

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
PUEBLA**

---

---

INSTITUTO DE CIENCIAS

**MAESTRÍA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS**

**Estrategia Experimental para la  
Enseñanza de la Física en el Nivel Medio  
Superior.**

TESIS

Que para obtener el grado de  
**Maestro de Educación en Ciencias**  
con orientación en Física

Presenta.

PROFRA: MARÍA RAQUEL NÚÑEZ MORA.

Director: M.C. Adrián Corona Cruz

**BUAP**

Puebla, Pue. Junio 2016

A Sofía, mi hija que creció junto conmigo y me enseñó la perseverancia de la vida.

A Leonardo, mi hijo, porque su lucha por superar sus obstáculos personales, los compartió conmigo y me puso más retos que superar con él.

A mi madre Dolores Rosalinda, la mujer que confié, lloré y soporté mis angustias y de nueva cuenta apoyó mis sueños y los pequeños logros para mejorar como persona, como madre y como hija, le agradezco infinitamente su amor que supera cualquier situación por crítica o sencilla que sea, y el consejo certero a las decisiones que he tomado en mi vida.

A mi hermana Miriam que me dedicó gran parte de su tiempo y fue testigo del desarrollo de Sofía, agradeciendo su gran apoyo y su amor que le brinda día a día a Sofía y a Leonardo, siempre con una bella sonrisa.

A Mónica, José Antonio por respetar y apoyar mi proyecto de vida, Hemi mi hermano menor que siempre y a pesar de su carácter quiere y protege a mis hijos como si fueran suyos, Rosi, Araceli, con su especial carácter y su igualdad que le brinda a la gente, por su confianza y no dejarme caer dándome siempre su mano.

A mi padre Antonio por confiar.

A mis profesores de la maestría por su apoyo, consejos y la espera de este documento.

A la Dra. Rosario Pastrana, por su buen intencionado consejo y sus clases tan intensas.

Al Dr. Adrián Corona, por esos congresos y exponer mi trabajo como parte de un proceso de la enseñanza de la física educativa.

<b>Índice</b>	<b>Pág.</b>
Introducción	
<b>Capítulo I (Antecedentes)</b>	<b>7</b>
1.1.-Introducción	7
1.2.-Problema de estudio	8
1.3.- Fundamentación	9
1.4.- Justificación	11
1.5.- Antecedentes Generales	11
1.6.- Antecedentes Particulares	12
1.7.- Hipótesis	13
1.8.- Objetivos Generales	13
1.9.- Tamaño de la muestra	14
1.10.- Método de medición	15
1.11.- Toma de datos y análisis estadístico	16
<b>Capítulo II (Marco Teórico)</b>	<b>17</b>
2.1.- Desarrollo de habilidades experimentales	17
2.2.- Estructura general del laboratorio en la enseñanza	18
2.3.- Características del Laboratorio Tradicional	19
2.4.- Características del Laboratorio Abierto	20
2.5.- Características del Laboratorio Constructivista	21
2.6.- Enseñanza Activa	23
2.7.- Método Científico	24
2.8.- Operaciones Formales	27

<b>Capítulo III</b> (Metodología de la investigación)	31
3.1.- Tipo de estudio	31
3.2.- Diseño de la actividad	31
3.3.- Área de estudio	31
3.4.- Actividades	31
<b>Capítulo IV</b> (Resultados y su análisis)	33
4.1.- Actividad 1 (Determinar el valor de $\pi$ )	33
4.2.- Actividad 2 (Energía)	44
4.3.- Actividad 3 (Equilibrio)	49
<b>Capítulo V</b> (Conclusiones)	55
<b>Referencias</b>	56
Anexos	58

## Introducción

La presente tesis tiene como base las experiencias académicas de la impartición de laboratorios de Física de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas (FCFM) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), y experiencias derivadas de la aplicación de actividades de laboratorio en el nivel medio superior. Experiencias que han llevado a reconocer la eficiencia de varias estrategias de enseñanza en los laboratorios.

La propuesta que se desarrolla y prueba en la presente tesis se deriva de las ideas que publicación de Wieman (*Premio Nobel de física en 2001*), donde apunta que el propósito de la educación ya no debe ser simplemente la de formar esa pequeña fracción de la población que se convertirá en la próxima generación de científicos, que en la actualidad se necesita de una población científicamente alfabetizada; la sociedad necesita de ciudadanos con habilidades de resolución de problemas complejos y esto se puede lograr si se enseña la ciencia como una ciencia.

La propuesta implica que en las aulas el docente implemente acciones educativas con el objetivo de alfabetizar a los alumnos. Situación, que parece imposible, ante la falta de visión, conocimientos, metodologías, etc. del docente. Sin embargo se creyó posible lograrlo con una propuesta de un formato, que provoque la reflexión, formular hipótesis, predicciones, discutir sus ideas, comprobarlas, etc., todas ellas acciones inducidas por preguntas tipo observa-predice-explica (POE), acciones de socialización derivadas por medio de la exposición de ideas propuestas por otros alumnos, listado de variables que el estudiante identifica como aquellas que se implican en las preguntas y problemas, etc., así, el docente fundamentalmente se reduce a quien dispone, asesora, supervisa, evalúa.

En general, el propósito de ésta tesis es la de comprobar la vialidad de las actividades diseñadas a propósito, en estudiantes del nivel medio superior.

En el Capítulo I, se describen los trabajos realizados sobre la enseñanza en los laboratorios de física, se contextualiza el problema, identificando el problema de investigación, su fundamento, justificación, objetivos y método de análisis.

En el capítulo II, como marco teórico, se presenta un análisis del desarrollo de habilidades experimentales, el ambiente y sus diferentes manifestaciones en el tiempo, Tradicional, Abierto, Constructivista, etc., haciendo hincapié en las acciones que se desarrollan en los laboratorios constructivistas, la exploración, introducción y aplicación del concepto. Se describe una visión actual del método científico, finalmente se alude a el nivel cognitivo que se requiere para que las acciones en los laboratorios tengan mejor éxito.

En el capítulo III, se discute el diseño de las actividades, identifica el ámbito de su aplicación, los temas y áreas a tratar y ramas de conocimientos. Se presentan los objetivos de enseñanza de cada una de las actividades.

En el capítulo IV, se presentan los resultados y análisis de lo realizado por los estudiantes xxx, de las tres actividades: Actividad 1 (Determinar el valor de  $\pi$ ), Actividad 2 (Energía), Actividad 3 (Equilibrio).

Finalmente en el capítulo V se presentan las conclusiones.

# Capítulo I

## Antecedentes

### 1.1.- Introducción

Wieman, *Premio Nobel de física en 2001*, considera que el propósito de la educación de la ciencia ya no es simplemente formar esa pequeña fracción de la población que se convertirá en la próxima generación de científicos. Para enfrentar los desafíos globales que sólo la ciencia puede explicar y posiblemente aminorar, que enfrenta la humanidad, tales como el calentamiento global, así como para tomar decisiones sabias, informadas por la comprensión científica, sobre temas como la modificación genética, etc., se necesita de una población alfabetizada científicamente; necesitamos de ciudadanos con habilidades de resolución de problemas complejos. En consecuencia se requiere de una educación efectiva que impacte en cada uno de los niveles educativos. Bajo la hipótesis de que esto se puede lograr si se enseña la ciencia como una ciencia.

### 1.2.- Problema de estudio.

Actualmente, las estrategias de enseñanza están experimentando cambios, para propiciar la participación de sus estudiantes en los procesos educativos; como el aprendizaje activo, las comunidades de aprendizaje, la educación cooperativa, el aprendizaje basado en problemas, laboratorios, etc. Por ejemplo, Hodson Lynch (1987), cita que las visiones de los docentes, deben motivar; enseñar las técnicas de laboratorio; apoyar el aprendizaje de los conocimientos científicos; introducir al estudiante al método científico, desarrollar determinadas “actitudes científicas” Lynch (1987). Sin embargo, como ocurre en la mayoría de las estrategias de enseñanza, hay objetivos de enseñanza que mucho dependen del dominio y creencia del docente sobre su didáctica y su eficiencia; en la mayoría de los casos, las estrategias, se dan por mandato o/y por moda; en los casos en los que el docente, trata de implementar lo conocido o leído, lo lleva a la práctica siguiendo las ideas que según su criterio fueron

las propuestas de los autores, etc., acciones que evitan lograr los objetivos como el motivar, aplicar adecuadamente los instrumentos educativos; aprendizaje (cambio conceptual); realizar actividades de laboratorio anti-científicas, derivadas de la falta de formación científica del docente. Otros, no consideran a los alumnos, ni por sus conocimientos, ni sus habilidades y menos por su nivel cognitivo.

El producto de ésta tesis es la de implementar una estrategia experimental que apoye al docente para lograr que los estudiantes adquieran un aprendizaje de la física de mayor utilidad.

El propósito específico será diseñar, implementar y validar una estrategia experimental para apoyar a profesores en el nivel medio superior del área de física básica.

### **1.3.- Fundamentación.**

La unidad de Aprendizaje Física II pertenece al área de formación Científica, humanística y tecnología básica del Bachillerato Tecnológico perteneciente al Nivel medio superior del Instituto Politécnico Nacional. Se ubica en el cuarto nivel de complejidad del plan de estudios y se imparte de manera obligatoria en el tercer semestre en la rama del conocimiento de Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas.

La importancia de Física II como parte de la formación básica e integral del estudiante del nivel medio superior, radica en que proporciona los elementos básicos y recursos necesarios para que por medio de actividades teóricas y experimentales construya su conocimiento acerca de los fenómenos físicos que ocurren en la naturaleza desarrollando habilidades, actitudes y aptitudes que lo lleven a un buen desempeño personal, académico y profesional.

Su enfoque teórico-experimental permite abordar situaciones problemáticas que se le presentan al estudiante, en las cuales establece planteamientos, realiza transformaciones elementales de tal manera que reflexiona sobre los fenómenos naturales facilitando los procedimientos empíricos, deductivos e inductivos tanto para la aplicación de las leyes y principios de la física, así como la solución de problemas relacionados con las temáticas.

La física como ciencia natural experimental necesita manejar un enfoque práctico referente a estructuras de pensamiento y procesos aplicables a contextos diversos, que serán útiles para los estudiantes a lo largo de la vida sin que por ello dejen de sujetarse al rigor metodológico que impone la disciplina, por lo que las actividades del laboratorio son de relevancia para el logro de las competencias que se pretenden desarrollar.

La metodología de trabajo está basada en estándares de aprendizaje planteados en las competencias. Cada competencia se desagrega en resultados de aprendizaje (RAP) que se abordan a través de actividades sustantivas que tienen como propósito indicar una generalidad para desarrollar las secuencias didácticas que atenderán cada RAP. Las evidencias con las que se evaluará formativo cada RAP, se definen mediante un desempeño integrado, en el que los estudiantes mostrarán su saber hacer de manera reflexiva, utilizando el conocimiento que va adquiriendo durante el proceso didáctico para transferir el aprendizaje a situaciones similares y diferentes.

El enfoque metodológico del curso se fundamenta tanto en la concepción del docente como un sujeto facilitador del aprendizaje, a través de la planeación y organización de actividades pertinentes que conduzcan al logro de aprendizajes significativos y autónomos, así como en la concepción de un alumno capaz, en pleno desarrollo, potencialmente reflexivo y creativo, que aprende a partir de las actividades y experiencias desarrolladas en continua interacción con el objeto de conocimiento, bajo la supervisión y asesoría del docente.

En este sentido, el enfoque didáctico incorpora como método la problematización continua, la formulación de conjeturas y la revisión sistemática de los conocimientos adquiridos, utilizando técnicas grupales para el análisis y la discusión, así como técnicas expositivas y de indagación, apoyadas con recursos audiovisuales y tecnológicos (computadora, calculadora, entre otros) procurando que la relación entre el alumno y el objeto sea constructiva.

Deberá de tenerse presente que la resolución de problemas es la que permite generar e integrar el conocimiento favorece a través de la identificación de los datos del problema, su manejo y la obtención de resultados, logrando una mejor asimilación de estos. En este proceso el docente es un facilitador de aprendizaje que problematiza, proporciona

información y crea códigos de instrucción, al mismo tiempo que organiza el trabajo en clase de manera que sus alumnos logren resolver los problemas planteados y avanzar hacia nuevos conocimientos. Es importante que, a lo largo de la actividad, los alumnos desarrollen su capacidad para comunicar su pensamiento y se habitúen gradualmente a los diversos medios de expresión matemática: lenguaje natural, simbólico y gráfico, así como al uso de tablas y diagramas.

En términos generales, la enseñanza de los temas no debe seguir la exposición magistral, sino fomentar el trabajo en equipo, al aprendizaje autónomo y la exposición de las experiencias logradas por parte de sus integrantes a través de una adecuada planeación de las actividades de aprendizaje.

El nivel de razonamiento de los alumnos fue determinado por la prueba Lawson. Esta prueba determina la capacidad las formas de razonamiento, de las cuales se distribuyen como sigue:

Este test comprende 24 ítems de alternativas y permite establecer tres categorías de procesamiento de la información: a) Operaciones concreta; b) transición; c) formal. La información que entrega este test acerca del perfil cognitivo está clasificada según la taxonomía de Piaget.

#### **1.4.- Justificación:**

El IPN ha logrado formar especialidades y carreras a nivel superior que superen las expectativas académicas, laborales y de desarrollo de tecnología de punta a nivel nacional e internacional, es por eso que menciono de manera particular las características que se han logrado llevar a cabo en los centros de estudios científicos y tecnológicos para continuar la línea de trabajo, la cual los docentes somos los guías de todos los alumnos para que se lleven a cabo.

#### **1.5.- Antecedentes Generales**

Uno de los objetivos de la física es la evaluación y validación de las leyes y teorías físicas que rigen los fenómenos naturales, justificamos el hecho de que la propuesta experimental cubrirá los siguientes aspectos educativos:

- objetivos de la enseñanza del nivel educativo La importancia de Física II como parte de la formación básica e integral del estudiante del nivel medio superior, radica en que proporciona los elementos básicos y recursos necesarios para que por medio de actividades teóricas y experimentales construya su conocimiento acerca de los fenómenos físicos que ocurren en la naturaleza desarrollando habilidades, actitudes y aptitudes que lo lleven a un buen desempeño personal, académico y profesional.
- Su enfoque teórico-experimental permite abordar situaciones problemáticas que se le presentan al estudiante, en las cuales establece planteamientos, realiza transformaciones elementales de tal manera que reflexiona sobre los fenómenos naturales facilitando los procedimientos empíricos, deductivos e inductivos tanto para la aplicación de las leyes y principios de la física, así como la solución de problemas relacionados con las temáticas.
- Resuelve problemas de mecánica, conservación de la energía, termodinámica e hidrodinámica a partir de la aplicación de las leyes y principios a fenómenos que suceden en su entorno personal o social.
- Resuelve problemas relacionados con las leyes y principios de la dinámica que explican el movimiento de los cuerpos en su entorno cotidiano.
- Resuelve problemas relacionados con la mecánica mediante la aplicación de sus principios en sólidos y fluidos para abordar situaciones reales y teóricas del entorno social y tecnológico.

#### **1.6.- Antecedentes Particulares relacionados con el estudio de la mecánica.**

- Resuelve problemas de mecánica, conservación de la energía, termodinámica e hidrodinámica a partir de la aplicación de las leyes y principios a fenómenos que suceden en su entorno personal o social.
- Resuelve problemas relacionados con las leyes y principios de la dinámica que explican el movimiento de los cuerpos en su entorno cotidiano.

Objetivos de los cursos y sus contenidos:

- Leyes y principios de la dinámica. Primer ley de Newton, Segunda ley de Newton, conceptos de masa, unidades en diferentes sistemas, sistemas de referencia: inercial y no inercial, tercera ley de Newton. Otros ambientes: aplicaciones y validez de las leyes de Newton.
- Rozamiento y su importancia, Fuerzas de rozamiento por deslizamiento, coeficientes de rozamiento: estático y dinámico, Otros ambientes: Fuerzas de rozamiento por rodadura y viscosidad.
- Leyes de conservación de la dinámica, trabajo mecánico y potencia. Otros ambientes: Relación de potencia y velocidad y máquinas simples.
- Energía mecánica (energías cinética y potencial), Teorema de trabajo-energía, Principio de la Conservación de la energía mecánica, Ley de la conservación de la cantidad de movimiento. Otros ambientes: Rendimiento, Campo conservativo y disipativo.

### **1.7.- Hipótesis Y Pregunta de Investigación.**

¿Es posible en el nivel medio superior mejorar el aprendizaje de la física mediante actividades experimentales diseñadas con un perfil científico?

**H: si es posible que mediante una enseñanza teórico-experimental se potencialice la enseñanza y el aprendizaje de la materia de física.**

### **1.8.- Objetivo General:**

Implementar un formato para ser aplicado como una estrategia de tipo experimental, que mediante acciones metacognitivas provoque el desarrollo de las habilidades básicas de quienes se están formando como futuros profesionales en las áreas científicas.

#### **a. "Objetivos"**

Diseñar y aplicar un conjunto de actividades experimentales basadas en un formato diseñado siguiendo acciones básicas que exploran las ideas y provocan la reflexión de los alumnos sobre los eventos planteados mediante preguntas científicas.

#### **b. Objetivo primario**

Que durante el análisis y reflexiones activadas por cada pregunta contenida en el formato, los estudiantes aprendan a resolver problemas experimentales, apliquen y en su caso modifiquen sus ideas previas, realicen acciones identificadas como aquellas que los científicos realizan.

### **c. Objetivo secundario**

Si los estudiantes se enfrentan a eventos que tienen que explicar, explorar y controlar, entonces se habilitarán para resolver problemas científicos.

Si los estudiantes reflexionan haciendo uso de sus preconcepciones, entonces habrá posibilidades para lograr un mejor aprendizaje.

### **Sujetos de estudio: criterios de inclusión y exclusión**

Tamaño de la muestra: basado en el resultado buscado o en las suposiciones realizadas, se debe indicar. Se trabajaron con 3 grupos de cuarto semestre de especialidad de aeronáutica, mantenimiento eléctrico y soldadura, asignados a cargo en mi horario como grupos de laboratorio.

Las actividades serán aplicadas durante el desarrollo de la materia Física General II en las instalaciones de laboratorio de la Academia de Física T.V. del CECYT Cuauhtémoc, del Instituto Politécnico Nacional.

#### **1.9.- Tamaño de la muestra:**

Las actividades serán aplicadas a 4 grupos de diferentes especialidades durante el desarrollo de la materia Física General II de la Academia de Física T.V. del CECYT Cuauhtémoc, del Instituto Politécnico Nacional.

#### **1.10.- Método de medición**

Del análisis de las respuestas a cada pregunta establecida en el formato, se podrá identificar el buen uso de las preconcepciones, habilidades para diseñar y conducir el experimento, su habilidad para identificar el fenómeno investigado, su habilidad para decidir que parámetros serán medidos e identificar las variables

independientes y dependientes, su capacidad para identificar un patrón en los datos adquiridos y en consecuencia representarlos por medio de un modelo matemático.

Mediante la pregunta establecida al final de cada actividad; ¿qué aprendiste?, se estará identificando las “ganancias” de cada actividad.

#### **e. Métodos de recopilación de datos:**

El lugar donde se llevaron a cabo la aplicación de las actividades fue en el laboratorio de experimentación donde se llevan a cabo las prácticas del semestre. Se distribuyeron las actividades de manera individual sin dar instrucciones para su desarrollo, donde la finalidad de estas propuestas experimentales cumplen dentro de las características que se pretenden llegar a que el alumno pueda deducir, plantear hipótesis, opinar con respecto a un diálogo puesto en la actividad (análisis experimental), y proponer arreglos experimentales que den solución a la resolución de un problema planteado.

#### **f. Variables y su control**

Para recolectar la información utilizaremos los siguientes test:

a) El test de Lawson (Prueba de Aula para el Razonamiento Científico o prueba de Lawson) ha sido diseñada para evaluar la capacidad de razonamiento científico, de acuerdo a la propuesta de Piaget. Por otra parte, Meltzer (2002) ha señalado que las habilidades cognitivas y las de razonamiento científico pueden ser uno de los factores condicionantes del aprendizaje. El razonamiento científico es una capacidad fundamental para estudiar carreras de ciencias, permite determinar la capacidad o habilidad de razonamiento científico y matemático al enfrentar una situación, al hacer una predicción o resolución de problema.

El proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias experimentales y la matemática viene dado y afectado por numerosos factores siendo uno de los más relevantes el nivel de desarrollo cognitivo de los estudiantes (Lawson, 1985).

Serán aplicadas cinco formatos, relacionados con los temas que establece el programa.

Temas de Física II:

Principios de la conservación de la energía.

Principios de la conservación de la cantidad de movimiento.

Choque entre desiguales.

Determinar la altura de rebote

### **1.11.- Toma de datos y análisis estadístico**

Cada una de las habilidades y capacidades se calificaran usando una rúbrica, con los niveles: Falto, Inadecuado, Necesita algunas mejoras y Adecuado. Ya que la información que se obtenga se analizarán los datos y bajo la observación del desarrollo de las actividades experimentales propuesta, generando así estadísticas que representen gráficas que puedan expresar resultados más confiables y fácilmente de interpretar. Dando sí una finalización en las actividades y de esta manera confirmar la hipótesis planteada, tomando en cuenta la veracidad de estos resultados a partir de las actividades experimentales desarrolladas por los alumnos. Es importante mencionar que este tipo de análisis nos da realmente cambios que se proponen al principio ya que existe un gran interés por querer manipular material y que sus conclusiones sean conocidas por todos sus compañeros. El manejo de variables aunque no fue una parte que el alumno domino en su totalidad, es claro que no desconoce las literales que se manejan en la materia de física, como se vio en el análisis de resultados de la propuesta experimental ya que este tipo de actividades experimentales son conceptualizados como cuasi-experimentales, ya que tienen el control o la manipulación de una variable independiente para ver su efecto y relación con una o más variables independientes.

# Capítulo II

## Marco teórico

### 2.1.- Desarrollo de habilidades experimentales

Según McDermott (1991) y Beardsley (1992), la enseñanza de ciencias en general y de la física en particular está en un estado en que surge una fuerte necesidad de cambio, tanto en los objetivos, contenidos y métodos instruccionales como en los apoyos tecnológicos. El aprendizaje de ciencia, tanto como el producto como el proceso, se reconoce como un asunto complejo, cuyos elementos básicos según McCormack (1989) son: Conocimiento - Aprendizaje; Exploración - Descubrimiento; Imaginación -y Creación; Usar - Aplicar.

El modelo del aprendizaje de la ciencia como memorización de los hechos, definiciones y fórmulas está superado, pero todavía no existe un consenso sobre los nuevos enfoques. Roth (1992) cita que las corrientes actuales son aprendizaje a través de la aplicación de ciencia y tecnología en cuestiones sociales y aprendizaje como cambio conceptual y desarrollo de habilidades.

En los primeros laboratorios de física deben ser lugares donde el estudiante reconoce la necesidad de conceptualizar su visión del mundo físico, a través de los experimentos simples que desafían sus concepciones intuitivas y que le provocan un cambio conceptual. Este paso es indispensable en la formación de una base sólida que les permite a los estudiantes avanzar en cursos en las cuales se supone que ellos ya dominan los conceptos básicos.

### 2.2.- Estructura General del Laboratorio en la Enseñanza

Los elementos estructurales de la enseñanza de física en laboratorio son: Asesor – Estudiante; Objetivos – Métodos; Prácticas - Evaluación. De la naturaleza de estos elementos y de sus interacciones depende la calidad del trabajo en el laboratorio.

En el proceso de enseñanza el asesor es el elemento más importante, por ser (al parecer) indispensable para apoyar la formación del estudiante. Entre los componentes que definen a un asesor, está el que éste esté capacitado para desarrollar su papel como guía del proceso de enseñanza y lo más importante este debe tener y dominar algún método.

El asesor diseña los objetivos de las actividades de los estudiantes en conformación con las ideas que tiene acerca de la función del laboratorio en la investigación científica, de la naturaleza de ciencia y de aprendizaje de la misma por parte del estudiante.

Según las ideas de Gilbert (1991), la ciencia se debe conceptualizar y promover a través de la instrucción, tanto en salón de clase como en laboratorio, como el proceso de construcción de modelos conceptuales que tienen el poder predictivo, integrando el proceso y el producto de la ciencia y enfatizando su carácter hipotético - deductivo, que es opuesto al modelo inductivo del desarrollo de conocimiento científico. Zeidler (1989) considera que éste punto es de primera importancia, porque incluso el lenguaje del maestro influye que visión de la ciencia van construir los alumnos. Por otro lado Butler (1991), hay evidencias que la idea que tienen los alumnos acerca de la ciencia influye la integración de su conocimiento.

Otro factor que determina, tanto el diseño de los objetivos como su realización y evaluación, es la visión que tiene el asesor acerca del proceso de aprendizaje estudiantil. Según Renner (1973), Martin (1980), Resnick (1983) y Saunders (1992), en general, están contrapuestos dos modelos, uno que supone que el nuevo conocimiento es simplemente un aumento de información y otro que ve el aprendizaje como permanente proceso de construcción de conocimiento.

El diseño de los objetivos influye claramente la planeación de los métodos, las prácticas y la evaluación. De la claridad y diversidad de los elementos que se evalúan depende fuertemente el éxito de un laboratorio, sea de la ciencia Beasley (1992) o de la física Unruh (1993).

Partiendo de los modelos de la ciencia y del aprendizaje estudiantil de la ciencia que se promueven implícita o explícitamente, los laboratorios de la física se pueden tipificar como en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipología de los Laboratorios en la Enseñanza de la Física

**Tipo de Laboratorio Modelo de Ciencia Modelo del Aprendizaje de Ciencia**

Tradicional	Inductivo	Recibir información
Abierto	Hipotético-Deductivo	Recibir y discutir información
Constructivista	Hipotético-Deductivo	Construir conocimiento
Competencia	Hipotético-Inductivo	Desarrollo de habilidades

**2.3.- Características del Laboratorio Tradicional**

Estos tipos de laboratorios se originaron de los cuarenta experimentos de Universidad de Harvard (1886), cuyo fin fue dar al estudiante la oportunidad de tocar los instrumentos y usarlos para medir cantidades básica de la física. Estos experimentos, además de no haber evolucionado en más de un siglo, se continúan utilizando con una gran degeneración. Laboratorios tradicionales se bautizan con diferentes nombres (tradicional, estructurado, convergente, "cook-book",...) Robinson (1979) cita que sus características principales son: el uso de laboratorio para "verificar" las leyes y los "hechos" enseñados en lecciones o dados en libro de texto; el estudiante está dicho exactamente lo que debe hacer y está informado, por lo menos implícitamente, acerca del resultado esperado; el "experimento" se debe terminar en tiempo determinado y el estudiante no tiene oportunidad para pensar, para investigar más, o para intentar otros caminos; es prohibido experimentar. Una de las mayores falacias de quienes enseñan con los experimentos de "recetas de cocina", es que asumen que el estudiante sabe cómo aprender. Los métodos tradicionales consisten de seguir un conjunto de ejercicios prácticos, en donde el estudiante tiene únicamente que ensamblar aparatos de acuerdo un conjunto de instrucciones, tomar lecturas e insertar resultados en una formula, los aparatos trabajan garantizados. Otro aspecto a considerar es el punto de vista con que se ve a los contenidos de la física. Los estudiantes expuestos a este tipo

de laboratorio perciben la física solo como una colección de definiciones, fórmulas, leyes y algunos datos.

#### **2.4.- Características del Laboratorio Abierto**

Impulsados por las evidencias molestas de que los estudiantes, que han estudiado la física durante cuatro años y quieren seguir como físicos experimentales, según Buckwald (1977) no tienen ni idea como se hacen investigaciones en la física experimental, aparecen varias alternativas a los laboratorios tradicionales. Robinson (1979), los laboratorios que surgen de la insatisfacción con los logros de los laboratorios tradicionales llevan diferentes nombres, tales como "abierto", "no estructurado", "divergente", "laboratorio de proyecto o de investigación", pero sus objetivos comunes son: Dar a los estudiantes la oportunidad para lograr los objetivos del laboratorio estudiantil: el contenido, la forma y la atmósfera general deben, tanto como sea posible, resembrar a un laboratorio de investigación; El estudiante debe solamente aprender cómo manejar el equipo moderno y como analizar los resultados, sino también él es fomentado para que consulta la biblioteca, cuestiona, reflexiona, y desarrolla su propia iniciativa; Se tienen presente no instrucciones rígidas sino los problemas de la experimentación que son suficientemente difícil para desafiar su comprensión y ingenuidad. En el mismo tiempo, los experimentos deben ser suficientemente simples para que pueden ser resueltos por los estudiantes, con una ayuda ocasional del instructor, dentro de un tiempo y con un esfuerzo razonable.

Para vencer el método tradicional, es importante tomar en cuenta los siguientes puntos Roth (1991):

- Usar problemas del mundo real para motivar a los estudiantes;
- Usar computadoras como "ayudante" en el desarrollo del aprendizaje conceptual, para encontrar soluciones aproximadas, para graficar;
- Conectar situaciones en problemas con modelos y funciones matemáticas;
- Usar las funciones desarrolladas en las experiencias del laboratorio para regresar a otros problemas del mundo real para analizarlos.

- Física en laboratorio debe enfatizar el mapeo del mundo real al mundo simbólico de matemática y después el re-mapeo del mundo matemática al nuevo fenómeno del mundo real.

## **2.5.- Características del Laboratorio Constructivista**

Las ideas de constructivismo dan una nueva dirección al desarrollo de los métodos del trabajo experimental. Los conceptos y teorías son construidos personalmente. Su validez es temporal en cuanto haya una experiencia adicional o instrucción que pueda modificar tales ideas. Por eso en el aprendizaje se involucra algo más que el uso de métodos establecidos. Como tal se requiere actitudes creativas de la imaginación. La primera aplicación del constructivismo en la enseñanza de la física se debe al esfuerzo de Robert Karplus, quien dejó una carrera exitosa en la física teórica para dedicarse al problema de cómo enseñar adecuadamente la física en la primaria, tomando en serio el carácter personal del aprendizaje (Karplus 1962). De esta definición sale el modelo de enseñanza, llamado "Círculo de Aprendizaje" (Karplus 1977).

En este modelo las actividades de experimentar y de razonar se desarrollan en tres fases:

### **Exploración**

Los estudiantes obtienen experiencias con los fenómenos. Estas aprenden a través de sus propias acciones y reacciones en las nuevas situaciones. Ellos exploran nuevos materiales y nuevas ideas con una guía mínima o una expectativa de logros específicos. La nueva experiencia debe provocar preguntas o complejidades que ellos no pueden resolver con acostumbrados patrones de razonamiento. Debido a esto surge un desequilibrio y los estudiantes son listos para el cambio conceptual.

### **Introducción del concepto**

Empieza con la definición de un nuevo concepto o una nueva idea que ayuda a los estudiantes en aplicación de un nuevo patrón de razonamiento a sus experiencias. El concepto puede ser introducido por el maestro, por el libro de texto, por una película o

por alguno otro medio. Este paso, que ayuda a auto regularización, debe de venir siempre después de las actividades de exploración.

Es especialmente importante que la definición formal del concepto se introduce cuando los estudiantes ya tienen ideas concretas acerca del concepto logrado en las actividades de exploración.

## **Aplicación del concepto**

En esta última fase del círculo de aprendizaje debe de ocurrir la familiarización con el concepto y esto se logra a través de aplicación de nuevo concepto y/o patrón de razonamiento a situaciones adicionales. La aplicación del concepto es un paso necesario para mostrar la extensión de la aplicabilidad del concepto. Con esto se ofrece a los estudiantes tiempo y experiencia adicional para auto regularización.

Aunque fue introducido como el método de aprendizaje de física y otras ciencias en primaria, el círculo de aprendizaje se usa con éxito también en niveles de preparatoria (Robinson 1992, Unruh 1993) y de universidad (Fuller 1978).

Gracias a la creciente evidencia que los métodos tradicionales usadas en la instrucción universitario, incluyendo también los laboratorios abiertos, no logran superar concepciones alternativas (van Heuvelen 1991), el constructivismo gana el terreno en la enseñanza de la física en la universidad, especialmente en los cursos introductorios. En estos cursos, laboratorio debe ofrecer principalmente un ambiente para construir el aprendizaje (Robertson 1985).

El laboratorio constructivista ofrece a los estudiantes una visión emancipativa del conocimiento físico y su construcción. Se enfatiza la importancia de los conocimientos previos que sirven como lentes conceptuales que usan los estudiantes para interpretar no solamente su mundo cotidiano sino también toda la información que reciben en la enseñanza de la física. En esta manera el estudiante primero aprende a aprender y reconoce su responsabilidad personal en la construcción y reconstrucción del aprendizaje.

Entre los varios formatos de laboratorio constructivista está el modelo de Hake (1992), que introduce la pedagogía Socrática en el laboratorio. Está diseñado para

promover para que los estudiantes construyen mentalmente los conceptos a través de (1) conflicto conceptual; (2) un extensivo análisis verbal, escrito, visual, diagramático, gráfico y matemático de los concretos experimentos Newtonianos; (3) una repetitiva exposición de los experimentos con creciente nivel de sofisticación; (4) discusión con compañeros; (5) diálogo Socrático con instructor.

## **2.6.- Enseñanza Activa.**

Dr. David Sokoloff de la Universidad de Oregon menciona que la técnica de Aprendizaje Activo de la Física en una alternativa de enseñanza y que es avalada por la investigación educativa de los últimos veinte años. (SOKOLOFF, 2006).

Dr. Ronald K. Thornton de Tufts University, define: “Consideramos el Aprendizaje Activo de la Física como el conjunto de estrategias y metodologías para la enseñanza y el aprendizaje de la Física, en donde los alumnos son guiados a construir su conocimiento de los conceptos físicos mediante observaciones directas del mundo físico”. (Thornton y Sokoloff,1998).

Dr. Alexander Mazzolini, menciona características importantes del aprendizaje activo, los alumnos construyen su conocimiento al poner manos a la obra y al hacer observaciones. Las observaciones reales del mundo real son la autoridad.

Se utiliza el ciclo de aprendizaje en el que los alumnos son desafiados a comparar sus predicciones (basados en sus creencias) con las observaciones de experimentos reales. Las creencias de los alumnos cambian cuando los alumnos son confrontados ante las diferencias entre sus observaciones y sus creencias.

El papel del instructor es de guía en el proceso de aprendizaje. Se fomenta la colaboración entre compañeros. Los resultados de experimentos reales son observados en formas comprensibles. El trabajo de laboratorio se utiliza para aprender conceptos básicos.

Las principales características de las herramientas tecnológicas permiten a los alumnos dirigir su práctica sin consumir la mayor parte del tiempo en recolectar datos para su demostración.

Los datos graficados son en tiempo real y permiten a los alumnos una inmediata retroalimentación y poder ver los datos en forma comprensible.

Debido al hecho de que los datos son rápidamente obtenidos y analizados, los alumnos pueden examinar fácilmente las consecuencias de un gran número de cambios en las condiciones experimentales durante una sesión de laboratorio.

Las herramientas de hardware y software son generales, es decir, independientes de los experimentos, por lo cual los alumnos son capaces de enfocarse en la investigación de muchos fenómenos físicos sin perder tiempo usando instrumentos más complicados.

Las herramientas tecnológicas no determinan ni el fenómeno a investigar, los pasos de la investigación, ni el nivel o sofisticación del objetivo de aprendizaje por los que son útiles desde el nivel elemental hasta el universitario. (Thornton y Sokoloff, 1990).

## **2.7.- Método científico**

En lo general, hay métodos de enseñanza de las ciencias basados en acciones clase-pizarrón; clases con discusión; clase-demostraciones-discusión; enseñanza por descubrimiento; laboratorios donde se siguen recetas, laboratorio-discusión; etc., sin embargo en los mejores casos, sólo se han identificado pequeñas ganancias referidas a las habilidades en el manejo de equipo, las variaciones en conceptos implicados en los problemas son poco significativas, y sus actitudes en lo general difieren y en ocasiones se contraponen a las acciones científicas.

Si aceptamos que experimentación está basada en el método científico y éste es un elemento fundamental en la investigación científica, se puede plantear la hipótesis de que en las aulas se debería impartir educación científica apoyada por la experimentación. Sin embargo, conviene indicar que las acciones en los laboratorios se deben diseñar para hacer ciencia y no para enseñanza y aprender ciencia; es decir, se implican acciones pedagógicamente razonables, métodos de aprendizaje y enseñanza fundamentalmente diferentes a los “tradicionales”, cuidando de que diferencien entre el aprendizaje de la ciencia, el aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia y la práctica de la ciencia.

El método implica la participación de los estudiantes en el planteamiento de explicaciones basadas en lo que ven, acciones que los lleve a resolver problemas experimentales y a analizar considerando los objetivos del experimento, tiene que reconsiderar sus hipótesis, e ideas previas, así, los marcos alternativos de los estudiantes evolucionan en el contexto de la ciencia.

El implementar actividades orientadas a la reflexión, conlleva a que los estudiantes empleen sus conocimientos (estimula el desarrollo conceptual al comparar sus experiencias de laboratorio con su experiencia de la “realidad”) y realicen procedimientos que los científicos en lo “general” siguen, acciones que implican que desde su temprana formación se implique en los procesos para familiarizarse y explorar los secretos del mundo físico. Sin embargo estas ideas podrán tener éxito si se sigue con sus bases teóricas.

Es sabido que las acciones más comunes en los laboratorios de física se relacionan con captar el problema planteado por el profesor; seguir un “procedimiento” experimental que en lo general corresponde a una receta; que los estudiantes entiendan las ideas externadas por el profesor, sin identificar los niveles metacognitivos de los estudiantes; que sigan las instrucciones de los manuales; que manejen sistemas previamente implementados; que capturen datos previamente establecidos; que extraigan resultados y conclusiones según lo indicado; e informen llenado un formato sin conocer las normas básicas internacionales de escritura. Ante tales conductas, los estudiantes poco aprenden, poco se motivan, no les es posible identificar si algo aprendieron, y mucho menos desarrollan una actitud científica.

Sin embargo, aunque cuestionada, desde Galileo, se considera que el desarrollo de las ciencias naturales, se ha basado en el método científico (MC), acción que se compone de elementos fundamentales. Desgraciadamente, su implementación se ha mezclado con “ideas modernas” que rompen con las acciones inductivistas del MC. Una de las ideas sobre el MC, es poder diferenciar entre: “actitudes sobre la ciencia” y “actitudes científicas”, la primera se refiere a los enfoques y actitudes respecto a los hechos, ideas e información contemplados por las curriculas, donde en lo general los editores no tienen ideas fundamentadas de la función de las acciones prácticas, y la segunda

respecto a los procedimientos básicos de la acción científica. Es la actitud científica la que queda en dependencia de acciones como las prácticas de laboratorio, la tecnología, la actitud científica del docente.

Según, Lynch (1987) los objetivos de los profesores que aprueban el trabajo práctico van desde aquellos que son para motivar o divertir al alumno; aprender “técnicas de laboratorio”; mejorar el aprendizaje de los conocimientos científicos, procurar actividades para comprobar leyes y principios de la física; desarrollar habilidades para resolver problemas; seguir “actitudes científicas”, etc., motivos por demás inconexos con el aprendizaje de la física.

Esto aunado a la falta de actitudes científicas por muchos de los profesores, por décadas la falta de tecnología, y desacuerdos sobre lo que es y debe ser la enseñanza de las ciencias” Waring (1985), hicieron que la enseñanza de la física se fundamentara en acciones de aula-pizarrón.

La idea predominante entre los educadores de ciencias es que la experiencia práctica es la esencia del aprendizaje científico. Sin embargo, si tenemos en cuenta la importancia que se concede a la experiencia en el laboratorio, vemos que se han realizado pocos análisis sistemáticos de los logros que se pueden obtener en el laboratorio de ciencia (Hodson 1994).

Desde que *Education Department* (1882) declaró, que “la enseñanza de los alumnos en materias científicas se llevara a cabo principalmente con experimentos”.

Las acciones de diseño e implementación de los experimentos, hacen que los estudiantes desarrollen una la actividad científica, actitud que durante su proceso educativo se debió desarrollar, en lugar de ser individuos receptivos de conocimiento.

Es común que los estudiantes ante tales indicaciones, sea incapaz de identificar lo que se pretendió que aprendiera, en su caso se implique demás en alguna de las acciones, se impliquen en acciones aleatorias, reproduzcan lo realizado por otros estudiantes, o bien, sólo actúan como observadores de las acciones de los estudiantes interesados los que en lo general son los menos.

Teniendo claro el objetivo de la actividad de aprendizaje, con un punto de vista basado en la práctica científica y tratando de implementar acciones pedagógicas que faciliten el desarrollo conceptual y habilidades, las actividades de aprendizaje deben ser diseñadas para ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades básicas del método científico, a generar interés por la ciencia.

Es conveniente considerar que la enseñanza de la ciencia en las facultades, cuya función es la de formar científicos, debe constar de objetivos principales: adquirir y desarrollar conocimientos teóricos y conceptuales; *aprendizaje de la naturaleza de la ciencia*, entendimiento la naturaleza y los métodos de la ciencia, sin perder de vista las interacciones complejas entre ciencia y sociedad, y desarrollar acciones de investigación científica y el planteamiento y resolución de problemas.

## **2.8.- Operaciones formales**

En las últimas décadas, se advierte tanto en la bibliografía como en los congresos nacionales e internacionales sobre la enseñanza de las ciencias, el énfasis de autores e investigadores en señalar la importancia de la introducción de la metodología científica en la instrucción, como una forma de favorecer el aprendizaje realmente significativo, así como un pensamiento divergente y creativo. El resultado de las investigaciones muestra que la estructuración de cursos organizados con esas estrategias, con modificaciones sustanciales en el enfoque con que se enseñan tradicionalmente las ciencias, en particular la Física, mejoran la calidad de la enseñanza (Unruh 1993).

La instrucción que enfatiza y promueve el uso del Método Científico (MC) debe ser la base de la educación de ciencias, para que los estudiantes aprendan a "pensar como científico". Desafortunadamente por la múltiple caracterización del "método científico" y la falta de dominio por parte del docente esta idea no ha tenido éxito. Incluso, muchos autores (Fuller 1978 y van Heuvelen 1991) consideran que no existe *un* método científico. En lugar de usar una receta predeterminada y bien estructurada, el científico, según el problema tratado, tiene que usar, de manera creativa, métodos definitorios, clasificatorios, estadísticos, hipotético-deductivos, procedimientos de

medición, etc., por lo que hablar del Método Científico (MC) es referirse a muchas tácticas utilizadas para construir el conocimiento.

Robertson, dentro de las cuestiones controvertidas de la investigación en el aula, considera que si el maestro lo cree adecuado puede ir introduciendo la metodología científica con actividades, creativas y rigurosas que lleven al alumno a la duda de las certezas del sentido común, provocando hipótesis imaginativas, que contrasta, rechaza, duda..., elabora pequeñas teorías, establece leyes... y en definitiva, forma, desarrolla el conocimiento y educa en el rigor científico (Robertson 1985).

Se reconoce que es más común que las ciencias que se basan en estrategias fundamentales son por ejemplo la biología, química y las matemáticas, en ellas resulta obvio que el método hipotético deductivo y la estadística son esenciales para su aprendizaje (Dykstra 1990).

En este trabajo dirigimos nuestra atención a dos elementos básicos del quehacer científico:

- (1)** la formulación de hipótesis (planteamiento o supuesto que busca explicar un fenómeno físico y
- (2)** la verificación de hipótesis (constataciones formales que se deben comprobar o refutar mediante la observación, siguiendo las normas establecidas por el MC).

(Carretero 1997) consideró la posibilidad de una enseñanza activa de las ciencias en la que los alumnos pudieran comprobar por sí mismos la utilización del "Método Científico", constatando y modificando hipótesis sobre el fenómeno físico de flotación.

Como bien se sabe, gracias a los trabajos pioneros de Rosalind (1994) la conceptualización del porqué de la flotación de las cosas es un proceso complejo cuyo acercamiento a la conceptualización científica depende fuertemente del nivel cognitivo de los niños, pues requiere de patrones del razonamiento formal. Esos patrones no los promueve la enseñanza tradicional y por eso, incluso, los estudiantes universitarios, terminando sus primeros cursos de física, todavía tiene dificultades conceptuales en la

comprensión de la fuerza de empuje, responsable, junto con la fuerza gravitacional, del fenómeno de flotación.

Durante las entrevistas que condujo Carretero, centradas en el análisis de las hipótesis, los estudiantes mostraron una gran variedad de estrategias relacionadas con la tarea de corroborarlas y falsarlas. Para facilitar las tareas de verificar con hechos las hipótesis, los entrevistados tenían a su disposición dos recipientes con agua uno más grande que el otro y un conjunto de bolas de diferentes características (tamaño, material, estructura interna,...). Con este material, el estudiante podía mostrar perfectamente al experimentador la verdad o la falsedad de la cualquiera de las hipótesis que se le planteaban. Estas estrategias Carretero las categorizó, desde la más simple a la más elaborada, de la siguiente manera:

**1.- Interpretación descriptiva.-** Consiste en que el sujeto no realiza ni se propone ninguna actividad destinada a la comprobación de la hipótesis. Más bien parece que no tiene en cuenta el carácter hipotético del enunciado. Puede decirse que entiende la frase como si sus dos términos estuvieran unidos por «y» y no por «porque».

**2.- Estrategia de comprobación con resistencia a la falsación.-** En este caso los sujetos consideran las hipótesis como tal, es decir, le otorgan un carácter de posibilidad y casualidad y dan los pasos necesarios para comprobarla. Pero, curiosamente, cuando encuentran que la hipótesis se cumple con algunas bolas pero no con otras, llegan a la conclusión de que la hipótesis es «verdad y mentira», a la vez, y no mentira, como obviamente es. Los sujetos que utilizan esta estrategia parecen pensar que para que un enunciado sea verdadero debe cumplirse todos los casos y para que sea falso no debe cumplirse en ningún caso.

**3.- Estrategia verificadora.-** Consisten en que los niños sólo tienen en cuenta los tipos de bolas que confirman la hipótesis, pero ignoran completamente los que demuestran que es falsa.

**4.- Falsación mediante una interpretación bi-condicional del enunciado.-** Los sujetos que llevan a cabo esta estrategia son capaces de llegar a la conclusión de que la hipótesis es falsa pero haciendo uso de una argumentación que no es totalmente correcta y que supone una interpretación bi-condicional del enunciado. Por ejemplo,

ante la frase, «las bolas flotan porque están huecas» los niños ofrecen como prueba de su falsedad que «hay bolas macizas que también flotan», pero, de hecho, esto no es una prueba correcta, mientras que si lo es el hecho de que haya bolas huecas que no flotan.

**5.- Estrategia falseadora correcta.-** Como puede suponerse, consiste en la demostración de la falsedad de la hipótesis pero interpretándola como un enunciado condicional y no bi-condicional.

Para poder cuantificar a la población estudiantil por su nivel de desarrollo cognitivo, realizamos una categorización basada en las características o grado de dificultad de las estrategias presentadas por Carretero y en la taxonomía del desarrollo cognitivo de la prueba de aula de razonamiento científico, también llamada “La prueba Lawson” (Lawson 2003); las dos primeras las consideramos de **pensamiento concreto o hipotético inductivo**, ya que no constatan las hipótesis planteadas, debido a que predomina la incapacidad de llevar a cabo, con éxito, una tarea de comprobación, en donde los estudiantes hacen uso de estrategias más primitivas. La estrategia que solamente verifica la hipótesis planteada, la consideramos como de **pensamiento en transición**, ya que exige un grado de pensamiento mayor que las dos anteriores, pero no falsa las hipótesis. La cuarta y la quinta las consideramos de **pensamiento formal o hipotético deductivo**, debido a que son acciones de falsación. De las dos falsaciones que considera, la quinta es de grado superior a la cuarta, ya que la cuarta tiende a entender las hipótesis planteadas, que son enunciados condicionales, como si fueran bi-condicionales y, por lo tanto, ofrecer las pruebas pertinentes para falsarlos, en vez de ofrecer las pruebas propias de la falsación de los enunciados condicionales.

# Capítulo III

## Metodología de investigación

### 3.1.- Tipo de estudio

En un sentido general hacer ciencia puede definirse como el proceso por el cual los seres humanos intentan comprender la naturaleza. En los ámbitos educativos activos, ese proceso por lo general comienza con la exploración de algún fenómeno curioso y desconcertante, que difícilmente puede ser explicado en términos de los conocimientos actuales, en lo general la sensación de desconcierto provoca curiosidad y el deseo de comprender y explicar. Explicar mediante tentativas basadas en experiencias previas que asocian de alguna manera al fenómeno expuesto. Si los alumnos son inteligentes, pueden entonces ser capaz de imaginar la forma para poner sus explicaciones tentativas a prueba. Si la explicación tentativa no ha sido suficiente son capaces de modificarlo.

De ahí que el objetivo de este estilo de enseñanza es cercar a los estudiantes a los procesos de la ciencia para activar sus las habilidades y patrones de pensamiento (patrones de la argumentación). De aquí que se han propuesto actividades ejemplo:

### 3.2.- Diseño de las actividades

**Programa de estudio:** Física II.

**Temas:** Obtener el valor de la constante  $\pi$ , Energía, y Equilibrio.

### 3.3.- Área de estudio: Científica, Humanística y Tecnológica Básica.

**Rama de Conocimiento:** Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas

### 3.4.- Actividades (ver anexos)

**Actividad 1, valor de  $\pi$ ,** con esta actividad se investiga la habilidad de los estudiantes para identificar los instrumentos de medición y métodos más

indicados para obtener un resultado de alta precisión. se establece el problema:

En ésta práctica midiendo el perímetro y diámetro de un objeto redondo, tratarás de calcular con el mayor número de cifras el valor de  $\pi$ . Se proponen diferentes métodos para medir y se mencionan diferentes instrumentos| para medir distancias. Así como supuestas ideas propuestas por ciertos alumnos.

**Actividad 2, Energía,** con esta actividad, se investigó la actividad de los estudiantes, para predecir y explicar el comportamiento de un sistema mecánico. Se pretende que el estudiante aprenda sobre el tema conservación-transformación de la energía durante las colisiones.

**Actividad 3, Equilibrio,** la actividad es una demostración, en la que fundamentalmente se usa el método POE, Predecir-Observar-Explicar. Se quiere que el estudiante identifique que el equilibrio es función de la altura a la que se encuentra el centro de masa.

# Capítulo IV

## Resultados y su análisis

Las actividades fueron aplicadas a 4 grupos de estudiantes de diferentes especialidades de la materia Física General II de la Academia de Física T.V. del CECYT Cuauhtémoc, del Instituto Politécnico Nacional

### 4.1.- Actividad 1 (Determinar el valor de $\pi$ )

#### Experimento para obtener el valor de $\pi$

Se dice que ya hace más de 57 siglos, los babilonios inventaron la rueda. Tal vez de ahí su afán por descubrir las propiedades de la circunferencia, cómo la relación entre el perímetro y el diámetro. A lo largo de más de los últimos 2 siglos los matemáticos han obtenido muchas fórmulas, algunas de gran belleza, para representar el número  $\pi$ , entre ellas: series, desarrollos en fracciones continuas etc. Además ha habido records de cálculo de cifras de  $\pi$ , como el japonés Akira, que en julio del 2005 recitó de memoria más de 83 mil dígitos (3.1415926535897932384...).



**En ésta práctica midiendo el perímetro y diámetro de un objeto redondo, tratarás de calcular con el mayor número de cifras el valor de  $\pi$ .**

**1.- Problema experimental:** Para resolver el problema deberás medir el perímetro (P) y el diámetro (D) de un objeto redondo. ¿Crees que hay alguna dificultad para medir las distancias? Para apoyar tu respuesta, responde a las ideas:

**2.- Métodos para medir P y D:** ¿Cuál de los siguientes métodos consideras que te dará mejores resultados?

*Métodos para medir P:* rodear el objeto con un cordón; rodar el objeto sobre una superficie; usar el flexómetro, hacer que al rodar el objeto deje una marca en la mesa; usar una cinta métrica de costurera; rodar el objeto sobre una regla de madera; etc.

*Métodos para medir D:* simplemente medir con una regla; colocar el objeto entre dos objetos; usar una escuadra; usar un calibrador; trazar el perímetro en un papel milimétrico; localizar el centro para medir el radio; localizar los puntos de contacto del objeto al ponerlo en una esquina rectangular; etc. subraya los métodos que consideres te darían mejores resultados, y explica cómo afectarían tus resultados, en su caso describe tus métodos.

### Respuestas

Los métodos seleccionados por los estudiantes para medir el perímetro y diámetro de un objeto redondo o esférico, para medir el perímetro (P) corresponden a acciones que implican **rodear** o **rodar** al objeto; ambos métodos dependiendo del objeto tienen sus

ventajas y desventajas, por ejemplo “rodear el objeto con un cordón”, “usar el flexómetro” o “usar una cinta métrica de costurera”, será conveniente cuando el perímetro del objeto sea suficientemente grande como para que el grueso del cordón y el acoplamiento de la cinta sean “despreciables”, sin embargo “rodar el objeto sobre una superficie con o sin escala”, si el objeto es “pequeño”, la acción pudiera controlarse y en consecuencia se podría hacer la hipótesis de que el error correspondiente sería “despreciable”. Según los textos subrayados por los alumnos que realizaron la actividad, el 81% propusieron para medir el perímetro rodear al objeto, mientras que el resto 19%, prefieren rodar el objeto. Siendo el cordón y la cinta de costurera sus preferidos. Respecto a los métodos para medir el diámetro (D) del objeto, las acciones propuestas a los alumnos, implican medir el diámetro de manera directa e indirecta, directa cuando mide suponiendo que lo hace justo en el diámetro, e indirecto cuando mediante un arreglo identifica el diámetro. Nuevamente, la conveniencia de la acción escogida por el alumno depende de las características físicas del objeto. Por ejemplo el método directo de paralaje, “colocar el objeto entre dos objetos”, podría ser conveniente si el objeto es relativamente pequeño, mientras que el uso del calibrador “usar un calibrador”, sólo convendría para objetos que pudieran ser contenidos en las tenazas del calibrador. El usar estrategias de apoyo, o usar el método indirecto, como; “trazar el perímetro en un papel milimétrico; o “localizar el centro para medir el radio”; implica realizar acciones que conllevan errores acumulativos. Es probable que la medición directa sea más precisa; “simplemente medir con una regla” o “usar una escuadra”. En este caso se encontró que el 65% de los estudiantes, prefirieron usar un método indirecto, y el resto 35%, el directo. Siendo las acciones; “localizar el centro para medir el radio”; “localizar los puntos de contacto del objeto al ponerlo en una esquina rectangular” las más subrayadas.

Respecto a las explicaciones sobre como los métodos afectarían tus resultados, en las imágenes siguientes se ejemplifican algunos casos:

Siento que el metodo de rodearlo con un cordón y luego medir ese  
cordón es muy útil para el Perimetro. Para el Diametro me  
parece que con la pura regla es suficiente.

Sería exacto el método o muy exacto porque es flexible la cinta

Como se puede ver, las ideas de algunos estudiantes, aluden a situaciones no previstas en los métodos propuestos. Además, hay quienes expresaron ideas relacionadas con los instrumentos de medición y olvidaron que se trataba el método, los textos siguientes lo muestran:

Depende de que instrumento sea, algunos de estos instrumentos simplemente no son adecuados para medir circunferencias

Dependiendo para que se va a medir es el instrumento que se va a utilizar

el Flexómetro es bueno para medir el perímetro pero sino es exacto eso va a afectar en el resultado y si medimos mal también

Estos métodos son buenas pero a mi criterio no son tan exactos como utilizar la cinta métrica y el calibrador.

En lo general, la mayoría de los estudiantes, analizaron la situación relacionada con la medición de los parámetros. Conocimiento derivado de la estrategia planteada en la actividad.

**3.- Instrumentos para medir P y D:** ¿Cuáles de los siguientes instrumentos te darán mejores resultados para calcular  $\pi$ ? De los instrumentos; flexómetro, cinta métrica, regla de madera, triple decímetro, escuadra graduada, catetómetro, micrómetro, sonar, medidor de longitud con tecnología láser, topómetro, medidor de longitudes para correas, telemetro, distanciometro, etc. subraya los

instrumentos que te darían valores más exactos y explica cómo afectan, los valores de las distancias medidas, en su caso cita algún mejor instrumento para medir las distancias.

### Respuestas

A la solicitud de subrayar los instrumentos que le darían valores más exactos y que explicara cómo afectan los valores de las distancias perímetro y diámetro, se encontró que la cinta métrica fue la más subrayada (36%), sin embargo se encontró un alto porcentaje (26%) de estudiantes que seguramente conocen el medidor láser que por su función no podría ser aplicado ni para medir diámetros y menos perímetros.

Para mí el medidor de longitud con tecnología laser, ya que es una medida más exacta y también la cinta métrica por ser fácil de usar

Lo mismo se podría decir el micrómetro (6%), que a lo más se podría usar para medir por ejemplo el diámetro de canicas. Por otra parte se encontró que muy reducido de los estudiantes consideraran el *medidor de longitudes como el sonar, catetómetro y el topometro, lo que podría ser debido a que desconocen tales instrumentos.*

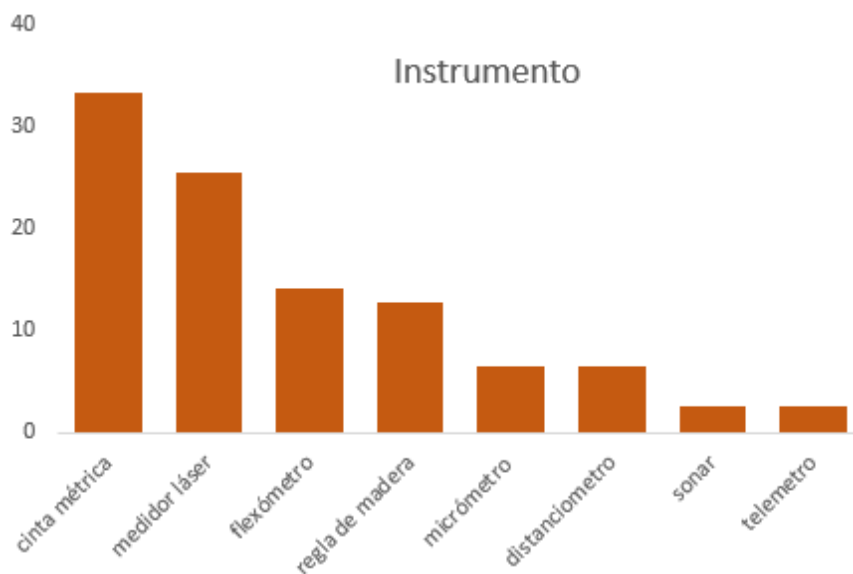


Fig. 2 Relación de instrumentos seleccionados por los estudiantes para realizar las mediciones del perímetro y diámetro.

A la solicitud de que cite algún mejor instrumento para medir las distancias, los encuestados citan ideas que sustentan que el objetivo del método, se cumple.

el Flexometro es bueno para medir el perimetro pero sino es exacto eso va a afectar en el resultado y si medimos mal tambien

Dependiendo para que se va a medir es el instrumento que se va a utilizar

De la única manera que afectaría sería que haya errores "humanos" o el material este en mal estado.

Por que son hasta donde tu los manejas teniendo en cuenta en que ellos son mas exactos

las reglas son muy grandes a sistema de medición y hay muchas fallas al medir una distancia muy pequeñas.

A

la solicitud de que cite algún mejor instrumento para medir las distancias, los encuestados citan ideas incongruentes como las siguientes:

Con la regla es suficiente ya que ademas  $\pi$  ya es un valor establecido

dividimos el diametro por el perimetro y nos saldra el valor de  $\pi$

el estudiante supone que el valor de  $\pi$ , es medido en lugar de calculado.

En los instrumentos para medir  $\pi$  es muy difícil ya que  $\pi$  es un número con muchos dígitos después del punto decimal

Con un flexómetro o una cinta métrica para poder calcular con más exactitud y considerar más opciones.

En los instrumentos para medir  $\pi$  es muy difícil ya que  $\pi$  es un número con muchos dígitos después del punto decimal

si pero lo único que sabemos que es una circunferencia perfecta sin medición

en general, fue sorprendente que los estudiantes entendieran que el instrumento de medición adecuado depende de las características del sistema u objeto a mensurar

**Antes de pasar al punto 4, y proponer cómo realizar las medidas y con que las realizarías, comenta las siguientes ideas.**

Con el objetivo de hacer más clara la intención y se visualizaran más opciones y estas fueran analizadas, se agregaron algunas ideas que previamente fueron identificadas en trabajos previos.

**Juan:** propongo que usemos como objeto, una moneda de diez pesos, ésta por estar bien fabricada y tener un tamaño regular, permitirá medir más fácil.

En este caso se encontró que el 56% de los estudiantes estuvieron de acuerdo con la consideración de Juan, mientras que el 44% no coincidieron.

Estoy de acuerdo ya que la moneda cuenta con buen tamaño para medir

estoy de acuerdo porque la moneda esta bien proporcionada y es facil medir

Esta bien, siempre y cuando esten bien fabricadas y no tengan irregularidades.

Los que no aceptaron que la moneda sería adecuada, aludieron al tamaño, otros consideraron que las monedas no son iguales o no son del todo perfectas.

No por que su tamaño no es el adecuado ya que es algo pequeña

No porque no es objeto redondo como tal y al ser plano sería para medir el área y el perímetro no es exacto.

Creo que no es lo adecuado porque algunas monedas estan feas o no miden lo mismo

No estoy de acuerdo, por que al dar una vuelta completa la moneda no sabrás bien donde acaba y donde empieza con su otra vuelta

**Ana:** Yo no estoy de acuerdo. Piensa en que si bien es más fácil medir el diámetro no lo es el medir el perímetro, y esto nos dará malos resultados

En éste caso, el 53%, concordaron con Ana, sin embargo sus argumentos son confusos o no precisos.

Sí. La moneda es plana y esto provocará más fácilmente un error humano.

Si porque las mediciones estarían mal por que no es tan exacto ya que ahí es representado como un círculo

si se puede medir mejor el diametro y el perimetro con la moneda

**Pepe:** para mi es más fácil y más exacto, si usamos un balón de básquet, es grande y bien redondo.

En este caso el 42% de las respuestas fueron a favor de la idea de Pepe, no sin condicionar su acuerdo:

Si por que este ya sería un objeto redondo y no solo un círculo.

si pero no podremos sacar el diametro con facilidad

Los que no estuvieron de acuerdo, argumentaron que la pelota tiene imperfecciones.

No estoy de acuerdo, tiene imperfecciones en su textura lo que podría modificar la medida aproximada.

**Elena:** me parece mejor, pero no creo que los resultados sean más exactos, pues no será fácil medir el perímetro.

el 84%, aceptaron que seria dificil medir bien el perimetro.

Efectivamente, los resultados pueden variar por las imperfecciones del balón.

Los resultados talvez no sean exactos por que no se medirían bien pero el perímetro seria un poco mas exacto.

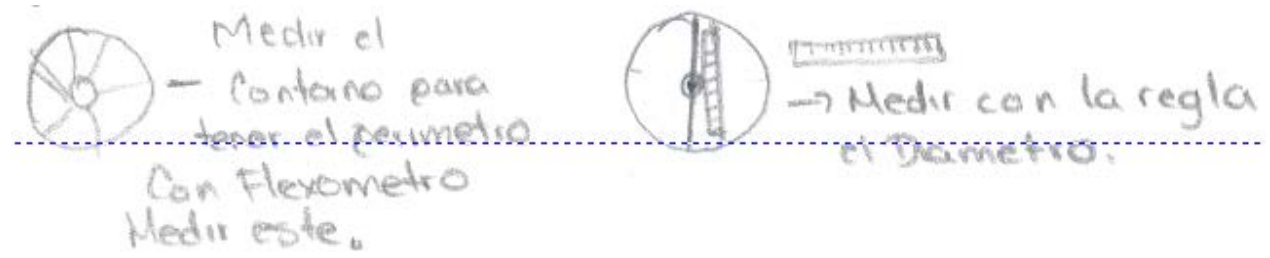
si se puede medir el perimetro con facilidad

**4.- ¿Cuál es tu plan para realizar las medidas? ¿Qué objeto usaras: una rueda de bicicleta, un balón, una canica, etc.? ¿Cómo será el acoplamiento entre el**

**objeto y los instrumentos de medición?** Dibuja un esquema del arreglo experimental. ¿Cómo realizaras las mediciones? ¿Con qué instrumentos realizaras tus medidas?, y ¿Cuántas mediciones realizaras?

**Respuesta**

el 73% propusieron un metodo pertinente



¿Cuántas mediciones realizaras?



una pelota, para lo mas perfecto posible  
 con una cinta metrica con hilo dos mediciones  
 Perimetro y diametro  
 Usaría el medidor de pulgadas para ser exacto y con cualquier  
 objeto capaz de medir

**5.-** ¿Cuáles son los instrumentos de medición que propones usar para realizar el experimento? señala sus características de rango y precisión.

el 53%, propusieron instrumentos adecuados.

cinta metrica es precisa, bote para meter la pelota y que entre perfecta y con un hilo sacar el diametro

6.- Sí para realizar las mediciones has hecho suposiciones, ¿cuáles son? Para poder estar seguro de tus

Medidor de pulgadas, esto métrica. Es muy exacto.

### 6.- Sí para realizar las mediciones has hecho suposiciones, ¿cuáles son?

Para poder estar seguro de tus mediciones, ¿tienes que hacer algunas suposiciones?

Respecto a esta pregunta, se observa que los estudiantes no conciben o entienden el propósito de la pregunta. Sólo el 20% respondieron de manera aproximada, es decir hacen consideraciones que mucho dirieren de suposiciones, como aquellas que se deberían de cumplir.

tenemos que introducir la Pelota en un bate y podremos sacar el diametro porque entrara y podremos conocer el diametro

Supongo que es más factible medir con objetos de medición exactos, o lo más acercados.

Con que objeto seria mas facil simbolizar el objeto redondo y así poder sacar el perimetro y la distancia.

**Reflexiones:** En el espacio siguiente, escribe lo que consideras haber aprendido sobre las mediciones y sus errores.

### Respuestas:

con ésta pregunta, se identifica la eficiencia de la actividad. En la tabla siguiente se muestran los conceptos que los alumnos consideran ver aprendido:

Método	Instru-método	Error	Todo	Instrumento	Varios
5%	7%	31%	4%	36%	16%

Fue importante que el 31%, consideraron ver entendido el concepto e importancia del error y su relación con la precisión de un resultado. Además, el que consideran a los instrumentos de medición como aquellos que son adecuados para medir.

Aprendimos que para poder calcular debemos tomar en cuenta los errores.

En toda medición existe un error y los valores son proporcionales

Que objeto tiene mayor precisión y así usarlo para poder medir con mejor precisión

Que puede variar nuestro resultado con base a como lo estamos midiendo y con que.

A manera de conclusión, se puede precisar que la actividad, por si misma, produce aprendizaje.

## 4.2.- Actividad 2 (Energía)

*¿Cómo varía la altura del rebote de una pelota que cae desde diferentes alturas?*

1. **Problema experimental:** Para resolver el problema debes medir la altura del rebote y la altura inicial. ¿Crees que hay alguna dificultad para medir las distancias?

### Respuestas

#### 1 - es capaz de identificar el problema a resolver

Pregunta de análisis se diseñaron las siguientes rubricas.

A) No identifica lo que se tiene que medir para resolver el problema.	36%
B) Hace el intento de identificar el problema a resolver, lo describe de una manera confusa.	13%
C) Describe el problema a resolver, pero hay omisiones e ideas imprecisas.	19%
D) Claramente indica el problema a resolver.	32%

El 32% de los alumnos, a través de la observación y equipo de medición, fueron capaces de identificar las características del problema, por ejemplo: *“si, porque la altura varia y el objeto no se queda suspendido mucho tiempo”*, *“si, ya que tendríamos que captar precisamente el momento en el que el objeto tenga su mayor altura”*. Respecto al resto de los alumnos, debido a su respuesta, “no”, es posible que algunos realmente identificaran el problema, pero consideraron que no implicaba dificultad.

Nada	45%
Altura del rebote	27%
Equipo	23%
Exactitud	5%

Se encuentra que el 27%, de los que identifican las características del problema, hacen alusión a la dificultad para medir la altura máxima de los rebotes, mientras que el 23%,

consideran el equipo de medición. Solo un alumno, considero la exactitud del instrumento de medición. Respecto a quienes no fueron explícitos en su respuesta, el 45%, respondieron únicamente que “No”

**¿Cuáles son las variables implicadas en el evento?:** ¿De qué depende la altura del rebote?

De las variables; (1) *velocidad de impacto*, (2) *elasticidad de la pelota*, (3) *tamaño de la pelota*, (4) *masa de la pelota*, (5) *la aceleración de la gravedad*, (6) *longitud de la caída*, (7) *peso de la pelota*, (8) *rigidez del piso*, (9) *densidad de la pelota*, (10) *la resistencia del aire*, etc. subraya las que afecten la altura del rebote y explica cómo afectan, en su caso señala algún otro.

**2 - es capaz de identificar las variables implicadas en el evento**

A) -No identifica las variables del problema.	26%
B) -Identifica variables que no se relacionan con el problema, y describe su función de una manera confusa.	42%
C) -Identifica la mayoría de las variables pero omite alguna de las variables principales.	21%
D) -Describe su función de forma imprecisa	10%
E) -Identifica todas las variables principales y explica su función	0

Como se observa sólo el 10% identificó las variables principales. En contraparte, el 42% considera la mayoría de las variables propuestas.

velocidad de impacto	longitud de la caída,	peso de la pelota	tamaño de la pelota	densidad de la pelota	masa de la pelota	elasticidad de la pelota	rigidez del piso	aceleración de la gravedad	resistencia del aire
21%	37%	12%	37%	8%	33%	21%	25%	25%	8%

Considerando como variable principal la longitud de la caída, solo el 37% de los estudiantes la consideran, sin embargo no se detecta que los estudiantes hayan correlacionado la velocidad de impacto con la altura de la caída, respecto a los factores con la pérdida de energía, se tienen las elasticidades de los objetos impactantes, el 21% de los estudiantes que la consideran. Respecto a las explicaciones se tiene varios errores conceptuales:

- *Todas; en primera la gravedad porque después del impacto es la fuerza que hace que disminuya la altura también el tamaño de la pelota influye para el rebote también la densidad, etc. en fin todo influye*
- *depende de la fuerza con que se lanza, el material del cual será la pelota, el tamaño, la caída, el tipo de suelo*
- *el cuerpo en algunas superficies que no son planas, no rebotan*
- *deberás saber cuánta masa en caída para ejercer un rebote con esto ver cuanta altura puede alcanzar al realizar el rebote*
- *esto repercutirá en la altura del rebote,*
- *si el piso es rígido permite que rebote la pelota, de éste depende que exista o no deformaciones*
- *todo se implica puesto no es el mismo rebote de un balón de básquet que uno de tenis en piso de cemento o acero*

**Reflexiones:** en el espacio siguiente, escribe lo que consideras haber aprendido de física

choques	impacto	coeficiente	Elasticidad	rebote	varios	nada
29%	12.5%	12.5%	6%	12.5%	21%	12.5%

Sin hacer alusión a la relación entre el coeficiente de restitución y la “perdida” de energía, sólo el 12.5% de los alumnos consideran ver aprendido que el coeficiente se relaciona con la velocidad y la masa; “...los coeficientes dependen de la **velocidad** y la **masa**...”.

Mediante los términos, impacto, choque y rebote el 50% de los alumnos, citaron ver aprendido:

- *...de acuerdo con la rigidez de la superficie, el cuerpo tendrá más rebote*
- *Que en un choque elástico se conserva la energía después del impacto aunque algunas veces se disperse de diferente forma en los cuerpos dependiendo su masa*
- *Que las energías al impacto pueden aumentar o disminuir de acuerdo al golpe con el 2° objeto y su masa y figura*
- *Como funciona mi ambiente y como poder explicarlo*
- *Aprendí a calcular la fuerza de rozamiento, la densidad, la fuerza gravitacional, capacidades, trabajo, elasticidad, rebotes*

- *Que las masas con respecto a la velocidad de gravedad llevan una fuerza de impacto la cual produce un levantamiento*
- *Sobre los sucesos físicos presentes en toda acción de la vida cotidiana*
- *He aprendido como calcular la transferencia de energía, calcular masas, alturas, velocidades, profundidades, etc.*
- *Maneras de medición como fuerzas, alturas, energía cinética, energía mecánica, etc.*

### **¿La altura del rebote depende el coeficiente de la naturaleza elástica de la pelota y/o la superficie?**

El 67% consideran que si y lo explican.

- *si, depende del tipo de superficie rebota más o menos*
- *si, ya que es la que proporciona el rebote al tocar la superficie*
- *claro si la pelota no es elástica no rebotará*
- *si, ya que el material tiene que ser denso mas no tieso, y entre mas lisa la superficie menor*
- *depende de la altura que puede alcanzar*

### **Si la superficie sobre la que se impacta la pelota es de acero, ¿rebotará más? Si ( ) No ( ) Explica**

El 76 % consideran que la pelota rebotará más, debido a dos causas, una que parecería inducía a pensar que tiene que ver con la dirección del rebote “superficie lisa” (67%), sin embargo, la idea que al parecer tiene contenida es la pérdida o generación de ella, por ejemplo: *“si, porque es una superficie plana y genera más energía”, “si, porque al ser un fragmento liso y ... no absorbe tanta la energía”.* y la rigidez de la superficie (33%), corresponde a la idea de que por sólo por el hecho de que es rígida la pelota rebota más; *“si, por ser muy rígido y plano”* y la idea de un estudiante que se refiere al tipo de impacto: *“si, porque la superficie es más rígida y no absorberá el impacto”.* Quienes señalaron que **no** rebotaría más fueron el 24%, de los cuales el 60%, consideran que lo sólido o elástico de la superficie hace que no rebote más, ejemplo: *“no, porque el acero no es muy elástico”, “no, la superficie siempre y cuando sea sólida y plana rebotara igual”.* Respecto al uso de sus preconcepciones y calidad de sus explicaciones, se denotan fuerte problemática, además, no hay indicios de que hayan hecho uso de sus

experiencias; “*si, porque el acero es una superficie plana la cual no ejerce mucha fuerza de atracción*”, “*no, porque su peso es mayor y su masa es más compacta*”. Se encontró que los estudiantes, no tuvieron la capacidad para explicar las causas de la pérdida de la energía durante el impacto.

**Si dejas caer la pelota sobre agua, ¿ésta podría rebotar? Si ( ) No ( ), explica**

Tenemos un caso donde inicialmente los alumnos tienen al menos experiencias que les indican tener una buena predicción (84%), sin embargo cuando externan sus explicaciones-descripciones, estas están basadas en concepciones erróneas. no, **porque será más densa**; no, porque no tiene un cuerpo propio; no, porque se hunde, porque no es una superficie **sólida**; no, porque la superficie **no es rígida** y el agua **adsorberá** el impacto; no, porque el **agua es impenetrable** y **adsorbe** la fuerza del impacto; no, porque **la pelota tiene una fuerza la cual es atraída por el agua la cual impide el rebote**, etc. Quienes aluden al concepto de energía, tenemos por ejemplo; no, adsorberá la **energía de rebote**; no, ya que el agua está en movimiento adsorbe la **energía** por el movimiento y no es capaz de rebotar; no, al ser un **lugar inestable** la potencia y energía se pierde; no, porque el agua al ser líquido **adsorbe** toda la energía. Las explicaciones que mejor lo hacen son los que aluden a lo inelástico del impacto; no, porque el agua **adsorbe** el impacto; no, ya que la superficie sería **plana** y sería un **choque inelástico**. Finalmente los que consideraron que si puede rebotar (16%), **no explica**; si, **rebotara pero con menor esfuerzo**. Es claro que cada uno de los conceptos aludidos, no están correctamente aplicados.

## 4.3.- Actividad 3 (Equilibrio)

### Problema experimenta



Seguramente, has tratado de mantener un vaso con por ejemplo agua en una superficie inclinada. En consecuencia has tenido que tomar decisiones; me tomo la mitad y es seguro que no se cae; si el vaso es ancho no debo preocuparme, si el vaso tiene fondo de vidrio grueso, no se



cae; si el vaso pesa más que el líquido no se cae; en otros casos, en las curvas de las carreteras, los autobuses tienden a caer, aunque el chofer, conociendo su carga, toma decisiones, etc. **Estas y otras decisiones las deberás tomar conociendo cómo se comporta un vaso con un líquido colocado en una pendiente.**

**1.- Problema experimental:** Para determinar cómo depende la estabilidad de un objeto, seguramente deberás medir algunas cantidades, como ángulos, niveles, masas, etc. ¿Crees que hay alguna dificultad para medirlas?

Para una mejor comprensión expresa tus ideas sobre las siguientes predicciones, a la siguiente pregunta: **¿cómo esperas que caigan uno vaso vacío y otro lleno (gelatina), cuando la tabla donde se encuentran se inclina? Considera que los vasos no resbalan.**



### Explicaciones de los estudiantes

La frecuencia de las respuestas obtenidas de los alumnos consideran que el caso vacío caerá primero fue del 20%, mientras que el 70% consideraron que el lleno caerá primero, solo uno predijo que caerán iguales y otro que al parecer no comprendió la situación que plantea el problema. Los argumentos de los alumnos que predicen que el vacío caerá primero, basan sus explicaciones en el peso y masa de los vasos; *“considero que el vaso lleno caerá después del vacío puesto que se tiene que aplicarle una mayor fuerza sobre de él para lograr acelerarlo, esto debido a que es más masivo*

*que un vaso vacío*”; “el vaso vacío en tanto se encuentra menos adherido a la plataforma pues su peso contribuye a eso, en tanto que el vaso lleno se encuentra más en contacto sobre la plataforma”; “yo creo que primero caerá el vacío, porque su centro de gravedad esta debajo de su punto de apoyo”; “el vacío, porque el vaso lleno tiene más masa y por lo tanto ejerce una presión mayor a la superficie, y por lo tanto mayor normal”

Mientras que los que suponen que el lleno caerá primero, el 43% fundamentan su explicación en el concepto de centro de masa o de gravedad; “el lleno, porque su centro de masa se mueve más rápido que el del vaso vacío”; “el lleno, porque su centro de masa cambia de posición más rápido y por eso cae primero”; “el lleno, porque al llenar el vaso se modifica el centro de masa, y con esa inclinación se genera un brazo de palanca que tira al vaso”; “el centro de gravedad de ambos vasos se considera (por la distribución de las partículas) que se encuentra en la misma posición, en ambos casos; por lo que esto no influirá en la decisión”. Sin embargo la fuerza de atracción por parte de la tierra es más grande hacia el vaso lleno que hacia el vaso vacío. Tan luego, en ambos casos, el eje de acción del centro de gravedad salga de la base del vaso, jalara con más fuerza al vaso lleno que al vacío haciéndolo caer”, mientras que el 50% aluden a la pendiente o inclinación de la base como causal; el lleno, porque con la pendiente el vaso lleno no equilibra tanto la fuerza normal como el vacío”; “el lleno, porque la inclinación del líquido empuja al vaso”; el vaso lleno al ser inclinado sentirá la fuerza de gravedad con mayor empuje que el vacío y se caerá primero”; *el lleno, porque tiene mayor masa que el vaso vacío, es por ello que cuando se va inclinando la base cae primero el lleno, todo lo anterior tiene que ver con su centro de masa*”; mientras que sólo el 21%, se refieren a la inestabilidad o equilibrio de los vasos, “*el vaso lleno caerá primero porque el líquido ejerce una inestabilidad*”; “*el lleno, ya que el líquido hace que su equilibrio sea menos en el vaso lleno*”; *el lleno, al inclinar el soporte*”, “*el vaso lleno queda en equilibrio inestable*”, el resto de las declaraciones, consideran el peso como causal de que el vaso lleno se caiga primero; “*en el momento en que el vaso vacío se encuentra nivelado conjuntamente con la parte del vidrio que se encuentra en la superficie del vaso no cae, sin en cambio en el caso del vaso lleno se encuentra mayor peso en la parte diestra del vaso y por ello cae*”; “*el lleno, por ser más pesado que el*

otro o sea que influye mucho el peso y la forma del objeto". Finalmente sólo un alumno citó que caerían iguales, porque la fuerza de atracción influye de la misma manera en los dos cuerpos.

Si tomamos como referente analizar las respuestas de los alumnos con las explicaciones de los expertos,

**Si ahora tenemos un vaso medio lleno y uno lleno, caerá... primero el vaso lleno, primero el medio lleno, ambos caerán al mismo tiempo, no se puede predecir.**

En este caso, el 50% predicen que el vaso lleno caerá primero, el 25% que lo hará el vacío y el 17% que caerán ambos.

- *cae primero el vaso lleno ya que el otro tiene menor agua y hace que este un poco equilibrado*
- *por qué nuevamente el lleno tiene **mayor masa** que el que esta medio lleno, y con la inclinación de la base cae primero el lleno*
- *En este caso también es el vaso lleno el que cae primero, ya que los centros de gravedad de ambos vasos varía. El vaso medio lleno tiene su centro de gravedad más abajo que el del vaso lleno; por lo que el vaso medio lleno es mas difícil que su eje de acción del centro de gravedad salga de la base del vaso, lo que lo hace mas estable*
- *porque el agua que está por encima o en la parte más alta, resbalaría del vaso e inclinaría su centro de masa, lo cual lo haría inestable y caería*
- *porque el vaso lleno tiene una menor superficie que el que está a la mitad.*
- caerá primero el vaso lleno, el vaso medio lleno presenta una mayor resistencia al movimiento
- la verdad no tengo ni la menor idea lo siento.
- el centro de masa se encuentra más alejado del soporte.
- Porque la presión y el peso del vaso lleno es mayor a la del vaso medio lleno.

- porque su centro de masa se mueve a la misma velocidad entonces los dos se caen al mismo tiempo
- porque el vaso lleno esta en mayor equilibrio inestable
- el medio lleno ya que al no tener un equilibrio como el del vaso lleno entonces por eso cae primero
- Extrapolando la suposición de que al ser más masivo un cuerpo que otro, resentirá una fuerza normal mayor de una superficie que lo sostenga, actuando sobre de él una fuerza de fricción mayor teniendo que aplicar una mayor aceleración para ponerlo en movimiento.
- Extrapolando la suposición de que al ser más masivo un cuerpo que otro, resentirá una fuerza normal mayor de una superficie que lo sostenga, actuando sobre de él una fuerza de fricción mayor teniendo que aplicar una mayor aceleración para ponerlo en movimiento.
- no se puede predecir ya que todo depende de la fricción que tenga el vaso

**Si es sí, explica por qué, sino cita lo que no consideraste**

Como es de esperarse, el problema para los estudiantes es construir las explicaciones, ya que éstas o son equivocadas o son meras descripciones, ejemplo de ello son las siguientes ideas:

- *cundo el vaso estaba lleno se contenido era demasiado pesado. y cundo el vaso estaba medio vacío encuentra un equilibrio que le ayuda el soporte y el vaso vacío no tiene nada para sostener un equilibrio*
- *No en el primer caso, me faltó considerar el efecto que sobre el vaso causaría el líquido contenido. Me faltó considerar el torque ocasionado por el desplazamiento de la masa de líquido al interior del vaso.*
- *consideré el peso del vaso pero al ver el video y observar que cae el vaso vacío primero al que está a la mitad, pienso que pasa algo similar como cuando servimos refresco en un vaso y tenemos que inclinarlo para que no suba la espuma.*

- *sí, porque en el del vaso a la mitad su centro de masa varia muy poco y ejerce una fuerza considerable al piso*
- *ya que tome en cuenta el peso y el centro de gravedad*
- *por qué el lleno tienen mayor masa, y en un plano cae primero*
- *porque el centro de gravedad está más arriba del punto o eje de suspensión*

### **¿Cómo explicas que los objetos pierden el equilibrio?**

Como en los casos anteriores, podemos observar que las concepciones y la falta de argumentos explicativos, hace que los estudiantes, respondan a preguntas con argumentos que difieren desde la misma pregunta. He aquí ejemplos de explicaciones incorrectas:

- *cuando hay más peso de un lado que del otro*
- *por su masa que está vinculada con el centro de masa que hace que la fuerza de fricción llegue a su límite*
- *porque hay una fuerza que actúa en su centro de gravedad la que hace que este en equilibrio pero eso depende de cómo se acomode el objeto*
- *porque los jala la gravedad en los extremos superiores de los vasos y eso hace que se caigan al inclinarlos.*

*Sólo se encontraron dos casos que explican el concepto de equilibrio mecánico.*

- *cuando el centro de masa de un objeto no está alineado verticalmente con un punto de contacto sobre la superficie en que esta puesto entonces pierde el equilibrio*
- *Debido a que el eje de acción del centro de gravedad sale de la base del vaso, lo que hace que pierda el equilibrio*

**Discute la estabilidad de una esfera, un cono equilibrado sobre su vértice y un cilindro largo**

A manera de exploración, la pregunta indaga si el estudiante es capaz de establecer el concepto de equilibrio, al tener que aplicarlo a diferentes situaciones. Las respuestas muestran como los conceptos de centro de masa y equilibrio están mal establecidos:

- *pienso que es difícil lograr estabilizarlos, por su forma, en las tres figuras, es un área pequeña sobre la que se recargan, sin embargo, es mucho más volumen que el que se apoya en el plano, entonces es difícil lograr el equilibrio*
- *porque sus centro de masa se encuentran colocados en la esfera en medio, en el cono abajo y el cilindro en medio*
- *para la estabilidad de la esfera, pues no cambia su centro de masa pero si se empuja, esta va a rodar hasta detenerse mucho después, el cono tendría su centro de masa casi al centro y a mi parecer sería el más estable, y el cilindro su centro de masa está en el centro pero como la esfera este puede rodar y perdería muy fácilmente su equilibrio*
- *el cono estará más estable que la esfera o el cilindro porque como su centro de masa está más lejos de la superficie entonces estará menos estable el cilindro*
- *En el caso de una esfera y un cilindro apoyado sobre su altura, puedo argumentar lo que argumente de inicio, pues no desplazarían su centro de masa de su centro geométrico y por lo tanto no rotarían como el vaso. De ser un cono sobre su vértice, existe caramente la posibilidad de que esto ocurra.*

*Sin embargo hay algunos estudiantes que responden correctamente:*

- *En los tres casos, el eje de acción del centro de gravedad tendrá que pasar por la base. En el caso del cono esto será más difícil, ya que es un punto*
- *la estabilidad del cono es menor porque tiene un menor contacto con el suelo después sigue la esfera por el contacto que tiene con el suelo y su centro de masa, por ultimo el cilindro largo depende de que tan largo este ya que su centro de masa está en su centro y dependerá de que tan largo este*

Es relevante ver identificado que los estudiantes hacen uso de sus conocimientos, aunque en ocasiones no los aplican de manera exacta.

# Capítulo V

## Conclusiones

Como citó Wieman, el propósito de la educación ya no es simplemente la de formar una pequeña fracción de la población que se convertirá en la próxima generación de científicos. Que se necesita de una población científicamente alfabetizada; necesitamos de ciudadanos con habilidades de resolución de problemas complejos y esto se puede lograr si se enseña la ciencia como una ciencia. Los resultados obtenidos en las actividades diseñadas, para que el estudiante se auto forme, es decir, que el formato de la misma actividad, apoye de manera sustancial al alumno y en particular al docente, es un método prometedor. Es un método que apunta hacia la formación científica, que no se da en las aulas cuando el docente en la mayoría de los casos de una formación científica y adolece de conocimientos.

Los resultados, mostraron que es viable la formación científica, que es posible lograrlo siguiendo un formato en el que el estudiante es el protagonista, un formato en el que el estudiante en tiempo real, identifica su aprendizaje, etc.,

Considero que la elaboración y la aplicación de estas estrategias experimentales puede ser un camino alternativo para la formación de futuras generaciones. La estrategia didáctica sacó completamente a los alumnos de un esquema tradicional de enseñanza, contribuye significativamente al cambio de pensamiento y análisis de los alumnos, así es como se concluye este trabajo y haciendo alarde al cambio de la enseñanza de la física.

## Referencias:

- Beardsley T., (1992) Teaching Real Science, *Scientific American* 267 (4) 78-86.
- Beasley W., (1992) Towards Student Autonomy, *The Science Teacher* 59 46-49.
- Buckwald R.A., (1977) Simulating Actual Research Conditions as a Means of Enhancing the Value of Advanced Student Laboratories, *American Journal of Physics* 45 (9) 795-796.
- Butler S. N. & Lin M.C., (1991) How Do Students' Views of Science Influence Knowledge Integration, *Journal of Research in Science Teaching* 28 (9) 761-784.
- Carretero. (1997). ¿Qué es el constructivismo? *Progreso. México* ,39-71.
- Gilbert S.W., (1991) Model Building and a Definition of Science, *Journal of Research in Science Teaching* 28 (1) 73-79.
- Hake R. R., (1992) Socratic Pedagogy in the Introductory Physics Laboratory, *The Physics Teacher* 30 (9) 546-552.
- Hodson, D. (1994) "Hacia un enfoque más crítico, investigación y experiencias didácticas del trabajo de laboratorio", *Enseñanza De Las Ciencias*, , 12 (3)
- Karplus R., (1977) Science Teaching and the Development of Reasoning, *Journal of Research in Science Teaching* 14 (2) 169-175.
- Lawson A. E. (2003), *The Neurological Basis of Learning, Development and Discovery*, Science & Technology Education Library, Kluwer Academic publishers
- Lynch, P.P., (1987). "*Laboratory work in schools and universities: structures and strategies still largely unexplored*", *Australian Science Teachers Journal*, 32, pp. 31 – 39.
- Martin D.R., (1980) A Piagetian Approach to Physics Teaching, *The Physics Teacher* 18 (1) 34-38.
- McCormack A. J. & Yager R. E., (1989) A New Taxonomy of Science Education, *The Science Teacher* 56 (2) 47-48.
- McDermott L. C., (1991) What We Teach and What is Learned - Closing the Gap, *American Journal of Physics* 59 (4) 301-315.

Rosalind D. H. Asoko J. L., Mortimer E. P. S., (1994), Constructing Scientific Knowledge in the Classroom, Educational Researcher, Vol. 23, No. 7, pp. 5-12

Renner J.W. & Lawson A.E. (1973), Promoting Intellectual Development Through Science Teaching, The Physics Teacher 11 (5) 273-276.

Renner J.W. & Lawson A.E., (1973) Piagetian Theory and Instruction in Physics, The Physics Teacher 11 (3) 165-169.

Resnick L.B., (1983) Mathematics and Science Learning: A New Conception, Science 220 477-478.

Robinson M.C., (1979) Undergraduate Laboratories in Physics: Two Philosophies, American Journal of Physics 47 (10) 859-862.

Roth K. J., (1992) Science Education: It's Not Enough to "Do" or "Relate", en M. K. Pearsall, Scope, Sequence, and Coordination of Secondary School Science. Volume II, Relevant Research, The National Science Teachers Association, Washington.

Roth W.M., (1991) Open - Ended Inquire. How to Beat the Cookbook Blahs, The Science Teacher 40-48.

Saunders W.L., (1992) The Constructivist Perspective: Implications and Teaching Strategies for Science, School Science and Mathematics 92 (3) 136-141.

Unruh R. & Coney T., (1993) Physics Resources and Instructional Strategies for Motivating Students (PRISMS), Second Edition, Iowa Academy of Science, Cedar Falls,.

van Heuvelen A., (1991) Learning to Think Like a Physicist: A Review of Research-Based Instructional Strategies, American Journal of Physics 59 (10) 898-907.

Wieman C., (2007) "*Why not try a Scientific Approach to Science Education?*" Change, <http://www.cesame.calpoly.edu/docs/Reseources-ReportsArticles-Weiman.pdf>

Zeidler D.L. & Lederman N.G., (1989) The Effect of Teachers' Language on Students' Conception of the Nature of Science, Journal of Research in Science Teaching 26 (9) 711-783.

# Anexos

## Actividad 1

### Obtener el valor de $\pi$

Se dice que ya hace más de 57 siglos, los babilonios inventaron la rueda. Tal vez de ahí su afán por descubrir las propiedades de la circunferencia, cómo la relación entre el perímetro y el diámetro. A lo largo de más de los últimos 2 siglos los matemáticos han obtenido muchas fórmulas, algunas de gran belleza, para representar el número  $\pi$ , entre ellas: series, desarrollos en fracciones continuas etc. Además ha habido records de cálculo de cifras de  $\pi$ , y hay quienes como el japonés Akira, que en julio del 2005 recitó de memoria más de 83 mil dígitos (3.1415926535897932384...).



**En ésta práctica midiendo el perímetro y diámetro de un objeto redondo, tratarás de calcular con el mayor número de cifras el valor de  $\pi$ .**

**1.- Problema experimental:** Para resolver el problema deberás medir el perímetro (P) y el diámetro (D) de un objeto redondo ( $\pi=P/D$ ). ¿Crees que hay alguna dificultad para medir las longitudes?

---

Para apoyar tu respuesta, responde los siguientes dos puntos:

**2.- Métodos para medir P y D:** ¿Cuál de los siguientes métodos consideras que te dará mejores resultados? *Métodos para medir P: rodear el objeto con un cordón; rodar el objeto sobre una superficie; usar el flexómetro, hacer que al rodar el objeto deje una marca en la mesa; usar una cinta métrica de costurera,; rodar el objeto sobre una regla de madera; etc. Métodos para medir D: simplemente medir con una regla; colocar el objeto entre dos objetos; usar una escuadra; usar un calibrador; trazar el perímetro en un papel milimétrico; localizar el centro para medir el radio; localizar los puntos de contacto del objeto al ponerlo en una esquina rectangular; etc.* subraya los métodos que consideres te darían mejores resultados, y explica cómo afectarían tus resultados, en su caso describe tus métodos.

---

**3.- Instrumentos para medir P y D:** ¿Cuáles de los siguientes instrumentos te darán mejores resultados para calcular  $\pi$ ? De los instrumentos; *flexómetro, cinta métrica, regla de madera, triple decímetro, escuadra graduada, catetómetro, micrómetro, sonar, medidor de longitud con tecnología láser, topometro, medidor de longitudes para correas, telemetro, distanciometro, etc.* subraya los instrumentos que te darían valores más exactos y explica cómo afectan, los valores de las distancias medidas, en su caso cita algún mejor instrumento para medir las distancias.

---

**Antes de pasar al punto 4, y proponer cómo realizar las medidas y con que las realizarías, comenta las siguientes ideas.**

**Juan:** les propongo que usemos como objeto, una moneda de diez pesos, ésta por estar bien fabricada y tener un tamaño regular, permitirá medirle su perímetro y diámetro más fácil.

---

**Pepe:** para mi es más fácil y más exacto, si usamos un balón de básquet, es grande y bien redondo. Además, recuerden que si las longitudes son grandes los errores al medirlas relativamente son pequeñas

---

---

**Elena:** me parece mejor, pero no creo que los resultados sean más exactos, pues no será fácil medir el perímetro.

---

---

**Juan:** bueno yo considero lo que indica **Pepe**; sé que cuando se mide se cometen errores, y que éstos dependen de cómo y con que se mide, me parece que debemos considerar primero el efecto de los errores, cuando las distancias sean pequeñas o grandes.

---

---

**Ana:** es buena idea, también hay que considerar que distancia es más importante medir con menor error.

---

---

**Juan:** yo concluyo que será mejor usar como objeto, como la boca de un bote, un hilo para medir el perímetro y una regla para medir el diámetro.

---

---

**4.- ¿Cuál es tu plan para realizar las medidas? ¿Qué objeto usaras: una rueda de bicicleta, un balón, una canica, etc.? ¿Cómo será el acoplamiento entre el objeto y los instrumentos de medición? Dibuja un esquema del arreglo experimental. ¿Cómo realizaras las mediciones? ¿Con qué instrumentos realizaras tus medidas?, y ¿Cuántas mediciones realizaras?**

---

---

**5.- ¿Cuáles son los instrumentos de medición que propones usar para realizar el experimento? señala sus características de rango y precisión.**

---

---

**6.- Sí para realizar las mediciones has hecho suposiciones, ¿cuáles son? Para poder estar seguro de tus mediciones, ¿tienes que hacer algunas suposiciones?**

---

---

**7.- ¿Qué número de dígitos esperas? O bien con que precisión esperas obtener el valor de  $\pi=P/D$**

---

---

¿Cuál es el valor del error debido al instrumento usado para medir cada longitud ( $\epsilon_{IP}$ ) y  $\epsilon_{ID}$ ?

---

---

¿Cuál es valor del error, según tu criterio, que le asignarías a tu medición del perímetro ( $\epsilon_{JP}$ ), debido a las dificultades que tuviste para medirlo?

---

---

¿Cuál es valor del error, según tu criterio, que le asignarías a tu medición del diámetro ( $\epsilon_{JD}$ ), debido a las dificultades que tuviste para medirlo?

---

---

Has uso de la siguiente ecuación para determinar el error experimental del perímetro (P) y el diámetro (D).

$$\varepsilon_P = \sqrt{\frac{\varepsilon_{IP}^2 + \varepsilon_{JP}^2}{2}} \quad \varepsilon_D = \sqrt{\frac{\varepsilon_{ID}^2 + \varepsilon_{JD}^2}{2}}$$

**Datos y su Análisis:**

Perímetro	Diámetro	Errores debido a los instrumentos	Conclusiones:
		$\varepsilon_{IP} = \varepsilon_{ID} =$	
		Errores debidos al método	
		$\varepsilon_{JP} = \varepsilon_{JD} =$	
		Resultado $\pi=P/D$	
		$\pi = \pm$	

Usa la siguiente ecuación, para calcular el error del valor de  $\pi$ , P y D son los promedios

$$\varepsilon_\pi = \pi \left( \frac{\varepsilon_P}{P} + \frac{\varepsilon_D}{D} \right)$$

¿Qué cambios realizarías para obtener un resultado más preciso?

**Reflexiones:** En el espacio siguiente, escribe lo que consideras haber aprendido sobre las mediciones y sus errores.

**Actividad 2**

**Energía**

*Hay quienes piensan que entre más elástica es una pelota, ésta rebota más, otros piensan lo contrario; si un balón de acero rebota lo hace más que cualquier otra pelota, también hay quienes piensan que el rebote depende del piso.*

*¿Cómo varía la altura del rebote de una pelota que cae desde diferentes alturas?*



**1.- Problema experimental:** Para resolver el problema debes medir la altura del rebote y la altura inicial.

¿Crees que hay alguna dificultad para medir las distancias?

**2.- ¿Cuáles son las variables implicadas en el evento?:** ¿De qué depende la altura del rebote?

De las variables; *velocidad de impacto, elasticidad de la pelota, tamaño de la pelota, masa de la pelota, la aceleración de la gravedad, longitud de la caída, peso de la pelota, rigidez del piso, densidad de la pelota, la resistencia del aire, etc.* subraya las que afecten la altura del rebote y explica cómo afectan, en su caso señala algún otro.

3.- ¿Cuál es el instrumento de medición que propones usar para realizar el experimento? señala sus características de rango y precisión.

---

4.- ¿Cómo será el acoplamiento o montaje entre la pelota y el instrumento de medición? Dibuja un esquema del arreglo experimental.

5.- ¿Cómo controlarás las alturas iniciales de caída de la pelota?

---

6.- ¿Qué tipo de resultados esperas?

un numero

una función

un instrumento

---

**¿Cómo es la pérdida de energía de la pelota al caer sobre un piso?**

Para determinar como pierde energía la pelota, déjala caer desde las alturas ( $h_1$ ) propuestas en el punto 5. Por medio del sistema de medición propuesto en el punto 3, determina las alturas máximas del rebote ( $h_2$ ), y regístralas en la tabla. Calcula  $\varepsilon = \sqrt{h_2/h_1}$  (coeficiente de amortiguación entre rebotes sucesivos) y construye la gráfica  $\varepsilon$  vs  $h_1$

$h_1$ (cm)	$h_2$ (cm)	$\varepsilon = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$



**Análisis de datos:**

¿Cómo se comporta el coeficiente de amortiguación con la altura ¿Por qué crees que ocurra así?

¿Cómo asociarías el coeficiente con la energía?

---

¿Depende el coeficiente de la naturaleza elástica de la pelota y/o superficie?

---

Si la superficie sobre la que se impacta la pelota es de acero, ¿rebotará más? Si  No  Explica

---

Si dejas caer la pelota sobre agua, ¿ésta podría rebotar? Si  No , explica

---

Si la pelota se encuentra medio inflada, ¿cómo será su rebote?

---

**Reflexiones:** En el espacio siguiente, escribe lo que consideras haber aprendido de física.

---

---

## Actividad 3

### Equilibrio

#### Problema experimenta

Seguramente, has tratado de mantener por ejemplo un vaso con agua en una superficie inclinada. En consecuencia has tenido que tomar decisiones; me tomo la mitad y es seguro que no se cae; si el vaso es ancho no debo preocuparme; si el vaso tiene fondo de vidrio grueso, no se cae; si el vaso pesa más que el líquido no se cae; en otras situaciones como los auto-transportes, en las curvas de las carreteras, los autobuses tienden a voltearse, aunque el chofer, conociendo su carga, toma decisiones, etc. Espero que al terminar ésta actividad podrás saber cómo tomar estas y otras decisiones.



*Se tiene un vaso con agua, colocado sobre una superficie que se puede inclinar ¿Cuál es la dependencia entre la cantidad de líquido que el vaso puede contener sin caerse, y la pendiente de la superficie?*

**1.- Problema experimental:** Para determinar cómo depende la estabilidad del vaso con agua, seguramente deberás medir algunas cantidades, como ángulos, niveles, masas, etc. ¿Crees que tendrás alguna dificultad para medirlas? Sí ( ) No ( ) ¿Por qué?

---

---

**2.- ¿Cuáles son las variables de las que depende el equilibrio del vaso?:**

De las variables; *masa del vaso, de la inclinación del plano, de la densidad del líquido, de la rapidez con la que se cambie la pendiente, la forma del vaso, del material con la que está hecho el vaso, etc.* subraya las que afecten el equilibrio del vaso, explica cómo afectan, en su caso señala algún otro.

---

---

**3.- Sí has hecho suposiciones, ¿cuáles son?** De las siguientes ideas subraya las que consideres debes hacer: *que el líquido no estará agitado; que el movimiento del plano será uniforme; que el grosor de las paredes del vaso es uniforme; que el líquido no se derramará antes de que el vaso caiga; que el mojado de la superficie no altere los resultados, etc.* ¿Cómo controlarías tales suposiciones?, en su caso señala alguna otra.

---

---

**4.- ¿Cuáles son los instrumentos de medición que propones usar para obtener tus datos? señala sus características de rango y precisión. Por ejemplo,** *el ángulo lo medirás o lo determinarás usando las longitudes del triángulo rectángulo entre el plano y la superficie de la mesa donde llevas a cabo tu experimento; en su caso que método te daría mejores datos; la cantidad de líquido la determinarás midiendo el volumen, su masa o la altura a la que el líquido llega en el vaso.*

---

---

**5.- ¿Cómo será el acoplamiento entre las partes (vaso-plano o superficie) y los instrumentos de medición? Dibuja un esquema del arreglo sistema experimental.**

---

---

7.- **¿Qué tipo de resultados esperas o qué debes de obtener para contestar la pregunta inicial?: ¿Cuál es la dependencia entre la cantidad de líquido que un vaso puede contener sin caerse, y la pendiente de la superficie donde se encuentra el vaso?**

un número                       una función                       un instrumento

**¿Cuáles son tus ideas sobre el tema?**

**Para una mejor comprensión del tema, expresa tus ideas sobre las siguientes predicciones hechas por alumnos a los que se les planteó la siguiente pregunta:**

**¿Cómo esperas que caigan uno vaso vacío y otro lleno (con gelatina), cuando la tabla donde se encuentran se inclina? Considera que los vasos no resbalan. Primero el vaso lleno, primero el vacío, ambos al mismo tiempo, no se puede predecir.**



**Juan:** el vaso lleno caerá primero porque el líquido ejerce una inestabilidad.

---

---

**Ana:** El centro de gravedad de ambos vasos se considera (por la distribución de las partículas) que se encuentra en la misma posición, por lo que esto no influirá en la decisión. Sin embargo la fuerza de atracción por parte de la tierra es más grande hacia el vaso lleno que hacia el vaso vacío. Tan luego, en ambos casos, el eje de acción del centro de gravedad salga de la base del vaso, jalara con más fuerza al vaso lleno que al vacío haciéndolo caer

---

---

**Inés:** Considero que el vaso lleno caerá después del vacío puesto que se tiene que aplicarle una mayor fuerza sobre de él para lograr acelerarlo, esto debido a que es más masivo que un vaso vacío.

---

---

**Javier:** El vaso vacío en tanto se encuentra menos adherido a la plataforma pues su peso contribuye a eso, en tanto que el vaso lleno se encuentra más en contacto sobre la plataforma.

---

---

**Si ahora tenemos un vaso medio lleno y uno lleno, caerá... primero el vaso lleno, primero el medio lleno, ambos caerán al mismo tiempo, no se puede predecir.**

**Pepe:** primero el lleno, ya que cuando el vaso medio lleno se encuentra nivelado obviamente este no cae, pero el que está lleno en ese mismo instante tiene un mayor peso en la parte diestra del vaso y por ello cae.

---

---

**Daniel:** En este caso también es el vaso lleno el que cae primero, ya que los centros de gravedad de ambos vasos varían. El vaso medio lleno tiene su centro de gravedad más abajo que el del vaso lleno; por lo que el vaso medio lleno es más difícil que su eje de acción del centro de gravedad salga de la base del vaso, lo que lo hace más estable.

---

---

**Hugo:** Extrapolando la suposición de que al ser más masivo un cuerpo que otro, resentirá una fuerza normal mayor de una superficie que lo sostenga, actuando sobre de él una fuerza de fricción mayor teniendo que aplicar una mayor aceleración para ponerlo en movimiento.

---

---

**Daniel:** No en el primer caso, me faltó considerar el efecto que sobre el vaso causaría el líquido contenido. Me faltó considerar el torque ocasionado por el desplazamiento de la masa de líquido al interior del vaso.

---

---

---

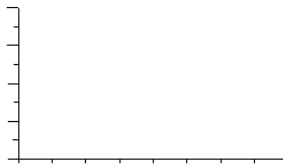
---

**Toma de datos y su Análisis:**

Por acuerdo, para poder determinar funcionalmente el comportamiento de un conjunto de datos, se recomienda obtener al menos cinco cambios. Mide y apunta los valores.

Ángulo ( $\theta$ )	Volumen	Altura

Grafica tus datos, y en su caso propon la función que mejor los describa.



Comenta tu resultado

---

---

¿Cómo podrías comprobar tu resultado?

---

---

¿Qué cambios en tus resultados habría, si en lugar del vaso con líquido usas cilindros sólidos de diferentes longitudes?

---

---

¿Para qué cantidad de líquido el vaso es más estable?

---

---

Si tus mediciones las realizaras usando un líquido más viscoso, ¿tu resultado cambiaría? Si ¿cómo?, No ¿por qué?

---

---

¿Cuándo en una pendiente, un tráiler es más estable, cuando está lleno o vacío?

---

---

**Reflexiones:** En el espacio siguiente, escribe lo que consideras haber aprendido de física.

---

---