

42  
2e



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**LA ENSEÑANZA DE LAS LEYES DE NEWTON  
EN EL BACHILLERATO: UN NUEVO ENFOQUE**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**F I S I C O**

P R E S E N T A :

**LINO JESUS VELAZQUEZ ARTEAGA**



MEXICO, D. F.



FACULTAD DE CIENCIAS  
REGISTRACION ESCOLAR

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CIUDAD UNIVERSITARIA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
División de Estudios  
Profesionales  
Exp. Núm. 55

M. EN C. JOAQUIN CIFUENTES BLANCO  
Jefe de la División de Estudios Profesionales  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Presenta

Por medio de la presente, nos permitimos informar a Usted, que habiendo revisado el trabajo de tesis que realizó al pasante Valdeguas Arzaga Lino Jesús, con número de cuenta 7430511-3 con el título: "LA ENSEÑANZA DE LAS LEYES DE MERCADO EN EL BACHILLERATO: Un nuevo enfoque"

Consideramos que reúne los méritos necesarios para obtener el título de Psico.

Comunicamos lo anterior para los fines a que haya lugar.

Atentamente  
México, D. F., a

- |     |   |                                |
|-----|---|--------------------------------|
| 1.- | <u>DR. JUAN MANUEL JOSEANO NEJIA</u>            |                                |
|     | grado   | Nombre (s) Apellidos completos |
| 2.- | <u>FIS. JOSE CATALINO MIGUEL NUNEZ CABRERA</u>  |                                |
|     | grado   | Nombre (s) Apellidos completos |
| 3.- | <u>FIS. LUIS DOMINGO TAMBUERTI BETAVALER</u>    |                                |
|     | grado   | Nombre (s) Apellidos completos |
| 4.- | <u>Sup. M. EN C. IGNACIO CAMPOS FLORES</u>      |                                |
|     | grado   | Nombre (s) Apellidos completos |
| 5.- | <u>Sup. FIS. JUAN AMERICO GONZALES MEYENDES</u> |                                |
|     | grado   | Nombre (s) Apellidos completos |

*Juan Manuel Joseano Nejia*  
*José Catalino Miguel Nunez Cabrera*  
*Luis Domingo Tambuerti Betavaler*  
*Ignacio Campos Flores*  
*Juan Americo Gonzalez Meyendes*

NOTA: El interesado deberá ponerse de acuerdo con el jurado para fijar fecha (día y hora) del examen, para evitar problemas de asistencia. ES IMPORTANTE LA PUNTUALIDAD.

No encuentro el pensamiento adecuado para expresar mis más sinceros y respetuoso agradecimientos hacia mis profesores y compañeros, quienes me brindaron su apoyo para la elaboración de mi trabajo de tesis; entre otros puedo mencionar:

FIS. JOSE C. MIGUEL NUÑEZ C.  
FIS. L. ROMILIO TAMBUTTI R.  
FIS. JUAN AMERICO GONZALEZ M.  
DR. JUAN MANUEL LOZANO M.  
M. EN C. IGNACIO CAMPOS F.  
FIS. ALEJANDRO GONZALEZ

De igual manera quiero agradecerle a mi familia, tanto a mis padres como a mis hermanos por su apoyo y comprensión. No puedo dejar de pensar en mi padre, quién, aunque ya es finado siempre fue todo un gran amigo y me brindó siempre su apoyo.

A mi mujer Angélica y a mis hijos Dirceu y Aline, les debo dar las gracias por su gran paciencia y comprensión.

Como es sabido por todos, nada es posible de lograrse sin la ayuda de Dios. Gracias por todo Dios mío; y te pido de corazón y pensamiento nos des tus bendiciones.

G R A C I A S .

## INDICE

INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I	
CONTEXTUALIZACION	
1.1 LOS IDEALES EDUCATIVOS DEL BACHILLERATO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES .....	4
1.2 CARACTERISTICAS DEL CURRICULUM .....	7
1.3 CARACTERISTICAS DE LOS PROFESORES .....	10
1.4 LAS CARACTERISTICAS DE LA INSTITUCION .....	11
1.5 CARACTERISTICAS DE LOS ALUMNOS QUE COMIENZAN EL 5 <sup>o</sup> SEMESTRE Y DE LOS EGRESADOS DE ESTE BACHILLERATO .....	12
CITAS BIBLIOGRAFICAS DEL CAPITULO I .....	21
CAPITULO II	
ASPECTOS TEORICOS METODOLOGICOS	
2.1 MARCO TEORICO METODOLOGICO .....	23
2.2 DEFINICION DEL PROBLEMA .....	29
2.3 PROPUESTA PARA ABORDAR EL PROBLEMA .....	31
CITAS BIBLIOGRAFICAS DEL CAPITULO II .....	34
CAPITULO III	
FASE DE APLICACION	
3.1 APLICACION DE LA PROPUESTA A NIVEL PILOTO EN EL CCH-Sur	
3.1.1 EXPLORACION (1 <sup>er</sup> a fase) .....	35
3.1.2 REFLEXION Y CONSTRUCCION (2 <sup>a</sup> a fase) .....	37
3.1.3 EVALUACION (fase complementaria) .....	67
3.2 INSTRUMENTOS Y ACTIVIDADES EMPLEADOS .....	69
3.3 RESULTADOS .....	71
CITAS BIBLIOGRAFICAS DEL CAPITULO III .....	75
CAPITULO IV	
EVALUACION	
4.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS .....	76
4.2 REFLEXION CRITICA SOBRE EL DESARROLLO DE LA APLICACION DE LA PROPUESTA Y SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS .....	87

#### APENDICES DEL CAPITULO I

APENDICE I.1	92
APENDICE I.2	95
APENDICE I.3	97
APENDICE I.4	101
APENDICE I.5	104

#### APENDICES DEL CAPITULO II

APENDICE II.1	107
APENDICE II.2	112
APENDICE II.3	120

#### APENDICE DEL CAPITULO III

APENDICE III.1	127
APENDICE III.2	128
APENDICE III.3	134
APENDICE III.4 (A)	136
APENDICE III.4 (B)	139
APENDICE III.4 (C)	141
APENDICE III.4 (D)	143
APENDICE III.5	144

#### APENDICES DEL CAPITULO IV

APENDICE IV.1	151
---------------	-----



## INTRODUCCION:

Este trabajo de tesis consta de 4 capítulos. La parte medular del mismo trata de una propuesta didáctica, la cual apunta a mejorar la calidad de comprensión conceptual en cursos de Física del nivel bachillerato. Se ejemplifica la propuesta con la enseñanza de las leyes de Newton del movimiento, con alumnos de 5º semestre del bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades (en el D. F.).

El contenido de cada capítulo se describe grosso modo a continuación:

### Capítulo I:

En este capítulo se mencionan los ideales educativos del Colegio de Ciencias y Humanidades, enfatizando los referidos a su bachillerato. Se hacen algunos comentarios, a manera de comparación, acerca de los resultados realmente obtenidos por los alumnos en la calidad de sus aprendizajes, en los primeros diez años de este bachillerato. En estos comentarios puede estimarse, que los ideales educativos de la Institución están lejos de cumplirse. Posterior a esto se habla de varias posibles causas de la divergencia entre los ideales educativos propuestos y los resultados obtenidos. Entre ellas se tienen:

De los alumnos: Cambios psicobiológicos y situación tanto económica como social.

De los profesores: Cambios severos en los contenidos de sus programas de enseñanza, falta de compromiso y responsabilidad en su quehacer docente.

De la Institución: Masificación, bajos salarios, apoyos inadecuados y falta de garantía a las horas clase a un sector de profesores,

..... entre otros.

### Capítulo II:

Inicia describiendo un marco teórico metodológico en el cual se habla de ideas y planteamientos que en el aula ha vertido R. Karplus, también se describe una propuesta diseñada por A. B. Arons para la enseñanza de la ley de la inercia, la aplica a estudiantes de grado equivalente a nuestro 5º

semestre de bachillerato en el Colegio de Ciencias y Humanidades. Posterior a ello se mencionan algunos lineamientos usados por L. McDermott en la enseñanza de temas de cinemática. De los autores anteriores se discuten brevemente sus convergencias e ideas sobre el proceso enseñanza-aprendizaje, los cuales tienden fuertemente a la comprensión de conceptos y a la intensa actividad del alumno, para su construcción de conceptos y leyes.

A partir de la información vertida en el capítulo anterior, se define un problema educativo, el cual tiene que ver con las divergencias entre lo propuesto y lo logrado en la enseñanza de la Física en el bachillerato del CCH, y para tratar de atenuar este problema, se realiza una propuesta didáctica inspirada en la propuesta de Arons. Nuestra propuesta es ampliamente participativa y apunta a mejorar la calidad en la comprensión de las 3 leyes de Newton del movimiento.

### Capítulo III:

Este capítulo trata propiamente de la puesta en práctica de la propuesta didáctica en el CCH-Sur, inicia con la parte exploratoria, informando en ella acerca de los resultados estadísticos de 10 grupos de Física II en un examen diagnóstico aplicado, el cual consistió de 12 preguntas cerradas a 4 opciones de nivel conceptual, referentes a los temas vigentes del programa de Física II. Conocidos los esquemas de explicación alternativos de los alumnos, se aplica la 2<sup>a</sup> fase (reflexión y construcción) la cual consiste de varias secuencias experimentales para que los alumnos logren los "momentos didácticos" adecuados y vayan desestructurando sus esquemas y construyendo los conceptos científicamente correctos de la ley de Newton en cuestión.

Posterior a esta fase se pasa a la evaluación, la cual se basa en los resultados de un 2<sup>o</sup> examen, esta vez de corrección al falso, de 10 preguntas referidas solo a las 3 leyes de Newton. Finalmente se mencionan los instrumentos y actividades empleados en la propuesta, así como los resultados de la misma.

### Capítulo IV:

Trata propiamente de los resultados de la propuesta y de una reflexión crítica sobre la misma.

De los resultados del 2<sup>o</sup> examen, llamado de corrección al falso, se comparan los porcentajes de acierto obtenidos en

4 grupos, 2 que llevaron la propuesta y otros 2 tomados como testigos.

La reflexión crítica incluye sugerencias de otras alternativas y recursos, sobre el material, para la secuencia experimental - pero siguiendo siempre la tendencia a la participación activa de los alumnos-; y finalmente, se hace una invitación para que los docentes apliquen la estructura y finalidad de esta propuesta didáctica a otros temas de Física a nivel medio superior, quedando abierto este trabajo a sugerencias futuras.

## CAPITULO I

### CONTEXTUALIZACION

En el presente capítulo se describen de forma general los planteamientos iniciales del bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades (en lo sucesivo CCH), en lo referente a: sus ideales educativos, las características de su currículum, de sus profesores, de la institución y de sus alumnos. Se insertan en su oportunidad comentarios y reflexiones en los que se hace un recuento de la evolución que, desde la fundación del CCH y hasta la fecha, han sufrido los planteamientos iniciales de los aspectos mencionados.

#### 1.1 LOS IDEALES EDUCATIVOS DEL BACHILLERATO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES.

En la década de los setentas tiene lugar en nuestro país lo que podría llamarse una "explosión demográfica estudiantil", en los niveles medio superior y superior. Surgen entonces nuevas alternativas para la educación superior y para el bachillerato para el cual sólo se contaba con dos modelos, las vocacionales del Instituto Politécnico Nacional y las preparatorias tanto de la Secretaría de Educación Pública, como de las Universidades. A principios de esta década dos nuevas alternativas enriquecen el ciclo del bachillerato, al crearse el Colegio de Bachilleres, (en lo sucesivo CB) y el Colegio de Ciencias y Humanidades.

El bachillerato del CCH surge dentro de un proyecto más amplio que incluía también dar atención a estudiantes en los niveles profesional y de posgrado. Al crearse el Colegio, en (1971) se establecen sus ideales educativos; a saber:

- 1) Establecer el mecanismo permanente de innovación de la Universidad, capaz de realizar funciones distintas sin tener que cambiar toda la estructura Universitaria, adaptando el sistema a los cambios y necesidades de la propia Universidad y del país.
- 2) Preparar estudiantes para cursar estudios que vinculen las humanidades, las ciencias y las técnicas, a nivel bachillerato, de licenciatura, de maestría y de doctorado.
- 3) Proporcionar nuevas oportunidades de estudios acordes con el desarrollo de las ciencias y las humanidades del siglo XX y hacer flexibles los sistemas de enseñanza para formar especialistas y profesionales que puedan adaptarse a un mundo cambiante en el terreno de las ciencias, la técnica y la estructura social y cultural.

- 4) Promover el mejor aprovechamiento de los recursos humanos y técnicos de la Universidad." (1).

En lo particular para el ciclo del bachillerato se plantean los siguientes ideales educativos:

- 1.- Proporcionar la educación a nivel medio superior indispensable para aprovechar las alternativas profesionales o académicas tradicionales y modernas, por medio del dominio de los métodos fundamentales de conocimiento (los métodos experimental e histórico social) y de los lenguajes (español y matemáticas).
- 2.- Constituir un ciclo de aprendizaje en que se combinen el estudio en las aulas, en el laboratorio y en la comunidad.
- 3.- Capacitar a los estudiantes para desempeñar trabajos y puestos en la producción y los servicios, por su capacidad de decisión y de innovación, sus conocimientos y por la formación de su personalidad que implica el plan académico." (2).

En concordancia con estos ideales, se esperaba que el perfil de sus egresados en el bachillerato fuera el siguiente:

"La formación del estudiante en algunas disciplinas fundamentales, el método científico-experimental, el método histórico-social, las matemáticas y el español le proporcionarán una educación básica que le permitirá aprovechar las alternativas profesionales o académicas clásicas y modernas." (3). Así, se plantea que el alumno tenga capacidad y hábitos de lectura de libros tanto científicos como humanistas, su conocimiento del lenguaje español le permitirá la redacción de escritos y ensayos, tendrá la capacidad para informarse y documentarse para la elaboración de trabajos (tanto científicos como humanistas), con sus conocimientos de un idioma extranjero estaría capacitado para documentarse sobre algún tema en especial, esto le permitiría posibilidades de éxito para seguir las carreras existentes o las interdisciplinarias (opciones técnicas) que se creen, pues se buscará que al final de su formación SEPA INFORMARSE Y ESTUDIAR, SEPA APRENDER A APRENDER sobre materias que aún ignora, recurriendo para ello a los libros, enciclopedias, periódicos, revistas científicas, cursos fuera de programa, sin pretender que la unidad le de una cultura enciclopédica, sino los métodos y técnicas necesarios y el hábito de aplicarlos a problemas concretos y adquirir nuevos conocimientos con solo la asesoría del profesor." (4).

Dados pues los ideales educativos de este bachillerato y las características que habrían de tener sus egresados, para

el área de Ciencias Experimentales se planearon los siguientes propósitos generales:

- 1) Que el alumno desarrolle actitudes sistemáticas de:
  - a) Observación
  - b) Cuestionamiento
  - c) Investigación
  - d) Interacción con el medio ambiente mediante la resolución de problemas concretos.
- 2) Que el alumno adquiera el hábito de trabajar en equipo y enfrente los fenómenos naturales con criterio interdisciplinario.
- 3) Que el alumno ubique la importancia de las ciencias naturales dentro del contexto socio-económico." (5)

Para el logro de los ideales educativos de su bachillerato, el Colegio planteo sus métodos de trabajo. El método planeado inicialmente fue caracterizado por una flexibilidad y adecuación de las necesidades científicas que exigía el país, así como el carácter propedéutico y terminal. (6)

De esta forma se tuvieron exigencias de selección de técnicas y procedimientos, para proporcionar a los estudiantes las capacidades para adquirir conocimientos, actitudes y habilidades que les permitieran continuar estudios de licenciatura, o bien incorporarse al mercado del trabajo. Se puso más énfasis en el aprendizaje que en la enseñanza, o sea que el estudiante fuera autor de su aprendizaje, de esta forma el aprendizaje se basó en la acción, la reflexión, el diálogo y la aplicación. Cada una de estas fases se definió de la siguiente forma:

**Acción.**- El estudiante obtiene información, a través de investigación documental y experimental.

**Reflexión.**- La información anterior, se debe ordenar, analizar y cuestionar.

**Aplicación.**- Es la culminación de su aprendizaje, pues esta fase está relacionada con la evidencia de los aprendizajes en su vida inmediata para su transformación.

#### COMENTARIOS Y REFLEXIONES:

Al correr el tiempo se ha podido observar que los ideales educativos del CCH están cada vez más lejos de ser

alcanzados. Los estudiantes que egresan de su bachillerato no tienen el dominio de los métodos fundamentales ni de los lenguajes, pues al ingresar a las carreras impartidas por la UNAM, sobre todo a las de tipo científico e ingenieril, son los alumnos que no sobresalen, contrario a lo que se podría esperar, entonces no han combinado adecuadamente los aprendizajes, en las aulas, laboratorios y comunidad. De igual forma no tienen esa personalidad que supuestamente implica el plan académico. También las matrículas a las opciones técnicas que ofrece el mismo bachillerato del CCH cada vez son más bajas, por ejemplo para el año de 1985 se tiene que aproximadamente 3 de cada 100 alumnos se distribuían en las 13 opciones técnicas, recibiendo capacitación específica para el trabajo. (7)

Es sabido por la comunidad del CCH que actualmente uno de los problemas principales en su bachillerato, es la metodología seguida en el aula, pues se tiende fuertemente a no seguir la propuesta en los planteamientos iniciales; este hecho es uno, de entre muchos, que contribuyen también a que no se alcancen los ideales educativos planeados por la institución. Por ejemplo para Ciencias Naturales, el método a seguir debe ser aquel que ponga a los alumnos a investigar sobre algún subtema, y conjuntamente en el laboratorio sugieran algunas actividades a desarrollar, sobre lo que ellos hallan investigado, con la finalidad de aplicarle el método científico, y en una serie de debates de constante interacción de profesor-alumno, llegar a las conclusiones que den pie a que el profesor solo guíe a sus alumnos, para que ellos construyan sus conocimientos y sugieran las secuencias de actividades a seguir. De esta forma todos los alumnos deberían de participar en los nuevos aprendizajes, lo que contribuiría a las técnicas de ensayo y error para obtener de forma deductiva lo que fuera correcto. (8)

## 1.2 CARACTERISTICAS DEL CURRICULUM.

De acuerdo con los ideales educativos que en sus inicios se planteó el CCH y con la participación de 4 facultades de la UNAM -Ciencias, Química, Filosofía y Letras y Ciencias Políticas- se elaboró el plan de estudios, para este bachillerato.

Su currículum\* se caracteriza por el aprendizaje de dos métodos (el histórico y el experimental), dos lenguajes (el matemático y el español) y un enfoque interdisciplinario.

La estructura de este plan de estudios se compone de dos fases, la primera, del 1<sup>ero</sup> al 4<sup>to</sup> semestre y la segunda,

\* Estamos hablando de currículum y plan de estudios de igual forma.

propedéutica, del 5<sup>o</sup> y 6<sup>o</sup> semestre (Ver apéndice I.1). Para estas dos fases las materias a cursar se pueden ver en el cuadro número 1. (siguiente hoja)

En dicho plan también figura el cursar un idioma extranjero (Inglés o Francés) que se imparte durante los primeros 4 semestres. De forma opcional se ofrece un adiestramiento práctico para la obtención del diploma de técnico, nivel bachillerato. (Ver apéndice I.2).

Cuando los alumnos inician la fase propiamente propedéutica, esto es cuando ingresan al 5<sup>o</sup> semestre, deben elegir, 6 materias de un paquete de 5 bloques (para cursarlas este semestre y el siguiente). Deben elegir una materia del 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> bloques y dos del 4<sup>o</sup> bloque. (Ver apéndice I.1).

Es de suponerse que las materias que el alumno elija en el 5<sup>o</sup> semestre sean básicas para la futura carrera que el alumno cursará.

Es importante mencionar que se prevé que el Colegio revisará y actualizará los contenidos de los programas de asignatura, lo cual debe ocurrir en cada plantel. (9)

#### COMENTARIOS Y REFLEXIONES:

La estructura del plan de estudios de este bachillerato no ha sufrido cambios pero, como es del dominio público entre la comunidad del CCH, la metodología de trabajo en el aula y los contenidos de los programas de las asignaturas sí que han venido cambiando. Los cambios son realizados algunas veces sobre la marcha del semestre, dependiendo esto de cada profesor. Cabe destacar por ejemplo lo que ocurre con los métodos de trabajo en el laboratorio para el área de Ciencias Naturales, tendiente a la repetición mecánica de prácticas por lo regular ya muy tratadas por los profesores. Por otro lado aún cuando se realizan cambios en los contenidos de asignatura de manera formal, los profesores siguen cambiando según su conveniencia.



Cuadro No. 1  
La estructura de la 1<sup>era</sup> y la 2<sup>da</sup> fase  
del bachillerato del CCH.

1 <sup>er</sup> sem. Física I Historia Universal Lectura y Redacción Teoría de Conjuntos	2 <sup>do</sup> sem. Química I Historia de México I Lectura y Redacción Álgebra
3 <sup>er</sup> sem. Biología I Historia de México II Taller de Investigación Documental Geometría Analítica	4 <sup>to</sup> sem. Método Científico Experimental Teoría de la Historia Taller de Investigación Documental Cálculo
5 <sup>to</sup> sem. Matemáticas V Lógica I Estadística I	6 <sup>to</sup> sem. Matemáticas VI Lógica II Estadística II
Física II Química II Biología II	Física III Química III Biología III
Estética I Ética y Conocimiento del Hombre I Filosofía I	Estética II Ética y Conocimiento del Hombre II Filosofía II
Economía I Ciencias Políticas y Sociales I Psicología I Derecho I Administración I Geografía I Griego I Latín I	Economía II Ciencias Políticas y Sociales II Psicología II Derecho II Administración II Geografía II Griego II Latín II
Ciencias de la Salud I Cibernética y computa_ ción I Ciencias de la Comuni_ cación I Diseño ambiental I Taller de expresión Gráfica I	Ciencias de la Salud II Cibernética y computa_ ción II Ciencias de la Comuni_ cación II Diseño ambiental II Taller de expresión Gráfica II

### 1.3 CARACTERISTICAS DE LOS PROFESORES:

Para el inicio de actividades de este bachillerato se planteó que, el personal docente llamado a impartir las diferentes asignaturas provendría de las cuatro facultades de la iniciativa y del personal ya existente en la Escuela Nacional Preparatoria (en lo sucesivo ENP), con esto se lograría que el Colegio fuese un punto de convergencia entre profesores estudiantes de los últimos semestres de licenciatura y los profesores de la ENP, lo que serviría para preparar a nuevos profesores e investigadores, y esto fomentaría las frecuentes adecuaciones a los contenidos de los programas de asignatura.

Los docentes habrían de formar, más que informar a sus alumnos por lo cual cada docente habría de ser más bien un asesor, el cual proporcionaría lineamientos a sus alumnos, para que estos dedujeran casi solos sus nuevos conjuntos de conocimientos. Bajo esta perspectiva el profesor guiaría a sus alumnos por medio de lecturas de textos, artículos y otras publicaciones, así como proporcionándoles métodos para buscar la información y que ellos construyeran algún concepto, o lograrán la solución de algún problema, así como tal vez sugerir actividades para el estudio de algún fenómeno natural, social o económico.

Cabe mencionar que se planteó que a los profesores-estudiantes de las licenciaturas de la UNAM, sobre las materias que impartieran en el Colegio, se les podrían tomar en cuenta hasta 2 de ellas como créditos optativos, para sus respectivas carreras. (10)

### COMENTARIOS Y REFLEXIONES:

La mayoría de los profesores fundadores del Colegio indican que la composición inicial de la planta docente fue de pocos profesores pertenecientes a la ENP -alrededor del 15%- y más tendiente a los profesores-estudiantes -alrededor del 85%-. Casi todos conocían los objetivos del Colegio, así como los métodos de trabajo en el aula (elementos integradores). Al paso de un corto tiempo (como 2 años) se fue perdiendo el entusiasmo, debido entre otras causas, a movimientos de origen político, los cuales contribuyeron en gran medida a tal pérdida. En lo subsecuente, se dieron fenómenos de masificación y con ello se tuvo que improvisar un buen número de profesores, sin la adecuada preparación para el ejercicio de la docencia ni el conocimiento y convicción sobre los ideales educativos del CCH lo cual trajo como consecuencia menores "índice de calidad" en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En la actualidad se sabe que los profesores del CCH cuentan con una gran saturación de horas de clase, generalmente fuera de la institución. Este fenómeno se debe sin du-

da a la apretada situación económica en que todos vivimos, e incide en una baja en el rendimiento, pues el enfoque que los profesores dan a su asignatura no es ya el adecuado, en un buen número de casos, en los que se nota una tendencia a volver a la enseñanza de tipo tradicional, ocurriendo esto en la mayoría de las áreas y en particular, en experimentales existe la tendencia de hacer prácticas mecánicamente, lo que contribuye a deteriorar los ideales educativos planeados, así como en bajar los niveles de conocimientos.

Se puede mencionar también que, el interés de los profesores, por acceder a los niveles de maestría y doctorado ha bajado, así como su conocimiento de los elementos integrales de su materia. (11)

Se sabe que, aunque la institución apoya a los profesores ofreciendo cursos de capacitación pedagógica, de computación, seminarios de titulación, alternativas para la formación de profesores, cursos de evaluación, perfeccionamiento del personal académico,.....etc, los docentes que participan en ellos son generalmente una clara minoría.

#### 1.4 LAS CARACTERISTICAS DE LA INSTITUCION

Como toda institución que se dedica a la labor educativa, el CCH posee una estructura para desempeñar sus actividades. Su estructura se conforma por órganos de carácter ejecutivo y órganos de carácter colegiado, que comparten las funciones de planeación y dirección de la institución.

En lo que se refiere a la organización, el artículo 5º del reglamento de la Unidad Académica del ciclo del bachillerato del CCH, señala los órganos para el mismo, a saber:

- a) El coordinador del CCH
- b) El comité directivo del Colegio.
- c) El concejo del propio Colegio.
- d) Los directores de cada uno de los planteles.
- e) El Consejo interno de los mismos.

Otras características importantes de la institución, son:

- a) Cinco planteles, en donde cada plantel tiene cuatro turnos de 4 horas cada uno.

- b) La institución como ya se a dicho antes, tiene caracter propedeúutico y terminal.

#### COMENTARIOS Y REFLEXIONES:

Como complemento a estas notas sobre las características de la Institución, se puede mencionar que desde sus inicios los profesores tuvieron que organizarse en academias y nombrar a coordinadores de área, lo que ocurrió en cada plantel, con el propósito de ir realizando las adecuaciones necesarias a los programas de las diversas asignaturas y para el desarrollo de algunas otras actividades académicas. (12)

Es una verdad evidente entre los miembros de la comunidad del CCH, que la Institución a dado un apoyo inadecuado para el mantenimiento de las instalaciones de los distintos planteles, así como para el abasto de materiales de apoyo didáctico, en particular para los laboratorios, lo cual representa un importante factor en el deterioro de sus planes iniciales.

#### 1.5 CARACTERISTICAS DE LOS ALUMNOS QUE COMIENZAN EL 5<sup>o</sup> SEMESTRE Y DE LOS EGRESADOS DE ESTE BACHILLERATO.

Como se anotó antes cuando los alumnos inician el 5<sup>o</sup> semestre y eligen la materia de Física II (2<sup>o</sup> bloque), en entonces durante el 6<sup>o</sup> semestre deben llevar la asignatura de Física III, pero en la fase previa ya habrán cursado las asignaturas correspondientes en el área de Experimentales: Física I, Química I, Biología I y Método Científico Experimental.

Pasaremos ahora a comentar algunos aspectos psicobiológicos, socioculturales y económicos que inciden en el aprendizaje de los alumnos que ingresan al 5<sup>o</sup> semestre de este bachillerato.

Con respecto a los aspectos psicobiológicos se puede decir que prácticamente han sido invariables a través del tiempo. Entre los más relevantes que presentan los alumnos se pueden citar los siguientes: Edad aproximada entre los 16 y los 18 años, etapa de edad la más difícil, pues en ellos se presentan cambios la mayoría de los cuales influyen de manera no productiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje. (13)

Respecto a los aspectos socioculturales se mencionarán solo los que apreciamos de mayor incidencia, en lo académico. Generalmente los padres no han formado una (pequeña) biblioteca, para la formación escolar de sus hijos, y como una consecuencia de ello, éstos, no tienen hábitos de estudio; como se sabe por la mayoría, el nivel de preparación de los padres, así como la ocupación de los mismos influye en gran medida sobre los hijos.

La ocupación de los padres se distribuye como sigue:

Cuadro No. 2

OCUPACION	PORCENTAJE
Personal directivo	1.2%
Profesionista	12.5%
Trabajador en servicios diversos	15.4%
Personal Administrativo (empleados)	17.9%
Comerciante	20.1%
Obreros	23.3%

Se puede apreciar que cerca de una cuarta parte de los padres se ocupan como obreros. (14)

En cuanto al nivel educativo de los padres de los alumnos se ha mostrado que es ligeramente superior al de las madres y se tiene que cerca del 8.7% de los padres han realizado estudios de licenciatura, siendo que el de las madres es de 2.6% en este aspecto. Los restantes niveles de estudio se pueden apreciar enseguida en el cuadro 3:

Cuadro No. 3

	PADRE	MADRE
Primaria	37.03%	31.20%
Secundaria	13.40%	10.40%
Preparatoria o Vocacional	5.70%	2.20%
Otros estudios (carreras cortas)	35.20%	53.60%

Como puede verse, alrededor del 85% de los padres y del 97% de las madres de los alumnos de este bachillerato tienen, en cuanto a nivel educativo, primaria, secundaria o alguna carrera corta.

El aspecto económico ha cambiado notoriamente, pues la carestía de la vida ha llegado a niveles alarmantes y aunque en general las familias se mantienen con los ingresos de entre 1.5 ó 3 salarios mínimos (15), es bien sabido que el poder adquisitivo de la moneda es tan bajo, que como consecuencia de esto, se tiene una vivienda inadecuada y lejos del plantel de estudio así como una mala alimentación, principalmente.

Los factores antes mencionados inciden de una manera directa en el rendimiento académico de los alumnos; aspecto que ahora abordamos.

Según la estructura del bachillerato de la Institución, los alumnos que ingresan al 5<sup>o</sup> semestre deben haber alcanzado los objetivos planeados de todas las materias hasta el 4<sup>o</sup> semestre, (Ver apéndice I.3), pero cabe destacar que según un estudio sobre índices de reprobación de los egresados, realizado en el año de 1990 por María Elisa Guerrero y Lilia Guzmán para la generación 84-85, se obtienen resultados del 62.12% para asignaturas de las áreas de experimentales y matemáticas (16), lo cual indica que de cada 100 alumnos que han concluido los primeros cuatro semestres 62 reprobaron al menos una materia de experimentales o de matemáticas. Física I, Química I, Biología I, Método Experimental, y las Matemáticas de la I a la IV; materias todas ellas de ciencias básicas esto es, ligadas a carreras de ciencias e ingenierías.

En cuanto a las otras áreas también de la primera fase, se tienen menores índices de reprobación.

Las preferencias de los alumnos por las materias del 2<sup>do</sup> bloque en el 5<sup>o</sup> semestre se presentan en el siguiente orden: Biología, Física, Química. Así por ejemplo en el año de 1987 y en todos los planteles Biología es la materia más elegida principalmente en el plantel Vallejo, donde 75 de cada 100 alumnos la eligieron. En el plantel Sur, en el mismo año, los porcentajes fueron 75%, 10%, 33% para el mismo orden (Biología, Física y Química).

A continuación se expone y comenta información sobre los egresados de este bachillerato.

Iniciémoslo comentando acerca de un estudio sobre eficiencia terminal que se llevó a cabo en el año 1985 por Roberto A. Rodríguez Gómez (17), para tres instituciones CCH, ENP y CB. El indicador se calculó por proporcionalidad directa a partir del número de ingresantes (100%) y el número de egresados (X%), sin importar a que generación pertenecían éstos últimos y tomando como base periodos trianuales. En el cuadro siguiente (cuadro 4), se dan los porcentajes promedio, de eficiencia terminal para los años del 71 al 78. (Ver apéndice 1.4). De igual forma en el cuadro 5, se presenta información sobre el porcentaje de alumnos que concluyen su bachillerato

en el CCH en tres años (los planeados), y los que requieren de más tiempo; esta información es para cada generación del 71 al 80:

Cuadro No. 4

Institución	Porcentaje promedio (71 a 78)
CCH	41.5%
ENP	57.8%
CB	32.3%

Cuadro No. 5  
Solo bachillerato del CCH.

generaciones	% de egresados en periodo normal (3 años)	% de egresados hasta el 80 (más de 3 años)
71-73	44.23%	13.28%
72-74	33.49%	16.82%
73-75	26.73%	19.26%
74-76	25.95%	18.18%
75-77	23.99%	15.89%
76-78	24.91%	23.23%
77-79	25.05%	12.22%
78-80	27.00%	
Promedio	28.91%	16.98%

Como puede observarse (cuadro No. 5) para la década de los años setenta el periodo de terminación generacional es de un 28.91% en periodo normal, dato que difiere notoriamente del anterior (41.5% en cuadro No. 4), aunque también se trate de periodos trianuales. Esto se explica a partir del hecho de que este último dato incluye además de los alumnos de cada generación a los rezagados de generaciones anteriores. Se puede concluir que en la década de los setentas en el CCH aproximadamente 3 de cada 10 alumnos que ingresaron en una generación determinada terminaron su bachillerato en el periodo preestablecido, y no es descabellado suponer que en los años que corren, dichos porcentajes sean semejantes y aún menores.

También se realizó un estudio de diagnóstico para alumnos del 1<sup>er</sup> semestre de la carrera de Físico de la facultad de Ciencias (UNAM). En este estudio se incluyeron alumnos

del CCH, ENP y CB englobados bajo el rubro "bachillerato de gobierno", y se realizaron comparaciones con alumnos procedentes de los bachilleratos incorporados (Ver apéndice I.5) para la parte del diagnóstico relativa a conocimientos de Física. Se tomaron tres niveles de aprendizaje, y se obtuvieron los resultados siguientes (cuadro No. 6):

Cuadro No. 6

	Nivel I	Nivel II	Nivel III
Bach. gobierno	42%	50%	40%
Bach. incorporado	48%	52%	46%

Cada nivel se refiere a:

"Nivel I: Recuerdo e identificación de fórmulas, enunciados de leyes, definición de conceptos y conversión de unidades."

Nivel II: Habilidad para interpretar conceptos físicos y relaciones entre variables, traducción del lenguaje común, el método gráfico y al simbolismo matemático y viceversa.

Nivel III: Habilidad para seleccionar y aplicar conceptos y leyes físicas a datos conocidos para resolver problemas mediante la interpretación gráfica, fórmulas y viceversa." (18)

De acuerdo con los porcentajes observados en el cuadro 6 se aprecia que no existe diferencia significativa en el logro de los niveles de aprendizaje anteriores, entre los dos tipos de bachillerato y por lo demás, los bajos rendimientos son similares. Por otra parte es de suponerse que los ex-alumnos del CCH en este diagnóstico tuvieron un rendimiento semejante al de los ex-alumnos de la ENP y del CB, (los tres englobados en el rubro bachillerato de gobierno).

Pasemos ahora a hablar de las carreras que ofrece la UNAM y de la preferencia que por ellas muestran los egresados del CCH.

La información que a continuación se expone corresponde a una muestra de la población escolar egresada del bachillerato del CCH (tamaño de la muestra 704 alumnos), la cual se encontraba cursando su 1<sup>er</sup> semestre de licenciatura en la UNAM en 1987. (19) Se tratará de comparar las tendencias de estos egresados en su elección de carrera, enfatizando un poco, sobre la carrera de Físico para poder realizar algunas hipótesis sobre los egresados de este bachillerato. En los



cuadros siguientes (cuadro 7 a 13) se puede observar la información mencionada.

La UNAM clasifica sus carreras en las siguientes áreas:

- I Físico Matemáticas.
- II Químico Biológicas.
- III Económico Administrativas.
- IV Disciplinas Sociales.
- V Humanidades Clásicas.
- VI Bellas Artes.

El cuadro 7 siguiente, muestra la preferencia de los alumnos de la citada muestra por las carreras de cada una de las áreas mencionadas:

Cuadro No. 7

AREA	alumnos	%
Físico Matemáticas	139	19.74%
Químico Biológicas	165	23.43%
Económico Administrativas	223	31.68%
Disciplinas Sociales	119	16.90%
Humanidades Clásicas	58	8.24%
Bellas Artes	0	0.00%

Los cuadros 8 a 12 siguientes muestran las preferencias de los alumnos por las carreras de cada área:

Area I, Cuadro No. 8

CARRERA	ALUMNOS	%
Arquitectura	53	7.53%
Actuaría	16	2.27%
Físico	13	1.85%
Matemático	3	0.43%
Ingeniería Civil	31	4.40%
Diseño Industrial	5	0.71%
Ingeniero Mecánico Electricista	18	2.25%
Total	139	19.74%

Area II, Cuadro No. 9

ARRERA	ALUMNOS	%
Biología	20	2.84%
Dodontología	33	4.68%
Psicología	50	7.10%
Ingeniería Química	21	2.98%
Químico	19	2.70%
Químico-Farmacéutico	18	2.55%
Biólogo		
Ingeniero Químico	4	0.57%
Metalúrgico		
Total	165	23.43%

Area III, Cuadro No. 10

CARRERA	ALUMNOS	%
Administración	20	2.84%
Contaduría	64	9.09%
Economía	65	9.23%
Periodismo y Comunicación	29	4.12%
Colectiva		
Sociología	16	2.27%
Geografía	14	1.99%
Relaciones Internacionales	15	2.13%
Total	223	31.68%

Area IV, Cuadro No. 11

CARRERA	ALUMNOS	%
Derecho	119	16.90%

Area V, Cuadro No. 12

CARRERA	ALUMNOS	%
Letras Clásicas	2	0.28%
Estudios Latinoamericanos	4	0.57%
Filosofía	2	0.28%
Historia	6	0.85%
Pedagogía	44	6.25%
Total	58	8.24%

En el cuadro 9 se puede apreciar que solamente 20 alum \_

nos (2.84%) de esta muestra optó por la carrera de Biólogo, a pesar de que "como se dijo en páginas anteriores, la mayoría de los alumnos que cursan 5<sup>to</sup> y 5<sup>to</sup> semestre de este bachillerato se inscriben en la materia de Biología". Esto hace pensar que la mayoría de los alumnos en sus últimos 2 semestres de su bachillerato optan por la materia de Biología como una forma de evitar las asignaturas de Física o Química.

Como dato complementario puede verse en el cuadro 8 el número de alumnos de esa muestra que optaron por la carrera de Físico y se observa que son 13 alumnos, un 1.85% de estos egresados, los que se inclinaron por dicha carrera. En el cuadro 12 siguiente se muestran las carreras con mayor demanda por los alumnos de la muestra estudiada.

Cuadro No. 13

CARRERA	ALUMNOS	%
Derecho	119	16.90%
Economía	65	9.23%
Contaduría	64	9.09%
Arquitectura	53	7.53%
Psicología	50	7.10%
Pedagogía	44	6.25%
Odontología	33	4.68%
Ingeniería Civil	31	4.40%
Periodismo y Comunicación Colectiva	29	4.12%

A continuación se hace una reflexión general, la cual tratará de compilar lo más relevante de los comentarios y reflexiones anteriores.

#### COMENTARIOS Y REFLEXIONES. General:

La eficiencia terminal en el CCH en cuanto a sus periodos trianuales y por generaciones tanto en sus inicios (44.23%, cuadro 5), como en años posteriores (29%, cuadro 5), no ha sido buena; aproximadamente 3 de cada 10 alumnos pueden terminar en el periodo preestablecido y existen algunos alumnos que demoran hasta 14 años en concluir su bachillerato, por otro lado en la primera fase de este bachillerato existen índices de reprobación altos en las áreas de experimentales y Matemáticas lo que evidentemente trae como consecuencia que los alumnos, para la segunda fase, tiendan a

no elegir las materias de Física II y Matemáticas V. También hemos notado antes que la calidad de los aprendizajes de Física de los egresados es en general baja, pues es apenas poco menos de la mitad de los aprendizajes que se esperaba deberían lograr en esa materia (cuadro 6), aunque cabe aclarar que esta situación se presenta generalizada tanto en bachilleros de gobierno, como en incorporados. Como quiera que sea, esto invita a pensar que los ideales educativos de este bachillerato están lejos de cumplirse; en particular, en lo relacionado a el manejo del método experimental en los cursos de Física.

Los alumnos egresados del CCH que optan por carreras de área I son pocos (19.74%, cuadro 7), y más pequeño aún el porcentaje de los mismos que eligen la carrera de Física (1.85%, cuadro 8). Aunque estos datos sean tan sólo para una muestra en particular, da una idea de sus preferencias al elegir sus distintas carreras.

Como se vino anotando en su oportunidad, al desarrollar este capítulo son muchas las causas, que determinan estos bajos rendimientos académicos en los alumnos, y en particular en Física. Entre las causas principales de este bajo rendimiento algunas tienen que ver directamente con los alumnos, otras con los profesores y otras con la Institución. Se pueden mencionar las siguientes:

**Los alumnos:** Situación sociocultural, cambios psicológicos, malos hábitos de estudio, su formación académica previa.

**Los profesores:** Desconocimiento de la Institución, cambios en los contenidos de los programas, saturación en las horas de trabajo, y en general falta de compromiso y responsabilidad en su quehacer docente.

**La Institución:** Masificación, apoyos inadecuados, salarios bajos, la falta de garantía en las horas clase a un sector de profesores.

Y es probable que se nos escapen algunos otros factores.

**C I T A S   B I B L I O G R A F I C A S   D E L  
C A P I T U L O I :**

- (1) Gaceta UNAM, 3<sup>a</sup> época, Vol. II, No. extraordinario  
CU. 1<sup>a</sup> de Febrero de 1971.
- (2) Gaceta UNAM. 3<sup>a</sup> época, Vol. III, No. 36  
CU. 24 de Febrero de 1971.
- (3) José Luis Moreno Rodríguez, TESIS: "Elaboración del pro-  
grama de la materia de psicología I que se imparte en el  
ciclo del bachillerato del CCH".  
Fac. Psicología UNAM, 22 Noviembre de 1988, pp 61.
- (4) Ibid, pp 57.
- (5) Programa de Química I - CCH-Sur -  
Abril de 1991.
- (6) Edgar Méndez Pedrero, TESIS: "Programa de la materia de  
Física II para el plantel Sur del Colegio de Ciencias y  
Humanidades".  
Fac. Ciencias UNAM, 1989. pp 66.
- (7) Cuadernos del Colegio, No. especial 3; Secretaría de  
Divulgación.C.U. -Diciembre 1985  
pp 52.
- (8) Cuadernos del Colegio, No. 30; Secretaría de Divulgación.  
C.U. -Enero, Marzo de 1986,  
pp 8-12.
- (9) Pablo González Casanova; "Universidad Nacional Autónoma  
de México"; Dirección General de Publicaciones. -6 Mayo  
1970 a 7 Diciembre 1972,  
pp 70.
- (10) Edgar Méndez Pedrero, TESIS: "Programa de la materia de  
Física II para el plantel Sur del Colegio de Ciencias y  
Humanidades".  
Fac. Ciencias UNAM, 1989. pp 70.
- (11) Cuadernos del Colegio SEPLAN; Secretaría de Divulgación.  
C.U. -Año 1987,  
pp 13.
- (12) Cuadernos del Colegio, No. especial 3; Secretaría de  
Divulgación. C.U. -Diciembre 1985,  
pp 14-16.
- (13) Ibid, pp 12-13.

- (14) Cuadernos del Colegio SEPLAN; Secretaría de Divulgación.  
C.U. -Año 1987,  
pp 48.
- (15) Ibid, pp 52.
- (16) María Elisa Guerrero Salinas, Lilia Guzmán Marín,  
"Estudio exploratorio"; Dirección General de  
Publicaciones. -1990,  
pp 57.
- (17) Larissa A.; Bartolucci; Covo; Fortes; .....  
"Los universitarios la élite y la masa"; Dirección Gene\_  
ral de Publicaciones. -Año 1985,  
pp 79-88.
- (18) Romilio Tambutti R., y otros "Diagnosticar para mejorar"  
Perfiles Educativos; Nueva época No. 4,  
Enero, Febrero, Marzo 1984,  
pp 39-52.
- (19) María Elisa Guerrero Salinas, Lilia Guzmán Marín,  
"Estudio exploratorio"; Dirección General de  
Publicaciones. -Año 1985,  
pp 46-54.

## CAPITULO II.

### ASPECTOS TEORICOS METODOLOGICOS:

En el presente capítulo se citan algunas ideas y planteamientos que sobre el trabajo en el aula, ha vertido R. Karplus. Luego se describe un trabajo de A. B. Arons, que consiste de una propuesta didáctica para la enseñanza de la 1<sup>ra</sup> ley de Newton, aplicada a alumnos de grado equivalente a nuestro 5<sup>to</sup> semestre del bachillerato del CCH. También se mencionan algunos lineamientos usados por L. McDermott al trabajar en temas de cinemática, con alumnos de grado similar al anterior. Se discute brevemente la relación de la propuesta de Arons y los lineamientos de McDermott, con algunos de los planteamientos e ideas de Karplus.

Posteriormente, basados en información del capítulo anterior se define un problema educativo. Este se liga estrechamente con las tendencias actuales que giran en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el CCH-Sur. Por último se ofrece una propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de las leyes de Newton del movimiento, en el bachillerato, basándose en la estructura de la propuesta de Arons para la 1<sup>ra</sup> ley de Newton, y usando algunas técnicas y métodos trabajados en la enseñanza de conceptos cinemáticos, por McDermott.

### 2.1 MARCO TEORICO METODOLOGICO.

Una forma de comprender mejor a la naturaleza es a través de los conceptos científicos, lo que implica que estos, deben ser atendidos con gran cuidado. Si en particular, el proceso de enseñanza-aprendizaje en Física hiciera mayor énfasis hacia la naturaleza de tales conceptos, la calidad de los aprendizajes en la materia sería mejor. Además se lograría que los alumnos se interesaran más por ella; de ahí que, en los cursos de Física, una buena parte del proceso de enseñanza-aprendizaje debería atender hacia la naturaleza y papel que juegan los conceptos científicos.

A continuación y sin profundizar en ello, se describen los trabajos de los autores anteriormente citados: Karplus, Arons y McDermott.

#### R. KARPLUS:

Con base en estudios de J Piaget, Karplus diseñó e implementó\* una estrategia para mejorar el proceso de

\*implementar: diseño y elaboración de los instrumentos y recursos necesarios para la puesta en práctica.

enseñanza-aprendizaje, lo denominó "ciclo de aprendizaje" y el objetivo principal de esta estrategia es ayudar a los estudiantes a desarrollar el pensamiento lógico y tener dominio en el contenido (1), para el logro de mejores aprendizajes. Karplus diseña para varias asignaturas algunos ejemplos en donde es posible observar principios e ideas de la estructura de los ciclos de aprendizaje.

La estrategia puede servir de guía a los profesores que desean no solo dominio de contenidos, sino que se combine este con el razonamiento para mejorar la comprensión. En esencia se trata de pasar de un estado de conocimiento A simple, a un estado B, más complejo, que el inicial.

El ciclo de aprendizaje, según Karplus, se compone de tres fases principales, que son: Exploración, Invención (algunas veces llamado descubrimiento), y Aplicación.

#### En la exploración:

"Siguiendo un breve establecimiento del tópico y la dirección, se impulsa a los estudiantes a aprender por medio de su propia experiencia. Las actividades son proporcionadas o sugeridas por el instructor, las que ayudarán al estudiante a recordar (y compartir) experiencias concretas pasadas y así ampliar nuevas experiencias concretas que les serán útiles después, para las actividades de invención y/o aplicación. Durante esta actividad los estudiantes reciben solamente una guía de parte del instructor y exploran nuevas ideas en forma espontánea.

#### La invención:

En la fase de invención, las experiencias concretas de exploración se usan como base para generalizar un concepto o para introducir un principio. Los papeles del estudiante y del instructor en esta actividad pueden variar, dependiendo de la naturaleza del contenido. Generalmente se pide a los estudiantes que inventen parte o todas las relaciones por sí mismos, y el profesor proporciona guía y estímulo cuando hace falta. Este procedimiento permite a los estudiantes obtener confianza por medio de la familiaridad con los conceptos introducidos.

#### La aplicación:

La fase de aplicación proporciona a cada estudiante la oportunidad de aplicar directamente el concepto o habilidad aprendido durante la actividad de invención. La aplicación proporciona a los estudiantes experiencias adicionales que les permiten ampliar y extender los conceptos. Usan los conceptos inventados en diferentes establecimientos concretos." (2)

Cabe mencionar que en la fase exploratoria el profesor (o instructor), percibe información sobre sus estudiantes, respecto a la habilidad para tratar con los conceptos nuevos



que se desea comprendan ahora, así, los estudiantes revelarán sus habilidades para razonar hacia estos conceptos.

En la invención "el instructor actúa como un mediador en asistir a los estudiantes en la formulación de estas relaciones, de manera que sean consistentes con los resultados de sus actividades de exploración." (2)

En la aplicación, estudiantes e instructor interactuarán para planear una o varias actividades y poder aplicar el concepto o habilidad inventada, esta deberá proporcionar una nueva o única situación concreta. Se pide además, a los alumnos "que completen la actividad diseñada a satisfacción del instructor. Esto deberá proporcionar conocimiento extra que actuará como experiencia ampliadora y estabilizadora, relacionada con las nuevas habilidades y conceptos." (3)

#### ARNOLD B. ARONS (1<sup>ra</sup> ley de Newton):

A. B. Arons diseñó e implementó una propuesta para atender la baja comprensión conceptual de la ley de la inercia por parte de los alumnos. El trabajó con alumnos de high school de la Universidad de Washintong (Seattle), (alumnos que en el siguiente grado estarán en la universidad, es decir estudiantes de grado similar a los nuestros, del 5<sup>to</sup> semestre del bachillerato del CCH). Empieza su trabajo a partir de los errores más comunes cometidos por los alumnos, haciendo hincapié en sus deficiencias y malas habilidades para razonar, así como en las dificultades que tienen en la comprensión de conceptos. Afirma además que, "estas deficiencias deben y pueden remediarse en estos niveles de estudio". (4)

Debido a lo anterior, este autor diseña algunas estrategias con las cuales tiende a disminuir las carencias anteriores. La metodología empleada por Arons, consiste en diseñar una serie de experiencias tanto manuales como hipotéticas, construidas de tal manera que al participar en ellas el alumno, tienda a cometer sus propios errores, logrando de esta forma que llegue a contradicciones y forzado por éstas situaciones, revise sus esquemas de explicación alternativos a lo científico de una forma crítica, logrando así en buena medida la participación activa del alumno y que éste se inicie en la construcción de sus nuevos conjuntos de conocimientos.

Arons desarrolla así una propuesta didáctica, "tendiente a disminuir la baja comprensión y entendimiento de la ley de la inercia, (1<sup>ra</sup> ley de Newton)" (5). Sus ideas centrales consisten, como se dijo antes, en diseñar la secuencia de experiencias, tanto manuales como hipotéticas, que observamos que contienen ciertos momentos didácticos" tendientes al razonamiento y la comprensión de los conceptos involucrados en

esta ley. En su diseño, cuestiona en su oportunidad en forma de entrevista personal a los alumnos, por medio de preguntas intencionadas. Su papel es el de asesor, proponiendo algunas experiencias a seguir e induciendo al alumno para que haga sugerencias, en lugar de verse limitado en seguir instrucciones, a modo de receta.

Las experiencias que propone Arons (Ver apéndice II.1), se llevan a cabo deslizando un bloque de hielo seco de 20 Kg sobre una larga placa de vidrio colocada y nivelada sobre una mesa horizontal. Las preguntas aplicadas (intencionadas y oportunamente realizadas), en la propuesta fueron las siguientes:

- 1) ¿Cómo se comporta el bloque una vez que ha sido puesto en movimiento?, ¿Cuál es la diferencia entre esta situación y la de objetos comunes deslizando sobre superficies comunes?
- 2) ¿Qué acción por parte nuestra debe hacerse, necesariamente, sobre el bloque para que éste se mueva cada vez más rápido? Es decir, ¿qué debe hacerse para que el bloque se acelere continuamente?
- 3) ¿Qué diferencia se nota en el comportamiento del bloque cuando es empujado continuamente a cuando recibe un empujón corto y rápido?
- 4) Si queremos impartir al bloque la aceleración que sea, ¿qué tan intensa debe ser la fuerza requerida? Esta pregunta es en el sentido de ¿existe algún efecto de barrera que se tenga que vencer?
- 5) Suponga que el bloque de hielo seco ya está en movimiento, ¿qué podemos hacer para que se frene lentamente sin cambiar de dirección?
- 6) Suponga otra vez que el bloque ya está en movimiento y que ejercemos sobre él una fuerza continua, ya sea para acelerarlo o para frenarlo, ¿cómo se comporta el bloque? Ahora suponga que hacemos cada vez más pequeña la fuerza continua aplicada ¿cómo se comporta el bloque?, ¿Cómo se comportaría cuando la fuerza ejercida se vaya disminuyendo hasta cero?
- 7) Suponga que ejercemos sobre el bloque dos fuerzas continuas opuestas, (una con cada mano)

"momento didáctico: Es un aprendizaje parcial, logrando un cierto nivel de comprensión.

¿cómo se comporta el bloque cuando una de ellas es mayor que la otra? ¿cómo se comportaría si fueran de la misma magnitud?

- 8) Suponga que el bloque ya se encuentra en movimiento, ¿qué se tendría que hacer para cambiar la dirección del movimiento?, ¿qué es lo que tendría usted que hacer para lograr que el bloque cambie de dirección en ángulo recto con respecto a la dirección original?, ¿Y en cualquier otra dirección específica?, ¿Y para que se mueva, aproximadamente, en una circunferencia?
- 9) ¿Qué sucedería si hiciera usted girar el bloque alrededor de su eje vertical de simetría? Sin usar ningún término técnico todavía no definido ¿qué implicaciones se sustráen del comportamiento observado?

De la serie de preguntas sugeridas por Arons, se aprecia que existen unas que se aplican después de realizadas las experiencias, en tanto que otras son aplicadas de tal manera que los alumnos infieran y predigan, llevándolos a controversia, lo cual les hace sugerir las experiencias a realizar si no se hallan seguros de sus respuestas. (Y dichas experiencias quedan sujetas al ensayo y error).

Así por ejemplo la pregunta 1 se realizaría luego de haber llevado a cabo las experiencias de poner en movimiento sobre la placa de vidrio nivelada objetos comunes, y el bloque de hielo seco, notando la diferencia entre estos movimientos, otra pregunta muy interesante es la tercera que se refiere a la diferencia entre el movimiento a velocidad constante y el movimiento acelerado, logrando esta que los alumnos entren en controversia. La octava pregunta que es de predicción, la cual manifiesta el carácter vectorial de la fuerza referido a su dirección, invita a los alumnos a pensar y a que ellos mismos sugieran las experiencias a realizar.

De esta forma, cuestionando intencionalmente y en el momento oportuno y pertinente, Arons logra que un porcentaje un poco mayor de sus alumnos, sean más activos, adquiriendo así, mejor comprensión de aspectos conceptuales intrínsecos en la tercera ley de Newton del movimiento.

Lillian C. McDermott (lineamientos, técnicas y principios):

McDermott, es profesora de Física en la Universidad de Washington en Seattle y con nivel de directora en la división de Precollege Education in Science and Mathematics, en la

fundación de Ciencia Nacional.

En algunos de sus artículos describe, grosso modo, los lineamientos, técnicas y métodos didácticos utilizados por distintos autores, tales como: Svei Sjoberg, Svei Lie, Augrey Champagne, Leopold Klopfer, Jim Mistrell, y otros mas.... la mayoría de los cuales trabajaron en diferentes niveles educativos, algunos en high-school, y otros en las propias universidades, tratando de aclarar conceptos de mecánica, en particular en temas de cinemática. Entre los lineamientos, técnicas y principios en los que estos mostraban convergencia, se pueden mencionar los siguientes:

- a) División de la población estudiantil, según edades y destrezas.
- b) Conducción de experimentos y discusión posterior con los instructores respectivos.
- c) Pruebas preinstruccionales. (Estas pruebas contienen cuestionarios escritos para identificar algunos falsos conceptos comunes.)
- d) Pruebas explorativas de preconceptos.
- e) Planeación y conducción experimental por los propios estudiantes.

De cada una de las técnicas o principios anteriores, se pretende entre otras cosas:

- a) Mezclar a la población estudiantil para lograr la interacción alumno-alumno, y observar si el más "hábil" puede "jalar" al menos diestro.
- b) Constante interacción maestro-alumno y alumno-alumno.
- c) Que el alumno muestre sus conceptos erróneos.
- d) Un nivel de partida, para que el instructor diseñe las experiencias, adecuadas.
- e) Intensa actividad del alumno, y la interacción con su creatividad.

McDermott al tratar de aclarar algún concepto toma y combina algunas de estas técnicas o principios logrando así una metodología lo más adecuada posible, y se plantea en general objetivos similares a los utilizados por Arons, en dos aspectos básicos. En la instrucción al igual que Arons prioriza a el entendimiento y la comprensión conceptual. En la metodología de trabajo, la exploración, la intensa interacción maestro-alumno, y la actividad constante del alumno,

asi como la construcción por parte de este de sus propios conocimientos. (6)

McDermott y Arons, tienen convergencia en cuanto a principios, con las ideas de Karplus, pues por ejemplo, se pueden mencionar que:

Karplus en su etapa de exploración establece una finalidad, e impulsa a los estudiantes en aprender por medio de sus propias experiencias, en esta etapa se sugieren experiencias para que el estudiante recuerde otras pasadas. Arons y McDermott parten de los errores más comunes cometidos por los alumnos y esto no sería posible sin haber aplicado una fase de exploración, lo cual les dió información acerca de los conceptos anteriores y las formas de pensar sobre la nueva parte conceptual por aprender. Karplus en la invención utiliza las experiencias de la exploración como un punto de apoyo para generalizar un concepto o introducir un principio, Arons y McDermott también utilizan la fase anterior para diseñar las experiencias que den pie a desestructurar las ideas erróneas. Además, a los estudiantes, brinda confianza y familiaridad con los conceptos introducidos. En la aplicación los tres autores anteriores proporcionan a los estudiantes experiencias adicionales permitiendo a estos ampliar y extender los conceptos que se desea sean comprendidos, esto se observa con frecuencia en Arons y McDermott, sobre todo al interactuar con los estudiantes, interrogándolos en forma pertinente y oportuna, sobre todo en las experiencias de tipo hipotético, pues dan la oportunidad de extrapolar en sus formas de pensamiento lógico abstracto, debido a que ponen en juego las habilidades que han ido asimilando.

De esta forma se observa una gran convergencia entre estos dos autores.

## 2.2 DEFINICION DEL PROBLEMA.

En el capítulo anterior al hacer un recuento de las propuestas iniciales del bachillerato en el CCH y en los breves comentarios sobre la evolución de las mismas, se virtieron datos importantes relacionados con: la eficiencia terminal, los índices de reprobación en asignaturas de Física y matemáticas y la calidad de los aprendizajes de Física; mencionando también la distribución porcentual de los alumnos, tanto de sus preferencias por las carreras que ofrece la UNAM, como de su elección de materias cuando ellos inician su 5<sup>o</sup> semestre de este bachillerato. De lo anterior emergieron una serie de situaciones que de manera directa o indirecta condicionan el logro de aprendizajes significativos en Física.

En cuanto a la eficiencia de este bachillerato para cursos trianuales se tuvo un porcentaje aproximado del 26%,

los índices de reprobación en las áreas de matemáticas y experimentales son alrededor del 52%, los aprendizajes en Física de sus egresados, no llegan a la mitad -en el mejor de los casos- de los que se esperaba debieran alcanzar; sus preferencias en la elección de materias y posteriormente de carreras, esquivan de manera notoria a la Física y a las matemáticas. Todo esto viene a dar constancia de la existencia de un problema educativo relacionado, en particular, con la enseñanza de la Física:

En el bachillerato del CCH la calidad de los aprendizajes en Física es cada vez menor. Se ha venido descuidando -al paso de los años- la comprensión y el entendimiento de los conceptos en esta ciencia junto con un alejamiento de los ideales educativos inicialmente propuestos para el Área de ciencias experimentales de este bachillerato, en lo que se refiere a que los alumnos habrían de tener cierto dominio del método experimental.

De no ser abordado este problema, un buen número de alumnos mantendrán esa situación de apatía hacia la Física. Una de las consecuencias de esta situación es que cada vez menos alumnos se interesen por carreras de ciencias e ingeniería y el país tienda a ser más dependiente en aspectos de ciencias y tecnología; concretamente un país maquilador.

Ahora bien, como se planteó en renglones anteriores, esta situación problemática está determinada por muchos factores, los que son de variado tipo, desde los relacionados con el entorno social hasta los de tipo personal de cada alumno, pasando por los institucionales y los relacionados al profesorado, de tal suerte que una solución al 100% a esta problemática educativa habría de considerar todos estos factores que la determinan; tarea que rebasa el limitado campo de acción de un profesor de Física de este bachillerato. Pero, algunos de los factores determinantes de este problema educativo si pueden ser enfrentados por un profesor de Física, y lógicamente estos tienen que ver directamente con la práctica docente. Así, se tienen factores como los siguientes:

- a) Ya no se tiende a la metodología propuesta por la Institución, de combinar el aprendizaje del alumno de manera interdisciplinaria en el aula, en el laboratorio y en el taller.
- b) No importa al profesor el manejo del Método Científico por los alumnos.
- c) Existe gran escasez de apoyos a los laboratorios, refiriéndonos a la creatividad del docente.
- d) Un porcentaje alto de profesores no toma los cursos de capacitación que ofrece la Institución.

e) No se llevan los programas vigentes propuestos por la academia, en su lugar la mayoría de los profesores hacen los cambios que mejor les convienen.

f) Gran ausentismo de los profesores a sus labores.

.....y otros.

Todos estos factores que están determinando una baja en la calidad de los aprendizajes en Física de los alumnos del bachillerato del CCH, pero pueden ser minimizados con la consecuente mejoría en los aprendizajes de esta asignatura mediante una adecuada labor didáctica del docente.

Concretamente se plantea la siguiente .....

#### HIPOTESIS:

Los alumnos del bachillerato del CCH tendrán mejores aprendizajes en Física, si el docente de la asignatura emplea en el proceso de enseñanza-aprendizaje una estrategia didáctica participativa.

Dada esta hipótesis surge el siguiente .....

#### PROBLEMA:

Diseñar e implementar una propuesta didáctica que sea participativa, como se dijo antes, por ejemplo: Una estrategia didáctica inspirada en los trabajos de Arnold. B. Arons, que apunte a mejorar sustancialmente la calidad de los aprendizajes en Física de alumnos del bachillerato del CCH. En otras palabras se requiere de una propuesta didáctica que recupere los ideales educativos del CCH, en relación a sus asignaturas de tipo experimental, de la Física en particular.

### 2.3 PROPUESTA PARA ABORDAR EL PROBLEMA.

La parte esencial de este trabajo de tesis es el abordaje al problema recién planteado; esto es, el diseño e implementación de una propuesta didáctica que apunte a mejorar sustancialmente la calidad de los aprendizajes de Física de los alumnos del bachillerato del CCH, haciendo particular énfasis en la naturaleza y comprensión de los conceptos de esta disciplina. Esta propuesta, como se anticipó está inspirada en los trabajos de A. B. Arons y de L. McDermott descrito en páginas anteriores, pero está matizada por las adecuaciones pertinentes, en función de las características de nuestro contexto sociocultural.

La propuesta didáctica se compone de 2 fases principales:

- Exploración.
- Reflexión y sistematización.

Y una fase complementaria, una fase de:

- Evaluación.

En las fases principales habrá que darse una constante interacción maestro-alumno y alumno-alumno, lo cual se logra mediante algunas preguntas intencionadas, realizadas en su momento oportuno. Pasamos ahora a describir cada una de las fases de la propuesta.

1<sup>ra</sup> Fase; (Exploración):

Esta 1<sup>ra</sup> fase se halla de acuerdo directamente con las ideas de Arons y McDermott -dado que, los dos parten de los errores más comunes cometidos por los alumnos- y en ella, mediante experiencias sencillas de la vida diaria, se tiende a que el profesor platique, cuestione y dialogue con los alumnos, para que afloren sus ideas y esquemas de explicación alternativos, relativos a los fenómenos que van a estudiarse.

El profesor, de esta forma, tendrá una idea más clara del tipo de confusiones que los alumnos tienen en el tema en cuestión, así como sus formas de pensar hacia el mismo.

Para completar la fase exploratoria se aplicará un examen diagnóstico (Apéndice II.2) y como previo a él ya se habló de forma amena con los alumnos, se espera sea aceptado de mejor forma, que si no se hubiera realizado lo anterior. Una vez aplicado este examen, la información sobre el mismo es analizada estadísticamente, obteniendo así los porcentajes de certeza y error, respectivos; de esta forma es posible inferir de manera más atinada sobre las ideas y creencias (los esquemas alternativos) que los alumnos traen al aula, en relación a los temas a abordar. Al observar el profesor los esquemas de explicación alternativos que los alumnos tienen, tendrá una primera información sobre los mismos, y puede ir preparando las experiencias adecuadas que ayuden a desestructurarlos.

2<sup>a</sup> Fase; (Reflexión y corrección):

Esta fase se apoya en la anterior, pues contando ya con información sobre los esquemas alternativos, las ideas conceptualmente correctas, los conocimientos y habilidades previas, así como de las motivaciones que los alumnos traen, a partir de ello, se seleccionan y adecúan o se diseñan actividades que conduzcan a experiencias significativas para los estudiantes, procurando que tales actividades posean una importante componente experimental. Con la realización de estas actividades se apunta a la reflexión de parte de los alumnos, de tal manera que sus esquemas alternativos de explicación del fenómeno observado sean puestos en contradicción con el experimento realizado. Esta contradicción deberá



hacerlos reflexionar e ir corrigiendo paulatinamente sus errores (esquemas alternativos).

Esta parte de la propuesta consiste en una serie de actividades denominadas "experiencias", diseñadas para alcanzar una serie de "momentos". Las actividades apuntan pues, a que los alumnos alcancen algunas experiencias significativas y son moduladas mediante algunas preguntas cuidadosamente contruidas por el profesor y dirigidas en algunos casos en forma grupal y en otros, en forma individual. En esta parte se tiene gran similitud con las propuestas de Arons y McDermott, dado que ellos también cuestionan a sus alumnos en forma de entrevista personal y grupal, dándose así una evaluación de los aprendizajes por parte del profesor, y garantizándose el logro de los "momentos" de la mayoría de los alumnos. De esta forma se apunta a lograr el interés de los mismos, y se espera que sean más cuidadosos al responder sobre alguna cuestión. Cabe mencionar que en varias ocasiones las preguntas deben construirse sobre la marcha, para adecuarlas al nivel del pensamiento lógico de algunos alumnos.

Esta fase también apunta a la construcción "por parte de los alumnos", de los nuevos conceptos. Se trata primordialmente, de poner en acción la mente de los alumnos, obteniendo de estos, calidad, objetividad y efectividad sobre algunas "experiencias" concretas expuestas, las cuales apuntan a el logro de los "momentos" adecuados.

Un determinado aprendizaje (por ejemplo alguna de las leyes de Newton del movimiento), puede requerir de que los alumnos previamente hallan alcanzado varios "momentos" (cada uno de ellos referido a algún concepto inherente a la ley de Newton en cuestión). Una vez alcanzados los varios momentos previos, el profesor, coordinando una reflexión grupal, ayudará al grupo a alcanzar el aprendizaje significativo esperado. (La ley de Newton en cuestión).

Esto es, se trata de que los alumnos mediante la guía mínima del profesor, construyan los nuevos conceptos, lo cual es la finalidad esencial de la propuesta educativa.

Fase complementaria: (Evaluación al término de la propuesta)

Esta fase de la propuesta consiste en evaluar la eficacia de la misma, para lo cual se aplica un segundo examen (Ver apéndice II.3); esta vez de corrección al falso, a los grupos de alumnos con los que se ha trabajado y los grupos "testigo"; ambos de la muestra original.

En el capítulo siguiente se hablará de la puesta a prueba de la propuesta didáctica.

CITAS BIBLIOGRAFICAS DEL  
CAPITULO II:

- (1) R. Karplus; "Ciclo de Aprendizaje" ; Proyecto ADAPT, Univ. de Nebraska (1977), pp 7-28.
- (2) Ibid, pp 30.
- (3) Ibid, pp 31.
- (4) Arnold B. Arons; "Implications of research and new technologies for teacher education and professional development"; Apuntes University of Washington, Seattle, WA 98195, USA.
- (5) Ibid, pp 2-6.
- (6) Lillian C. McDermott; "Research on conceptual Understanding in mechanics"; Physics today; -Año 1984, pp 24-37.

### CAPITULO III FASE DE APLICACION:

En este capítulo se describe la puesta en práctica de la propuesta didáctica y se muestran los resultados obtenidos. En su oportunidad se mencionan los instrumentos y actividades empleadas.

#### 3.1 APLICACION DE LA PROPOSTA A NIVEL PILOTO EN EL CCH-Sur:

La propuesta didáctica, objeto de este trabajo de tesis, puede ser aplicada en el proceso enseñanza-aprendizaje de diversos temas de Física en el nivel medio superior. Se puso a prueba con grupos de alumnos en curso regular de Física II, correspondiente al quinto semestre del bachillerato del CCH. La unidad abordada fue la correspondiente a las leyes de Newton del movimiento, de ahí el título dado a este trabajo de tesis (LA ENSEÑANZA DE LAS LEYES DE NEWTON EN EL BACHILLERATO: Un nuevo enfoque).

Para aplicar la propuesta en el CCH-Sur, se tomó una muestra de diez grupos, que iniciaban el 5<sup>o</sup> semestre de su bachillerato en el semestre escolar 1-1993 y que habrían de cursar la asignatura de Física II. De esta forma se eligió de manera aleatoria cuatro grupos, a dos de los cuales se les aplicó la propuesta, y los otros dos se tomaron como grupos testigo.

Como se mencionó en el capítulo anterior la propuesta consiste de dos fases principales y una complementaria, las cuales son:

- Exploración.
- Reflexión y corrección.
- Evaluación. (fase complementaria)

##### 3.1.1.- EXPLORACION (1<sup>ra</sup> fase):

La primera fase se aplicó a los diez grupos, y como ya se dijo antes, se inicia con una charla que persigue eliminar tensiones y dar una imagen al profesor acerca de los esquemas de explicación alternativos que traen los alumnos respecto a los conceptos que se abordarán.

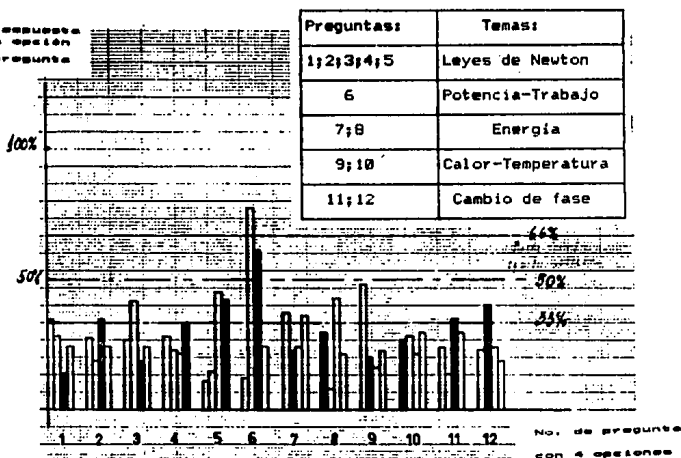
En este inicio de la fase exploratoria el docente realiza algunas preguntas verbales intencionalmente dirigidas, relacionadas con los temas del programa de Física II, a saber: leyes de Newton del movimiento, trabajo, potencia, energía, calor, temperatura y cambios de fase. Se puso mayor énfasis

en preguntas relacionadas con las leyes de Newton del movimiento y tendencias a detectar el nivel de comprensión conceptual. (Ver apéndice III.1).

Luego del primer cuestionamiento, se completa la fase exploratoria con la aplicación de un cuestionario escrito con la misma temática y enfoque. La información obtenida de las respuestas dadas por los alumnos a este cuestionario forma la parte medular de la exploración. El examen consistió de doce preguntas cerradas a cuatro opciones, estas fueron de contenido conceptual y relativas a los temas del programa vigente de Física II del CCH-Sur. (Ver apéndice II.2). El histograma con los resultados de la prueba de diagnóstico y la tabla con los porcentajes de acierto de cada pregunta y los temas para cada bloque de preguntas (ambos referidos a la muestra de diez grupos), se presentan a continuación:

HISTOGRAMA:  
Resultados del diagnóstico  
No. de alumnos 201

% de respuesta  
a cada opción  
por pregunta



Preguntas	Porcentaje de acierto	Tema
1	13.44%	Leyes de Newton
2	32.63%	
3	16.58%	
4	31.79%	
5	37.85%	
6	35.58%	Potencia Trabajo
7	19.11%	Energía
8	28.79%	
9	18.59%	Calor y Temperatura
10	24.61%	
11	34.39%	Cambio de fase
12	37.37%	

Los histogramas de cada grupo referentes a los resultados del diagnóstico exploratorio se pueden consultar en la sección correspondiente de apéndices. (Ver apéndice III.2).

En esta fase inicial el profesor demora aproximadamente 15 minutos en el interrogatorio oral, y los alumnos tardan una hora y cuarenta y cinco minutos "aproximadamente" en dar respuesta a la prueba de diagnóstico (Ver apéndice II.2); es decir hablando en tiempo, se trata de una sesión de clase completa (2 hrs.).

Una vez conocida y analizada la información anterior, y tomando en cuenta las respuestas dadas por los alumnos en el cuestionamiento oral previo al examen diagnóstico, se construyeron las secuencias experimentales que apuntan a que los alumnos alcancen ciertos "momentos didácticos", que los induzcan a desestructurar sus ideas y creencias erróneas en relación a conceptos inmersos en las leyes de Newton del movimiento; así como que les permitan construir los conceptos científicamente correctos.

### 3.1.2.- REFLEXION Y CONSTRUCCION (2<sup>da</sup> fase):

Estas partes de la aplicación de la propuesta didáctica se dan casi de manera directa, puesto que se han diseñado las

actividades de aprendizaje que se espera representen experiencias significativas para los alumnos, lo cual conlleva a la interacción, no tan solo con el profesor, sino también entre ellos mismos, lo que implica un mayor índice de razonamiento y por ende acciones mentales de calidad que los llevarán a la construcción de los conceptos, mediante el logro paulatino de los "momentos didácticos", diseñados con la intención de lograr precisamente esta construcción.

Aquí se trata propiamente con los experimentos a realizar para tratar de atenuar la falta de comprensión conceptual, y cabe mencionar que a partir de esta fase salvo la fase final de evaluación, se trabajó tan solo con dos de los grupos de la muestra inicial, además de que se cuidó el hecho de que los grupos elegidos no hubieran visto el tema de las leyes de Newton del movimiento con sus respectivos profesores.

La aplicación de los experimentos para comprender la primera ley se basaron en las experiencias propuestas para el mismo fin realizadas por Arons, haciendo las adecuaciones necesarias, pues se debe tener en cuenta que Arons trabajó con alumnos que viven en un contexto diferente al de nuestros alumnos. Se trató también de seguir lo más apegado posible los guiones y preguntas propuestas por este autor, sin embargo en diversos instantes fue necesario improvisar para poder seguir adelante.

En los experimentos diseñados para la comprensión de la segunda y tercera leyes de Newton, se utilizó la combinación de la estructura del mismo trabajo de Arons y algunos otros trabajos sobre cinemática descritos y usados por Lillian Mcdermott. Cabe mencionar también que en estas experiencias se usó de la frecuente interacción maestro-alumno, el uso del pizarrón por parte del profesor, y se observó la interacción casi automática alumno-alumno, es decir se creó un ambiente de mayor acción e interés por parte de los alumnos.

#### Experiencias para la comprensión de la primera ley de Newton:

La fase de exploración confirma que los estudiantes al ingresar al 5<sup>o</sup> semestre en el bachillerato del CCH traen ya muchos esquemas de explicación alternativos a los conceptos científicos, en relación a las leyes de Newton del movimiento. Por ejemplo, es frecuente escuchar entre sus comentarios referirse a: fuerzas fuertes; se siguió el camino por inercia; para que exista movimiento se necesita forzosamente de la presencia de una fuerza; la acción y la reacción actúan sobre el mismo punto; la fuerza es consecuencia del cambio en la velocidad; ....etc. Ahora que como también se ha dicho en este trabajo, no todo se debe a los estudiantes, pues existen

profesores que aún, ellos mismos, no han comprendido dichos conceptos de estas leyes (y otras más) y de esta forma transmiten conocimientos de manera errónea.

Las experiencias siguientes sirven para aclarar la carga conceptual involucrada en la 1era ley de Newton.

El material utilizado sin entrar en más detalle fue el siguiente: Una rampa de vidrio horizontal, un bloque de hielo seco de 20 Kg, resortes de polyester, etc. (Ver apéndice III.3).

#### Primera experiencia:

Una vez nivelada la placa de vidrio horizontal se pide a algunos alumnos que pongan en movimiento rectilíneo mediante un pequeño empujón -y tratando de que sea de la misma magnitud- a 3 cuerpos, uno por uno, primero el borrador, después algún libro, y por último el gran bloque de hielo seco (porciónándoles en el último caso guantes protectores).

Una vez atendida la petición del profesor se realizan las siguientes preguntas, referidas a estas experiencias, primero a los alumnos que estuvieron haciendo las actividades y luego al grupo que observó. Esta manera de preguntar se realiza de forma subsecuente en cada experiencia.

#### Preguntas:

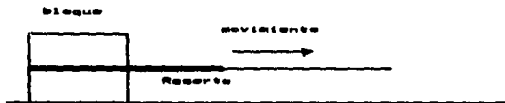
- 1) ¿Cómo se comporta el bloque una vez que ha sido puesto en movimiento?, ¿Cuál es la diferencia entre esta situación y la que nos presentan los otros cuerpos que se pusieron en movimiento?

La manera esplendorosamente mágica con la que el bloque se mueve a lo largo de la placa de vidrio, sobre todo a baja velocidad, sin que presente ningún proceso de retardamiento produjo una profunda impresión en la mayoría de los estudiantes que nunca habían sido testigos de tal efecto.

#### Segunda experiencia:

Poner en movimiento rectilíneo el bloque amarrado a un hilo y en este hilo poner primero un empaque circular, durante el movimiento la deformación del empaque debe ser la misma. En seguida repetir este movimiento pero ahora en lu

gar del empaque se usa un resorte de polyester, el cual tam\_ bién durante el movimiento debe mantener el mismo estiramien\_ to.



### Preguntas:

- 1) ¿Qué acción por parte nuestra, habría que realizar para que el bloque se mueva cada vez más rápido?
- 2) ¿Qué se logra al mantener constante la distancia en el resorte?
- 3) ¿Cómo tenía que ir su compañero en la parte final del cami\_ no del bloque para mantener esta situación?, ¿Eso qué sig\_ nifica?

Para la mayoría de los estudiantes es sorprendente ver que el compañero que aplica la fuerza debe moverse cada vez más rápido, para mantener el alargamiento constante. Aunque hayan visto moverse al bloque con velocidad uniforme sin que halla fuerza externa, no pueden predecir el comporta\_ miento del bloque en esta situación de fuerza constante.

### Tercera experiencia:

En esta experiencia se pone en movimiento rectilíneo el bloque. Primero empujando continuamente, tanto con el resor\_ te de polyester como con el empaque circular, y luego median\_ te un empujón corto y rápido dado con las manos.

### Preguntas:

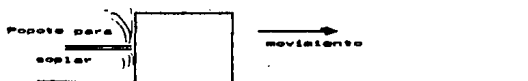
- 1) ¿Qué diferencia se nota cuando el bloque es empujado conti\_ nuamente a cuando es empujado con un empujón corto y rá\_ pido?

Muchos estudiantes no han podido diferenciar entre una fuerza constante y continua y una fuerza aplicada durante un  $\Delta t$  de corta duración, y debido a esto es necesario ayu\_ darlos a que diferencien esta situación. Tal vez repi\_ tiendo varias veces la actividad anterior.



#### Cuarta experiencia:

Se trata ahora de poner en movimiento rectilíneo el bloque pero con una fuerza mínima, intentando primero por medio de un soplo y luego por medio de un "garnuchazo".



#### Preguntas:

- 1) Si desea impartir al bloque una cierta velocidad, ¿qué tan intensa debe ser la fuerza que se debe aplicar?, es decir ¿existe algún efecto de barrera que se tenga que vencer?

El sentido de esta pregunta se refiere a lo contrario de la experiencia cotidiana, la cual nos enseña que se requiere de cierta fuerza mínima para poner en movimiento a los objetos, y esto depende del  $\Delta t$  y de la velocidad.

- 2) Supongamos que el bloque ya está en movimiento, ¿qué podemos hacer para que se frene lentamente sin cambiar de dirección?

Por lo regular los estudiantes en este caso aplican un corto impulso en contra, sin ocurrirseles aplicar una fuerza continua moderadamente suave para frenarlo.

#### Quinta experiencia:

Una vez puesto en movimiento el bloque se frena de 2 maneras: la primera mediante un impulso contrario tomando la precaución de no cambiarle su dirección de movimiento, la otra mediante una fuerza moderadamente suave y duradera (no instantánea durante un  $\Delta t$ ), permitiendo que la mano se deslice junto con el bloque.



### Preguntas:

1) ¿En cuál de las 2 maneras se pudo detener el cuerpo?

Esta situación trata de comparar los 2 tipos de fuerzas que se están aplicando, una aplicada durante un  $\Delta t$  pequeño y la otra durante un  $\Delta t$  relativamente grande. Para los alumnos es notoriamente contrario observar que una fuerza aplicada durante un  $\Delta t$  pequeño no es capaz de detener al bloque.

Después de estas 5 experiencias es recomendable que el docente realice algunas conclusiones con los alumnos, ayudándolos a recordar siempre y cuando sea necesario.

### Conclusiones:

Supongamos que el bloque ya está en movimiento, y que se ejerce sobre él una fuerza continua para que vaya más rápido o para frenarlo, -Se pregunta grupalmente- ¿Cómo se va a comportar el bloque cuando le apliquemos una fuerza continua a favor del movimiento?, ¿Cómo se comportaría el bloque cuando le apliquemos una fuerza continua en contra del movimiento?. Supongan que esta fuerza aplicada se hace cada vez menor, pero con magnitud constante durante el  $\Delta t$  de aplicación ¿Cómo se comportará ahora el bloque?, ¿Cómo se comportaría el bloque entonces cuando la fuerza fuera cero?, si la longitud del vidrio fuera infinita, ¿Qué pasaría con el bloque?.

En estas situaciones hipotéticas nótese que se presentan en sentido inverso al usual, pues se parte de una situación de fuerza diferente de cero, y haciendo menor esta fuerza se llega a una situación de fuerza cero lo cual conlleva que puede existir movimiento en la ausencia de fuerza.

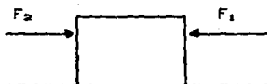
### Sexta experiencia:

Se trata ahora de realizar la situación hipotética anterior (conclusiones anteriores), pero con la ayuda del resorte tipo polyester desplazando el bloque sobre la rampa horizontal tal tanto de ida como de regreso, aplicando una fuerza cada vez más pequeña (pero de magnitud constante durante el  $\Delta t$  de aplicación).

#### Preguntas:

- 1) ¿Qué observan cuando la fuerza aplicada tiene magnitud cercana a cero, cómo se mueve el bloque?

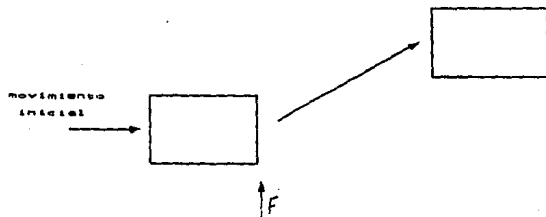
Suponga que sobre este bloque se ejercen 2 fuerzas constantes pero las 2 en direcciones opuestas (una con cada mano) y de forma simultánea, ¿Cómo se movería el bloque si una de estas fuerzas fuera mayor que la otra?, ¿Cómo se comportaría si las 2 fuerzas fueran de la misma magnitud?



Esta experiencia trata de que el alumno comprenda el caracter vectorial en una dimensión de las fuerzas.

### Séptima experiencia:

Una vez puesto en movimiento el bloque se trata de cambiarle su dirección de movimiento mediante un puñetazo, el cual se ejerce en dirección perpendicular al movimiento del bloque.



### Preguntas:

- 1) ¿Hacia donde esperaban que se moviera el bloque después de haberle aplicado el puñetazo?
- 2) ¿Cómo se le tendría que pegar al bloque para que saliera en ángulo recto respecto a su dirección inicial?

Generalmente los estudiantes creen que los objetos saldrán en la dirección del último empujón aplicado cuando ya están en movimiento, respecto al laboratorio.

- 3) ¿Qué tendría que hacerse para que el bloque se mueva en forma de una circunferencia?

### Octava experiencia:

Se pone en movimiento el bloque permitiendo que el resorte se estire hasta que frene totalmente al bloque, y de esta forma inicie un viaje de regreso el bloque.

### Preguntas:

- 1) ¿qué velocidad tiene el bloque justo en el momento en que inicia el regreso? . En ese momento, ¿está actuando alguna fuerza sobre el cuerpo?

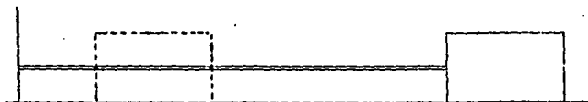
En este momento se avienta el borrador hacia arriba en un tiro vertical y se realizan las mismas preguntas.

La finalidad de estas experiencias es que los alumnos distingan que no siempre existe velocidad y fuerza al mismo tiempo, además de que el movimiento no siempre implica velocidad, es decir la velocidad cero no siempre implica reposo.

### Novena experiencia:

Se realiza la misma experiencia anterior pero ahora en el momento en que el bloque inicia el regreso se suelta del

resorte y se realizan las mismas preguntas anteriores.



Preguntas:

- 1) ¿Si no tiene cambio de velocidad existen fuerzas aplicadas al bloque?

El sentido de esta experiencia y sobre todo de las preguntas tratan de reforzar:

- i) el caso de movimiento rectilíneo uniforme
- ii) caso de movimiento a velocidad cero
- iii) distinción entre velocidad, cambio de velocidad y fuerza.

Ahora se puede concluir con los alumnos, y arribar a la primera ley de Newton. El profesor participa ayudando un poco a manera de recordar sobre las experiencias, haciéndoles algunas preguntas cuyas respuestas vayan dando estructura a esta primera ley. También es recomendable hablarles de la existencia de fuerzas de tipo natural, tales como las fuerzas de los vientos, las de los sismos, las de los imanes naturales, etc. todo esto con la finalidad de retroalimentar el hecho de que no sólo entre los seres vivos existen fuerzas.

Experiencias para la comprensión de la segunda ley de Newton:

La parte conceptual inherente a la segunda ley de Newton contiene implícitamente dificultades que hacen a esta ley lo suficientemente abstracta como para errar frecuentemente en su aplicación; de ahí que se recomendaría al profesor adoptar su forma de enunciado como sigue:

El cambio en la velocidad de un cuerpo de masa  $m$  produ

cido por la acción de una fuerza neta de magnitud ( $F$ ) es directamente proporcional al cociente de  $F$  entre  $m$  y está dirigido en la misma dirección de la fuerza neta aplicada ....(1) Así su forma matemática es:  $F \Delta t = m \Delta v$ , la cual nos indica que la variación de la velocidad  $\Delta v$  viene relacionada con la masa inercial  $m$ , la causa del movimiento  $F$  y el tiempo  $\Delta t$ , durante el cual actúa la fuerza. ....(2)

Para que los alumnos adquieran mayor claridad en los "algoritmos conceptuales" que encierra esta ley, se recomienda lograr los 3 "momentos didácticos"; que se enuncian en seguida:

- La fuerza no es consecuencia del cambio en la velocidad  $\Delta v$ , sino lo contrario, el cambio en la velocidad  $\Delta v$  es efecto de la fuerza.
- La fuerza se debe usar como una fuerza resultante (al cuerpo le comunican cambio en velocidad todas las fuerzas aplicadas a él, aunque algunas se anulen, y el cambio en velocidad resultante es provocado por la fuerza resultante).
- Si la fuerza y el cambio en velocidad son magnitudes vectoriales la dirección y el sentido de  $\Delta v$  son los mismos de la  $F$  que produjo el cambio en la velocidad y es necesario consignar sus direcciones.

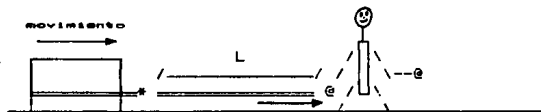
Para lograr cada uno de estos momentos se propone una serie de experiencias y las interacciones maestro-alumno, alumno-alumno, del tipo de entrevistas personales y grupales pequeñas, primero, y luego mayores que apuntan a lograr cada momento.

Para las experiencias didácticas propuestas se utilizó básicamente el mismo material empleado en el estudio de la primera ley; (Ver apéndice III.4).

PARA EL LOGRO DEL PRIMER MOMENTO DIDACTICO; (a);

#### Primera experiencia:

Un bloque de masa  $m$  (de hielo seco) se pone en movimiento rectilíneo sobre la rampa de vidrio horizontal aplicándole una fuerza constante (por medio de un resorte manteniendo una elongación constante), durante un tiempo constante  $\Delta t$  de aproximadamente 1 ó 2 seg.



Una vez realizada esta experiencia se hacen las siguientes preguntas:

Preguntas:

- 1) ¿Cambió el estado de movimiento del bloque?  
Respuesta esperada: Afirmativo; cambió del estado de reposo a uno de movimiento.
- 2) ¿Cómo ha sido la trayectoria del movimiento del bloque?  
Respuesta esperada: El movimiento del bloque es en línea recta.

Segunda experiencia:

Dos bloques de igual masa se ponen en movimiento rectilíneo de manera simultánea, pero a uno se le aplica mayor fuerza, ambas son constantes y los movimientos se llevan a cabo en el mismo sentido.

Preguntas:

- 1) ¿Está cambiando la velocidad de los bloques?  
Respuesta esperada: Sí.
- 2) ¿Cómo son las velocidades de los bloques casi al final del camino?  
Respuesta esperada: Diferentes.
- 3) ¿Son iguales los cambios de velocidad en ambos bloques?  
Respuesta esperada: El cambio en velocidad de uno es mayor.

Se recomienda hacer algunas conclusiones verbales con la interacción maestro-alumno: (usando esquemas en la pizarra, y explicaciones, según el profesor juzgue conveniente): En la primera experiencia, el movimiento del bloque es rectilíneo observando que existe cambio de estado del movimiento, pues cada vez es más rápido, esto ocurre al aplicar la fuerza constante y observar al final del camino. La velocidad al final del camino aplicando cualquier  $F > 0$  constante es mayor que al inicio. En la segunda experiencia el movimiento de los bloques es más rápido para uno de ellos, por tanto la velocidad final es también mayor para este bloque. De acuerdo con esta experiencia, si la fuerza constante aplicada es mayor, entonces el cambio en velocidad también es mayor.

Ahora se propone que se escriba en el pizarrón algo parecido a lo siguiente: Entonces cuando se aplica una fuerza constante diferente de cero a un cuerpo, el cambio de velocidad  $v$  está en relación directa a la fuerza aplicada. Por lo tanto:

Si  $F$  es grande, entonces  $\Delta v$  es grande  
y lo contrario también se cumple.

Preguntas con razonamiento anterior:

La velocidad cambia y el movimiento sigue una trayectoria rectilínea, entonces, ¿Se llama a este movimiento rectilíneo uniforme?

Respuesta esperada: No, se llama MRUV; .....

4) Y, ¿Cuándo apareció la variación?

Respuesta esperada: Al cambiar la velocidad.

Se escribe: (para contradecirlo adelante).

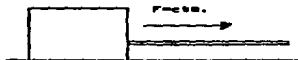
Entonces todo cambio en la velocidad nos proporciona una fuerza:

$\Delta v$  implica  $F$

5) ¿Por qué cambió la velocidad?

Respuesta esperada: Porque aplicamos una fuerza.

### Tercera experiencia:



Poner en movimiento el bloque mediante una fuerza cualquiera aplicada al resorte ( $F=cte.$ ).

Pedir a los alumnos que hagan conclusiones de lo observado.

Respuesta esperada: Se debe esperar de varias participaciones, que apunten a: Al aplicar una fuerza se tiene un cambio en la velocidad  $\Delta v$ , y si la fuerza aplicada es mayor, también será mayor este cambio en la velocidad  $\Delta v$ , además se obtiene así un movimiento rectilíneo que como, la velocidad no es uniforme, este no será rectilíneo uniforme.

### Preguntas:

1) Entonces, ¿El cambio en la velocidad  $\Delta v$  es el efecto de la fuerza? o ¿La fuerza es el efecto de  $\Delta v$ ?

Respuesta esperada: Afirmativo a la primera pregunta, esto es  $F$  implica  $\Delta v$ .



Ahora concluir: El cambio en velocidad  $\Delta v$  es el efecto de la fuerza, esto es, la fuerza provoca un cambio en la velocidad. Además el  $\Delta v$  está en relación directa con la fuerza:

Pues si una aumenta, la otra también y si una disminuye, también la otra.

PARA EL LOGRO DEL SEGUNDO MOMENTO DIDACTICO; (b):

Primera experiencia:

Mediante 2 resortes hilo-liga iguales y un bloque de 1 Kg en reposo aplicarle fuerzas en sentidos contrarios y misma dirección, tal que  $F_2 = 2F_1$ .



Preguntas:

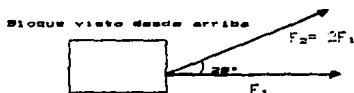
- 1) ¿Por qué se movió el bloque hacia la izquierda (puede ser al contrario)?

Respuesta esperada: porque se restaron los vectores fuerza, obteniéndose una fuerza resultante hacia la izquierda y el cambio en velocidad ( $\Delta v = v_2 - v_1$ ) se da con la dirección de la fuerza resultante.

Se puede concluir que la fuerza es un vector  $F$  y como el  $\Delta v$  es el efecto de la fuerza  $F$ , entonces el  $\Delta v$  también es un vector.

Segunda experiencia:

Ahora un resorte que proporcione  $F_2 = 2F_1$ , desviarlo unos  $20^\circ$  respecto a la otra fuerza horizontal  $F_1$ , de manera que ambas fuerzas queden en un mismo plano. Al bloque inicialmente en reposo, le aplicaremos dos fuerzas.



Preguntas:

- 1) ¿La dirección en que se movió el bloque fue la de  $F_1$ ?, ¿fue la de  $F_2$ ? o ¿qué podemos decir de la dirección en que se movió el bloque?

Respuesta esperada: El movimiento resultante del bloque no tiene la dirección y sentido de ninguna de las 2 fuerzas aplicadas, tiene la dirección y sentido de la suma vectorial de estas, esto es de la fuerza resultante.

Concluir:

Un cuerpo inicialmente en reposo se moverá en la dirección y sentido de la fuerza resultante. Puede decirse que todas las fuerzas aplicadas a un cuerpo le provocan un cambio en velocidad. La fuerza resultante implica un cambio en velocidad  $\Delta v$  resultante.

Entonces estamos de acuerdo en que el  $\Delta v$  es el efecto de la fuerza, además que la  $F$ , también puede ser el resultado de varias fuerzas actuando sobre el cuerpo y que éste, si estaba en reposo se moverá en la dirección de la fuerza resultante.

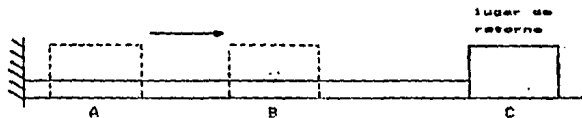
**PARA EL LOGRO DEL TERCER MOMENTO; (c):**

Primera experiencia:

Con el resorte anarrado al bloque, y una vez que el extremo libre del resorte se ha fijado, ponemos al bloque en movimiento horizontal de tal modo que estire hasta un máximo al resorte. Esta experiencia ya se llevó a cabo anteriormente y en el momento en que el bloque está a punto de regresar, se cuestiona:

Preguntas:

El profesor se auxiliará con esquemas dibujados en el pizarrón y cada vez que lo considere necesario repetirá la actividad experimental.



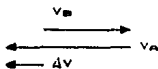
Preguntas:

- 1) Dibujemos vectores que representen la velocidad en los puntos A, B y C.

Respuesta esperada:



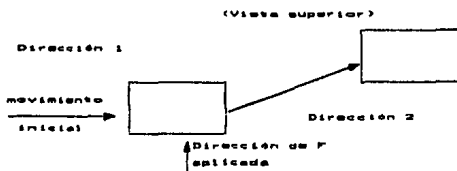
- 2) Obtengamos el  $\Delta v$  para cuando el bloque pasa de la posición A a la posición B.  
 Respuesta esperada:



- 3) ¿Cómo son la dirección y sentido de  $\Delta v$ ?  
 Respuesta esperada: La dirección horizontal y el sentido opuesto al movimiento.
- 4) ¿Actúa sobre el bloque alguna fuerza en la dirección horizontal?, de ser así ¿quién la ejerce?  
 Respuesta esperada: Sí, y la ejerce el resorte, es su fuerza de restitución.
- 5) ¿Cuáles son la dirección y sentido de esta fuerza?  
 Respuesta esperada: Dirección horizontal y su sentido es opuesto al movimiento.
- 6) Para esta situación:  
 ¿Cómo son la dirección y sentido de la fuerza que actúa sobre el bloque y el cambio en velocidad del mismo?  
 Respuesta esperada: Son iguales la dirección y el sentido, ambos son horizontales y apuntan en dirección opuesta al movimiento.

### Segunda experiencia:

Un bloque de 5 Kg se pone en movimiento rectilíneo sobre la superficie horizontal mediante un golpe corto y rápido, luego de que el bloque ha recorrido unos 50 cm y en dirección perpendicular a su trayecto, se le da un golpe al bloque con la intención de desviarlo de su trayectoria original.



### Preguntas:

- 1) Al aplicar al bloque en reposo un golpe corto y rápido, ¿Hemos aplicado al bloque una fuerza?

Respuesta esperada: Sí.

Se recomienda realizar un dibujo en la pizarra.

- 2) Al dar el golpe al bloque cuando se movía en movimiento rectilíneo, ¿Le hemos aplicado otra fuerza?

Respuesta esperada: Sí.

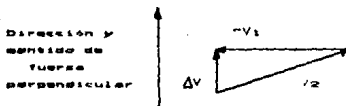
### Concluya:

Se tenía una velocidad  $v_1$ ; en el trayecto final se tiene una  $v_2$  con diferente dirección, por lo tanto la fuerza perpendicular aplicada tuvo como efecto ese cambio en velocidad  $\Delta v$  ( $\Delta v = v_2 - v_1$ ).

Repetir la experiencia para retroalimentar.

- 3) Describa ¿cómo se movió el bloque desde su inicio hasta el final?

Respuesta esperada: El bloque primero se mueve en línea recta, a velocidad constante  $v_1$ ; luego al aplicar la fuerza perpendicular  $F$  en un  $\Delta t$  de corta duración, ésta le desvía su trayectoria y el bloque se mueve en dirección inclinada, pero también lo hace a velocidad constante  $v_2$ , la magnitud de  $v_2$  es prácticamente igual a la de  $v_1$ . (Ayudar a que visualicen la resta vectorial de estas dos velocidades para determinar la dirección y el sentido del vector  $\Delta v = v_2 - v_1$ ).



Nota: este dibujo se haría al lado del esquema anterior.

Luego preguntar: En referencia al esquema del bloque visto desde arriba:

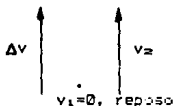
- 4) ¿Se movió el bloque en la dirección 1 o en la dirección 2?  
Respuesta esperada: Se movió en la dirección 2.

- 5) De acuerdo con la resta gráfica de vectores recién hecha ¿Cómo son la dirección y sentido del cambio en velocidad  $\Delta v$ , comparada con la dirección y sentido de la fuerza perpendicular aplicada?

Respuesta esperada: Tienen igual dirección y sentido.

- 6) Si la misma fuerza perpendicular aplicada en el caso anterior se aplicara al bloque estando en reposo, ¿en qué dirección se movería el bloque, en la dirección 1 o en la 2? Respuesta esperada: En la dirección 1.

El profesor ayudará a que se visualicen la resta vectorial  $\Delta v = v_2 - v_1$ , en este caso:



De acuerdo con esta resta gráfica de vectores ¿cómo son la dirección y sentido del cambio en velocidad  $\Delta v$ , comparados con las de la fuerza aplicada?

Respuesta esperada: Son iguales.

Conclusiones:

Ya sea que el bloque esté en reposo o en movimiento rectilíneo al aplicarle una fuerza resultante  $F_r$ , se le provocará un cambio en velocidad  $\Delta v$  y la dirección y sentido de ese cambio en velocidad  $\Delta v$  son iguales a la dirección y sentido de la fuerza resultante  $F_r$  aplicada.

Una vez logrados los tres momentos didácticos es recomendable realizar las siguientes experiencias:

Mover ahora el bloque en línea recta con una fuerza constante  $F_1$  (tramo de unos 80 cm) y repetir luego la experiencia en las mismas condiciones pero con el doble de masa.

- 1) Al final del tramo de los 80 cm, ¿cómo es la relación entre las magnitudes de las velocidades para los 2 casos?

Respuesta esperada: Es más lento cuando la masa es el doble.

- 2) ¿A qué se debe que en el caso de doble masa es más lento?

Respuesta esperada: Es que son ahora dos cuerpos; es más peso.

Concluir:

Si se trata de 2 cuerpos, la única novedad a las condiciones del primer movimiento, es el haber agregado otro cuer-

po, o sea "aumenta la masa" y se observa que disminuyo la ve\_ l \_  
l o c i d a d a l f i n a l d e l t r a y e c t o . E n t o n c e s :

Preguntar:

3) Bajo las mismas condiciones ( $F_1 = \text{cte}$ ; recorrido recto de unos 80 cm). ¿cómo se espera que sea la velocidad final al término de los 80 cm, si se triplica la masa?

Respuesta esperada: Más lenta que en el caso de masa do \_  
b l e .

Recordémos que al partir del reposo  $v_1 = 0$  el cambio en velocidad  $\Delta v = v_2 - v_1$  implica  $v_2 = \Delta v$ , en otras palabras, si el bloque parte del reposo la velocidad final coincide con  $\Delta v$ .

Concluir:

Entonces si se hace mayor la masa, resulta menor el cam\_ b i o e n v e l o c i d a d  $\Delta v$ , sin embargo si la masa es menor se obser\_ v ó u n c a m b i o e n v e l o c i d a d  $\Delta v$  m a y o r , o s e a q u e l a m a s a y e l c a m b i o e n v e l o c i d a d  $\Delta v$  e s t á n e n r e l a c i ó n i n v e r s a , e s t o e s :

$$m \propto \frac{1}{\Delta v}$$

Dicho de otra manera: m grande implica cambio en veloci\_ d a d  $\Delta v$  p e q u e ñ o y v i c e v e r s a .

Al alcanzar los 3 momentos propuestos, estamos de acuer\_ d o e n q u e e l  $\Delta v$  d e u n c u e r p o e s e f e c t o d e l a f u e r z a r e s u l \_ t a n t e s o b r e e l y q u e l a d i r e c c i ó n y s e n t i d o d e l a  $F$ , co i n c i \_ d e n c o n l a d i r e c c i ó n y s e n t i d o d e  $\Delta v$ .

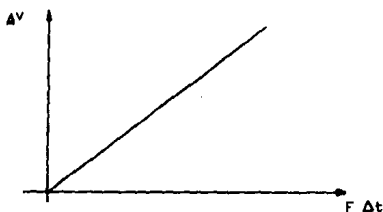
Ahora bien es posible arribar a una forma matemática de la 2<sup>a</sup> ley, con el material utilizado hasta ahora, agregando: un cronómetro y algunas cosas simples más. Esto se puede ha\_ c e r d e l a s i g u i e n t e f o r m a :

Poner en movimiento rectilíneo el bloque de hielo seco (considerado de masa constante), partiendo del reposo, me \_ d i a n t e u n i m p u l s o  $F \Delta t$ , controlado por sus dos integrantes,  $\Delta t$  p e q u e ñ o , d e 1 s e g y l a e l o n g a c i ó n c o n s t a n t e d e l r e s o r t e ( q u e c o n t r o l a l a f u e r z a ) . D e t e r m i n a r l a v e l o c i d a d l u e g o d e q u e a l b l o q u e s e h a y a a p l i c a d o e l i m p u l s o m e n c i o n a d o . S e r e \_ c o m i e n d a h a b e r f i j a d o  $\Delta x = 1$  m e t r o , p o r e j e m p l o , m i d i e n d o e l t i e m p o e m p l e a d o e n r e c o r r e r e s a d i s t a n c i a y c a l c u l a n d o l a v e \_ l o c i d a d . ( R e p e t i r e l p r o c e s o u n a s 5 v e c e s y o b t e n e r e l p r o m e d i o d e v e l o c i d a d e s ) ; l a v e l o c i d a d ( p r o m e d i o ) n o s d a r á u n v a l o r r e p r e s e n t a t i v o d e l a v e l o c i d a d f i n a l  $v_f$ . R e c o r d a r q u e l a f r i c c i ó n e s m i n i m a . E n t o n c e s s e t i e n e :



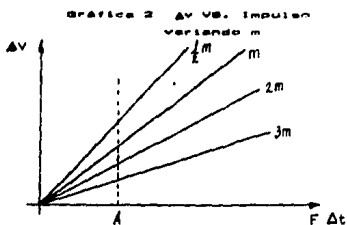
Así pues, para  $F_1 \Delta t_1$ , encontramos  $\Delta v_1$ ; siendo en general  $\Delta v = v_f - v_i$  (además como el bloque parte del reposo las  $v_i = 0$  por lo que  $v_f = \Delta v$ ). Procediendo igual pero duplicando la impulsión, duplicando el intervalo de tiempo ( $2 \Delta t$ ) y dejando la fuerza constante, se tiene.  $F_1 \Delta t_2$ , encontrando  $\Delta v_2$ ; análogamente  $F_1 \Delta t_3$ , encontrando  $\Delta v_3$ ; ....etc. Graficando estos datos ( $\Delta v$  VS  $F \Delta t$ ), se llega a una gráfica como la siguiente:

Gráfica 1  $\Delta v$  VS. Impulso



De esto se observa que:  $\Delta v \propto F \Delta t$  -----(1)

Realizar el mismo experimento pero variar la masa, procurando que sean múltiplos y submúltiplos de la de partida. Realizar las gráficas  $\Delta v$  VS  $F \Delta t$  para un solo par de ejes, como se muestra en seguida:



Las rectas en la gráfica 2 tienen distintas pendientes. Tomar en la

gráfica 2 una línea vertical punteada en A, por ejemplo, esto representa una  $F\Delta t$  constante y permite observar que a menor masa se tiene mayor  $\Delta v$ , y viceversa. Entonces en la relación (1) se tiene que:

$$\Delta v = k F\Delta t$$

Donde  $k$  representa las pendientes en cada caso, cabe notar que se deben tomar las unidades de manera apropiada (Ver apéndice III.4, y cita bibliográfica antes de experiencias para la comprensión de la tercera ley). Como esto sucede para cada masa particular y por la forma en que se planteó el experimento, se sospecha que  $k$  es una función de las masas, o sea,

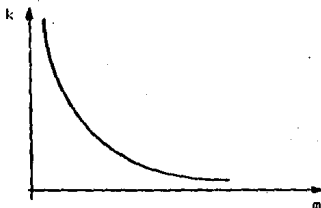
$$k = f(m).$$

Graficar ahora  $k$  VS masas. La tabla de valores sería:

$k$	masas
$k_0$	$m_0$
$k_1$	$m_1$
$k_2$	$m_2$
$k_3$	$m_3$
.	.
.	.
.	.

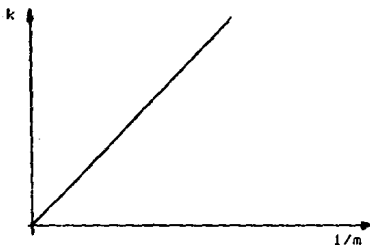
Y la gráfica:

gráfica  $k$  VS.  $m$



En seguida cambiar la variable  $m$  por  $1/m$  en el eje horizontal y graficar  $k$  VS  $1/m$ .

gráfica  $k$  VS.  $1/m$





Obtener la pendiente, la cual será aproximada a 1, ahora se puede sustituir la k por 1/m en la fórmula anterior:

$$\Delta v = k F \Delta t, \text{ obteniendo } \Delta v = \frac{1}{m} F t$$

Pasando la m al otro lado; se tiene:

$$\Delta v m = F \Delta t; \text{ o sea } F \Delta t = m \Delta v$$

que es la forma a la que deseábamos llegar

#### Apéndice III.4:

Parte a) Otras alternativas para abordar la 2da ley:

" b) Extensión a 2 dimensiones.

" c) Algunos experimentos sobre masa inercial y como midan su masa los astronautas.

### Experiencias para la comprensión de la tercera ley de Newton:

Para lograr que los alumnos tengan un mejor entendimiento de la tercera ley de Newton, es recomendable que el profesor principie por captar los errores que estos, cometen con mayor frecuencia sobre este tema; por ejemplo, es común el que los alumnos piensen que las fuerzas de acción y reacción actúan sobre el mismo cuerpo, o consideren que las magnitudes de éstas fuerzas no son iguales. Estas son algunas de las ideas erróneas que sobre dicha ley traen al aula los alumnos.

Se propone que el profesor asesore una serie de experiencias, a realizar en su mayoría por los alumnos, y así se logren los momentos didácticos, siguientes:

- a) Las fuerzas no se originan de la nada. Son el resultado de la interacción o acción mutua entre por lo menos dos cuerpos o sistemas.
- b) Se puede y es necesario identificar el cuerpo sobre el que actúa cada fuerza.
- c) Las fuerzas de acción y de reacción actúan en la misma dirección, son de igual magnitud y de sentido opuesto ..... (3).

Para lograr cada uno de estos momentos se sugieren desarrollar una serie de actividades (cualitativas), y las interacciones maestro-alumno, alumno-alumno, del tipo de entrevistas de diálogo personales y grupales, pequeñas, interaccionando en su momento oportuno en concluir en la pizarra, y también, analizar algunas situaciones que apunten a lograr cada momento. Esto se lleva a cabo preguntando a los alumnos, luego de cada experiencia e incluso antes de las mismas en algunas ocasiones.

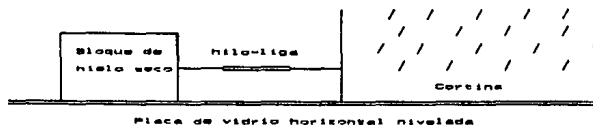
En la descripción de las experiencias siguientes al mencionar el alumno, nos referimos a que algunos de ellos (uno por uno), realizarán las actividades. El material y sus detalles de montaje, se pueden observar en la sección de apéndices (Ver apéndice III.3); además luego de cada pregunta se describe la respuesta esperada, como se hizo ya anteriormente.

PARA EL LOGRO DEL PRIMER MOMENTO DIDACTICO; a):

#### Primera experiencia:

El profesor pone en movimiento rectilíneo un bloque de hielo seco sobre una placa de vidrio horizontal (nivelada), de masa 5 Kg, por medio de un hilo-liga, moviéndolo en forma

horizontal. durante un tiempo de 2 a 3 seg, aplicando una fuerza constante. Además se coloca una cortina de tal modo que los alumnos no vean quien jala del hilo-liga.



### Preguntas:

Diálogo previo: Como pueden observar, en el hilo-liga se ha producido un estiramiento.

- 1.-) ¿Quiere esto decir que se ha aplicado una fuerza?  
Respuesta esperada: Afirmativo.
- 2.-) Si el hilo-liga no estuviera atado al bloque ¿podríamos darnos cuenta de la aplicación de una fuerza?  
Respuesta esperada: No, pues no se vería tensión en el hilo-liga.
- 3.-) ¿Cuántos cuerpos interaccionaron para que se manifestara la fuerza?  
Respuesta esperada: dos, el bloque y el hilo-liga.

### Conclusiones:

Ustedes han dicho que al producirse un estiramiento en el hilo-liga se manifestó una fuerza, y que si el hilo-liga no estuviera atado al bloque no podríamos darnos cuenta de la manifestación de esa fuerza. En realidad, podemos decir que si no están interaccionando dos cuerpos por lo menos, no es posible hablar de la manifestación de una fuerza; por lo tanto es necesario que interaccionen al menos dos cuerpos para que se manifieste una fuerza. Pero no olvidemos que también existen fuerzas a distancia, como en el caso de un imán que atrae tachuelas, o el caso del Sol que atrae a los planetas, así como la Tierra atrae a los cuerpos hacia su centro, etc. observemos que también en este tipo de fuerzas están presentes siempre al menos dos cuerpos.

### **PARA EL LOGRO DEL SEGUNDO MOMENTO DIDACTICO; b):**

En las experiencias diseñadas para lograr el segundo momento didáctico se requiere de la participación de tres alumnos, a los que se les llamará A, B, C; de estos, tanto al alumno B, como al C, se les vendarán los ojos y al escuchar

las palabras "para el grupo" deberán salir del laboratorio ayudados por algún compañero, pero en determinado momento serán llamados al mismo y también entrarán ayudados por algún otro compañero.

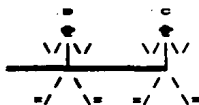
**Primera experiencia:**

Frente al grupo formando una línea recta tres alumnos A, B y C. Los alumnos B y C se encuentran unidos mediante una cuerda y del alumno B queda un tramo de cuerda hacia el lado del alumno A. El alumno A aplica un jalón horizontal de tal manera que pueda moverlos.



**Preguntas:**

Para el grupo; Diálogo previo: Centrémonos en los compañeros B y C -dibujo en la pizarra-



1.-) ¿Qué fuerzas actúan en el evento?

Respuesta esperada: Sólo actúa la fuerza que el compañero A aplica al B, cuando le dá el jalón.

Pregunta para B:

2.-) ¿Qué fuerzas sintió en el evento?

Respuesta esperada: Sentí una fuerza que me aplicó el compañero A y otra que me aplicó el compañero C.

Para el grupo:

3.-) ¿Qué opinan de la respuesta del compañero B?

Respuesta esperada: El alumno C, no aplicó ninguna fuerza al B.

Pregunta para C:

4.-) ¿Qué fuerzas actuaron en el evento?

Respuesta esperada: Sentí una fuerza que me aplicó B.

Para el grupo:

5.-) ¿Qué opinan de la respuesta del compañero C?

Respuesta esperada: El compañero B, no aplicó ninguna fuerza al C.

#### Interacción con la pizarra (profesor):

Si el alumno B asegura que sintió una fuerza que le aplicó el compañero A, escribamos esto como  $F_{AB}$ , el mismo B también sintió otra fuerza aplicada por C, sea  $F_{CB}$ . Pero el compañero C asegura que el B le aplicó una fuerza, entonces esta sería según lo establecido:  $F_{BC}$ .

Se tiene entonces la siguiente notación:

$F_{AB}$  significa fuerza de A sobre B.

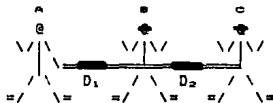
$F_{CB}$  significa fuerza de C sobre B.

$F_{BC}$  significa fuerza de B sobre C.

Realizar ahora una pequeña experiencia con un dinamómetro, con la finalidad de demostrar que estos dispositivos se usan para medir fuerzas (por ejemplo pesar algún objeto). Una vez mostrado el funcionamiento del dinamómetro, continuar.

#### Segunda experiencia:

Realizar la misma experiencia anterior, pero colocar dos dinamómetros, uno entre los compañeros B y el C, y el otro entre el compañero B y la mano del A. Es conveniente que ahora se cambien los tres compañeros por otros del grupo.



Una vez que el alumno A aplicó el jalón:

#### Preguntas:

Para el grupo:

1.-) ¿Qué fuerzas actúan en el evento?

Respuesta esperada: Por acá que actúan dos sobre el compañero B.

Pregunta para B:

2.-) ¿Qué fuerzas actuaron en el evento?

Respuesta esperada: Dos, una que me aplicó A y otra que me aplicó C.

Para el grupo:

3.-) ¿Están de acuerdo en que C le aplicó una fuerza a B?

Respuesta esperada: Participaciones que apunten en aceptar que C le aplica una fuerza a B, aunque no se vea que le dá un jalón a B.

Para el grupo:

4.-) ¿Qué sucedería si bajo las mismas circunstancias B no estuviera amarrado con C? ¿Se movería igual B?

Respuesta esperada: No se movería igual, sería más lento su movimiento.

### Conclusiones:

Estamos de acuerdo en que el alumno C aplica al B una fuerza  $F_{CB}$ .

Pregunta para C:

5.-) ¿Qué fuerzas intervinieron en el proceso?

Respuesta esperada: Hubo una fuerza que me aplicó B. ( $F_{BC}$ ).

Para el grupo:

6.-) ¿Están seguros de que el compañero B aplicó una fuerza,  $F_{BC}$  al compañero C?

Respuesta esperada: Afirmativo, sucede lo mismo que en el caso de B, a pesar de que C no le hizo nada, B sintió una fuerza  $F_{BC}$  y ahora C sintió también una fuerza  $F_{CB}$ . Además estas fuerzas fueron detectadas por los dinamómetros.

Para el grupo:

7.-) ¿Cuántas fuerzas hemos detectado en el evento?

Respuesta esperada: Las fuerzas  $F_{AB}$ ,  $F_{CB}$  y  $F_{BC}$ .

### Conclusiones:

Las fuerzas  $F_{AB}$  y  $F_{CB}$  son fuerzas que se aplican al compañero B, pero la fuerza  $F_{BC}$  se aplica al compañero C. Es importante identificar sobre qué cuerpo actúa cada fuerza; y así lo hemos hecho dando la notación adecuada a las fuerzas. Ahora bien refiriéndonos, en particular a los compañeros B y C, se puede concluir que: si un cuerpo ejerce una fuerza sobre el otro, entonces el segundo ejerce también una fuerza sobre el primero.

PARA EL LOGRO DEL TERCER MOMENTO DIDACTICO; c):

Primera experiencia:

Repetir la segunda experiencia unas dos o tres ocasiones más, quitando las vendas a los alumnos B y C, además pedir a otros dos compañeros que lean el dinamómetro  $D_2$  interpuesto entre B y C, anotando las lecturas de cada uno de ellos en el pizarrón. Nota: es recomendable que un alumno esté hacia el lado de B y otro hacia C.

Preguntas:

Para el grupo:

- 1.-) ¿Qué se puede decir de las lecturas del dinamómetro  $D_2$ ?  
Respuesta esperada: Cada lectura efectuada por los compañeros son aproximadamente iguales.
- 2.-) ¿Estas lecturas que acaban de hacer sus compañeros corresponden a  $F_{CB}$  o a  $F_{BC}$ ?  
Respuesta esperada: Algunos dirían  $F_{BC}$  y otros  $F_{CB}$ , tal vez algunos ya intuyen que son iguales.

El profesor dirigiéndose a los alumnos que hicieron las lecturas:

Al alumno que está al lado de B, ¿qué fuerza es la que leiste  $F_{BC}$  o  $F_{CB}$ ?

Respuesta esperada:  $F_{CB}$ .

Al otro alumno se hace la misma pregunta:

Respuesta esperada:  $F_{BC}$ .

¿Qué opinan los demás?

Respuesta esperada: Alguna pequeña controversia, aterrizando según el lado en el que estaban ellos mismos colocados.

Finalmente se recomienda que el profesor tome un dinamómetro lo apoye en un soporte y lo estire en forma horizontal hasta que el dinamómetro marque unos 10 N, por ejemplo. Ahora preguntarles:

¿Cuánto vale  $F_{mm}$ ?

Respuesta esperada: 10 N.

¿Hay alguna  $F_{mm}$  (sobre mi mano)?

Respuesta esperada: Si

¿Cuánto vale?

Respuesta esperada: 10 N.

Conclusión:

En esta situación está presente una fuerza de mi mano sobre el dinamómetro y simultáneamente existe otra fuerza del

dinamómetro sobre el mano, ambas miden 10 N. y estas dos fuerzas son de sentido opuesto. Ahora se recomienda que concluya el profesor, en el sentido de que  $F_{ca}$  y  $F_{ac}$  son de igual magnitud y sentido opuesto.

### Segunda experiencia:

Repetir la misma experiencia anterior agregando a otros dos compañeros detras de B y C.

#### Instrucción antes de las preguntas:

Los compañeros que están colocados tanto delante de B y C, como detras de ellos, deberán contestar frente al grupo las preguntas que a continuación se les harán, pero será necesario que al preguntar a los compañeros de enfrente salgan los de atras y viceversa:

#### Preguntas:

Para los dos compañeros colocados delante:

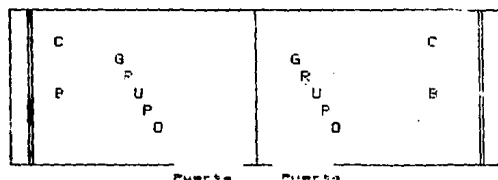
- 1.-) ¿Qué signos pondrían a las fuerzas  $F_{ca}$  y a  $F_{ac}$ ?  
 Espero: + a  $F_{ca}$  y - a  $F_{ac}$ , porque una jala hacia la derecha y la otra hacia la izquierda.

Para los dos compañeros colocados detras:

- 2.-) Realizar la misma pregunta anterior.  
 Espero: Los signos en forma contraria.

#### Análisis para todo el grupo:

Dibujar en el pizarrón los dos laboratorios contiguos:



Dibujar también las representaciones vectoriales de las fuerzas y explicar:

Si las experiencias anteriores se realizaran en el otro laboratorio los signos serían completamente contrarios; entonces, si a las fuerzas de signo positivo se les llama acción y a las de signo negativo reacción, los nombres serían



contrarios e indistinguibles, esta situación debe implicar que tanto la acción como la reacción son indiferentes.

### Conclusiones generales:

El profesor explica: De lo visto hasta aquí tenemos que para que se manifieste una fuerza es necesario de la interacción de por lo menos dos cuerpos, es necesario identificar las fuerzas que están actuando sobre cada cuerpo en particular, además las fuerzas se manifiestan en pares de igual magnitud y de sentido contrario, a estas se les nombra fuerzas de acción y de reacción y son de forma indistinguible por otra parte estas fuerzas actúan en diferentes cuerpos, o sea en uno se tiene la acción y en el otro la reacción, (es decir sobre un cuerpo actúa la fuerza de acción y sobre el otro la reacción).

Finalmente el profesor escribe en la pizarra la tercera ley de Newton: Llegando a  $F_{AB} = -F_{BA}$ .

Se recomienda al profesor reforzar mediante la explicación de unos dos o tres ejemplos de aplicación de la tercera ley de Newton, además se propone que se interaccione con el pizarrón; por ejemplo:

#### EJEMPLO 1:

Un padre y su hijo, ambos en patines están colocados uno frente al otro. El hijo da un empujón al padre de tal modo que ambos se mueven en sentido contrario. En el hijo se nota un cambio de velocidad mayor que en el padre; se tiene que:

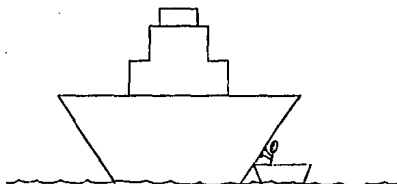
$$F_{HP} = M_P \frac{\Delta V}{\Delta t} \text{ para el padre; } F_{PH} = m_H \frac{\Delta V}{\Delta t} \text{ para el hijo}$$

Donde  $t$  es el tiempo de de interacción (igual para ambos).

Son los productos masa por cambio en velocidad los que son iguales, en magnitud, aunque los cambios en velocidad sean de diferente magnitud.

#### EJEMPLO 2:

Un bote y un guardacostas se hallan juntos en el mar como se muestra:



Un hombre en el bote aplica un empujón sobre el casco del guardacostas durante algún tiempo pequeño, luego el bote se mueve en dirección contraria al empujón aplicado. Al interaccionar el sistema hombre-bote, se manifiesta una fuerza de acción y otra de reacción, una sobre el guardacostas y otra sobre este sistema, las cuales son indistinguibles, dadas por las ecuaciones:

$$F_{hb} = - F_{bh} \quad \text{o bien} \quad - F_{hb} = F_{bh}$$

Acción
Reacción
Reacción
Acción

Ambas fuerzas son de igual dirección y de sentido opuesto, deben ser de igual magnitud; magnitud que se puede ver como:

$$F_{hb} = M_b \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{y} \quad F_{bh} = m_h \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

En esta situación la masa del guardacostas es tan grande ( $M_b > m_h$ ), que su cambio de velocidad es muy pequeño ( $v_b < v_h$ ), además es muy probable que no se distinga que se mueve. Es pertinente hacer notar en cada ejemplo analizado que la acción y la reacción actúan sobre cuerpos diferentes.

### 3.1.3.- EVALUACION; (fase complementaria):

Esta fase complementaria trata propiamente de la aplicación del segundo examen, esta vez de corrección al falso (Ver apéndice II.3). Se aplicó a cuatro grupos, los dos grupos prueba y los dos grupos usados como testigo. El número de alumnos por grupo fue de aproximadamente 20, el número de preguntas de este examen fue de 10, todas de contenido conceptual, la duración de su aplicación fue de aproximadamente 2 Hrs. Los resultados se estudiaron en forma estadística, la que se llevó a cabo primero con los histogramas respectivos iniciando primero con los histogramas por grupo, y luego en general teniendo así dos histogramas generales, uno de los grupos prueba y el otro de los grupos testigo, además este estudio se llevó a cabo en forma similar al usado en el primer examen en el diagnóstico exploratorio.

Los conceptos referentes a las leyes de Newton que fueron tomados en cuenta en las preguntas de este examen se refieren a los siguientes:

- a) De 1era ley: Movimiento rectilíneo uniforme, cambio de velocidad al aplicar una fuerza no balanceada, reposo, carácter vectorial de la fuerza, inercia.
- b) De 2da ley: Cambio en velocidad como consecuencia de la fuerza, carácter vectorial de la fuerza, dirección del cambio en velocidad.
- c) De 3era ley: La aplicación de una fuerza implica la interacción de por lo menos dos cuerpos, identificación de fuerzas actuando sobre un cuerpo, carácter vectorial de la acción y la reacción, indistinguibilidad entre las fuerzas de acción y reacción, magnitudes de éstas.

De cada uno de estos se puede realizar el siguiente cuadro tratando de llevar el mismo orden, para indicar los conceptos que se preguntaban en este examen:

Cuadro de conceptos en el segundo examen:

Conceptos 1 <sup>ra</sup> ley	Conceptos 2 <sup>da</sup> ley	Conceptos 3 <sup>er</sup> ley
1a (MRU)	1b ( $F_r$ implica $\Delta v$ )	1c ( $F$ , interacción entre cuerpos)
2a ( $\Delta v$ debida a $F$ )	2b ( $F$ es $F_n$ )	2c (identifica, $F_{ab}$ y $F_{ba}$ )
3a (Reposo)	3b (Dirección de $\Delta v$ )	3c ( $F_{ab}$ , $F_{ba}$ , vectores)
4a ( $F_r$ vector)		4c ( $F_{ac} = -F_{ca}$ )
5a (Inercia)		

En su mayoría el segundo examen debía ser corregido al falso, además, del contenido de este examen fueron advertidos los docentes que instruían a los grupos que sirvieron de tes-tigo.

Así, el examen contenía como se mencionó ya, diez pre-guntas de nivel conceptual, y usando el cuadro anterior se pueden indicar los conceptos tratados en cada una de las pre-guntas.

Cuadro conceptos de 2<sup>o</sup> examen:

Pregunta	Concepto
1	1a, 2a
2	3c, 4c, 5a
3	2a, 2c, 5a
4	3b
5	5a y 3c
6	2c, 2c y 4a
7	2c, 1b y 2b
8	2a, 5a, 1b y 2b
9	1a, y 2b
10	3a, 5a, 1c, 3c

De esta manera fue posible comparar los resultados de la aplicación de la propuesta didáctica, de lo cual se hablará con mayor profundidad en páginas adelante.

### 3.2 INSTRUMENTOS Y ACTIVIDADES EMPLEADOS:

Como se ha mencionado anteriormente los instrumentos y actividades empleados para la comprensión de la primera ley, se basaron en las experiencias llevadas a cabo por Arons, las otras dos leyes siguen en general la misma estructura, sólo que se agregaron en su oportunidad algunas contribuciones tomadas y adaptadas de algunos trabajos de Lillian McDermontt, realizados en temas relacionados con cinemática. La estructura en general siempre tuvo la intención de lograr la actividad de las mentes de los alumnos y esto se llevó a cabo mediante la actividad de los mismos, tanto en el desarrollo de los experimentos, como en su actividad mental, de esta forma se logra la construcción de los conceptos siguiendo los lineamientos de los "momentos diseñados" los cuales apuntan también a una desestructuración de los esquemas de explicación alternativos hacia los conceptos científicos.

De esta forma las experiencias realizadas para la comprensión de las tres leyes de Newton del movimiento y los conceptos inherentes en ellas, son los que se describieron anteriormente.

Como puede apreciarse en los instrumentos y actividades utilizados para la comprensión de la primera ley de Newton, Arons siempre tiene objetivos intrínsecos, como en la primera experiencia, cuando se comparan los movimientos de los tres cuerpos bajo las mismas condiciones, fuerza constante y movimiento rectilíneo, o también cuando se aplica fuerza constante y fuerza impulsiva de corta duración. De igual forma intenta retroalimentar el movimiento llevado a cabo con velocidad constante, presentando las situaciones de forma contraria a lo común, porque inicia con una situación de fuerza diferente de cero y luego la disminuye hasta hacerla cero, de esta forma también muestra que los objetos también pueden presentar movimiento de ciertas características (MRU), en la ausencia de fuerza. Otra de sus experiencias propuestas muestra que los objetos no siempre se mueven en la dirección de la última fuerza aplicada.

En las otras dos leyes se combinaron los lineamientos de Lillian McDermontt y de Arons logrando así una mejor perspectiva, pues se logró una mayor interacción entre el profesor y los alumnos, aspecto un poco diferente a cuando sólo se utilizó la propuesta de Arons en la primera ley; además, se requirió menor tiempo de interacción en la actividad de las mentes de los alumnos y en su actividad mecánica en la parte experimental.

Cabe mencionar que los "momentos didácticos", contienen conceptos que podríamos llamar "algoritmos", pues son partes esenciales de la ley buscada y generalmente se refieren al "algoritmo" en el cual se comete el error más común.

En las experiencias que tienen por intención aclarar las partes conceptuales de la segunda y la tercera leyes de Newton, se usó la interacción maestro-alumnos, logrando en la mayoría de los casos dar una dirección más vertical a los objetivos planeados y la captación de un número mayor de alumnos en la actividad de las experiencias aplicadas como consecuencia de esta interacción. Finalmente se puede hacer mención de que en las experiencias usadas para la tercera ley, fué de gran valía tanto las acciones mecánicas de los alumnos, como la explicación de algunas situaciones entre la acción y la reacción en las cuales se analizaban las partes de los momentos diseñados anteriormente, pues se intencionaron situaciones de error común y se desechaban con los "momentos".

Una reflexión más profunda sobre las leyes de Newton del movimiento dirigida a los docentes del nivel medio superior de la asignatura de Física, se presenta en el apéndice III.5.

En el subtítulo siguiente se mencionan los resultados estadísticos de esta aplicación.

### 3.3 RESULTADOS:

En este subtítulo, sólo se darán los resultados de la aplicación de la propuesta didáctica descrita ya anteriormente; en el siguiente capítulo serán tratados con mayor profundidad.

Los resultados de la propuesta didáctica son producto de la fase de evaluación, aplicada a los dos grupos de prueba y a los dos grupos testigo, esta fase consiste, como se dijo antes de la aplicación de un examen de corrección al falso, del cual ya se ha hablado anteriormente.

Para poder evaluar se calificaron los exámenes de los alumnos de los grupos citados y de los resultados se elaboraron sus histogramas obteniendo así, los porcentajes de acierto en cada una de sus respuestas, los histogramas citados se pueden ver en las hojas siguientes, mostrando primero histogramas por grupo iniciando con los grupos prueba, siguiendo con los testigo y luego dos histogramas generales uno para cada tipo de grupo. De esta forma es posible comparar los porcentajes de acierto logrados por la propuesta didáctica y analizando las líneas del 33%, 50% y 66% es posible inferir en que nivel de calidad de conocimientos se hallan ahora los alumnos, tanto los de los grupos prueba como los de los grupos testigo.

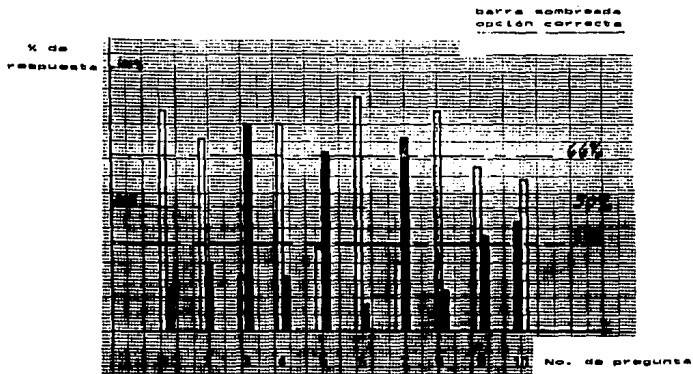
A continuación se expone una tabla de porcentajes promedio de acierto en el segundo examen de los grupos prueba y testigo; los porcentajes se refieren a la proporción en que el examen estuvo bien contestado:

PORCENTAJES DE ACIERTO EN EL SEGUNDO EXAMEN (DE CORRECCION AL FALSO)

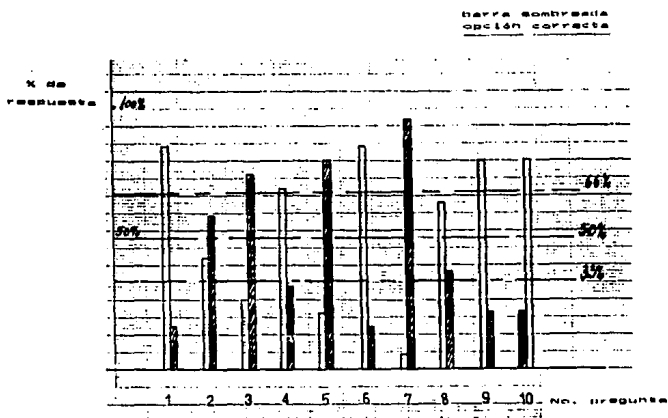
Grupos	% de acierto 2º examen
605 prueba	40.05%
314 prueba	50.63%
601 testigo	22.79%
611 testigo	32.28%
PRUEBA	45.34%
TESTIGO	28.94%

Cabe destacar nuevamente, que estos resultados serán tratados con mayor profundidad en el siguiente capítulo, además de ser analizados y criticados al equivalente a igual que toda la aplicación de la propuesta didáctica.

HISTOGRAMA:  
 2do examen (de corrección al falso)  
 grupo 805, prueba. No. de alumnos 19

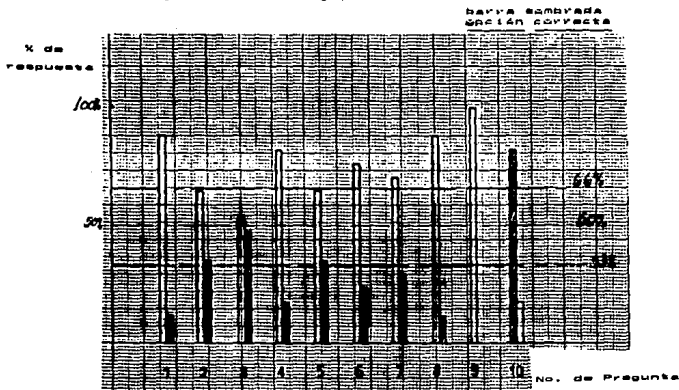


HISTOGRAMA  
 2do examen (de corrección al falso)  
 grupo 814, prueba, No. de alumnos 19

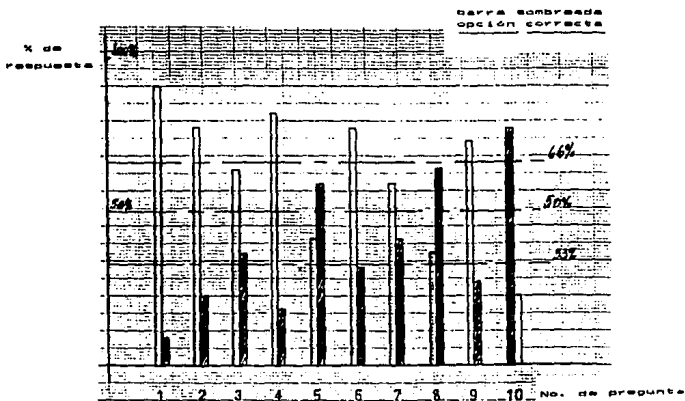




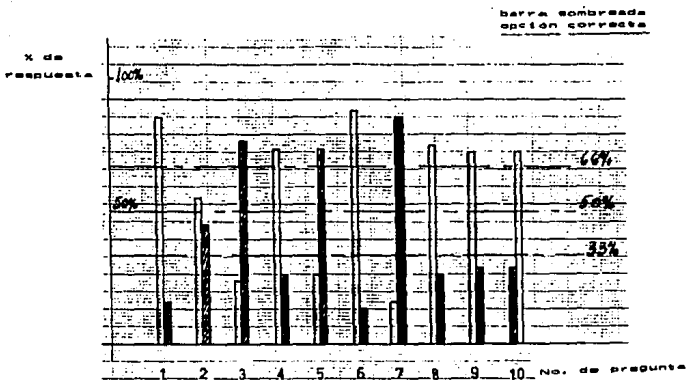
HISTOGRAMA:  
 2do examen (de corrección al falso)  
 grupo 601, testigo, No. de alumnos 17



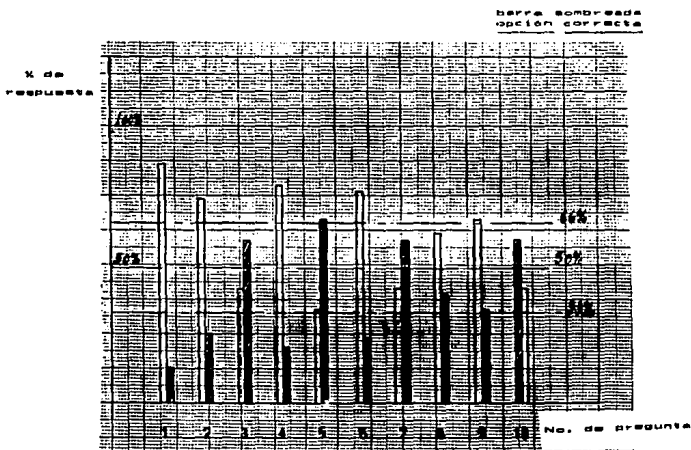
HISTOGRAMA:  
 2do examen (de corrección al falso)  
 grupo 611, testigo, No. de alumnos 22



HISTOGRAMA:  
 2<sup>do</sup> examen (de corrección al falso)  
 global de grupos prueba, No. de alumnos 38



HISTOGRAMA:  
 2<sup>do</sup> examen (de corrección al falso)  
 global de grupos testigo, No. de alumnos 39



CITAS BIBLIOGRAFICAS DEL  
CAPITULO III:

- (1) Silvia Bravo; Boletín de enseñanza de Física,  
No. 7, Año 1982,  
pp 60.
  
- (2) L. Tarásov, A. Tarásova; Preguntas y problemas de Física,  
Ed Mir, Moscú; Año 1988,  
pp 25-35.
  
- (3) Ibid, pp 33-34,  
PSSC, III, Mecánica, pp 325-340.

#### CAPITULO IV EVALUACION:

Este capítulo está dedicado a la evaluación de la propuesta didáctica, concretamente, esta evaluación se hace básicamente a partir de una comparación de los resultados obtenidos entre los grupos prueba y los grupos testigo, viendo sus porcentajes de acierto, principalmente en la aplicación del segundo examen.

También se dan alternativas y recursos para mejorar la propuesta didáctica así como recomendaciones sobre la misma con la finalidad de que se obtengan mejores resultados.

#### 4.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS:

Como se ha venido mencionando a lo largo de este trabajo de tesis se tomaron sólo dos grupos, de la muestra (10 grupos), para aplicarles la propuesta didáctica, a los que se les ha nombrado grupos prueba, (605 y 814), y de manera aleatoria se eligieron también, otros dos grupos llamados testigo; para poder observar las diferencias entre la comprensión conceptual que estos cuatro grupos presentan sobre las leyes de Newton del movimiento. Es posible observar lo anteriormente expuesto si se comparan los porcentajes de acierto, obtenidos por estos cuatro grupos en la aplicación de los dos exámenes, el primero llamado examen diagnóstico, el cual servirá de referencia, y el segundo examen de corrección al fallo; dado que a estos cuatro grupos se aplicaron ambos exámenes.

Luego de aplicar el examen diagnóstico y en relación a las preguntas referentes a las leyes de Newton (preguntas de la 1 a la 5), la muestra obtuvo un 26.45% de acierto; los porcentajes de acierto por cada pregunta de la uno a la cinco se pueden observar en el siguiente cuadro:

Cuadro preguntas sobre leyes de Newton  
(del examen diagnóstico) para la muestra completa

Preguntas referentes a las leyes de Newton	Porcentaje de acierto
1	13.44%
2	32.63%
3	16.58%
4	31.79%
5	37.85%
Promedio de las 5 preguntas	26.45%

Como puede observarse, el porcentaje de acierto promedio de las cinco preguntas es de un 25.45%, es decir no llegaron a un 30.00% de comprensión conceptual.

De igual forma los porcentajes de los cuatro grupos, los dos prueba y los dos testigo, para estas mismas preguntas, se pueden observar en los cuadros siguientes:

Cuadro preguntas sobre leyes de Newton  
grupo prueba 814

Preguntas referentes a las leyes de Newton	Porcentaje de acierto
1	14.13%
2	33.33%
3	14.90%
4	28.86%
5	35.61%
Promedio de las 5 preguntas	25.36%

Cuadro preguntas sobre leyes de Newton  
grupo prueba 605

Preguntas referentes a las leyes de Newton	Porcentaje de acierto
1	13.24%
2	35.75%
3	12.97%
4	24.67%
5	44.67%
Promedio de las 5 preguntas	26.26%

Cuadro preguntas sobre leyes de Newton  
grupo testigo 611

Preguntas referentes a las leyes de Newton	Porcentaje de acierto
1	5.59%
2	40.00%
3	18.53%
4	34.85%
5	49.73%
Promedio de las 5 preguntas	29.74%

Cuadro preguntas sobre leyes de Newton  
grupo testigo 621

Preguntas referentes a las leyes de Newton	Porcentaje de acierto
1	7.85%
2	38.20%
3	4.82%
4	37.95%
5	35.71%
Promedio de las 5 preguntas	23.38%

Como puede observarse los cuatro grupos tomados de la muestra son representativos de la misma.

Los resultados de la aplicación del segundo examen que consistió de diez preguntas referentes a las leyes de Newton del movimiento y de nivel de comprensión conceptual, se pueden apreciar en los siguientes cuadros, mostrando primero a los grupos prueba y luego a los testigo, además de seguir el orden primero por grupo individual y luego un cuadro global:

Grupo prueba 814

Preguntas	Porcentaje de acierto
1	15.70%
2	58.11%
3	73.82%
4	31.41%
5	79.05%
6	15.62%
7	94.79%
8	36.78%
9	20.83%
10	80.19%
% promedio	50.63%

Grupo prueba 805

Preguntas	Porcentaje de acierto
1	15.38%
2	26.17%
3	74.64%
4	20.94%
5	68.75%
6	10.88%
7	73.43%
8	15.70%
9	36.97%
10	57.81%
% promedio	40.05%

Global del 814 y el 805  
(grupos prueba)

Pregunta	Porcentaje de acierto
1	15.54%
2	44.55%
3	75.64%
4	25.90%
5	73.05%
6	13.47%
7	83.95%
8	26.42%
9	29.01%
10	70.98%
% total	45.34%

Grupo testigo 611

Pregunta	Porcentaje de acierto
1	8.96%
2	22.42%
3	36.32%
4	18.38%
5	38.74%
6	31.83%
7	40.80%
8	54.70%
9	27.80%
10	22.86%
% promedio	32.28%

Grupo testigo 601

Pregunta	Porcentaje de acierto
1	11.42%
2	34.28%
3	46.28%
4	17.71%
5	34.85%
6	23.42%
7	29.14%
8	12.57%
9	0.00%
10	18.28%
% promedio	22.79%

Global del 611 y el 601  
(grupos testigo)

Preguntas	Porcentaje de acierto
1	13.36%
2	25.62%
3	41.30%
4	18.04%
5	46.79%
6	27.62%
7	34.97%
8	33.63%
9	27.80%
10	20.57%
% total	28.94%

Como puede observarse en los cuadros globales, sólo en las preguntas seis y ocho los grupos testigo superaron a los grupos prueba, los porcentajes más bajos se presentan en la primera pregunta para los testigo, y la sexta para los prueba, los más altos son de 33.85% en la pregunta siete para los grupos prueba y 46.73% pregunta cinco para los testigo; además se observa claramente que los grupos prueba superan notablemente en estas preguntas cinco y siete a los testigo.



El porcentaje promedio global para los grupos prueba fue 45.34% y 28.94% para los grupos testigo, existiendo una diferencia del 16.40%, es decir se tiene una mejoría en cuanto al nivel de comprensión conceptual sobre las leyes de Newton debido a la propuesta didáctica aplicada en los grupos prueba. A continuación se presenta un cuadro que muestra los porcentajes promedio de los cuatro grupos:

Porcentajes totales  
por grupo

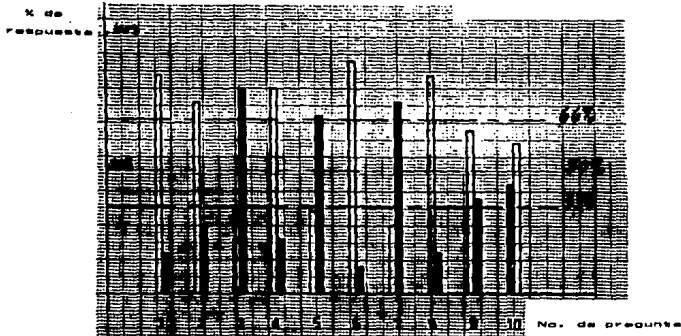
Grupos	Porcentajes
814 prueba	50.63%
605 prueba	40.49%
611 testigo	32.28%
601 testigo	22.79%

Se puede notar en este último cuadro que el más bajo porcentaje de los grupos prueba fue de 40.05% y el más alto de los testigo fue 32.28%, teniendo así una mejoría del 7.77% en la comprensión de nivel conceptual y comparando a este más alto porcentaje de los testigo con el más alto porcentaje de los grupos prueba (50.63%), se tiene un 18.35% de diferencia.

En las hojas siguientes se muestran los histogramas de estos grupos, en el siguiente orden: individuales para los grupos prueba, global de estos grupos prueba, de igual manera para los grupos testigo. Finalmente un histograma de los porcentajes promedio de acierto totales por grupo individual.

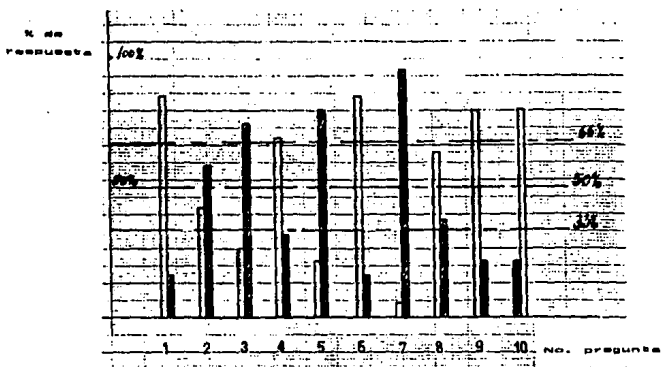
HISTOGRAMA:  
 2º examen (de corrección al falso)  
 grupo 605, prueba. No. de alumnos 19

barra sombreada  
 opción correcta



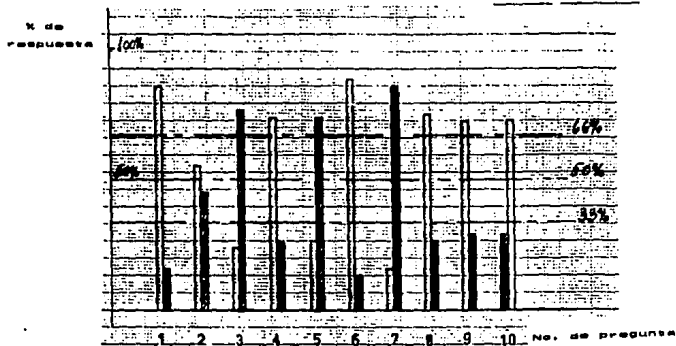
HISTOGRAMA  
 2º examen (de corrección al falso)  
 grupo 814, prueba. No. de alumnos 19

barra sombreada  
 opción correcta

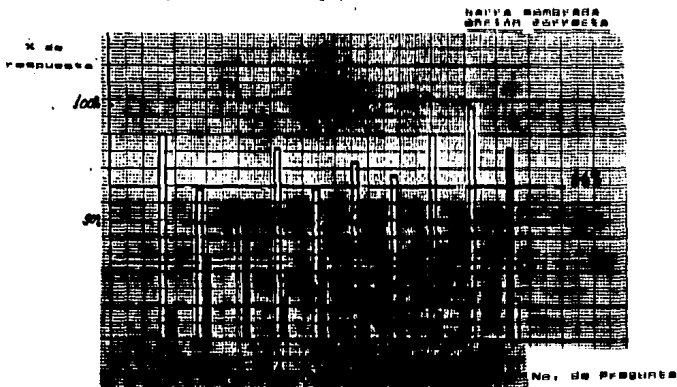


HISTOGRAMA:  
 2<sup>do</sup> examen (de corrección al falso)  
 global de grupos prueba, No. de alumnos 38

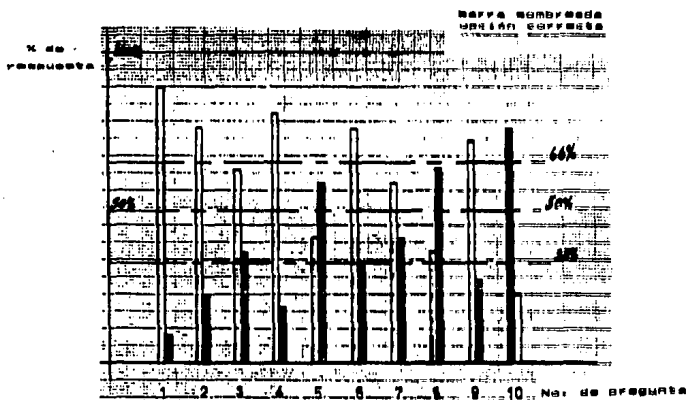
barras sombreadas  
 opción correcta



HISTOGRAMA:  
 2<sup>do</sup> examen (de corrección al falso)  
 grupo 601, testigo, No. de alumnos 17



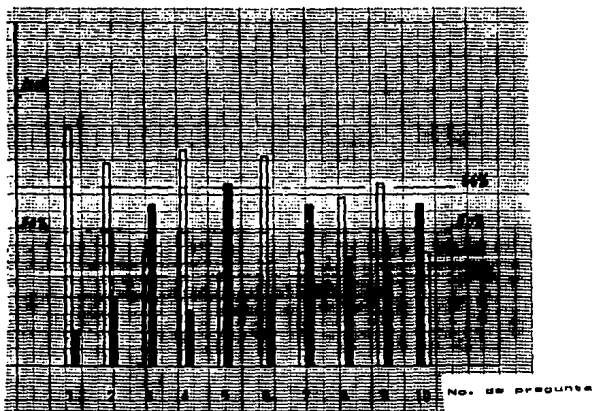
HISTOGRAMA:  
 2<sup>do</sup> examen (de corrección al falso)  
 grupo 611, testigo, No. de alumnos 22



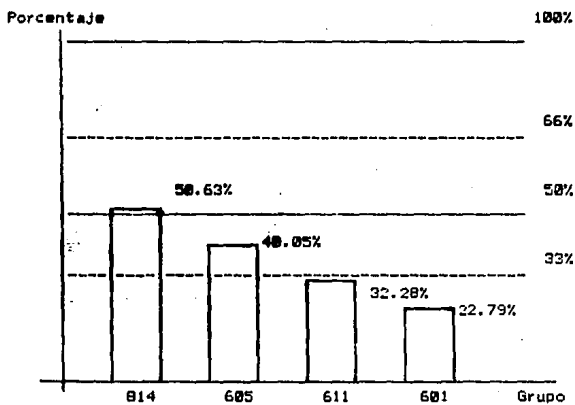
HISTOGRAMA:  
 2<sup>do</sup> examen (de corrección al falso)  
 global de grupos testigo, No. de alumnos 39

barras sombreadas  
 opción correcta

N.º de  
 respuestas



Histograma:  
Porcentajes de acierto por grupo individual  
del segundo examen.



#### 4.2 REFLEXION CRITICA SOBRE EL DESARROLLO DE LA APLICACION DE LA PROPUESTA Y SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS:

Durante la aplicación de la propuesta es posible utilizar algunos otros materiales que sustituyan a los utilizados, así por ejemplo, podría utilizarse alguna otra superficie horizontal, procurando que el deslizamiento del objeto sea con la menor fricción posible.

De esta forma al poner en movimiento rectilíneo el objeto mediante la aplicación de la misma fuerza ya sea de manera constante, o bien una impulsión corta y rápida, es posible distinguir algunos efectos y generalizar observaciones mediante la abstracción y el razonamiento.

Para minimizar la fricción se pueden usar tapas con dispositivos de globo (Ver apéndice IV.1) para formar un colchón de aire entre las superficies de contacto en lugar del hielo seco, solo que las distancias que pueden recorrer éstas son demasiado cortas, porque se agota el colchón de aire.

Como puede apreciarse existen distintos materiales con los cuales es posible lograr mejorar la comprensión conceptual de las leyes de Newton, solo que las secuencias experimentales deben ser tendientes a las abstracciones deseadas.

Sin embargo con el material que se usó hubo diversas dificultades para lograr que la mayoría de los alumnos comprendieran lo implícitamente deseado con la o las experiencias didácticas particulares; así, al estudiar la primera ley, se invirtió más tiempo del previsto, al poner el bloque en movimiento mediante la aplicación de una fuerza constante, esto sucedió por las limitaciones en cuanto a la longitud de la rampa de vidrio y también por alguna solidificación de agua (hielo) que aparecía en la misma rampa, luego de que el hielo seco había pasado sobre ella, tal vez debida a la humedad del medio ambiente; de igual forma se requirió de mayor tiempo para la situación de mover el bloque con fuerza constante, disminuyéndola cada vez más, hasta hacerla aproximadamente cero. Para la segunda ley hubo también experiencias que requirieron de mayor tiempo que el planeado, por ejemplo al aplicar dos fuerzas simultáneas en direcciones diferentes formando entre ellas algún ángulo diferente de  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  &  $0^\circ$ . También al aplicar una fuerza impulsiva corta y rápida en forma perpendicular (como golpe de taco de billar), que desviara la trayectoria original del bloque.

En la tercera ley también hubo situaciones en las que los tiempos planeados se prolongaron, esto ocurrió en la situación de tratar de leer el dinamómetro colocado entre el compañero B y el C, pues en ciertas ocasiones uno de los dos compañeros no podía distinguir la lectura del dinamómetro. se requirió de dos compañeros más y que se colocaron

"tendidos" de cada lado de los compañeros B y C, de igual forma se prolongó el tiempo en las experiencias para aceptar convencidos de que son indistinguibles la acción y la reacción, además de reforzar el hecho de que cada una de estas fuerzas actúa sobre cada compañero (cuerpos distintos).

En las líneas siguientes se habla de algunas técnicas que a nuestro juicio podrían mejorar tanto la aplicación de la propuesta como los resultados obtenidos:

Durante la aplicación de la propuesta existen varias circunstancias que es posible tomar en cuenta para un mejor desarrollo de la misma, además de tomar las sugerencias futuras a este trabajo de los profesores interesados en ella, y tener así mayores posibilidades de incrementar los porcentajes obtenidos, reflexionando esto, una mejoría en la comprensión conceptual. Entre otras circunstancias se pueden mencionar:

a) Lectura y explicación:

Al inicio de cada serie de experiencias para aclarar las tres leyes de Newton se realizó una lectura de introducción y objetivos, así como explicaciones de las actividades que se irían a realizar.

- Aunque la lectura inicial pudiera parecer no recomendable para los alumnos, la explicación inmediata suaviza este aspecto, pues se trata de aclarar, en lo mejor posible, lo que la lectura trata de instruir. Para esta parte cabe advertir que se ocupa la pizarra y la constante interacción con los alumnos, lo cual entre más suceda será mejor.

b) Limitaciones sobre el material:

- Uno debe ocuparse de "comprar y transportar" el material a utilizar, siendo una limitación muy notoria la longitud de la rampa de vidrio horizontal, pues varios efectos parecen perderse por la falta de longitud, pero en su defecto es posible interaccionar tanto con la pizarra como con los alumnos y activar de alguna forma las mentes de los mismos y lograr los objetivos planeados por las experiencias. Cabe mencionar que circunstancialmente en los dos grupos de prueba el número de alumnos coincidió, y que es probable que bajo esta técnica los resultados obtenidos hubieran mejorado si se tratara de la mitad de los mismos, pues como todo mundo sabe, la calidad es inversa a la cantidad. También es probable que si se hubiera dividido al grupo en equipos de trabajo de unos cuatro integrantes proporcionándoles el material respectivo, e interrogar individualmente a cada equipo, los porcentajes hubieran sido mayores, pero esto requiere de más material, lo que implica un mayor costo y tiempo en la aplicación, lo que es un poco difícil porque los grupos los facilitan los compañeros, en el mejor de los casos, y ocupar más tiempo lleva una re



ducción en el mismo para los compañeros que prestan los grupos.

c) Preguntas dirigidas:

- El aplicar algunas preguntas dirigidas individual y grupalmente, después o antes de cada experiencia, es con la finalidad de lograr actividad pura en los educandos, así como se mencionó en el capítulo III, las preguntas tienen por objetivo que los alumnos revisen sus esquemas de explicación alternativos que aclaren poco a poco sus creencias logrando los "momentos", diseñados para la comprensión de los conceptos, pero se pudo observar que estas preguntas son generalmente dirigidas a tres o cuatro estudiantes diferentes, pero constantes, formándose dos o tres subgrupos. Debido al tiempo, y con la contestación de estos, se supone que los demás concuerdan con ellos, aunque es muy probable que no todos estén de acuerdo y esto se ve reflejado en los porcentajes obtenidos. A este aspecto se puede recomendar que se trabaje más tiempo con la finalidad de lograr la participación de un mayor número de alumnos.

d) Predicción:

- Durante el desarrollo de las experiencias existen situaciones de predicción, que se llevan a cabo en algunos casos antes de las experiencias y en otros casos después de las mismas. Estas situaciones de predicción se realizan mediante preguntas clave, dirigidas en su oportunidad, así como con el uso de la pizarra, su principal finalidad es extrapolar e interpolar en las mentes de los alumnos, lo cual tiene por meta lograr un cierto grado de razonamiento superior, que al que están acostumbrados.

Desgraciadamente las situaciones de predicción son interrumpidas por cuatro o cinco alumnos que están participando activamente desde el inicio y aún cuando la situación se dirige hacia otros elementos del grupo, estos muestran su clara tibieza en el asunto y algún elemento de los anteriores interviene para que la secuencia prosiga. En varias ocasiones cuando la situación de predicción se hace antes de las experiencias, los alumnos generalmente entran en controversia, lo cual como se menciona en líneas anteriores sucede solo con los cuatro o cinco estudiantes, que son los que siguen activos, y de la manera de concluir de estos depende el resto del grupo. Así que la recomendación sería nuevamente que entraran en actividad más alumnos tal vez dividiendo al grupo en dos secciones, pero esto nuevamente prolonga el tiempo de aplicación.

e) La filmación:

- Aunque no se ha mencionado, las experiencias en su mayoría fueron filmadas, y este debe ser un factor que mete mucho

ruido. Es altamente probable que este hecho haga que en los alumnos brote cierto grado de timidez y debido a esto, no se desenvuelvan con la libertad que acostumbran. Si esta filmación se realizara mediante una especie de cámara escondida y por gente profesional en el ramo, esta sospecha de ruido podría ser desechada. En la filmación durante varias ocasiones hubo muchos errores por ejemplo cuando algún alumno arrastraba el banco o la mesa durante alguna pregunta, respuesta, o explicación, provocó que el sonido en la filmación fuera deficiente; en ocasiones los alumnos que están ayudando a instalar los materiales o a realizar las experiencias estorbaron la cámara, y no fue filmada parte de la experiencia, sino la espalda del compañero o su cabello y algunas voces. Este error principalmente se debió a que la cámara fue instalada en un trípode y casi no se le movió de su posición.

f) Los grupos prueba y testigos:

De los grupos prueba puede estimarse en los histogramas respectivos referentes al segundo examen (porcentajes), que uno de ellos obtuvo mejores porcentajes que el otro, esto es probable que se deba a que este grupo en su instrucción durante el semestre en curso debía ser atendido por el aplicador de la propuesta, de esta forma es probable que los alumnos obtuvieran una mayor confianza en sí mismos, en el profesor, en su empeño y en general de mejor desenvolvimiento durante la aplicación de la propuesta, cosa que no ocurre con el otro grupo, el cual fue prestado. Los resultados del segundo examen en los grupos testigo son ligeramente menores que en los de prueba, pero al comparar estos resultados del segundo examen de los testigos con los del examen diagnóstico (de ellos mismos, testigo), no hubo diferencias notorias.

Se puede comentar que, en resumen, los resultados obtenidos de la aplicación de la propuesta didáctica se basan en la aplicación del segundo examen, que como se ha dicho ya, este era de corrección al falso. La confiabilidad en este examen se debe a que para solucionarlo se requiere de una mayor capacidad de razonamiento, de abstracción y de pensamiento lógico; de esta forma se lograría un nivel más alto de comprensión y menos memorización.

En general del primer examen diagnóstico en preguntas referentes a las leyes de Newton, la muestra obtuvo un 26.45% de acierto, ahora bien, en el segundo examen de corrección al falso los grupos prueba globalmente obtienen, 45.31% de acierto, lo cual representa una mayoría del 18.89%, respecto a la muestra en primer examen diagnóstico.

Se ha mencionado en líneas anteriores que existen muchos factores que contribuyen al bajo nivel de comprensión concep-

tual. Esta propuesta didáctica tiene por objetivo disminuir los niveles bajos de comprensión hacia los conceptos, y queda a disposición de los compañeros profesores, como ya se ha dicho antes, que quieran aplicar la propuesta a su trabajo cotidiano, e invitándolos a que la apliquen en otros temas de Física en el nivel de bachillerato, por lo menos en el D. F., advirtiéndoles que es necesaria la adaptación a las circunstancias que ellos observen necesarias.

APENDICE 1.1:

Las opciones que deben escoger los alumnos que llegan al 5<sup>to</sup> semestre (selección que implica la obligación de llevar el siguiente curso de la asignatura durante el 6<sup>to</sup> semestre), se presenta a continuación:

1 <sup>a</sup> Opción (a escoger una opción en forma obligatoria)		
Matemáticas V Lógica I Estadística I	4	Matemáticas VI Lógica II Estadística II
2 <sup>a</sup> Opción (a escoger una opción en forma obligatoria)		
Física II Química II Biología II	5	Física III Química III Biología III
3 <sup>a</sup> Opción (a escoger una opción en forma obligatoria)		
Estética I Ética y conocimiento del Hombre I Filosofía I	3	Estética II Ética y conocimiento del Hombre II Filosofía II
4 <sup>a</sup> Opción (a escoger dos opciones en forma obligatoria)		
Economía I Ciencias Políticas y Sociales I Psicología I Derecho I Administración I Geografía I Griego I Latín I	3 3 3 6	Economía II Ciencias Políticas y Sociales II Psicología II Derecho II Administración II Geografía II Griego II Latín II
5 <sup>a</sup> Opción (a escoger una opción en forma obligatoria)		
Ciencias de la Salud I Cibernética y Computa_ ción I Ciencias de la Comuni_ cación I Diseño Ambiental I Taller de Expresión Gráfica I	2	Ciencias de la Salud II Cibernética y Computa_ ción II Ciencias de la Comuni_ cación II Diseño Ambiental II Taller de Expresión Gráfica II

Deben elegir seis materias de cinco opciones. Escoger obligatoriamente una materia de la 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> y 5<sup>a</sup> opción y dos de la 4<sup>a</sup> opción.

#### Matemáticas V y VI:

Los cursos de Matemáticas V y VI incluyen el estudio del Cálculo. Este se tratará a nivel de aplicación para que los alumnos comprendan su valor práctico y sus nexos con diferentes áreas del conocimiento y sean capaces de aplicarlo para la resolución de diversos tipos de problemas.

#### Lógica I y II:

La Lógica estudia las formas de pensamiento desde el punto de vista de su estructura y se ocupa de examinar los diversos procedimientos teóricos y experimentales que se utilizan en la adquisición del conocimiento científico y de analizar la estructura de la ciencia misma. Además de lo anterior, en los cursos se estudia el desarrollo histórico de las diferentes concepciones de la lógica.

#### Estadística I y II:

La Estadística en sus cursos I y II contempla la teoría y la aplicación de la estadística descriptiva y el uso de la teoría de la probabilidad a la resolución de problemas reales. Su importancia interdisciplinaria estriba en que estas materias son utilizadas específicamente para sintetizar datos de las diversas áreas del conocimiento.

#### Física I y II:

Una vez que el alumno, a través de los primeros cuatro semestres, ha logrado conocer y aplicar el método científico experimental, la inclusión de estas materias se justifica ya que el alumno profundiza en temas de Física y logra tener una visión general de su campo de aplicación. Todo lo anterior haciéndolo siempre con una actitud crítica y científica para que pueda enfrentarse a fenómenos, problemas o interrogantes que se presenten en su futuro desempeño profesional o en su vida diaria.

### Química II y III:

El alumno logra una visión más profunda del campo de la Química y de su aplicación a problemas concretos. Esto es posible ya que, a través de los cuatro semestres anteriores, ha conocido y aprendido a aplicar el método científico experimental y ha adquirido una actitud crítica y científica para resolver situaciones que se presenten en el campo de su profesión y en su vida diaria.

### Biología II y III:

Los cursos de Biología II y III tienen por objeto dar al alumno una profundización mayor en el terreno de la biología celular, la genética, niveles de organización biológica, evolución y ecología, para que pueda resolver problemas y analizar fenómenos específicos, en su futuro ejercicio profesional, pues son disciplinas básicas para carreras de medicina, veterinaria, biología,.....etc., para la vida diaria.

Con respecto a las demás materias se puede hallar mayor información en la misma fuente de estas materias presentadas.

\* Compilación de programas COH, Dirección de la unidad académica del bachillerato; Secretaría auxiliar académica 7M-7B.

## APENDICE I.2:

Para poder realizar una carrera de opción técnica los alumnos debe cubrir los siguientes requisitos:

- 1) Ser alumno del 3er semestre en adelante (del CCH).
- 2) Presentar credencial o tira de materias.
- 3) Llenar solicitud de inscripción.
- 4) Presentarse a plática informativa sobre las opciones técnicas.

Las carreras que imparte en esta modalidad el CCH-Sur, son:

Análisis Clínico (AC), Banco de Sangre (BS), Sistemas para el manejo de la información Documental (SMID), Bibliotecología (B), Administración de Recursos Humanos (ARH) y Computación (C).

La mayoría de estas carreras se cursan en dos o tres semestres y es probable concluirías antes de terminar el ciclo del bachillerato. A cada alumno que cursa y concluye una opción técnica se le otorga el Diploma de Técnico a Nivel Bachillerato.

A continuación se describen las relaciones que tiene cada una de estas carreras con las que brinda la Universidad Nacional Autónoma de México, así como su campo de trabajo.

### Relación de carreras:

Análisis Clínico (AC)	Químico Farmacéutico, Biólogo, Médico Cirujano, Veterinario Zootecnista, Químico Farmacéutico y Biólogo
-----------------------	--

Su campo de trabajo es: Laboratorios de análisis clínicos de hospitales, centros de salud, clínicas tanto del sector público como privado

### Relación de carreras:

Banco de Sangre (BS)	Biólogo, Médico Cirujano, Médico Veterinario Zootecnista, Químico Farmacéutico Biólogo, Investigación Biomédica básica.
----------------------	---

Su campo de trabajo es: Técnicas de asepsia, bases ana

tomofisiológicas de las técnicas de venopunción, preparación / concentración de sangre total y derivados sanguíneos, con conceptos básicos de inmunología y genética, anatomofisiología de la aplicación de transfusiones.

#### Relación de carreras:

Sistemas para el manejo de la información documental. (SMID)      Administración de Empresas, Administración pública, Historia, Contaduría, Derecho, Bibliotecología.

Su campo de trabajo es: Organización pública / privada, en la iniciativa privada, empresas de producción, comercialización y servicios. En el sector público: secretarías de estado, organismos descentralizados, empresas de participación estatal.

#### Relación de carreras:

Bibliotecología (B)      Letras, Filosofía, Historia y Sociología.

Su campo de trabajo es: Bibliotecas escolares, especializadas, públicas, nacionales universitarias y privadas.

#### Relación de carreras:

Administración de recursos Humanos (ARH)      Administración de Empresas, Psicología, Contaduría, Derecho, Relaciones Industriales.

Su campo de trabajo es: Empresas públicas y privadas, hospitales, escuelas, bancos, organismos descentralizados, secretarías de estado, instituciones públicas.

#### Relación de carreras:

Computación (C)      Se vincula con todas las carreras.

Su campo de trabajo es: Departamentos de sistemas, o cómputo de todo tipo de empresas, entidades gubernamentales o privadas.

Las horas y el tiempo de duración de cada carrera se enlistan enseguida: AC 320 hrs. 2 sem; BS 320 hrs. 2 sem; SMID 112 hrs. 2 sem; B 80 hrs. 2 sem; ARH 140 hrs. 3 sem; C 320hrs. 3 sem.

\* Carreras técnicas para el CCH-Bur., sem. Imper 1991.



### APENDICE 1.3.

Según las áreas se tienen los siguientes objetivos generales por área, y los generales de asignatura; solo se mencionan los que tienen que ver con Ciencias Experimentales y Matemáticas de los primeros cuatro semestres del bachillerato (tronco común):

#### A) OBJETIVOS GENERALES DEL AREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES:

Después de cursar y aprobar las asignaturas del área, el alumno:

- Adquirirá los conocimientos básicos que le permitan apreciar objetivamente la naturaleza y las relaciones de ésta con la sociedad.
- Aplique el método científico experimental a problemas concretos de la naturaleza, empleando los conocimientos y habilidades adquiridas en las materias del área.
- Podrá mostrar una actitud científica ante su entorno aplicando sus conocimientos para influir en él.
- Estimará el trabajo colectivo como una forma de desarrollar más plenamente sus aptitudes, actitudes y habilidades.
- Será capaz de hacer trabajo interdisciplinario.

#### OBJETIVOS GENERALES DE LAS ASIGNATURAS:

##### B) FÍSICA I:

Después de cursar y aprobar la asignatura de Física I, el alumno:

- Caracterizará la materia a través de algunas de sus propiedades.
- Describirá los aspectos más importantes involucrados en el movimiento unidimensional.
- Valdrá el Método Científico como un procedimiento que permite mejorar el trabajo para conocer la realidad.
- Reconocerá el trabajo colectivo como una forma solidaria de aprender y obtener conocimientos.

##### C) QUÍMICA I:

- Inculcar en el educando la capacidad de comprender e interpretar los fenómenos que nos rodean.
- Estimular en el estudiante una actitud científica ante los procesos y hechos naturales en los que está inmerso.
- Promover en el estudiante la posibilidad de relacionar los fenóme\_ 97

nos químicos con su realidad para motivarlo a que vincule la ciencia y así poder transformarla.

#### D) BIOLOGIA I:

- El alumno ubicará a la Biología, dentro del campo científico.
- Comprenderá la importancia de la Biología en el desarrollo socioeconómico
- Conocerá el Método Científico y su aplicación en la resolución de problemas.
- Explicará la naturaleza como un todo en donde se manifiesta la Interacción, Diversidad, Unidad y Continuidad.

#### E) METODO CIENTIFICO EXPERIMENTAL:

- Conocerá los antecedentes históricos del método científico para comprender la importancia del mismo.
- Adquirirá las bases fundamentales para el manejo del método científico experimental.
- Valorará su realidad adoptando una actitud crítica y transformadora en la resolución de problemas.
- Adquirirá el hábito de trabajar en equipo y aplicará sus conocimientos en forma interdisciplinaria.

#### LOS OBJETIVOS GENERALES DE MATEMATICAS SON:

Que el alumno tome conciencia:

- De los numerales que usa como representaciones simbólicas de número y magnitud.
- De la simbolización como una necesidad para operar.
- De los procesos algorítmicos de las operaciones fundamentales en el sistema decimal.
- Del desarrollo de habilidades para operar los números sin convertirlos a su expresión decimal, así como el uso de las propiedades de estas operaciones
- De la capacidad de discriminar los diferentes conceptos numéricos y de reconocer las distintas representaciones de las mismas.

#### A) LOS OBJETIVOS GENERALES DE MATEMATICAS I Y II SON:

- Representar mediante modelos algebraicos fenómenos y/o situaciones 98

nes del mundo físico que permitan resolver problemas que plan \_  
tean esos modelos, propiciando el desarrollo de la capacidad para:

- abstraer.
  - simbolizar.
  - generalizar, obteniendo de resultados particulares, principios ge\_  
nerales y viceversa.
  - comprobar tanto matemáticamente como en términos del contexto del  
enunciado del problema esos modelos, como la necesidad para ve \_  
rificar la validez de la solución del problema.
- Tener los conocimientos y habilidades que permitan determinar qué  
tipo de estrategia utilizar para resolver el problema:
- por tanteo.
  - analogías.
  - razonamiento aritmético, mediante un proceso de matematización en  
el que reconozca regularidades, patrones en los objetos y sus re\_  
laciones, los exprese, en lenguaje preciso y trabaje sus propie \_  
dades en él, para poder constatar después, si éste es válido en el  
entorno en que se originó el problema o
  - de otros procesos que provienen de otras ramas del conocimiento.

#### B) LOS OBJETIVOS GENERALES DE MATEMATICAS III Y IV SON:

- De la Geometría:
  - Representar mediante modelos geométricos fenómenos y/o situaciones  
del mundo físico que permitan resolver problemas que propicien el  
desarrollo en el estudiante de la capacidad para:
    - visualizar: permitiéndole entender ideas en imágenes y diagramas.
    - hacer construcciones geométricas.
    - generalizar: obteniendo de resultados particulares principios y  
generales y viceversa.
    - algoritmizar.
    - comprobar: tanto matemáticamente como en términos del contexto  
del enunciado del programa, otros modelos con la necesidad de  
verificar la validez de la solución del problema.
  - Presentar a la Geometría como un medio para que el estudiante acce\_  
da a algunos niveles de demostración.
  - Emplear diferentes métodos como son:
    - El gráfico.
    - Las construcciones geométricas.
    - La inducción.
    - La deducción.
    - Por analogía.
  - La Geometría contribuirá a desarrollar las habilidades:
    - ve-bales: para estimular el desarrollo del lenguaje al hacer la  
descripción de un objeto geométrico.

- de dibujo: que le permita expresar sus ideas en imágenes y diagramas que conlleven a la comprensión de las propiedades geométricas.
- lógicas: para aprender a analizar la forma de un argumento y reconocer cuando es válido o no, en el contexto de las figuras geométricas que modela las situaciones de la vida cotidiana. Para desarrollar estas habilidades será necesario antes trabajar mucho informalmente con ideas visuales, escritas y verbales.
- imaginación espacial: representando objetos tridimensionales en un plano y viceversa.

En virtud de que la propuesta didáctica -parte esencial de este trabajo de Tesis- se puso a prueba con temas del curso de Física II, correspondiente al 5º semestre del bachillerato del CCH, a continuación se dan los objetivos generales de esta asignatura:

En cuanto a los objetivos planteados según el programa vigente, se tienen: **Objetivos generales del curso de la asignatura Física II:**

Se pretende que al terminar el curso seas capaz de:

- a) Determinar cuando se requiere hacer un experimento para resolver un problema.
- b) Planear y realizar un experimento.
- c) Interpretar los datos experimentales diciendo si hay acuerdo entre ellos y los resultados teóricos
- d) Explicar algunos fenómenos físicos del mundo cotidiano.
- e) Dado un problema, podrás resolverlo actuando en un grupo de trabajo.

APENDICE I.4:

Los cuadros siguientes muestran los porcentajes de eficiencia terminal para periodos trianuales, de las escuelas: Nacional Preparatoria, Colegio de Bachilleres y Colegio de Ciencias y Humanidades. Los datos abarcan de 1971 hasta 1990 y en el egreso se incluyen alumnos rezagados (generaciones anteriores)

ESCUELA NACIONAL PREPARATORIA (UNAM)			
Periodos	Ingreso	Egreso	%
1971-73	14,978	10,028	66.9
1972-74	15,166	8,930	58.9
1973-75	16,695	10,806	64.7
1974-76	16,468	8,210	49.9
1975-77	15,204	8,822	58.0
1976-78	17,214	9,651	56.1
1977-79	15,045	7,868	52.3
1978-80	15,318	8,556	55.9

COLEGIO DE BACHILLERES			
Periodos	Ingreso	Egreso	%
1974-A/1976-B	11,837	4,638	39.2
1974-B/1977-A	11,981	4,618	38.8
1975-A/1977-B	4,172	1,325	31.7
1975-B/1978-A	12,849	4,536	35.3
1976-A/1978-B	4,257	1,596	37.5
1976-B/1979-A	7,632	2,700	35.4
1977-A/1979-B	8,236	1,320	16.0
1977-B/1980-A	9,882	2,122	21.6

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES (UNAM)			
Periodos	Ingreso	Egreso	%
1971-73	15,854	6,684	44.4
1972-74	24,874	9,283	38.2
1973-75	28,814	9,141	31.7
1974-76	15,937	8,471	53.2
1975-77	25,224	8,673	34.4
1976-78	25,395	11,453	45.1
1977-79	27,215	11,912	43.8
1978-80	25,214	12,045	47.8

De los 3 cuadros anteriores es evidente que existe una eficiencia diferente en cada institución, que por supuesto en gran parte esto se puede deber a que existen muchos factores que interactúan sobre la eficiencia de cada institución; por ejemplo sobre los aspectos formales de cada institución se tienen el diferente número de asignaturas en el plan de estudios, los límites de tiempo que rigen la reinscripción, la reglamentación de procedimientos de evaluación, la acreditación de las asignaturas,.....etc. Por otra parte cabe considerar la cuestión administrativa, en la tendencia en que esta se traduce en la administración del presupuesto y consecuentemente en el apoyo en general a los docentes: número relativo de plazas de tiempo completo y medio tiempo, asignación de ayudantes, fotocopias, facilidad y

rapidez para la reproducción de tareas y exámenes, cubículos, número mayor de secretarías,....etc.

Al obtener los porcentajes promedio de la eficiencia de las instituciones, así como su desviación estandar, se tienen:

	%	Desviación estandar
CCH	41.5	6.7
ENP	57.8	5.4
CB	32.3	8.0

Recordando que la desviación estandar es un dato de dispersión y que refleja la separación o alejamiento de los datos dados de la muestra, en este caso se observará que la eficiencia varía más en el CB que en las otras 2 instituciones, sin embargo el CCH en este caso quedaría en 2º lugar.

Analizando el CCH generacionalmente y de forma longitudinal en el cuadro siguiente la secuencia sería:

	Dato de la inscripción	Dato de la reinscripción	Dato de 2ª reinscripción
--	------------------------	--------------------------	--------------------------

FLUJO ESCOLAR DE LAS GENERACIONES DEL CICLO DE BACHILLERATO DEL CCH

Generaciones	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
			6651	985	444	220	130	95	74	50	35
71-73	15037	13044	11464								
			8056	2043	1011	406	265	210	111		70
72-74		24048	23925	17247							
			7658	3066	1140	668	408	237			153
73-75			28647	23305	19629						
				4067	1489	765	374	221			117
74-76			15670	12752	10824						
						5537	2111	1106	451		253
75-77				23075	18714	16013					
							5647	3252	2013		473
76-79					22664	19362	16036				
								6488	3166	1050	
77-79							25898	20614	16533		
										6830	3018
78-80								25251	21021	16353	

En la inscripción se consideran alumnos en actas de primer semestre, quedan fuera alumnos que no realizan el trámite definitivo de inscripción y los casos de baja. Los datos de reinscripción excluyen desartores y repetidores (en calidad de oyentes).

En el cuadro de seguimiento generacional se puede seguir el análisis en varias líneas; se analizará el fenómeno de egreso mediante los dos siguientes indicadores:

- 1) Egreso por generación (ciclo de 3 años)
- 2) Suma total de egresados hasta el 80, sin los anteriores (inciso 1).

Los datos en porcentajes.

generaciones	% de egresados en periodo normal	% de egresados hasta el 80
71-73	44.23%	13.28%
72-74	33.49%	16.82%
73-75	26.73%	19.26%
74-76	25.95%	18.18%
75-77	23.99%	15.83%
76-78	24.91%	23.23%
77-79	25.85%	12.22%
78-80	27.88%	
Promedio	28.91%	16.98%

Como puede observarse el promedio de terminación generacional es de un 28.91% en el periodo normal de tres años, dato que ha cambiado notoriamente del anterior, aunque en el caso anterior se trate de periodos trianuales. El 16.98% de los demás estudiantes que terminan hasta el 80 no se debe olvidar que son alumnos que pertenecen a la misma generación. Se puede concluir eventualmente entonces que un tercio de la población estudiantil que ingresa en una generación de terminada es la que puede terminar en el periodo preestablecido.

#### APENDICE 1.5:

Los alumnos que ingresan a la carrera de Física impartida por la facultad de Ciencias (UNAM), tanto de bachillerato de gobierno, como de bachillerato de colegios particulares revelan datos interesantes sobre sus conocimientos y habilidades en Física. Los datos siguientes pertenecen a la aplicación de un examen sobre conocimientos de Física, aplicado a estudiantes de la carrera de Física de primer ingreso\*. El examen contuvo 3 niveles de conocimientos, que fueron:

Nivel I: Recuerdo e identificación de fórmulas, enunciados de leyes, definición de conceptos y conversión de unidades.

Nivel II: Habilidad para interpretar conceptos físicos y relaciones entre variables, traducción del lenguaje común al método gráfico y al simbolismo matemático y viceversa.

Nivel III: Habilidad para seleccionar y aplicar conceptos y leyes físicas a datos conocidos para resolver problemas mediante la interpretación de gráficas, fórmulas y viceversa.

Algunos de los temas y aspectos de los contenidos fueron:

##### \*Cinemática y vectores:

Conceptos de velocidad y aceleración; nociones de álgebra vectorial (suma resta y descomposición de vectores; interpretación de gráficas  $v$  vs.  $t$  y  $a$  vs.  $t$ .)

##### \*Dinámica:

Comprensión de las leyes de Newton; diferenciación entre masa y peso; resolución de problemas relacionados con las leyes de Newton.

##### \*Trabajo potencia energía:

Conceptos de trabajo y potencia; resolución de problemas en relación a trabajo y a conservación de energía.

##### \*Electricidad:

Resolución de problemas de electrostática.

##### \*Calor y gases:

Interpretación de gráficas temperatura vs. tiempo; determinación de temperatura resultante en mezclas de líquidos.

\* Romilio Tambutti R., y otros "Diagnosticar para mejorar" Perfiles educativos; Nueva época No. 4, pp 29-32.



•Optica y ondas:

Determinación de imágenes por reflexión y refracción.

La tabla siguiente indica el índice promedio de dominio en el examen sobre conocimientos de Física y el histograma indica el porcentaje de los niveles de conocimiento, los datos corresponden a toda la muestra .

PRUEBA CONOCIMIENTOS DE FISICA (F)  
No. de reactivos: 40

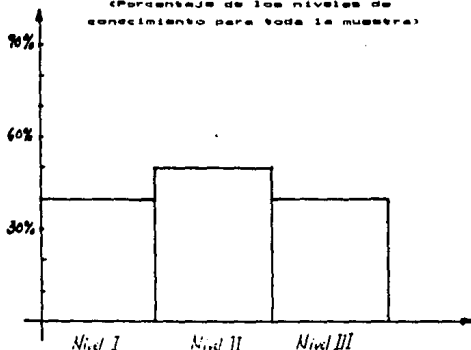
Parámetros estadísticos / Tipo de Bach.	n	n/N 100%	$\bar{x}$	índice promedio de dominio (p)
Bachillerato de gobierno	127	61.0%	18.13	0.453
Bachillerato incorporado	42	20.2%	19.14	0.451
Global	208	100%	18.18	0.454

n.- Número de alumnos provenientes de cada tipo de bachillerato, que presentaron la prueba.

N.- Total de alumnos que presentaron la prueba.

El global 208 incluye a alumnos de estudios equivalentes a bachillerato, tales como: CECyT, Normal de Maestros,...etc.

HISTOGRAMA:  
(Porcentaje de los niveles de conocimiento para toda la muestra)



Es importante destacar que en los ingresantes a la carrera de Física provenientes tanto de bachillerato de gobierno como incorporado, claramente tienen un bajo rendimiento, lo cual debe ser preocupante en general para la universidad. La gran mayoría de los estudiantes de la carrera de Física presentan serias deficiencias al iniciar su formación profesional. En general, se aprecia una deficiente comprensión de conceptos básicos y leyes físicas fundamentales involucrados en los tópicos abordados, lo cual, incide en forma directa en su preparación futura referente a su carrera de Física.

## APENDICE II. 11

### IMPLICACIONES QUE LAS INVESTIGACIONES Y NUEVAS TECNOLOGIAS TIENEN PARA LA EDUCACION Y DESARROLLO PROFESIONAL DE PROFESORES.

A. B. Arons  
Departamento de Física  
Universidad de Washington  
Seattle, WA 98195, USA.

#### RESUMEN:

Se proporcionan ejemplos específicos de algunos discernientes que se han logrado, a través de recientes investigaciones, sobre la esencia de las dificultades de los estudiantes en la formación de conceptos y en el desarrollo de la comprensión de leyes y principios. Se discute el papel que este tipo de conocimientos deberá jugar en la educación de los profesores y se bosqueja brevemente una conexión con la instrucción basada en las computadoras.

#### LA COMPRENSION DE LA LEY DE LA INERCIA:

Debido a la obvia importancia conceptual de este tema, a las preconcepciones que los alumnos traen antes de comenzar el estudio de la dinámica y a las dificultades que encuentran para entender la ley de la inercia y el concepto de fuerza, se han desarrollado una gran cantidad de investigaciones que han generado una cantidad sustancial de literatura. Una muestra de artículos útiles, que proporcionan muchos más detalles que los que se dan en esta sección, se citan en la bibliografía: Champagne, Klopfer y Anderson (1980), Clement (1982), di Sessa (1982), Gunstone, Champagne y Klopfer (1981), Haloun y Hestenes (1985), McCloskey, Camarazza y Green (1980), McCloskey (1983), McDermott (1984), Vionnot (1979), White (1983) y (1984).

Las dificultades del estudiante para comprender la ley de la inercia y el concepto de fuerza tienen su origen, en gran medida en las preconcepciones del sentido común y en ciertas reglas dictadas por las experiencias que la mayoría de nosotros utilizamos para juzgar el comportamiento de los objetos masivos antes de que seamos iniciados en el estudio de la física newtoniana. Algunos de estos dictados de la experiencia y del sentido común son francas ideas aristotélicas (i. e. la necesidad de aplicar un empuje continuo para mantener un objeto en movimiento, o la dificultad para abandonar la idea de que el reposo es una condición fundamentalmente diferente al movimiento, o aceptar que la pregunta ¿qué es lo que mantiene a un cuerpo moviéndose? debe cambiarse por ¿qué es lo que detuvo al objeto?). Sin embargo muchos

de estos puntos de vista, más que aristotélicos, están relacionados con las ideas medievales sobre el "impetu" asociados a los nombres de Juan Buridán y Nicolas de Oresme.

Todas las investigaciones demuestran que estas concepciones "ingenuas" están arraigadas profundamente y son sostenidas en forma tenaz por la mente de los estudiantes, es por esto que resulta muy importante que los profesores entiendan que su exhibición no constituye un reflejo de "estupidez o terquedad". Las dificultades están sustentadas por deducciones lógicas y razonables en un marco conceptual construido por la experiencia y vigorosamente reforzado por el uso (o mejor dicho, el mal uso) insistente de palabras sacadas del lenguaje cotidiano (inercia, impulso, masa, fuerza, energía, potencia, resistencia) antes de que se les haya dado, en el curso de física un significado operacional preciso. El mal uso persistente de los términos físicos en los propios pensamientos y en la comunicación con los demás presenta uno de los mayores obstáculos para desembarazarse de las preconcepciones ingenuas (esta es otra de las razones de peso para ayudar a los estudiantes a recapacitar y tomar plena conciencia sobre el proceso, paso a paso, de una definición operacional). Algunos profesores tienen la tendencia de minimizar estos problemas etiquetando los como "sólo semánticos" o de lenguaje sin darse cuenta, aparentemente, de los formidables y significativos que pueden ser los problemas lingüísticos.

Las investigaciones sobre la comprensión de la ley de la inercia muestran, además, que resulta completamente inoperante tratar de inculcar la ley verbalmente y luego sustentarla mediante unas cuantas demostraciones experimentales sobre el comportamiento de discos sin fricción moviéndose en una mesa especial o deslizadores desplazándose en un riel de aire. Muchos estudiantes serán capaces de memorizar y repetir correctamente la primera ley expresada en palabras, pero cuando afrontan la necesidad de hacer predicciones y de decir lo que va a suceder en situaciones físicas reales, adecuadas para su nivel escolar, receden una y otra vez en las mismas preconcepciones y predicciones ingenuas, dando a su decepcionado profesor el frustrante sentimiento de no haber logrado enseñar absolutamente nada.

Si los profesores desean brindar a la mayoría de los estudiantes (y no sólo a unos cuantos), la oportunidad de entender la ley de la inercia, deben aceptar la necesidad de administrar un amplio conjunto de experiencias, tanto manuales como hipotéticas, diseñadas para que el alumno cometa sus propios errores, se enfrente a las contradicciones resultantes y, forzado por esos errores y contradicciones, revise sus preconcepciones de una manera crítica. Sin embargo, este tipo de experiencias no son susceptibles de ofrecerse ni de desarrollarse en una sola clase común y corriente suministrada como remedio. Las ideas y experiencias preliminares deben ser introducidas mientras se continúa con el desarrollo del tema sin esperar que sean comprendidas y asimiladas a la "primera". El profesor debe ayudar a la completa asimilación y comprensión a través de un reciclaje continuo de aplicaciones cualitativas de la ley de la inercia a situaciones físicas cada vez más ricas en contenido durante todo el desarrollo del curso.

Una situación física muy efectiva, aunque resulta bastante cara, que puede utilizarse para los propósitos señalados, consiste en deslizar un bloque de 20 Kg de hielo seco sobre una larga placa de vidrio colocada y nivelada sobre una mesa horizontal. Con este dispositivo se invita a los estudiantes a que, literalmente, metan las manos en el

experimento (usando guantes protectores, claro está): Un conjunto ordenado de ideas básicas de vital importancia pueden ser desarrolladas sócráticamente dentro de este contexto.

1) ¿Cómo se comporta el bloque una vez que ha sido puesto en movimiento? ¿Cuál es la diferencia entre esta situación y la de objetos comunes deslizándose por superficies comunes? (La manera espiondorosamente mágica con la que el bloque se mueve a lo largo de la placa de vidrio, sobre todo a baja velocidad, sin que presente ningún proceso de retardamiento, produce una profunda impresión en la mayoría de los estudiantes que nunca habían sido testigos de tal efecto).

2) ¿Qué acción por parte nuestra debe hacerse, necesariamente, sobre el bloque para que éste se mueva cada vez más rápido? ¿es decir, qué debe hacerse para que el bloque se acelere continuamente? (Para muchos estudiantes resulta sorprendente percatarse de que es necesario que ellos mismos se muevan cada vez más rápido para no perder el contacto con el bloque y poder seguir aplicando la fuerza aceleradora). (Aunque previamente hayan visto al bloque moverse con velocidad uniforme en ausencia de una fuerza externa, muchos de ellos son incapaces de relacionar dicha situación con (o de predecir) las sensaciones que acompañan a la aplicación de una fuerza constante sobre un objeto acelerado).

3) ¿Qué diferencia se nota en el comportamiento del bloque cuando es empujado continuamente a cuando recibe un empujón corto y rápido? (Muchos estudiantes no han tenido la oportunidad de diferenciar entre una fuerza constante y continua y una fuerza impulsiva de corta duración. Es muy importante ayudarlos a que perciban la diferencia).

4) Si queremos impartir al bloque la aceleración que sea, ¿qué tan intensa debe ser la fuerza requerida? esta pregunta es en el sentido de ¿existe algún efecto de barrera que se tenga que vencer? (La experiencia diaria enseña que los objetos no pueden ser puestos en movimiento a menos que se ejerza sobre ellos cierta cantidad mínima de fuerza; esta es una de las preconcepciones que el alumno ya trae consigo y que resulta bastante "razonable"). Es muy recomendable que los alumnos presencien el filme del P.S.S.C. "Un millón a uno" en el que se muestra a un disco de hielo seco acelerado por una pulga atada a él.

5) Suponga que el bloque de hielo seco ya está en movimiento, ¿qué podemos hacer para que se frene lentamente sin cambiar de dirección? (Muchos estudiantes aplican un corto impulso en contra y no se les ocurre aplicar una fuerza continua moderadamente suave. Cuando se les sugiere que hagan esto último, generalmente se asombran al darse cuenta de que deben permitir que su mano retroceda con el bloque. Este experimento refuerza la discriminación entre fuerza corta impulsiva y fuerza continua).

6) Suponga otra vez, que el bloque ya está en movimiento y que ejercemos sobre él una fuerza continua, ya sea para acelerarlo o para frenarlo, ¿cómo se comporta el bloque?, ahora suponga que hacemos cada vez más pequeña la fuerza continua aplicada, ¿cómo se comporta el bloque?, ¿cómo se comportará cuando la fuerza ejercida se vaya disminuyendo hasta hacerse cero? (Hátese que la presentación está de liberadamente hacia en orden inverso al usual; en lugar de usar como punto de partida una situación de fuerza cero, se inicia con una fuer

za diferente de cero, la cual se va disminuyendo hasta lograr la situación de fuerza cero. Muchos principiantes, de todos los niveles, se meten en muchos problemas con el caso de fuerza cero a pesar de todas las discusiones o demostraciones previas. Invertiendo la línea de razonamientos y experiencias, y viendo también la situación en la forma usual, se propicia la adquisición de la penetración conceptual deseada.

7) Suponga que ejercemos sobre el bloque dos fuerzas continuas opuestas, (una con cada mano) ¿cómo se comporta el bloque cuando una de ellas es mayor que la otra?, ¿cómo se comportaría si fueran de la misma magnitud?

8) Suponga que el bloque ya se encuentra en movimiento, ¿qué se tendría que hacer para cambiar su dirección del movimiento? (Con esto es posible explorar los efectos tanto de fuerzas continuas como de fuerzas impulsivas cortas, siempre y cuando se hayan desarrollado y logrado previamente la discriminación entre los dos tipos de acciones) ¿Qué es lo que tendría usted que hacer para lograr que el bloque cambie su dirección en ángulo recto con respecto a la dirección original? ¿Y en cualquier otra dirección específica?, ¿Y para que se mueva en aproximadamente una circunferencia?, (Generalmente, la principal creencia no-newtoniana que exhiben los estudiantes es la de asegurar que el objeto, inicialmente en movimiento, se moverá en la dirección del último empujón aplicado. Es importante, por lo tanto, que ellos mismos encaren, personalmente, el fenómeno contra-intuitivo).

9) ¿Qué sucedería si hiciera usted girar el bloque alrededor de un eje vertical de simetría?. Sin usar ningún término técnico todavía no definido, ¿qué implicaciones se sustráen del comportamiento observado?

Ahora es necesario aconsejar cierta cautela en la implementación de las experiencias descritas.

- a) El hecho de haber realizado los experimentos "metiendo las manos" tiende a reforzar la idea, profundamente arraigada en muchos estudiantes, de que las causas de la aceleración (las fuerzas) deben ser necesariamente ejercidas por seres animados (personas o animales) y resulta, por lo tanto de mucha importancia el hacer énfasis sobre el hecho de que en las interacciones de contacto entre cuerpos inanimados (como colisiones, estiramientos o compresión de resortes, etc.) también se imparten aceleraciones. Las interacciones a distancia pueden ser traídas a discusión de acuerdo con el criterio del profesor.
- b) Aunque un número pequeño de estudiantes será capaz de explorar las situaciones físicas mencionadas sin guía socrática y salir airoso por medios propios con una buena profundidad de entendimiento, la gran mayoría no llevarán a cabo una genuina investigación y no extraerán inferencias significativas en tales circunstancias. Es esencial, por consiguiente, que el profesor sirva de guía, por medio de preguntas intencionadas e induciendo al alumno a hacer sugerencias, en lugar de limitarse a dar una serie de instrucciones a modo de receta.
- c) La totalidad de la operación estará en su mejor momento cuando, bajo la mínima guía por parte del profesor, los estudiantes partici-

pen activamente haciendo sugerencias, tratando de explorar, argu-  
mentando y haciendo inferencias en sus propias palabras teniendo el  
cuidado de no utilizar vocabulario técnico aún no definido.

Existen claro está, otros dispositivos para desarrollar las expe-  
riencias mencionadas, un disco de hielo seco se comporta bastante bien  
sobre la placa de vidrio aunque sin ser tan dramático como el bloque  
de 20 Kg. Algo se puede conseguir también con el uso de "pucks" mo-  
viéndose en una mesa de aire lo malo es que su pequeña masa dificulta  
la realización de experiencias delicadas, con fuerzas pequeñas, utili-  
zando las manos. Tanto con el disco de hielo seco como con los  
"pucks", es probablemente mejor utilizar algún otro mecanismo para la  
aplicación de fuerzas; el chorro de aire de una aspiradora funcionando  
alrevés, es una buena situación, por ejemplo.

Otro método que permite el desarrollo de experiencias individua-  
les es, sin lugar a dudas, la simulación por computadora, y muchos  
grupos de investigación están desarrollando material educativo enca-  
minado a tal fin (di Sessa (1982); White (1984)). Cuando las expe-  
riencias táctiles y cinestéticas con objetos reales son impractica-  
bles, la simulación por computadora es, útil también para brindar una  
práctica más amplia en el trabajo intelectual de una gran variedad de  
problemas. Es capaz de suministrar una retroalimentación continua con  
respecto a errores y aciertos y en el reforzamiento de las observacio-  
nes obtenidas al "meter las manos" después de haber realizado tales  
experiencias. El método más débil es el de las experiencias de cáte-  
dra en la que la participación del alumno es completamente pasiva, li-  
mitada a oír aseveraciones y a ver efectos producidos por otra per-  
sona.

Las preguntas y ejercicios de papel y lápiz constituyen también  
una componente útil de la instrucción con tal de que sean diseñados  
para ayudar al estudiante a enfrentar contradicciones con su propia  
manera de pensar y que lo conduzcan hacia una asimilación y entendi-  
miento genuinos. Tales preguntas juegan un papel especialmente impor-  
tante en las tareas para la casa, en las pruebas y en los exámenes.

## APENDICE II.2:

### EXAMEN DIAGNOSTICO:

Este es un examen sin validez para tu calificación.

Para cada pregunta vamos a suponer que dispones de \$100 para apostar a la opción u opciones que tu consideres que responden correctamente a la pregunta. Así, por ejemplo, si en una pregunta consideras que la respuesta correcta la da una opción, puedes apostar los \$100 a ella, sin embargo, si consideras que son dos las opciones que responden correctamente a la pregunta, podrías apostar \$50 a cada una de ellas, o bien, por ejemplo, \$70 y \$30 si te parece que una de ellas tiene más probabilidades de ser la correcta que la otra; pero también te puede parecer que 3 ó incluso las 4 opciones propuestas responden correctamente, aunque con diferente grado de probabilidad, y en ese caso, distribuye tus \$100 entre las 3 ó las 4 opciones, apostando más a la más correcta y menos a la menos correcta.

Ejemplo:

Pregunta 0) El barómetro sirve para medir:

- A) El volumen
- B) La temperatura atmosférica
- C) La presión atmosférica
- D) El peso en unidades técnicas barométricas.

En esta pregunta tres alumnos contestaron:

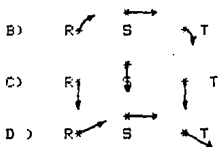
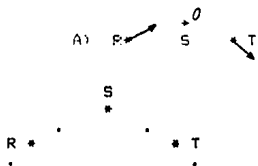
Primer alumno: A)                    B) \$40                    C) \$50                    D) \$10

Segundo alumno: A) \$10                    B)                    C) \$70                    D) \$20

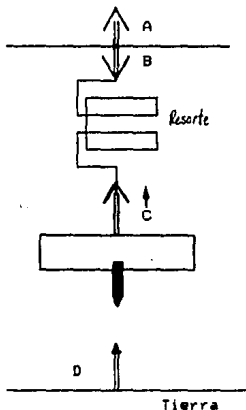
tercer alumno: A) \$20                    B) \$30                    C) \$40                    D) \$10



- 1) En un juego de fútbol, 4 aficionados al observar el despeje del portero, comentan que las direcciones de la fuerza sobre el balón en los puntos R, S, y T de la figura, son las siguientes:



- 2) El siguiente diagrama muestra un cuerpo, que estira un resorte colgado del techo. La flecha gruesa indica la fuerza que la Tierra ejerce sobre el cuerpo.Cuál de las otras fuerzas representa la reacción a dicha fuerza de acuerdo a la tercera ley de Newton?



- A) La fuerza que el techo ejerce sobre el resorte.
- B) La fuerza que el resorte ejerce sobre el techo.
- C) La fuerza que el resorte ejerce sobre el cuerpo.
- D) La fuerza que el cuerpo ejerce sobre la Tierra.

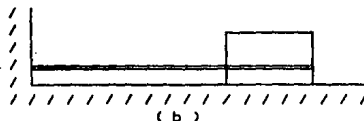
- 3) Un niño trata de empujar un pesado piano, pero a pesar de todos sus esfuerzos, no lo logra.

4 alumnos tratan de explicar la situación: ¿Quién tiene la razón?

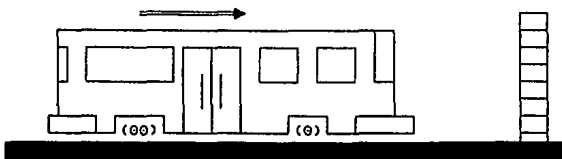
- A) El piano no se mueve, porque su inercia es mayor que la fuerza que le aplica el niño.

- B) El piano no se mueve porque la fricción entre él y el piso es mayor que la fuerza que le aplica el niño.
- C) Al ser empujado el piano, el piso le aplica a éste una fuerza horizontal. Si el piano no se movió, es porque esta fuerza es de igual tamaño, que la fuerza aplicada por el niño.
- D) El piano no se mueve porque al aplicarle el niño una fuerza, el piano le aplica otra fuerza igual al niño pero contraria que la anula.

- 4) Un bloque es atado a un resorte de polyester. El bloque recibe un impulso hacia la derecha, fig. (a), con lo cual inicia un movimiento en esa dirección y el resorte empieza a estirarse. La fig. (b), muestra al bloque cuando está a punto de iniciar el regreso. Justo en ese momento 4 alumnos tratan de explicar el valor de la aceleración.

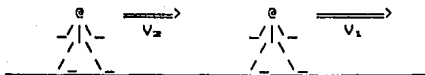


- A) El bloque por no tener velocidad en ese momento, su aceleración debe valer cero.
- B) La aceleración debe valer cero, porque el bloque no se desplaza.
- C) Si la velocidad en ese momento vale cero, se debe a que la fricción está equilibrada y por tanto la aceleración vale cero.
- D) No porque la velocidad valga cero, implica que la aceleración vale cero.
- 5) Un camión viaja con velocidad constante y choca con una pared tirandola.



Los alumnos explican:

- A) El camión llevaba tanta velocidad que tiró la pared
- B) Como la pared es menos fuerte que el camión, pierde y se cae.
- C) Como la pared está fija al suelo, entonces tiene una fuerza estacionaria y como el camión se mueve, éste tiene una fuerza móvil; o sea, mayor ímpetu, entonces su fuerza es mayor y gana.
- D) Al momento del choque, el camión aplica una fuerza a la pared, entonces el apoyo de la pared, es menos fuerte, no resiste y se cae.
- 6) Se desea saber la potencia de dos personas y un profesor los pone a correr una distancia, Cronometrando sus tiempos y verificando sus pesos (que sea iguales). Resulta que el corredor Núm.1, logra menos tiempo que el Núm.2.



Ahora los 4 alumnos explican:

- A) Los 2 corredores son de igual potencia, pues los 2 han recorrido la misma distancia.
- B) Para saber quien es más potente, deberían de correr mucha más distancia, y el que aguante más, será el más potente.
- C) Si el corredor número 1 hace menos tiempo, es porque es más veloz, entonces el trabajo que realiza, lo hace más rápido que el otro corredor, y por lo tanto es más potente.
- D) Pienso que el trabajo que les cuesta es el mismo, pues es la misma distancia, además, recuerdo el anuncio de

la datsun que carga un elefante, y si el trabajo es fuerza por distancia es la misma fuerza, y por tanto son igual de potentes.

- 7) Un cuerpo de masa  $M$  y velocidad  $V$ , incrementa su velocidad al doble; se pide relacionen su energía cinética con la anterior.

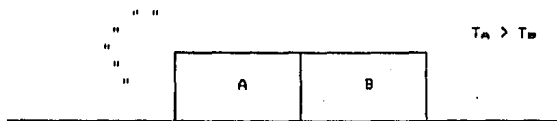
Los 4 alumnos relacionan:

- A) Es claro que su energía cinética se duplica.
  - B) Su energía cinética ha crecido, pero ha crecido hasta valer 4 veces lo que al principio.
  - C) La energía cinética no pudo haber crecido 4 veces, ya que su velocidad, tan solo se duplico, si aumento, pero no 4 veces; sería mucho.
  - D) El aumento en energía cinética está directamente a la velocidad promedio, y de esta forma tendremos que aumenta una vez y media más.
- 8) Si como en el caso anterior, ahora la masa se reduce a la mitad, y el cuerpo conserva su velocidad, Qué ocurre con la energía cinética?
- A) Ahora es claro que la nueva energía cinética se reduce a la mitad.
  - B) Se reduce a la cuarta parte.
  - C) No se reduce, pues se trata de la misma velocidad y menos masa solamente, por lo tanto sigue aumentando.
  - D) Se redujo según el promedio de masa, o sea, se Reduce una y media veces.

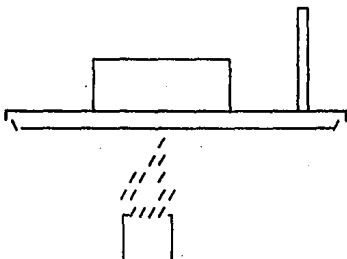
- 9) Cómo define la temperatura?

- A) La temperatura la defino como una medida del calor de los objetos.
- B) Es un indicador de que tan caliente está el cuerpo.
- C) La temperatura es cantidad de calor que un cuerpo recibe de otro.
- D) Es la energía calorífica que un cuerpo cede a otro.

- 10) Si 2 sistemas se ponen en contacto, estando uno a mayor temperatura que otro. Los 4 explican, Qué es lo que sucede?



- A) Después de un tiempo estarán con la misma capacidad calorífica o calor específico, pues un sistema le pasa calor al otro.
- B) Siendo el calor una forma de energía, el cuerpo que tiene mayor temperatura rozará por medio de la convección, la radiación y el contacto al otro, lo que provocará que el calor específico del otro se iguale.
- C) Se igualan sus temperaturas porque el más caliente pierde su calor al transcurrir el tiempo, no por que le transfiera nada al otro cuerpo.
- D) Del cuerpo más caliente fluye energía al más frío, a este flujo se le conoce como calor y cesa este flujo cuando se igualan las temperaturas.
- 11) Supongan que tenemos un bloque de hielo, se le suministra calor, de tal manera que después de un rato ha cambiado su estado sólido a estado líquido. ¿Qué ocurre con la temperatura en el intervalo de tiempo en que se da el cambio de fase?



- A) La temperatura se mantiene aumentando constantemente.
  - B) La temperatura disminuye un poco, pues el hielo debe ir enfriando a la demás agua.
  - C) La temperatura se mantiene constante, pues aunque se le está metiendo calor, este se ocupa en dar más movimiento a las moléculas.
  - D) La temperatura debe subir, pues el calor que estamos metiendo le debe ganar al hielo que sigue enfriando, si no, no se derrite.
- 12) Una persona al frotarse un poco de alcohol sobre la piel, siente al principio un poco de frío. ¿A qué se debe esto?
- A) La sensación de frío se debe a que el alcohol tiene una menor temperatura que la piel; es como si tomáramos un hielo.
  - B) Al estar en contacto el alcohol cambia de líquido a gas. Como sus moléculas requieren mayor energía cinética, sólo la pueden tomar del calor de la piel cercana, y por eso se siente esa sensación de frío.
  - C) Se debe a que al frotar el alcohol sobre la piel, se tiene un efecto de rozamiento, entonces como todo rozamiento produce calor, este calor lo pierde la piel y como el alcohol es más frío que la piel, al efecto de rozamiento, se tiene esa sensación de frío.
  - D) Se forma una reacción química entre los componentes del alcohol y los de la piel. Esta reacción química, provoca la sensación de frío en la piel.

HOJA DE RESPUESTAS DEL  
EXAMEN DIAGNOSTICO.

Preguntas:

1) A: \$ \_\_\_\_\_  
B: \$ \_\_\_\_\_  
C: \$ \_\_\_\_\_  
D: \$ \_\_\_\_\_

2) A: \$ \_\_\_\_\_  
B: \$ \_\_\_\_\_  
C: \$ \_\_\_\_\_  
D: \$ \_\_\_\_\_

3) A: \$ \_\_\_\_\_  
B: \$ \_\_\_\_\_  
C: \$ \_\_\_\_\_  
D: \$ \_\_\_\_\_

4) A: \$ \_\_\_\_\_  
B: \$ \_\_\_\_\_  
C: \$ \_\_\_\_\_  
D: \$ \_\_\_\_\_

5) A: \$ \_\_\_\_\_  
B: \$ \_\_\_\_\_  
C: \$ \_\_\_\_\_  
D: \$ \_\_\_\_\_

6) A: \$ \_\_\_\_\_  
B: \$ \_\_\_\_\_  
C: \$ \_\_\_\_\_  
D: \$ \_\_\_\_\_

7) A: \$ \_\_\_\_\_  
B: \$ \_\_\_\_\_  
C: \$ \_\_\_\_\_  
D: \$ \_\_\_\_\_

8) A: \$ \_\_\_\_\_  
B: \$ \_\_\_\_\_  
C: \$ \_\_\_\_\_  
D: \$ \_\_\_\_\_

9) A: \$ \_\_\_\_\_  
B: \$ \_\_\_\_\_  
C: \$ \_\_\_\_\_  
D: \$ \_\_\_\_\_

10) A: \$ \_\_\_\_\_  
B: \$ \_\_\_\_\_  
C: \$ \_\_\_\_\_  
D: \$ \_\_\_\_\_

11) A: \$ \_\_\_\_\_  
B: \$ \_\_\_\_\_  
C: \$ \_\_\_\_\_  
D: \$ \_\_\_\_\_

12) A: \$ \_\_\_\_\_  
B: \$ \_\_\_\_\_  
C: \$ \_\_\_\_\_  
D: \$ \_\_\_\_\_

### APENDICE 11.3:

Examen aplicado para evaluar la eficacia de la propuesta didáctica.

#### EXAMEN DE FISICA

##### INSTRUCCIONES:

Este examen consta de 10 reactivos que forman parte de una serie de proposiciones que pueden ser verdaderas o falsas.

Lee cuidadosamente cada proposición y en tu hoja de respuestas encierra en un círculo a la letra V si piensas que ella es verdadera, o a la F si piensas lo contrario. Si decides que la proposición es falsa, además de encerrarla F en un círculo, DEBES ESCRIBIRLA EN FORMA CORRECTA en los espacios correspondientes. Por ejemplo:

- A) Newton fué un gran físico y matemático que vivió parte de los siglos XVII y XVIII.

HOJA DE RESPUESTAS:

A.-)  V.- \_\_\_\_\_  
F.- \_\_\_\_\_

- B.-) El tiempo que tarda en caer un cuerpo se mide facilmente con:  
Una balanza.

HOJA DE RESPUESTAS:

B.-)  V.- \_\_\_\_\_  
 F.- facilmente con un cronometro

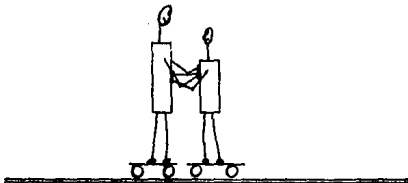
NOTA: NO SE CONSIDERA COMO BUENA LA RESPUESTA SEÑALADA "FALSO" ((F)) SIN LA ADECUADA CORRECCION EN LOS ESPACIOS CORRESPONDIENTES.



- 1) Para que un cuerpo se mueva con velocidad constante siempre es necesario de una fuerza externa no equilibrada:

Así es, pues solo así, tendríamos movimiento al aplicarle una fuerza ( $F \Delta t = m \Delta v$ ).

- 2) Dos niños sobre patinetas se encuentran frente a frente, pero uno de ellos es más pesado que el otro, se va a iniciar una riña y el más ligero aplica un empujón al otro (tomándolo bien parado sobre su patineta), saliendo ambos en sentidos opuestos:

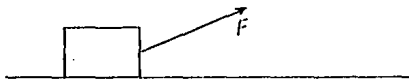


Como puede apreciarse el más ligero recibió una fuerza mayor que el otro, pues se observa que se mueve más rápido (el ligero).

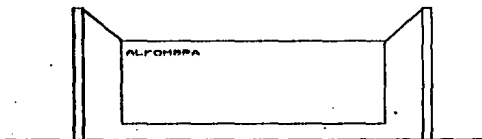
- 3) Al deslizarse un cuerpo de manera rectilínea sobre una superficie horizontal (por ejemplo el piso), después de recorrer alguna distancia se detiene, esto se debe a que: Se le acabó la fuerza al cuerpo y se detiene.
- 4) Cuando un cuerpo está en movimiento rectilíneo uniforme y se le aplica una fuerza para cambiar su dirección: La velocidad resultante tendrá la misma dirección y sentido de la fuerza aplicada.
- 5) Al frenar repentinamente un auto, generalmente los pasajeros se mueven bruscamente hacia adelante: Esto se debe solo a la 2<sup>a</sup> ley de Newton ( $F \Delta t = m \Delta v$ ).
- 6) Una persona que trata de empujar un trailer no puede hacerlo, esto se debe a que: La fuerza de acción que realiza el hombre debe ser de igual magnitud que la reacción, como ambas recaen sobre el hombre, no hay movimiento.
- 7) Supongamos que bajo condiciones normales una persona empuja un automóvil durante un tiempo, si la persona empuja el auto con velocidad constante: La persona no hace fuerza alguna en el proceso.

8.-) Si sobre una pista de vidrio se desea empujar un bloque de hielo de forma cúbica de 1.5 m de arista, mediante una fuerza constante entonces se debe: Mantener la velocidad constante.

9.-) El bloque mostrado en la figura se mueve con velocidad constante, hacia la derecha. El esquema siguiente muestra correctamente la fuerza resultante sobre el bloque.



10.-) Al quitar el polvo a una alfombra se acostumbra extenderla en un tendedero y proceder a golpearla, esto se explicaría según la 1ª ley de Newton ¿cómo? Al polvo se le saca la alfombra.



HOJA DE RESPUESTAS PARA EL EXAMEN  
DE CORRECCION AL FALSO:

1.-) V.

F

2.-) V.

F

3.-) V.

F

4.-) V.

F

5.-) V.

F

6.-) V.

F

7.-) V.

F

8.-) V.

F

9.-) V.

F y se esquematiza como sigue:



10.-) V.

F

En seguida se describe a lo que se refería cada pregunta del 2<sup>do</sup> examen, así como la intencionalidad de cada una de ellas. Las descripciones se realizan en el mismo orden en que aparecieron en el examen, y se escribe por lo regular en la parte final, la ley o leyes de Newton a la que se refería cada pregunta:

- 1.- Describe de manera "lógica", la manera de observar y de explicar el movimiento por la mayoría de las personas; manifestando implícitamente que si es posible el movimiento sin la aplicación de una fuerza. Se intenciona que el alumno piense en que la aplicación de una fuerza en el movimiento tiene como consecuencia la manifestación de un  $\Delta v$ , o sea que, pudiera existir y cte. y por tanto algún movimiento con esta característica. En conclusión esta pregunta se refiere a la 1<sup>ra</sup> ley de Newton.
- 2.- Un esquema de explicación alternativo es pensar que la fuerza es consecuencia del  $\Delta v$ , dejando a un lado la masa, de esta forma se pensaría que la fuerza mayor será provocada por el  $\Delta v$  mayor. Sin embargo se pretende que razonen detenidamente en las fuerzas de acción y reacción, y revisando que el  $\Delta v$  es el resultado de la fuerza, tendrían que llegar a la conclusión correcta; deben tener base en la igualdad entre las fuerzas de acción y reacción, comprendiendo entonces que los productos masa mayor por  $\Delta v$  menor debe ser igual al producto masa menor por  $\Delta v$  mayor. Esta pregunta se refiere a la 2<sup>a</sup> y a la 3<sup>ra</sup> ley de Newton.
- 3.- El alumno debe pensar que en todo el trayecto del cuerpo, se encuentra presente la aplicación de una fuerza constante sobre el cuerpo que se desliza, en contra de su movimiento, esta fuerza tiene como consecuencia un  $\Delta v$  el cual es negativo, pues en cada lapso de tiempo, la velocidad final es menor que la inicial, es decir en cada intervalo recorrido, el cuerpo irá disminuyendo su velocidad. Lo anterior implica que durante el trayecto el cuerpo no permanece en reposo ni con un movimiento rectilíneo uniforme. Además durante cada instante de tiempo el cuerpo se moverá conforme a la resta de las fuerzas, la aplicada anterior (que por cada instante disminuye) y la que está presente durante todo el trayecto (fricción cte.), hasta llegar al estado de reposo que es el momento en que ambas fuerzas se igualan. Esta pregunta se refiere a las tres leyes, pues también deben identificar el cuerpo sobre el que actúa cada fuerza.
- 4.- Para solucionar correctamente, los alumnos deben realizar un análisis por partes de la situación.

Primero deben pensar en el tramo en el que el cuerpo viaja con velocidad constante y analizar lo que sucede (como segunda parte), cuando al cuerpo se le aplica la fuerza para desviar su trayecto, deben tener bien presente que al aplicar la fuerza será consecuencia de esta un  $\Delta v$ , y que como se lleva a cabo sin fricción, en esta nueva dirección se tendrá también otra velocidad uniforme. Entonces el cambio en la velocidad lo podrían hallar pensando en la definición de la misma que es:  $\Delta v = v' - v$  (la velocidad  $v'$  es la adquirida en el cambio en el trayecto). Aquí están presentes las 3 leyes de Newton.

- 5.- Esta pregunta es de la vida cotidiana y por tanto, deberán analizar lo que acontece, cuando ellos mismos han estado en tal situación muchas ocasiones. Al frenar repentinamente se está aplicando una fuerza grande en contra del movimiento del auto, y por lo tanto un cambio en velocidad negativo para este. La fuerza aplicada frena el movimiento del auto, pero cada uno de los pasajeros tiende a conservar la velocidad que traía (la misma que traía el auto). Esto evidentemente es una manifestación de la 1<sup>ra</sup> ley de Newton y no de la 2<sup>a</sup>, como se plantea en la pregunta.
- 6.- Se debe tener presente que para la manifestación de una fuerza son necesarios por lo menos 2 cuerpos, y que no es posible que tanto la acción, como la reacción estén presentes en el mismo cuerpo. Además, al tratar de aplicar el hombre una fuerza sobre el trailer la fricción entre las llantas y el pavimento, no es vencida. Aquí es clara la intención de la 3<sup>a</sup> ley de Newton.
- 7.- Bajo condiciones normales se tiene presente a la fricción, si en el proceso de empujar el auto, este viaja a velocidad constante, esto indica que el hombre debe ejercer una fuerza igual a la fricción la cual debe ser cte, debido a que la fricción, en las ruedas del auto, lo es. El alumno debe analizar minuciosamente la fricción entre las ruedas y el piso y lo que debe hacer el hombre para que la velocidad sea constante, o sea que al realizar la suma vectorial de estas 2 fuerzas no se debe producir un  $\Delta v$ . Aquí se tienen presentes a la 2<sup>a</sup> ley, descubriendo que la fuerza neta es cero y la 1<sup>ra</sup> ley porque tenemos movimiento a velocidad constante.
- 8.- El alumno debe entender claramente que si se mantiene la velocidad constante, no se tendría un  $\Delta v$ . Por otro lado la fuerza tiene como consecuencia un  $\Delta v$ , entonces no se aplicaría una fuerza, lo que implica que se tendría el estado de reposo o bien el

caso de MPU, pues bastaría con que no se tuviera  $v$ . Justo lo que trata la 1<sup>ra</sup> ley, luego si la fuerza aplicada al bloque de hielo es constante, debemos tener  $v$  y no velocidad etc. Aquí también se ve implicada la 2<sup>da</sup> ley.

- 9.- Si el cuerpo se está moviendo con velocidad constante, entonces la fuerza neta debe ser cero y por lo tanto si se quiere representar vectorialmente es posible poner solo un punto. Se nota que se hallan presentes tanto a la 1<sup>ra</sup>, como a la 2<sup>da</sup> ley. Además de que los alumnos deben analizar por medio de la suma de vectores.



- 10.- La respuesta marcada como verdadera, en este caso es correcta, debido a que el sistema alfombra y pelve en un principio se hallan en reposo. Al golpear la alfombra se aplica una fuerza sobre esta, razón por la cual cambia su estado de reposo, por tanto será correcto el hecho de que al polvo se le sacó la alfombra.

### APENDICE III, 1

Preguntas de exploración previas a la aplicación del primer examen de diagnóstico:

Sólo se mencionan algunas con sus respuestas más típicas:

- 1) Cuando a un objeto, tal como un borrador se le aplica un empujón para que este se mueva de manera recta, este luego se detiene, ¿A qué se debe que esto suceda?  
Respuesta: Al cuerpo empujado se le acaba la fuerza.
- 2) ¿Cómo explicaría lo que es un vector?  
Respuesta: Un vector es una flecha, que tiene magnitud, dirección y sentido.
- 3) ¿Cómo se realiza una conversión de unidades?  
Respuesta: Multiplicando siempre por un número prediseñado, como si fuera una fórmula.
- 4) ¿Puede existir movimiento de un cuerpo sin la aplicación de una fuerza?  
Respuesta: No, no puede existir, la fuerza es la que mueve a los cuerpos.
- 5) Si al pupitre se le aplica una fuerza pero no puedo moverlo, ¿A qué se debe esto?  
Respuesta: A que el pupitre te aplica una fuerza más grande que la que le aplicaste y esto se encuentra de acuerdo con la ley que dice: A toda acción corresponde una reacción de igual magnitud y de sentido contrario.
- 6) ¿Porqué puede girar la Luna alrededor de la Tierra y no se cae o se pierde en el infinito?  
Respuesta: Se debe a que la fuerza centrífuga de la Luna se iguala con la fuerza centrípeta, además en esto, tiene mucho que ver el Sol.
- 7) ¿Qué es para ustedes la Física?  
Respuesta: Es una materia difícil, que no sirve para nada, en esta materia se resuelven muchos problemas, cuando el profesor es bueno, que generalmente se realizan despejando en las fórmulas, pero algunas veces se deben convertir de Km/hr a m/seg. Además la Física usa muchas letras, incluso como  $\delta$ ,  $\theta$ ,  $\phi$ ,  $\sigma$ ,  $\rho$ ,  $\mu$ , ...etc. También en Física se desarrollan muchas prácticas que parecen juegos de niños, pues no sirven de nada.....

Para realizar este tipo de preguntas se demora aproximadamente de unas 15 minutos

## APENDICE III.2:

Los diez histogramas que se presentan a continuación, se refieren a la aplicación del examen diagnóstico, correspondientes a los porcentajes de contestación en las opciones de cada pregunta. Por cada pregunta se tenían cuatro posibles opciones (letras A, B, C, D), la correcta se presenta en el histograma en forma sombreada.

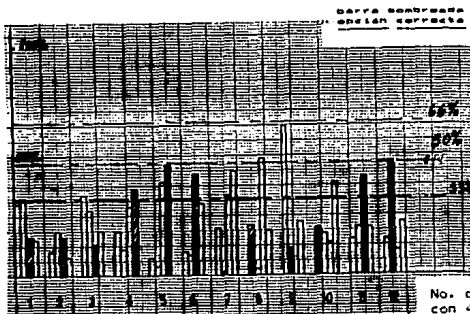
En cada histograma se dibujan tres líneas horizontales correspondientes a los porcentajes 33%, 50% y 66%.

Cabe mencionar que algunas preguntas fueron dejadas en blanco por los alumnos.



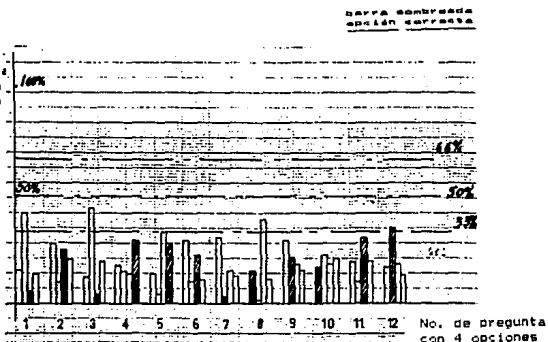
HISTOGRAMA:  
examen diagnóstico  
grupo 514, No de alumnos 19

% de respuesta  
a cada opción  
por pregunta



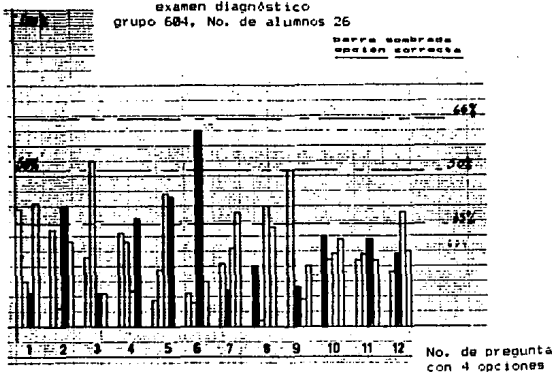
HISTOGRAMA  
examen diagnóstico  
grupo 601, No. de alumnos 18

% de respuesta  
a cada opción  
por pregunta



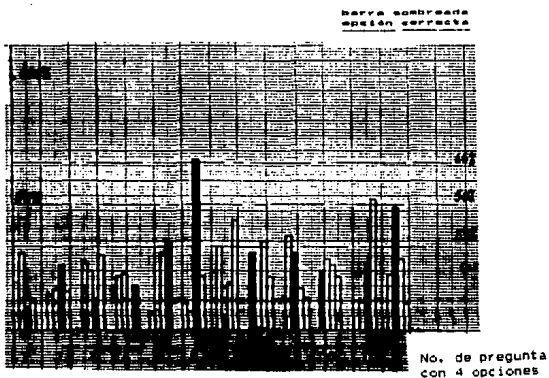
% de respuesta  
a cada opción  
por pregunta

HISTOGRAMA;  
examen diagnóstico  
grupo 604, No. de alumnos 26



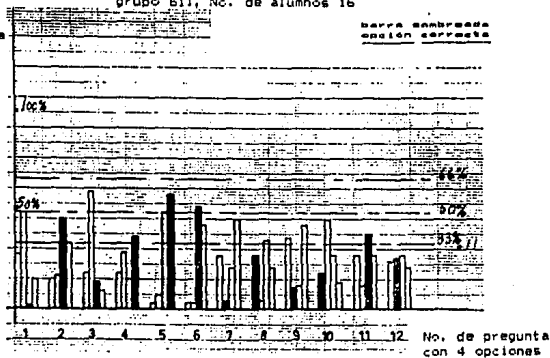
HISTOGRAMA;  
examen diagnóstico  
grupo 605, No. de alumnos 21

% de respuesta  
a cada opción  
por pregunta



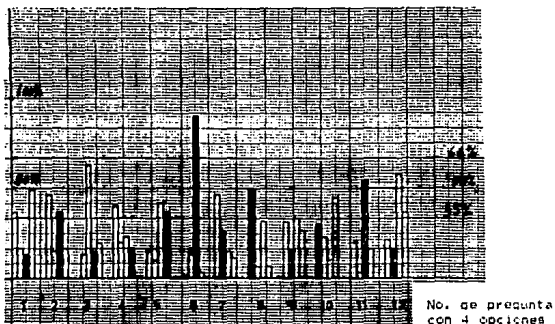
HISTOGRAMA:  
examen diagnóstico  
grupo 611, No. de alumnos 16

% de respuesta  
a cada opción  
por pregunta



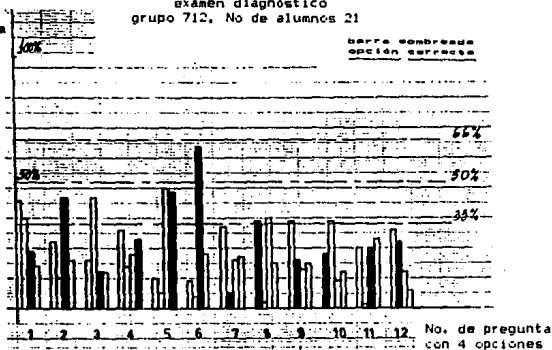
HISTOGRAMA:  
examen diagnóstico  
grupo 614, No. de alumnos 15

% de respuesta  
a cada opción  
por pregunta



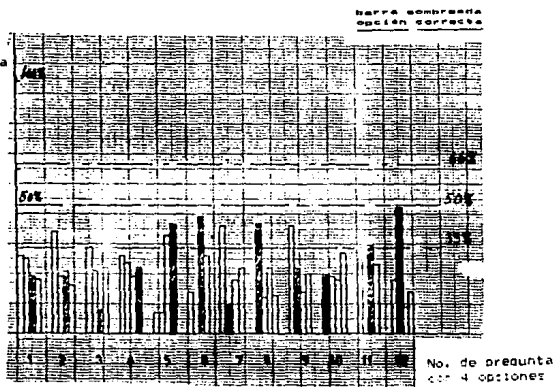
HISTOGRAMA:  
examen diagnóstico  
grupo 712, No. de alumnos 21

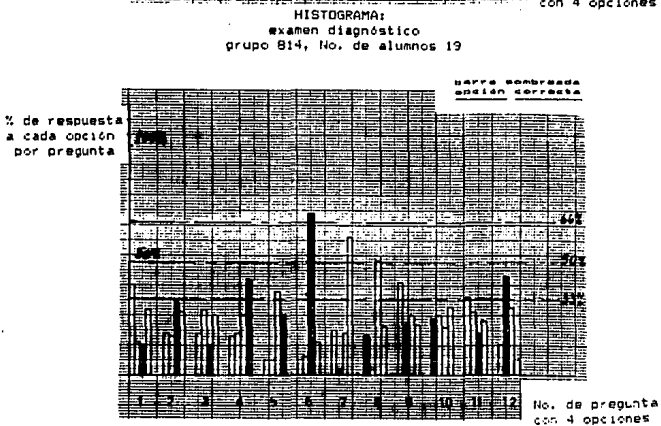
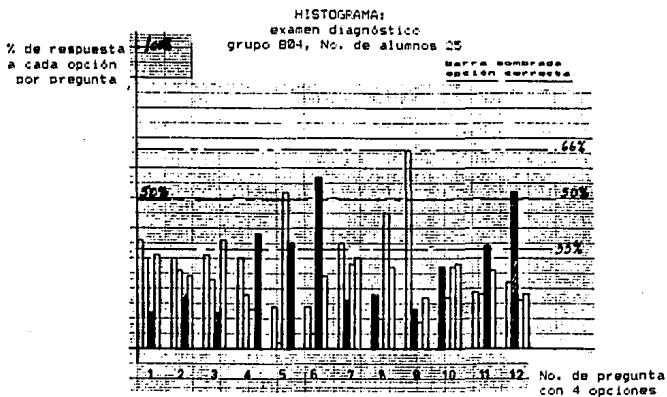
% de respuesta  
a cada opción  
por pregunta



HISTOGRAMA  
examen diagnóstico  
grupo 714, No. de alumnos 21

% de respuesta  
a cada opción  
por pregunta





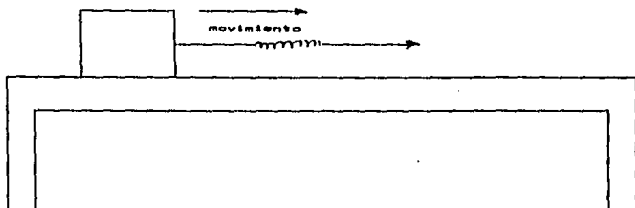
### APENDICE III.3:

#### MATERIAL UTILIZADO PARA LAS EXPERIENCIAS PROPUESTAS:

El material que se usó fue el siguiente:

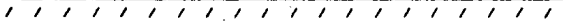
- Placa de vidrio horizontal de 50 cm por 220 cm y 6 mm de espesor.
- Un bloque de hielo seco de 20 Kg de masa.
- Dos cajas de cartón vacías
- Dos bloques también de hielo seco de unos 3.5 Kg
- tres pares de guantes de carnasa
- Secadora de cabellos, extensiones, dos franelas
- Nivel de burbuja de aire
- Monedas para nivelar la placa de vidrio
- Hilo pita, ligas, dos empaques circulares, dos dinamómetros
- Cortinas (del mismo laboratorio)
- Dos pedazos de cuerda de 1.5 m cada uno
- Dos vendas

El montaje del material para la comprensión de la primera ley y de la segunda ley de Newton es similar, y se puede apreciar en el esquema siguiente:



Los guantes se usan para evitar quemaduras con los bloques, así las cajas de cartón vacías se usan para guardar los bloques cuando no se deslizan sobre la placa de vidrio, la secadora de cabello se usa para quitar la escarcha de la placa de vidrio.

Para la tercera ley básicamente se usaron las vendas, las cuerdas los dinamómetros, y la constante intervención de tres compañeros:



Compañeros alumnos que intervienen en el diseño de los "momentos didácticos", para la comprensión de la tercera ley de Newton del movimiento. Estos compañeros deben ser vendados de los ojos y en ciertos momentos son sacados del laboratorio para poder interrogar a los demás compañeros del grupo, así como también en su momento oportuno son llamados al laboratorio para poder ser interrogados.

APENDICE III.4:

(A)

OTRAS ALTERNATIVAS PARA REFORZAR LA 2<sup>a</sup> LEY USANDO LOS CONCEPTOS DE ACELERACION Y DE VELOCIDAD INSTANTANEA

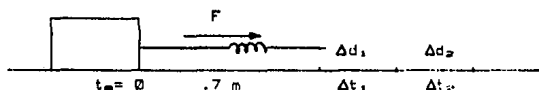
Como es sabido por la mayoría en la 2<sup>a</sup> ley de Newton, se pasa con frecuencia del signo de proporcionalidad al signo de igualdad, sin poner el debido cuidado en la constante de proporcionalidad, teniendo entonces:

$$a \propto \frac{F}{m} \text{ se escribe: } a = \frac{F}{m}$$

$$\text{pero realmente sería: } a = cte \frac{F}{m}$$

Sería posible realizar las siguientes experiencias para entender lo anterior:

Con el dispositivo del bloque de hielo seco y la rampa de vidrio horizontal, y para una masa constante de 9 kg. por ejemplo, aplicar una fuerza constante, dada por la elongación cte. del resorte, y medir la aceleración provocada. Para lograr tal medida se puede proceder como sigue: marcar dos intervalos de distancias  $\Delta d_1$  y  $\Delta d_2$  iguales consecutivas (ej. rangos de .2 m), posteriores al punto de partida, por ejemplo luego de unos .7 m; medir los tiempos de tales recorridos, calculando las dos velocidades medias, (ver dibujo). Repetir unas 5 veces para promediar los tiempos y tener una mejor aproximación:



Encontrando las velocidades medias:  $v_1 = \frac{\Delta d_1}{\Delta t_1}$  y  $v_2 = \frac{\Delta d_2}{\Delta t_2}$ ; siendo  $\Delta t_2 < \Delta t_1$ , se tiene que  $v_2 > v_1$ .

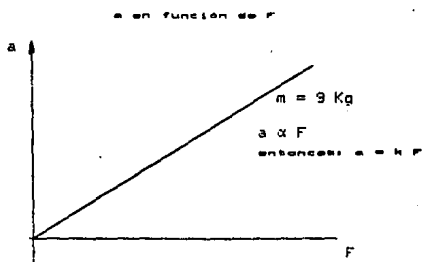
Al tomar estas velocidades medias como una aproximación de las velocidades instantáneas correspondientes a los tiempos de recorrido  $t_1$  y  $t_2$  que se encuentran al centro de  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$  pero tomados esos tiempos de recorrido desde el inicio del movimiento, calcular aproximadamente la aceleración.

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

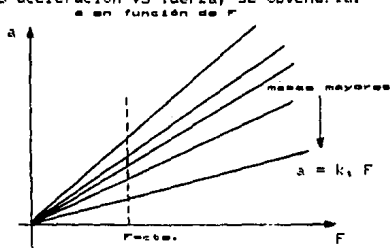
Repetir varias veces el mismo experimento pero cada vez solicitando 2F, 3F, 4F... Siendo F la fuerza inicial aplicada, obteniendo la tabla de valores a graficar, esto es, aceleración VS fuerza. Esperando un gráfico similar a la



siguiente:



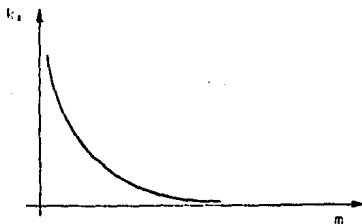
Repetiendo el mismo experimento para distintas masas siendo estas de preferencia múltiplos y submúltiplos de la 1era y también graficando aceleración VS fuerza, se obtendría:



Las constantes  $k_i$  representan las distintas pendientes, y se deduce que estas son función de la masa. Entonces se puede graficar masas VS  $k_i$ :

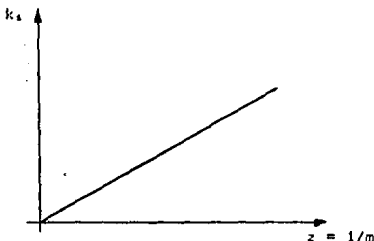
masas	$k_i$
m1	k1
m2	k2
m3	k3
.	.
.	.
.	.

Esperando una grafica como:  
 $k_i$  en función de m



Realizar el cambio de variables:  $z = 1/m$  y graficar

$k_1$  VS  $z$  , obteniendo una gráfica parecida a la siguiente:



Con la pendiente de esta recta se tendría:  $k_1 = \text{cte } 1/m$  y combinando la relación anterior se llega a:

$$a = \text{cte } \frac{F}{m}$$

Ahora restaría definir las unidades, para lo cual se puede proceder como sigue:

Si se trabaja con un sistema de unidades predefinidas por ejemplo:

$$a = \frac{m}{s^2} ; m = \text{kg} ; F = \text{kg} ; \text{ Se tendría:}$$

$$a = g \frac{F}{m} ; \text{ donde } g = 9.8 \frac{\text{kg m/s}^2}{\text{kg}}$$

$$F = \frac{1}{g} m a$$

Esto se puede escribir como:  $F = 1 \frac{m}{g} a$  ; si la fuerza provocada es de 1 kg, y la aceleración fuera de 1 m/s<sup>2</sup>, se tendría que redefinir la masa como 9.8 kg, y a esta nueva masa se le puede llamar  $m^*$  , por tanto:

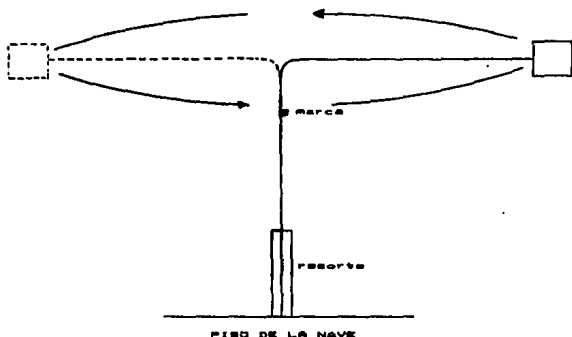
$F = m^* a$  ----- Siendo  $m^*$  redefinida de la unidad de masa.

Es importante mencionar ahora unas formas hipotético-experimentales para medir la masa inercial en el caso de ingravidez.

APENDICE III.4  
 (B)  
 COMO MEDIR LA MASA DONDE NO EXISTE  
 GRAVEDAD:

Por ejemplo podemos pensar en que estuviéramos en una nave espacial, fuera de la fuerza gravitatoria de cualquier cuerpo celeste. Con el material que estuvimos trabajando se podría proceder de la siguiente manera:

Con un pedazo del resorte de polyester y unos hilos, es posible fijar en el piso de la nave un extremo del resorte, y al otro extremo colocar un pedazo de hilo, amarrado de tal forma que se tenga hilo suficiente para poder poner en movimiento circular a los distintos bloques de hielo seco, en este caso, (parecido a la cuerda de los rodeos). En el tramo de hilo que sería vertical, tomando como referencia el suelo de la nave, fijar una marca, como se muestra enseguida:



Se puede medir el tiempo de algún número de oscilaciones del cuerpo, y si se carece de reloj o cronómetro es posible realizarlo con los latidos de corazón, de algún astronauta que no presente síntomas de nerviosismo. Conociendo la frecuencia y el radio que se incrementará (según la marca), se puede obtener la velocidad tangencial:

$$v_e = 2\pi r f \text{ -----(I)}$$

Luego así, la aceleración centrípeta:  $a_c = \frac{v_e^2}{r}$  -----(II)

Ahora se sabe que la fuerza centrípeta es:

$F_c = m a_c$ , pero también esta  $F_c$  es igual a la fuerza real

zada por el resorte, entonces

$F = -k x$ , que será igual a  $F_g$ ; Omitiendo el signo menos:

$$k x = m a_e, \text{ despejando } m; \text{ tenemos: } m = \frac{k x}{a_e}$$

La  $a_e$  se procura sea constante, y en la ecuación se observa que:

$$m \propto x.$$

La  $x$  sería la elongación que presenta el resorte, determinada por la distancia que "subiría" la marca.

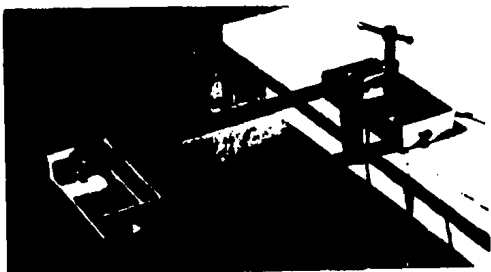
Entonces se tendría que, si se define la masa como unitaria es posible hallar múltiplos y submúltiplos de ella,

#### APENDICE III.4

(C)

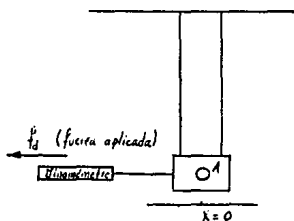
#### OTRA FORMA DE MEDIR LA MASA INERCIAL:

Para determinar la masa inercial de un objeto es posible producir un movimiento periódico, una forma de poder lograrlo es con el aparato conocido como balanza inercial (siguiente figura):

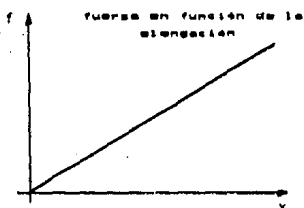


El objeto al que se le desea medir la masa se coloca en la ranura A, posterior a esto, mediante un dinamómetro se le saca de equilibrio de tal modo que al dejar de aplicar la fuerza con el dinamómetro ( $f_d$ ) el aparato se pone a oscilar, como se indica en la siguiente figura:

Vista superior



Es posible llevar a cabo este proceso para diferentes fuerzas  $f_d$ , lo que ocasionaría diferentes elongaciones. Al graficar la fuerza aplicada (con el dinamómetro) contra las elongaciones (siendo la posición inicial  $x = 0$ ), se esperaría una gráfica como la siguiente:



Siendo la pendiente k

Entonces se tiene:

$$F = -kx; \quad -kx = m\ddot{x} \quad ; \quad \ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$

Esta ecuación diferencial tiene soluciones en función de senos y cosenos, por tanto sea:

$$x = A \cos \omega t \text{ -----(I)}$$

Donde  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$  (similar al péndulo simple)

$$x = A \cos \sqrt{\frac{k}{m}} t \text{ -----(II), por otro lado se sabe}$$

que  $\omega = 2\pi f$ , o sea  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ; igualando se tiene en los argumentos de las ecuaciones (I) y (II):

$$\sqrt{\frac{k}{m}} t = \frac{2\pi}{T} t \quad ; \quad \text{despejando la masa:}$$

$$m = \frac{T^2 k}{4\pi^2}$$

Lo cual nos daría el valor de la masa (experimentalmente).

Como un dato extra se puede citar la forma en que miden su masa los astronautas; estos usan un aparato de medición de masa. Diseñado para usarse en vehículos espaciales en órbita. El aparato es una silla montada sobre resortes; el astronauta mide su período de oscilación en la silla; la masa se deduce de la fórmula para el período de un sistema oscilatorio bloque-resorte se tiene:

$$M = (4\pi^2)T^2 - m \quad , \quad M = \text{masa del astronauta,}$$

m = masa efectiva del aparato que también oscila.

También es posible extender las leyes de Newton al caso de dos dimensiones.

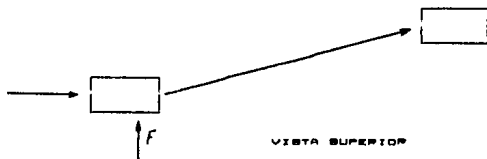
\* Resnick 4ta edición, pp 275.

APENDICE:

(D)

EXTENSION DE NEWTON AL MOVIMIENTO DE DOS DIMENSIONES

En la segunda experiencia para el logro del 3er momento didáctico concerniente a la 2da ley de Newton, se aplicó una fuerza impulsiva de corta duración, y cuando el bloque ya estaba en movimiento rectilíneo se logró observar el carácter vectorial de la fuerza aplicada, mostrando también la coincidencia entre las direcciones de la fuerza y del cambio en la velocidad, además esta fuerza impulsiva fue aplicada en forma perpendicular a la trayectoria del bloque. (ver dibujo):



El carácter vectorial de la fuerza aplicada, induce a pensar en el caso en dos dimensiones en la aplicación de la 2da ley de Newton. Además en la experiencia descrita en líneas anteriores se observó que la aplicación de esta fuerza, que llamaremos deflectora, solo cambió la dirección del movimiento del bloque y no la magnitud de su velocidad (se vió en forma aproximada).

Si aplicáramos una serie de fuerzas deflectoras (mediante puñetazos), todas de igual magnitud y misma duración siempre en dirección perpendicular a la trayectoria del bloque (las cuales serían impulsivas e instantáneas), procurando que este se desplace más o menos a la misma distancia entre cada "precisa" aplicación, la trayectoria de éste sería un polígono regular recorriendo cada uno de sus lados con la misma rapidez; es lógico suponer que de poder aplicar similarmente fuerzas deflectoras, en un número mayor de ellas, la trayectoria recorrida sería un polígono de más lados; de esta forma podríamos extrapolar y pensar que de aplicar una fuerza deflectora constante se tendría una trayectoria circular. Así, la dirección de la fuerza deflectora está dirigida hacia el centro de curvatura en una trayectoria.

En este momento es recomendable ver la filmación del PSSC correspondiente a las fuerzas deflectoras\* y seguir así: sus guiones y experiencias sugeridas, realizadas desde luego, adaptando con el material propuesto en éste apéndice.

\* Utilizaría como auxiliar didáctico en la comprensión del concepto de fuerza deflectora.

### APENDICE III.5

Es recomendable dirigirnos a los docentes que conocen las leyes de Newton del movimiento, o mejor dicho, que creen conocerlas. Para lograr esto se mencionará la forma más común en que se conocen estas leyes, y se pondrán en evidencia algunas de sus frases mediante algunos contraejemplos. Así también, se mencionarán cosas que frecuentemente se piensan para salvar esas frases y por tanto dichas leyes, y se analizarán algunos casos concretos sobre algunas de estas leyes.

Iniciemos con la primera ley, esta dice: Todo cuerpo continúa en su estado de reposo, o de movimiento uniforme y rectilíneo, a menos que sea impelido a cambiar dicho estado por fuerzas ejercidas sobre él (1). Enfatizado algunas palabras deliberadamente es posible pensar en algunos contraejemplos:

Podemos preguntarnos: ¿qué significa, todo cuerpo?. Se podría pensar que es cualquier cosa en el universo. Entonces el cuerpo, ¿podría ser una granada?, (de las usadas para el ejército). Veamos que sucede: si tiene el seguro no sucede nada y seguiría en reposo. Pero sin seguro luego de un tiempo, explota y ninguna fuerza fue ejercida sobre la granada en ningún momento, o sea que, de manera espontánea ya no está en reposo.

Tal vez se intentaría definir el término cuerpo pensando en la estructura del mismo, pero se sabe a nivel empírico que todo cuerpo macroscópico tiene una estructura interna. De esta forma la 1era ley parecería inaplicable a cualquier cuerpo. Además si se tratara de una "partícula elemental" entraría en juego el principio de incertidumbre de Heisenberg.

Si se introduce el concepto de centro de masa se podría pensar que se resuelve el problema, pero el concepto del movimiento del centro de masa de ninguna manera es simple, involucra la 3era ley y también la constancia de la masa (es decir independencia de la velocidad), y estos dos aspectos tienen sus limitaciones.

Las frases siguientes referentes al estado de reposo y el movimiento rectilíneo uniforme, no tendría sentido mencionarlas, a menos que se contara con un sistema de referencia. Así se sabe que el carácter del movimiento depende del sistema de coordenadas que se escoja. Por ejemplo, "un cuerpo que está sobre el piso de un vagón en movimiento permanece en reposo con relación a un sistema fijo en el vagón, pero se mueve con relación a un sistema de coordenadas tomado en la vía (2).

(1) pp 21; Francis W. Sears, M. W. Zemansky, F. G.

(2) pp 20; L. Tarásov, A. Tarásova, preguntas y prob. de Fís.



En realidad parece imposible lograr una condición en la que el cuerpo no esté sujeto a ninguna fuerza, y debemos conformarnos con cierto grado de aproximación.

La última palabra es la fuerza, y de esta, parece que la mayoría tiene un concepto intuitivo de empujones y/o jalones, o bien un esfuerzo muscular. Sin embargo podríamos pensar en las dos situaciones siguientes:

Al suspender un cuerpo como el borrador en el aire a una cierta altura y dejarlo libre, este inicia la caída; entonces se acepta que existe la fuerza de gravedad actuando sobre el cuerpo. Sin embargo no existió ningún empujón o jalón, y nos parece obvio aceptar la existencia de tal fuerza.

Ahora bien cuando un mago levita a una de sus ayudantes, de antemano sabemos que se trata de un truco, pero si lo hiciera una persona que supuestamente con la concentración mental controla su cuerpo, pensaríamos en una situación en la cual, se aplica una fuerza y sin embargo se tiene el reposo. Es probable que se piense que la fuerza de la yoga estaría controlando a la fuerza de gravedad, e incluso tratar estos casos como cosas sobrenaturales.

Pasando ahora a la 2ª ley, la cual dice: " Siempre que una fuerza no balanceada actúe sobre un cuerpo, se produce una aceleración en la dirección de la fuerza que es directamente proporcional a esta e inversamente proporcional a la masa del cuerpo" (2). Es recomendable mencionar, que se debe ver el comportamiento del cuerpo, cuando la fuerza resultante que actúa sobre él no es cero.

Una forma de definir matemáticamente esta ley, pero que es confusa porque define 2 cantidades, la fuerza y la masa, es:

$$F = \frac{d}{dt} (mv) \text{ -----(1) momento lineal}$$

Pero una ecuación no puede hacer esto.

Es importante reflexionar sobre el concepto de masa, se sabe que es la cantidad de materia contenida en un cuerpo, pero en este nivel la masa se maneja en diferentes contextos; entre ellos se tienen la masa inercial, la gravitacional y la reducida.

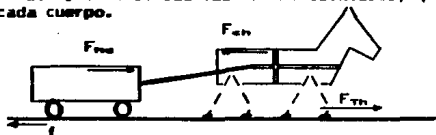
De la masa inercial y la gravitacional la diferencia más sencilla es la manera en que se pueden medir; pues la gravitatoria se mide por medio de una balanza y la inercial aplicando una fuerza al objeto, determinando su aceleración. Sin embargo las propiedades de ambas son semejantes y por tanto son proporcionales.

(2) Tipler, Ed. Mc Graw Hill, pp 72.

De la masa reducida se puede mencionar que se trata de una manipulación matemática, y su principal utilidad es reducir un problema de varios cuerpos a uno de un solo cuerpo.

En la 3<sup>era</sup> ley la cual establece: a toda acción existe igual y opuesta una reacción (4). Generalmente el error más común que cometemos es creer que a cada fuerza corresponde otra, igual y opuesta y que la resultante siempre será cero; de esta forma según la 1<sup>era</sup> ley estos sistemas estarían en equilibrio de traslación, razón por la cual jamás se podría producir cambio en la velocidad y esto contradice nuestra experiencia cotidiana. (5)

La complicación anterior que es la más común se debe a que no se reconocen las fuerzas que interaccionan sobre los cuerpos, entonces en donde interviene la 3<sup>era</sup> ley es recomendable hacer los esquemas dibujando las fuerzas que actúan sobre cada uno de los cuerpos involucrados. A continuación se presenta un ejemplo de las fuerzas que interactúan en el caso de una carreta que es jalada por un caballo, en dicho esquema se han dibujado solo las fuerzas horizontales, que actúan sobre cada cuerpo.



El caballo y la carreta se mueven como un sistema, llamemos a las fuerzas como sigue:

$F_{hc}$  = fuerza del caballo sobre la carreta

$F_{ch}$  = fuerza de la carreta sobre el caballo

$F_{Tt}$  = fuerza de tracción (resistente entre las pezuñas y la Tierra)

$f$  = fuerza retardadora (resistencia)

Las fuerzas  $F_{hc}$  y  $F_{ch}$  efectivamente, son iguales y opuestas, pero no se pueden poner en equilibrio, porque una actúa sobre la carreta y la otra sobre el caballo, ni son las que producen el movimiento en conjunto.

En la aceleración de la carreta intervienen la fuerza aceleradora  $F_{hc}$  y la fuerza retardadora  $f$ ; la ecuación vectorial correspondiente es

$$m_1 a_1 = \vec{f} + \vec{F}_{hc}$$

El caballo también está acelerado con una aceleración  $a_2$  y las fuerzas que sobre él obran son: hacia atrás  $F_{ch}$ , que es la reacción correspondiente a la carreta; hacia delante obra la fuerza de tracción  $F_{Tt}$ , que es la reacción que la Tierra produce sobre las pezuñas del caballo, correspondiente a la

acción de la pezuñas contra la Tierra; para que haya esta fuerza de tracción se necesita rozamiento entre la Tierra y las pezuñas del caballo. La ecuación vectorial correspondiente a la aceleración del caballo es

$$m_2 \vec{a}_2 = \vec{F}_{TN} + \vec{F}_{cN}$$

De las ecuaciones anteriores se sabe que  $a_1 = a_2$  y que  $F_{nc} = -F_{cn}$ ; entonces, sumando miembro a miembro resulta (si llamamos a la aceleración del sistema "a")

$$\begin{aligned} m_1 a + m_2 a &= \vec{f} + \vec{F}_{nc} + \vec{F}_{TN} + \vec{F}_{cN} \\ a(m_1 + m_2) &= \vec{f} + \vec{F}_{TN} \end{aligned}$$

O sea que, la masa total es acelerada por la resultante de las fuerzas externas al sistema, es decir, la reacción que por rozamiento dé lugar a la fuerza de tracción y la fuerza de rozamiento que se opone al movimiento. (6)

A continuación se hablará un poco a cerca de la mecánica de Lagrange:

Cualquier sistema mecánico que se resuelve por las ecuaciones de Newton es posible encontrarle solución por el método de Lagrange, obteniendo así idénticos resultados. De esta forma entre ambos métodos la única diferencia radica en los procedimientos. Entre estos dos puntos de vista las diferencias principales son que: En los procedimientos de Newton se pone énfasis en la fuerza que actúa sobre el cuerpo; en los de Lagrange se manejan magnitudes asociadas al cuerpo, éstas son las energías cinética y potencial.

En la formulación de Lagrange no aparece la idea de fuerza. Esto constituye una ventaja especial, dado que la energía es un escalar y un sistema visto así, se verá invariable respecto a cambios de coordenadas, además con esto, será posible pasar del espacio ordinario (en donde las ecuaciones de movimiento pueden ser muy complicadas) a un espacio de configuración\* elegido de tal modo que para cada problema dé lugar a una simplificación máxima. Además con frecuencia los análisis se hacen en términos de magnitudes vectoriales, pero en la formulación lagrangiana las ecuaciones de movimiento se obtienen en función de operaciones escalares en un espacio de configuración.

Ahora bien, se ha hablado hasta este momento de una diferencia importante entre las formulaciones de Newton y Lagrange, pero en esta última formulación se tiene:

La función Lagrangiana de cualquier sistema mecánico se define como:

- (\*) A.K. Raychaudhuri, Classical Mechanics, Oxford, pp 1-9
- (\*\*) Meklvey, Grech, F. C. I, 1era Ed. Haria pp 24
- (\*) S. Mosquera, F. Preuniversitaria, Ceca, 1991, pp 188-89

$L = T - U$ ; Donde  $T =$  energía cinética, y  $U =$  energía potencial  
y la ecuación de Lagrange para un sistema conservativo es:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0$$

A continuación se encontrará la equivalencia entre las formulaciones de Newton y Lagrange para dos casos particulares. Suponiendo una partícula en un campo gravitatorio (caída libre), para la cual las coordenadas generalizadas son las coordenadas rectangulares, entonces las ecuaciones de Lagrange son:

$$\frac{L}{x_i} - \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{x}_i} \right) = 0 \quad \text{donde } i = 1, 2, 3.$$

Pero como  $L = T - U$ , tenemos:

$$\frac{\partial(T-U)}{\partial x_i} - \frac{d}{dt} \left[ \frac{\partial(T-U)}{\partial \dot{x}_i} \right] = 0, \text{ pero sabemos que: } T = \frac{1}{2} m v^2$$

Por tanto  $T$  es función de  $\dot{x}$ ,  $T(\dot{x})$ , y  $U = mgh$ , es función de  $x$ , obteniendo  $U(x)$ , de esta forma las derivadas son:

$$\frac{\partial T}{\partial x_i} = 0 \text{ y } \frac{\partial U}{\partial x_i} = 0, \text{ Entonces la ecuación de Lagrange será:}$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_i} - \frac{\partial U}{\partial x_i} - \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_i} - \frac{\partial U}{\partial \dot{x}_i} \right) = 0$$

$$- \frac{\partial U}{\partial x_i} = \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_i}, \text{ por ser el sistema conservativo:}$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_i} = F, \text{ Entonces:}$$

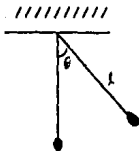
$$- \frac{\partial U}{\partial x_i} = F_i \text{ y } \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_i} = \frac{d}{dt} \frac{\partial}{\partial \dot{x}_i} \left( \sum_{j=1}^3 \frac{1}{2} m \dot{x}_j^2 \right) = \frac{d}{dt} m \dot{x}_i = p_i$$

Llegando a  $F = \dot{p}_i$ .

$$\text{Resultando que la ecuación inicial: } \frac{\partial T}{\partial x_i} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{x}_i} = 0$$

da la relación usada en la 2<sup>da</sup> ley de Newton.

Considerese el caso del péndulo simple en donde la Lagrangiana y la ecuación que describe el movimiento se obtiene como se describe a continuación. Estos resultados se contrastan con los obtenidos por los métodos de Newton para determinar la Lagrangiana del péndulo simple  $L = T - U$ , se consideran las coordenadas polares en donde los desplazamientos están descritos por:  $S = \theta$



Entonces  $L$  es;  $L = T - U$   
 y como se mencionó ya, los  
 desplazamientos son  $S = l \theta$ .

$l = \text{cte.}$   
 $\frac{d}{dt} S = \text{velocidad}$

Entonces:  $\frac{d}{dt} S = l \dot{\theta}$ , ahora la

Energía es:  $T = \frac{1}{2} m (l^2 \dot{\theta}^2)$ , y la energía potencial:

$U = mgh$ , donde  $h = l(1 - \cos\theta)$ ; ahora se tiene:

$L = \frac{1}{2} m (l^2 \dot{\theta}^2) - mgl(1 - \cos\theta)$ , o sea

$L = m \left[ \frac{1}{2} l^2 \dot{\theta}^2 - gl(1 - \cos\theta) \right]$ , y en general se tiene que:

$\sin\theta \approx \theta$ , si  $\theta$  es pequeño. La ecuación de Lagrange es:

$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} - \frac{\partial L}{\partial \theta} = 0$ , entonces:  $\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} = \frac{\partial}{\partial \dot{\theta}} \left[ \frac{1}{2} m l^2 \dot{\theta}^2 - mgl(1 - \cos\theta) \right]$

y  $\frac{\partial L}{\partial \theta} = \frac{m}{2} l (2\dot{\theta}) = m l \dot{\theta}$ , y esto derivado respecto al tiempo

por:  $\frac{d}{dt} (m l \dot{\theta}) = m l \ddot{\theta}$

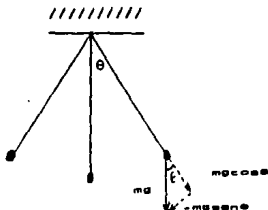
Juntando:  $\ddot{\theta} m l^2 + mgl \sin\theta = 0$ , o

$\ddot{\theta} + g \sin\theta = 0$  -----Ecuación del movimiento.

y aplicando que  $\sin\theta \approx \theta$ ; tenemos:

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \theta = 0$$

Ahora el mismo problema, con la ecuación de movimiento por el método de Newton es:



El cuerpo se mueve en un  
 arco de circunferencia y  
 las fuerzas que actúan so-  
 bre el cuerpo son su peso  
 $mg$  y la tensión  $F_c$ . En  
 tonces se tendrán dos ti-  
 pos de aceleraciones, la  
 radial y la tangencial,  
 así como la restricción:  
 $r = l$ .

De esta forma se tiene:

$$\text{Aceleración radial } a_r = \frac{v^2}{l} \text{ y}$$

$$\text{la aceleración tangencial } a_{\theta} = l \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

Entonces por la 2<sup>a</sup> ley de Newton la fuerza radial será:

$F_r = ma_r$  y la  $F_{\theta} = ma_{\theta}$  y se observa de la figura que  $F_{\theta} = -mg \sin\theta$ , el menos se debe a que se opone al desplazamiento y se tiene:

$$m l \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg \sin\theta \quad \text{--- (I) ; Para la otra componente tenemos:}$$

Si  $S = l\theta$  ;  $\frac{dS}{dt} = l\dot{\theta}$  , por tanto  $(S')^2 = l^2\dot{\theta}^2$ , para  $a_r = \frac{v^2}{l}$

$a_r = \frac{l\dot{\theta}^2}{l}$  entonces según la figura;  $-m\dot{\theta}^2 = mg \cos\theta - F_c$  por tanto

la tensión:  $F_c = mg \cos\theta + m\dot{\theta}^2$  --- (II)

(Lo que implica que la tensión no es igual a  $mg \cos\theta$ ).

De la ecuación (I) se tiene:  $m l \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg \sin\theta$ ;  $m\dot{\theta} = -mg \sin\theta$

y  $\ddot{\theta} = -\frac{g}{l} \sin\theta$  --- (III), si  $\theta \ll 1$ , entonces  $\ddot{\theta} = -\frac{g}{l} \theta$

Obteniendo  $\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \theta = 0$

Mostrado que se llega a la misma ecuación

De esta forma se observa que ambos métodos llevan a ecuaciones de movimiento idénticas.

Si la ecuación (III) se multiplica por  $\dot{\theta}$ ;

$$\dot{\theta} \ddot{\theta} = -\frac{g}{l} \dot{\theta} \sin\theta \text{ esto sería, } \frac{d}{dt} \frac{1}{2} \dot{\theta}^2 = \frac{g}{l} \frac{d}{dt} \cos\theta;$$

ahora si  $\dot{\theta} = 0$  si  $\theta = \theta_0$  dando  $\frac{1}{2} \dot{\theta}^2 = \frac{g}{l} \cos\theta_0 + \text{cte.}$

\* El espacio de configuración es aquel en donde un problema de n partículas puede representarse como un problema de una partícula en 3D.

\*\* Marcelo Alonso, Edward J. Finn, Física, Addison-Wesley; Iberoamericana spaa.

#### APENDICE IV. 1:

##### TAPAS CON DISPOSITIVO DE GLIBO (LUBRICADO POR AIRE)

El "disco" debe hacerse de material plano y liso, funciona muy bien alguna tapa de crema de material plástico, o algún otro material. En el centro de la tapa se hace un pequeño orificio y es recomendable usar un poco de plastisolid para formar una pequeña "montaña" de tal modo que se forme un tubillo para conectar el globo y quede fijo en ese soporte.

Al colocar el globo y este deja escapar su aire, se forma un "colchón de aire". Por esta razón el "disco" se podrá deslizar de tal modo, que entre las superficies de contacto casi no habrá fricción, tal como se muestra en el siguiente esquema:

