de Fuerza y Movimiento.

Por último, el objetivo General se cumplió a cabalidad ya que se diseñó, validó e implementó una secuencia didáctica sobre Fuerza y Movimiento como conceptos fundamentales dentro del currículum escolar vigente, que permita identificar en tiempo real los modelos alternativos de los estudiantes de segundo año de enseñanza media, a partir de actividades centradas en el aprendizaje colaborativo.

La presente propuesta se ha pensado para nivel escolar, pero podría perfectamente ser utilizada en cursos introductorios de mecánica a nivel universitario, sobre todo, en formación de profesores donde es importante detectar y abordar las principales dificultades conceptuales que los estudiantes traen consigo desde la escuela.

Finalmente, es importante señalar que el objetivo general planteado se ha cumplido a cabalidad obteniendo como producto una herramienta de gran utilidad para mejorar los aprendizajes sobre fuerza y movimiento.

Esta propuesta podrá ser utilizada y replicada en cualquier institución educativa del país, ya que cuenta con material didáctico y visual, además se puede llevar a congresos y exposiciones que acuerdes, esto permitiría ampliar la frontera de aplicación y dar a conocer esta propuesta a profesores que están aprendiendo hacer sobre el aprendizaje colaborativo y activo de la física, y que mejor manera que a través de esta secuencia que se creó para ser implementada a los estudiantes, la cual tuvo una alta valoración y recepción por parte de docente y estudiantes.

Finalmente agradecer a la profesora Isabel Quintrileo que permitió implementar esta propuesta en su curso electivo de física, ya que aportó valiosa información para su mejora.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Calidad de la Educación. (2015). PISA 2015, Programa para la Evaluación internacional de Estudiantes OCDE. Recuperado de [http://archivos.agenciaeducacion.cl/Resultados\\_PISA2015.pdf](http://archivos.agenciaeducacion.cl/Resultados_PISA2015.pdf)
- Agencia de Calidad de la Educación. (2016). Resultados Educativos. Recuperado de <http://educacion.udd.cl/files/2017/04/Resultados-IDPS-y-SIMCE-2016.pdf>
- Alonso, M., & Finn, E. J. (2000). Física - Volumen 1. Mecánica y Termodinámica. Fondo educativo interamericano, S.A.
- Ariño, M. L. (2015). Aprendizaje colaborativo y cooperativo. *Universidad Marcelino Champagnat*. Recuperado desde: <http://marinolatorre.umch.edu.pe/aprendizaje-colaborativo-y-cooperativo>.
- Artamonova, I., Mosquera, J. C., & Artamanov, J. D. M. (2017). Aplicación de force concept inventory en América Latina para la evaluación de la comprensión de los conceptos básicos de mecánica a nivel universitario. *Revista Educación en Ingeniería*, 12(23), 56-63.
- Ausubel, D. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. Fascículos de CEIF, 1, 1-10. Aprendizaje Activo
- Badagnani, D. O., Petrucci, D., & Cappannini, O. (2012). Sobre los recursos cognitivos en pensadores no newtonianos. In XI Simposio de Investigación en Enseñanza de la Física (SIEF) (Esquel, 2012).
- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). Active Learning: Creating Excitement in the Classroom. ERIC Digest.
- Castillo, H., Moscoso, R., Phan, J. L., & Quiroz, J. (2013). Impacto de la enseñanza de conceptos de fuerza y movimiento en los cursos de Física General. *Revista Blanco y Negro*, 4(1).
- Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas (2018). Informe de Resultados Institucionales Evaluación Nacional Diagnóstica de la Formación Inicial Docente.
- Chickering, A. W., & Gamson, Z. F. (1987). Seven principles for good practice in undergraduate education. *AAHE bulletin*, 3, 7.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of physics*, 50(1), 66-71.
- Collazos, C., Guerrero, L., & Vergara, A. (2001). Aprendizaje Colaborativo: un cambio en el rol del profesor. In Proceedings of the 3rd Workshop on Education on Computing, Punta Arenas, Chile.

- Cruz, A. C. (2010). Opciones Newtonianas de estudiantes no-Newtonianos, análisis de alumnos Universitarios: FCI. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4(2), 24.
- Díaz, M. H. (2017). Clases demostrativas interactivas para la formación de profesores en línea. RED: *Revista de Educación a Distancia*, (55), 3.
- Fernández, R. (2015). Ideas alternativas de los estudiantes del curso de física 1 de la Facultad de Ingeniería sobre la mecánica.
- Flores-García, S., Chávez-Pierce, J. E., Luna-González, J., González-Quezada, M. D., González-Demoss, M. V., & Hernández-Palacios, A. A. (2015). El aprendizaje de la física y las matemáticas en contexto. *CulCyT*, (24).
- Goodman, K. (1992). Lenguaje total: la manera natural del desarrollo del lenguaje. En *Cero en conducta*, año VII, núm. 29-30, enero-abril, México, Educación y Cambio, 1999, pp. 17-26.
- Silva, C. H., López-Fernández, L., González-Donoso, A., & Tecpan-Flores, S. (2018). Impacto de estrategias de aprendizaje activo sobre el conocimiento disciplinar de futuros profesores de física, en un curso de didáctica. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 55(1)
- Maldonado Pérez, M. (2007). El trabajo colaborativo en el aula universitaria. *Laurus*, 13(23), 263-278.
- McDermott, L. C. (2001). Oersted medal lecture 2001: "Physics Education Research—the key to student learning". *American Journal of Physics*, 69(11), 1127-1137.
- MINEDUC (2015). Bases Curriculares 7° básico a 2° medio. Santiago
- MINEDUC (2016) Ciencias Naturales. Programa de Estudio Segundo Medio. Santiago
- Mora, C., & Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(1), 13.
- National Science Foundation. (2011-2019). PhysPort. PhysPort: Supporting physics teaching with research-based resources. E.E.U.U.: PhysPort. Recuperado de <https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?A=FCI>.
- Orozco, J. (2012). El aprendizaje activo de la Física en los cursos en línea del IPN. *Revista Mexicana de bachillerato a distancia*, 4(7).
- Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of engineering education*, 93(3), 223-231.
- Rafael, A. (2007). Desarrollo Cognitivo: Las Teorías de Piaget y de Vygotsky. Master en Paidopsiquiatría. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.

- Romanos Forcada, Í. (2014). Errores conceptuales en Física en alumnos de ESO y Bachillerato. Propuestas de resolución. Universidad Pública de Navarra, Navarra, España.
- Savinainen, A., Mäkynen, A., Nieminen, P., & Viiri, J. (2017). The effect of using a visual representation tool in a teaching-learning sequence for teaching Newton's third law. *Research in Science Education*, 47(1), 119-135.
- Serway, R. A., Jewett, J. W., & González, S. R. C. (2015). Física para ciencias e ingeniería. Vol. 1. CENGAGE Learning.
- Silberman, M. (2005). *Aprendizaje activo: 101 estrategias para enseñar cualquier materia*. México:Pax
- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. *The Physics Teacher*, 35(6), 340-347.
- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (2004). *Interactive Lecture Demonstrations*, Wiley-VCH
- FURIÓ, C., SOLBES, J. y CARRASCO-SA, J. (2006), Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. *Alambique*, vol. 48, pp. 64-77.
- Tavares, D. B. L., & Martínez, J. O. (2017). Clases Interactivas Demostrativas con el uso de simulaciones PhET para Mecánica en Preparatoria. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(2), 22.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2007). *Physics for scientists and engineers*. Macmillan.
- Unesco, I. C. S. U. (1999). Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico. Declaración de Budapest. Budapest: Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso. Recuperado de [http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion\\_s.htm](http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm)
- Veloso, E., Rodríguez, R., López, Y. & Veloso, A. (2006). Reflexiones sobre la teoría socio-cultural de LS Vigotski. *Duazary*, 3(1), 64-75.

## ANEXOS

### ANEXO 1

## RÚBRICA DE EVALUACIÓN

### Actividad Fuerza y movimiento

En su calidad de experto(a) docente, solicitamos a usted evaluar la actividad propuesta para enseñar Fuerza y Movimiento en segundo año de enseñanza media. A continuación, indique por favor sus datos y valiosa contribución.

<b>Nombre del experto:</b>	
<b>Título profesional:</b>	
<b>Años de ejercicio docente:</b>	
<b>Tipo de establecimiento en que ejerce:</b>	

#### Instrucciones

A continuación, se le presentarán un conjunto de preguntas e indicadores cuyo objetivo es conocer su opinión sobre cada uno de los componentes de la secuencia didáctica diseñada. Para responder a cada pregunta e indicador, deberá colocar una **X** en la columna que muestra el código para su nivel de valoración respecto de la pregunta o indicador.

<b>Código</b>	<b>Nivel de valoración</b>
<b>1</b>	Totalmente en desacuerdo
<b>2</b>	En desacuerdo
<b>3</b>	De acuerdo
<b>4</b>	Totalmente de acuerdo

#### Sobre la propuesta:

<b>Pregunta o indicador</b>	<b>Valoración</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
La actividad tiene un nivel de complejidad apropiado para 2° año medio.				
Existe coherencia en las etapas de la actividad.				
Las propuestas permiten un apropiado entendimiento conceptual de la física.				
Es factible realizar la actividad en el horario de clase promedio.				
Es adecuada para enseñar Fuerza y Movimiento				
Los recursos digitales (sensores) contribuyen en el logro de los objetivos propuestos.				
La actividad es coherente con el contenido propuesto en las bases curriculares vigentes.				

#### Comentarios u observaciones:

## ANEXO 2

### ENCUESTAS DE VALIDACIÓN

#### Rúbrica de evaluación Actividad Fuerza y movimiento

En su calidad de experto(a) docente, solicitamos a usted evaluar la actividad propuesta para enseñar Fuerza y Movimiento en segundo año de enseñanza media. A continuación, indique por favor sus datos y valiosa contribución.

<b>Nombre del experto:</b>	Experto 1
<b>Título profesional:</b>	Profesor en física
<b>Años de ejercicio docente:</b>	4 años
<b>Tipo de establecimiento en que ejerce:</b>	Técnico profesional

#### Instrucciones

A continuación, se le presentarán un conjunto de preguntas e indicadores cuyo objetivo es conocer su opinión sobre cada uno de los componentes de la secuencia didáctica diseñada. Para responder a cada pregunta e indicador, deberá colocar una **X** en la columna que muestra el código para su nivel de valoración respecto de la pregunta o indicador.

<b>Código</b>	<b>Nivel de valoración</b>
<b>1</b>	Totalmente en desacuerdo
<b>2</b>	En desacuerdo
<b>3</b>	De acuerdo
<b>4</b>	Totalmente de acuerdo

#### Sobre la propuesta:

<b>Pregunta o indicador</b>	<b>Valoración</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
La actividad tiene un nivel de complejidad apropiado para 2° año medio.				X
Existe coherencia en las etapas de la actividad.			X	
Las propuestas permiten un apropiado entendimiento conceptual de la física.			X	
Es factible realizar la actividad en el horario de clase promedio.				X
Es adecuada para enseñar Fuerza y Movimiento				X
Los recursos digitales (sensores) contribuyen en el logro de los objetivos propuestos.				X
La actividad es coherente con el contenido propuesto en las bases curriculares vigentes.			X	

#### Comentarios u observaciones:

Las guías dicen y piden predicciones, no así resultados. Revisar título. Intentar evitar imágenes que generen confusión como el eje de coordenadas.

## Rúbrica de evaluación

### Actividad Fuerza y movimiento

En su calidad de experto(a) docente, solicitamos a usted evaluar la actividad propuesta para enseñar Fuerza y Movimiento en segundo año de enseñanza media. A continuación, indique por favor sus datos y valiosa contribución.

<b>Nombre del experto:</b>	Experto 2
<b>Título profesional:</b>	Profesor de física
<b>Años de ejercicio docente:</b>	4
<b>Tipo de establecimiento en que ejerce:</b>	Particular

#### Instrucciones

A continuación, se le presentarán un conjunto de preguntas e indicadores cuyo objetivo es conocer su opinión sobre cada uno de los componentes de la secuencia didáctica diseñada. Para responder a cada pregunta e indicador, deberá colocar una **X** en la columna que muestra el código para su nivel de valoración respecto de la pregunta o indicador.

<b>Código</b>	<b>Nivel de valoración</b>
<b>1</b>	Totalmente en desacuerdo
<b>2</b>	En desacuerdo
<b>3</b>	De acuerdo
<b>4</b>	Totalmente de acuerdo

#### Sobre la propuesta:

<b>Pregunta o indicador</b>	<b>Valoración</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
La actividad tiene un nivel de complejidad apropiado para 2° año medio.			X	
Existe coherencia en las etapas de la actividad.			X	
Las propuestas permiten un apropiado entendimiento conceptual de la física.			x	
Es factible realizar la actividad en el horario de clase promedio.		X		
Es adecuada para enseñar Fuerza y Movimiento				X
Los recursos digitales (sensores) contribuyen en el logro de los objetivos propuestos.				X
La actividad es coherente con el contenido propuesto en las bases curriculares vigentes.		X		

#### Comentarios u observaciones:

Hay que mejorar el diseño visual, mas no de contenidos, de las guías. Es decir, mucha atención con las representaciones pictográficas.

## Rúbrica de evaluación

### Actividad Fuerza y movimiento

En su calidad de experto(a) docente, solicitamos a usted evaluar la actividad propuesta para enseñar Fuerza y Movimiento en segundo año de enseñanza media. A continuación, indique por favor sus datos y valiosa contribución.

<b>Nombre del experto:</b>	Experto 3
<b>Título profesional:</b>	Profesor de estado
<b>Años de ejercicio docente:</b>	16
<b>Tipo de establecimiento en que ejerce:</b>	Municipal

#### Instrucciones

A continuación, se le presentarán un conjunto de preguntas e indicadores cuyo objetivo es conocer su opinión sobre cada uno de los componentes de la secuencia didáctica diseñada. Para responder a cada pregunta e indicador, deberá colocar una **X** en la columna que muestra el código para su nivel de valoración respecto de la pregunta o indicador.

<b>Código</b>	<b>Nivel de valoración</b>
<b>1</b>	Totalmente en desacuerdo
<b>2</b>	En desacuerdo
<b>3</b>	De acuerdo
<b>4</b>	Totalmente de acuerdo

#### Sobre la propuesta:

<b>Pregunta o indicador</b>	<b>Valoración</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
La actividad tiene un nivel de complejidad apropiado para 2° año medio.			X	
Existe coherencia en las etapas de la actividad.			X	
Las propuestas permiten un apropiado entendimiento conceptual de la física.			X	
Es factible realizar la actividad en el horario de clase promedio.				X
Es adecuada para enseñar Fuerza y Movimiento				X
Los recursos digitales (sensores) contribuyen en el logro de los objetivos propuestos.				X
La actividad es coherente con el contenido propuesto en las bases curriculares vigentes.				X

#### Comentarios u observaciones:

## Rúbrica de evaluación

### Actividad Fuerza y movimiento

En su calidad de experto(a) docente, solicitamos a usted evaluar la actividad propuesta para enseñar Fuerza y Movimiento en segundo año de enseñanza media. A continuación, indique por favor sus datos y valiosa contribución.

<b>Nombre del experto:</b>	Experto 4
<b>Título profesional:</b>	Profesora física
<b>Años de ejercicio docente:</b>	9 años
<b>Tipo de establecimiento en que ejerce:</b>	Particular pagado

#### Instrucciones

A continuación, se le presentarán un conjunto de preguntas e indicadores cuyo objetivo es conocer su opinión sobre cada uno de los componentes de la secuencia didáctica diseñada. Para responder a cada pregunta e indicador, deberá colocar una **X** en la columna que muestra el código para su nivel de valoración respecto de la pregunta o indicador.

<b>Código</b>	<b>Nivel de valoración</b>
<b>1</b>	Totalmente en desacuerdo
<b>2</b>	En desacuerdo
<b>3</b>	De acuerdo
<b>4</b>	Totalmente de acuerdo

#### Sobre la propuesta:

<b>Pregunta o indicador</b>	<b>Valoración</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
La actividad tiene un nivel de complejidad apropiado para 2° año medio.			X	
Existe coherencia en las etapas de la actividad.			X	
Las propuestas permiten un apropiado entendimiento conceptual de la física.			X	
Es factible realizar la actividad en el horario de clase promedio.				X
Es adecuada para enseñar Fuerza y Movimiento			X	
Los recursos digitales (sensores) contribuyen en el logro de los objetivos propuestos.			X	
La actividad es coherente con el contenido propuesto en las bases curriculares vigentes.				X

#### Comentarios u observaciones:

Incluir preguntas orientadoras o al final de las predicciones

## Rúbrica de evaluación

### Actividad Fuerza y movimiento

En su calidad de experto(a) docente, solicitamos a usted evaluar la actividad propuesta para enseñar Fuerza y Movimiento en segundo año de enseñanza media. A continuación, indique por favor sus datos y valiosa contribución.

<b>Nombre del experto:</b>	Experto 5
<b>Título profesional:</b>	Prof. De Física y Matemáticas
<b>Años de ejercicio docente:</b>	5 años
<b>Tipo de establecimiento en que ejerce:</b>	Particular pagado

#### Instrucciones

A continuación, se le presentarán un conjunto de preguntas e indicadores cuyo objetivo es conocer su opinión sobre cada uno de los componentes de la secuencia didáctica diseñada. Para responder a cada pregunta e indicador, deberá colocar una **X** en la columna que muestra el código para su nivel de valoración respecto de la pregunta o indicador.

<b>Código</b>	<b>Nivel de valoración</b>
<b>1</b>	Totalmente en desacuerdo
<b>2</b>	En desacuerdo
<b>3</b>	De acuerdo
<b>4</b>	Totalmente de acuerdo

#### Sobre la propuesta:

<b>Pregunta o indicador</b>	<b>Valoración</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
La actividad tiene un nivel de complejidad apropiado para 2° año medio.			X	
Existe coherencia en las etapas de la actividad.			X	
Las propuestas permiten un apropiado entendimiento conceptual de la física.			X	
Es factible realizar la actividad en el horario de clase promedio.			X	
Es adecuada para enseñar Fuerza y Movimiento			X	
Los recursos digitales (sensores) contribuyen en el logro de los objetivos propuestos.			X	
La actividad es coherente con el contenido propuesto en las bases curriculares vigentes.			X	

#### Comentarios u observaciones:

## Rúbrica de evaluación

### Actividad Fuerza y movimiento

En su calidad de experto(a) docente, solicitamos a usted evaluar la actividad propuesta para enseñar Fuerza y Movimiento en segundo año de enseñanza media. A continuación, indique por favor sus datos y valiosa contribución.

<b>Nombre del experto:</b>	Experto 6
<b>Título profesional:</b>	Profesora de física y matemática
<b>Años de ejercicio docente:</b>	9 años
<b>Tipo de establecimiento en que ejerce:</b>	municipal

#### Instrucciones

A continuación, se le presentarán un conjunto de preguntas e indicadores cuyo objetivo es conocer su opinión sobre cada uno de los componentes de la secuencia didáctica diseñada. Para responder a cada pregunta e indicador, deberá colocar una **X** en la columna que muestra el código para su nivel de valoración respecto de la pregunta o indicador.

<b>Código</b>	<b>Nivel de valoración</b>
<b>1</b>	Totalmente en desacuerdo
<b>2</b>	En desacuerdo
<b>3</b>	De acuerdo
<b>4</b>	Totalmente de acuerdo

#### Sobre la propuesta:

<b>Pregunta o indicador</b>	<b>Valoración</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
La actividad tiene un nivel de complejidad apropiado para 2° año medio.				X
Existe coherencia en las etapas de la actividad.				X
Las propuestas permiten un apropiado entendimiento conceptual de la física.				X
Es factible realizar la actividad en el horario de clase promedio.				X
Es adecuada para enseñar Fuerza y Movimiento				X
Los recursos digitales (sensores) contribuyen en el logro de los objetivos propuestos.			X	
La actividad es coherente con el contenido propuesto en las bases curriculares vigentes.				X

#### Comentarios u observaciones:

Con respecto a los sensores. Debe tenerse en consideración lo complejo de la lectura de los resultados para los estudiantes.

## Rúbrica de evaluación

### Actividad Fuerza y movimiento

En su calidad de experto(a) docente, solicitamos a usted evaluar la actividad propuesta para enseñar Fuerza y Movimiento en segundo año de enseñanza media. A continuación, indique por favor sus datos y valiosa contribución.

<b>Nombre del experto:</b>	Experto 7
<b>Título profesional:</b>	Profesora de Física
<b>Años de ejercicio docente:</b>	8 años
<b>Tipo de establecimiento en que ejerce:</b>	Particular

#### Instrucciones

A continuación, se le presentarán un conjunto de preguntas e indicadores cuyo objetivo es conocer su opinión sobre cada uno de los componentes de la secuencia didáctica diseñada. Para responder a cada pregunta e indicador, deberá colocar una **X** en la columna que muestra el código para su nivel de valoración respecto de la pregunta o indicador.

<b>Código</b>	<b>Nivel de valoración</b>
<b>1</b>	Totalmente en desacuerdo
<b>2</b>	En desacuerdo
<b>3</b>	De acuerdo
<b>4</b>	Totalmente de acuerdo

#### Sobre la propuesta:

<b>Pregunta o indicador</b>	<b>Valoración</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
La actividad tiene un nivel de complejidad apropiado para 2° año medio.				X
Existe coherencia en las etapas de la actividad.			X	
Las propuestas permiten un apropiado entendimiento conceptual de la física.			X	
Es factible realizar la actividad en el horario de clase promedio.				X
Es adecuada para enseñar Fuerza y Movimiento				X
Los recursos digitales (sensores) contribuyen en el logro de los objetivos propuestos.				X
La actividad es coherente con el contenido propuesto en las bases curriculares vigentes.			X	

#### Comentarios u observaciones:

El material me parece apropiado, quisiera que podamos discutir guías menos introductorias.

## Rúbrica de evaluación

### Actividad Fuerza y movimiento

En su calidad de experto(a) docente, solicitamos a usted evaluar la actividad propuesta para enseñar Fuerza y Movimiento en segundo año de enseñanza media. A continuación, indique por favor sus datos y valiosa contribución.

<b>Nombre del experto:</b>	Experto 8
<b>Título profesional:</b>	Profesor de educación Media en Matemáticas y Física
<b>Años de ejercicio docente:</b>	2
<b>Tipo de establecimiento en que ejerce:</b>	Colegio particular pagado

#### Instrucciones

A continuación, se le presentarán un conjunto de preguntas e indicadores cuyo objetivo es conocer su opinión sobre cada uno de los componentes de la secuencia didáctica diseñada. Para responder a cada pregunta e indicador, deberá colocar una **X** en la columna que muestra el código para su nivel de valoración respecto de la pregunta o indicador.

<b>Código</b>	<b>Nivel de valoración</b>
<b>1</b>	Totalmente en desacuerdo
<b>2</b>	En desacuerdo
<b>3</b>	De acuerdo
<b>4</b>	Totalmente de acuerdo

#### Sobre la propuesta:

<b>Pregunta o indicador</b>	<b>Valoración</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
La actividad tiene un nivel de complejidad apropiado para 2° año medio.				X
Existe coherencia en las etapas de la actividad.				X
Las propuestas permiten un apropiado entendimiento conceptual de la física.				X
Es factible realizar la actividad en el horario de clase promedio.				X
Es adecuada para enseñar Fuerza y Movimiento				X
Los recursos digitales (sensores) contribuyen en el logro de los objetivos propuestos.			X	
La actividad es coherente con el contenido propuesto en las bases curriculares vigentes.				X

#### Comentarios u observaciones:

Desarrollar hoja de constatación/contraste de resultados.

## Rúbrica de evaluación

### Actividad Fuerza y movimiento

En su calidad de experto(a) docente, solicitamos a usted evaluar la actividad propuesta para enseñar Fuerza y Movimiento en segundo año de enseñanza media. A continuación, indique por favor sus datos y valiosa contribución.

<b>Nombre del experto:</b>	Experto 9
<b>Título profesional:</b>	Profesor de Física
<b>Años de ejercicio docente:</b>	2 años
<b>Tipo de establecimiento en que ejerce:</b>	municipal

#### Instrucciones

A continuación, se le presentarán un conjunto de preguntas e indicadores cuyo objetivo es conocer su opinión sobre cada uno de los componentes de la secuencia didáctica diseñada. Para responder a cada pregunta e indicador, deberá colocar una **X** en la columna que muestra el código para su nivel de valoración respecto de la pregunta o indicador.

<b>Código</b>	<b>Nivel de valoración</b>
<b>1</b>	Totalmente en desacuerdo
<b>2</b>	En desacuerdo
<b>3</b>	De acuerdo
<b>4</b>	Totalmente de acuerdo

#### Sobre la propuesta:

<b>Pregunta o indicador</b>	<b>Valoración</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
La actividad tiene un nivel de complejidad apropiado para 2° año medio.			X	
Existe coherencia en las etapas de la actividad.				X
Las propuestas permiten un apropiado entendimiento conceptual de la física.				X
Es factible realizar la actividad en el horario de clase promedio.				X
Es adecuada para enseñar Fuerza y Movimiento				X
Los recursos digitales (sensores) contribuyen en el logro de los objetivos propuestos.			X	
La actividad es coherente con el contenido propuesto en las bases curriculares vigentes.				X

#### Comentarios u observaciones: