

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Educación

LA ENSEÑANZA DE LA FISICA, UNA  
PROPUESTA EXPERIMENTAL

BAYARDO ARTURO MEJIA MONZON

Trabajo de investigación presentado para  
optar al grado académico de  
Licenciado en Educación.

Guatemala

1982

LA ENSEÑANZA DE LA FISICA, UNA  
PROPUESTA EXPERIMENTAL

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Educación


LA ENSEÑANZA DE LA FISICA, UNA  
PROPUESTA EXPERIMENTAL

BAYARDO ARTURO MEJIA MONZON


Guatemala

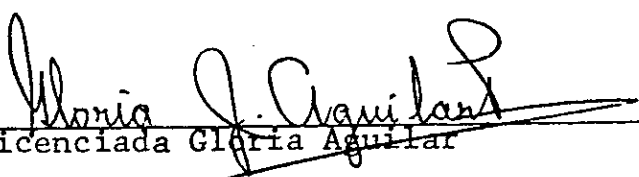
1982

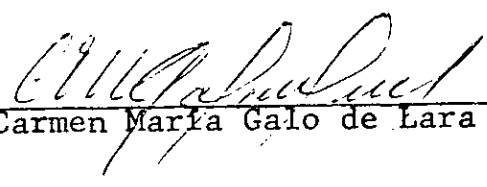
Vo. Bo. :

(f)   
Licenciada Carmen María Galo de Lara  
Asesor

Tribunal:

(f)   
Licenciado Ricardo Antillón

(f)   
Licenciada Gloria Aguilar

(f)   
Licenciada Carmen María Galo de Lara

Fecha de aprobación: 27 de noviembre de 1982

## A MANERA DE PREFACIO

"Despojemos a nuestros hijos de las pesadas armaduras con que creemos protegerlos. Limitemos a lo indispensable lo que deben aprender como información, y eduquémoslos en el espíritu de los nuevos tiempos, cuyas virtudes cardinales deben ser: serenidad ante las situaciones de peligro; imaginación indispensable para desenvolverse en un mundo que cambia aceleradamente; coraje y empuje para la acción; entusiasmo para el trabajo solidario y cooperativo; persistencia, basada en el esfuerzo milenar de la humanidad, en la búsqueda de una mayor felicidad y justicia".

Gastón Berger

"La responsabilidad de lograr la interacción de la física con la sociedad adquiere una gran importancia en las escuelas secundarias, porque es en ellas donde los futuros físicos tratan a todos los futuros ciudadanos. Como la mayor parte de las decisiones cruciales que nuestra sociedad deberá encarar en el futuro (y en el presente) tendrán componentes científicos, es importante que los ciudadanos conozcan y confíen en la ciencia como en los científicos".

J. M. Flower

## CONTENIDO

	Página
A MANERA DE PREFACIO	ix
RESUMEN	xiii
I. INTRODUCCION	1
II. DESARROLLO DEL TRABAJO	5
A. El problema	5
B. Justificación	6
III. FUNDAMENTACION TEORICA	9
IV. METODOLOGIA	21
A. El problema	21
B. Variables	22
C. Definiciones operacionales	22
D. Hipótesis	22
E. Diseño estadístico	23
F. Población y muestra	25
G. Instrumentos	26
H. Procedimientos	27
1. Metodología empleada en el grupo control	28
2. Metodología empleada en el grupo experimental	29
V. RESULTADOS	41
A. Análisis de los resultados de la prueba inicial	41

	Página
B. Análisis de los resultados del cociente intelectual	45
C. Análisis de los resultados de la prueba final	46
VI. DISCUSION DE LOS RESULTADOS	49
VII. CONCLUSIONES	55
VIII. RECOMENDACIONES	57
ANEXOS	61
A. Cálculos y resultados estadísticos de la prueba inicial	63
B. Cálculos y resultados estadísticos del cociente intelectual	65
C. Cálculos y resultados estadísticos de la prueba final	67
D. Tabla de especificaciones del test inicial	69
E. Prueba inicial	71
F. Tabla de especificaciones del test final	79
G. Prueba final	81
H. Plan de unidad	85
BIBLIOGRAFIA	89

## RESUMEN

La Enseñanza de la Física y el aprendizaje de ésta es en la actualidad motivo de preocupación. Se reconoce que el método que se emplea al enseñar, tiene alto grado de responsabilidad en el resultado del aprendizaje.

El propósito de este estudio fue examinar el aspecto metodológico referente a la enseñanza de la Física. En especial las variables responsables del éxito en el aprendizaje.

Para los propósitos de este trabajo se ensayó un método diferente al que regularmente se había usado con estudiantes del quinto año de bachillerato del Colegio Americano de Guatemala. Se trabajó con dos secciones, teniendo así, un grupo control y un grupo experimental. Al grupo control se le enseñó utilizando el método tradicional y al grupo experimental con el método propuesto en este estudio, el cual siguió los siguientes pasos: 1) adquisición de la información; 2) puesta en común; 3) clase magistral; 4) problemas y ejercicios; 5) laboratorio; 6) nuevos problemas; 7) evaluación.

Al iniciar el experimento se le pasó a ambos grupos una prueba que exploró si tenían o no los conocimientos, conceptos e ideas necesarias para iniciar la unidad experimental. También se controló el cociente intelectual de ambos grupos ya que se pensó que éste podía ser una variable influyente en el resultado final o durante el experimento.

En ambos casos se trabajó con un alfa de 0.05 utilizando el estadístico "t" de Student para grupos con varianzas homogéneas, encontrando que no había diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los resultados, tanto para la prueba inicial como para el cociente intelectual.

Después de haberse aplicado el método experimental propuesto, se administró, a ambos grupos, la prueba final. Se obtuvo como resultado que, con un alfa de 0.05 y con el estadístico "t" de Student para varianzas homogéneas, había diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los resultados obtenidos en la prueba.

El estudio mostró que el rendimiento de los estudiantes de la clase de Física del grupo experimental fue más alto que el del grupo de los estudiantes a quienes no se aplicó la metodología experimental, objeto de la presente investigación, con lo cual la hipótesis planteada en el estudio pudo ser comprobada.

## I. INTRODUCCIÓN

Al pensar en educación, no es posible dejar de pensar -entre otras cosas- en el futuro. En la práctica educativa, la función enseñanza-aprendizaje es la base sobre la cual se encuentra, casi, la razón de la existencia de la escuela como institución responsable de dar al individuo las herramientas para alcanzar su máxima realización posible, para que él mismo, no se sienta un extraño en su época, para que reconociendo sus limitaciones, pueda felizmente ocupar el lugar que le corresponde en la sociedad a la cual pertenece.

En todas las épocas los educadores han buscado constantemente los caminos apropiados para enseñar, para lograr que el estudiante "aprenda" y que pueda hacer algo de sí mismo con lo aprendido, logre comprender mejor su medio natural y social y a sí mismo. En este afán, el principal problema del educador ha sido y será el desarrollo de una metodología apropiada, que quizá tenga sus raíces en el ¿por qué? ¿para qué? ¿cuándo? ¿en qué lugar? Una metodología que, en el mejor de los casos, ayude al individuo a convertirse en un ente pensante, capaz de tomar decisiones apropiadas, basadas en la información que es capaz de manejar, sin hacer a un lado las consecuencias que de éstas se desprendan. Una metodología que ofrezca las oportunidades mediante las cuales su natural capacidad de pensar se

vea constantemente estimulada, dependiendo no sólo de su edad, sino de su habilidad para razonar, para ver su mundo y para verse en ese mundo.

A pesar de la honesta preocupación de los científicos de la educación y a la profusa bibliografía respecto a ella y sus métodos, aún, en nuestro medio y en muchos otros lugares del mundo, los resultados que la escuela produce en sus egresados no son del todo satisfactorios, en especial lo que concierne a la enseñanza-aprendizaje de la ciencia. Parece ser que no es únicamente por el uso de métodos inapropiados para enseñarla, sino también por la falta de identificación, por parte del estudiante, con la actitud científica y es posible que esto se deba, en gran parte, a que la preocupación de los jóvenes en la actualidad, está orientada hacia la problemática social. Pero cabe preguntar ¿acaso la ciencia no está inmersa en el contexto social del ser humano? ¿Es la ciencia algo aparte y que concierne sólo a los llamados científicos? ¿No tiene nada que ver la ciencia con los grandes problemas que aquejan a la humanidad o a cualquier comunidad por pequeña que ésta sea?

La educación debe enriquecer la personalidad del hombre y la enseñanza de la ciencia debe preocuparse por dar elementos de juicio que permitan comprender que no sólo es responsable de grandes males -contaminación, armamento, etc.-, sino uno de los caminos para resolverlos.

Como se mencionó anteriormente, el problema no es sólo de

métodos, sino también de intereses. En este estudio se pretende encontrar una solución metodológica, dejando para otra oportunidad lo que concierne a otras causas.

La humanidad ha avanzado mucho tecnológicamente, y esa misma tecnología nos obliga a dar un mayor énfasis al lugar que ocupa la enseñanza de la ciencia. Debido a ésta, el mundo ha mejorado en confort, en esperanza de vida, en sueños realizados, pero también la misma ha provocado complejidad y quizá un mundo no fácil de entender, especialmente para los países del llamado tercer mundo, ya que el papel de ellos en el desarrollo tecnológico, ha sido en cierta forma irrelevante, tanto en la producción de avances como en la participación de los beneficios que de ellos se derivan.

La enseñanza de la ciencia abarca diferentes puntos de vista, que en los currículos de estudio aparecen repartidos en diferentes materias. Para este trabajo interesa la enseñanza de la Física.

La falta de interés en la Física ha sido una actitud general en la escuela secundaria, los jóvenes muestran muy poco interés por ella y lo hacen sólo en la medida en que es un requisito para aprobar su año de estudios; consideran esta asignatura alejada de sus necesidades y poco relacionada con hechos reales para ellos y responsable de algunos males como las guerras, la bomba atómica, etc. Lograr un cambio de actitud hacia la materia y comprensión acerca de los elementos

que puede aportar para conocer mejor el medio y manejarlo adecuadamente es un paso necesario para elevar el interés por su estudio.

La Física ofrece una oportunidad para comprender los problemas naturales y buscarles soluciones, pero es necesario que el individuo tenga una idea clara de lo que ésta puede hacer para auxiliarlo. Sin embargo, los ciudadanos con conciencia social y científica no se improvisan y la preocupación por la enseñanza efectiva, así como la búsqueda de métodos apropiados y adaptados a la edad y maduración mental y emocional de quienes reciben la educación, es imperativa para quienes se dedican al trabajo docente.

Este es el tema de este trabajo, un método, una alternativa, que busca obtener mejoras no sólo en el rendimiento académico en la física, sino en la mejor comprensión del papel que la ciencia juega en el desarrollo del hombre.

En la primera parte se plantea el problema y su justificación, así como la fundamentación teórica. En la segunda parte se describe el experimento didáctico realizado y sus resultados.

## II. DESARROLLO DEL TRABAJO

"Muchas de las ideas fundamentales de la Física son esencialmente simples y pueden, como regla, ser expresadas en un lenguaje comprensible para todos".

Albert Einstein

"Aún para el físico, la descripción en lenguaje sencillo será un criterio del grado de comprensión que ha sido alcanzado".

Werner Heisenberg

### A. El problema

La inquietud para la realización de esta investigación experimental tiene su raíz en la idea que los resultados de aprendizaje de la Física y en general de todas las materias, dependen en gran parte de la metodología empleada al enseñarla. La ciencia avanza y las técnicas y la tecnología en el campo de la enseñanza también. Por esto resulta necesario reorientar el papel de la Física en el pensum de estudios y al hacerlo modificar también la metodología empleada al enseñarla.

Dice Adolfo Kepelusz (1971:18):

"Los métodos modernos recomiendan la observación de los fenómenos confundidos en la realidad objetiva, viviente, concreta, familiar al estudiante, que la vida real va haciendo desfilar ante sus sentidos, relacionados con sus necesidades y que, en consecuencia poseen la cualidad de ser interesantes para

ellos, y obtener de la observación y de la experimentación, conocimientos que sean transformables en normas de vida práctica.

Hay que desterrar los perniciosos defectos de un verbalismo acentuado y llevar al estudiante a la elaboración de sus propios conceptos por la observación directa de los hechos. Que el estudiante elabore su ciencia, no que la encuentre hecha, que describa y relate lo que ve y lee, y no memorice; que elabore sus lecciones, no que las recite ante el maestro, mientras sus compañeros permanecen inmóviles en sus bancos".

El método expositivo, que es el usualmente utilizado en nuestro medio, no da los resultados esperados. Logran aprender en la clase de Física aquellos estudiantes que tienen una buena disposición hacia ella, pero la mayoría la rechaza por incomprensible y árida.

La experiencia que se realizó pretende resolver el problema planteado de la siguiente manera:

¿Mejorará el rendimiento académico y la habilidad para resolver problemas en la clase de Física con el método experimental para enseñarla?

La respuesta a la pregunta anterior se plantea como hipótesis y se describe en el Capítulo de Metodología.

#### B. Justificación

A ningún maestro escapa el hecho de que el buen estudiante casi siempre aprende a pesar del maestro y del método que éste emplee, pero no es el buen alumno el que debe preocuparnos, es el estudiante promedio, que constituye la mayoría, el que regularmente lo es por falta de estímulos apropiados.

En el método tradicional el estudiante tiene una total dependencia del maestro, toda la información regularmente la recibe de él, y no porque no se le indiquen otras fuentes de información, sino porque está acostumbrado a "recibir" el conocimiento y no a tomar parte activa en su propio aprendizaje.

El éxito descansa entonces, en la suerte de tener un buen "expositor" que por su particular forma de explicar, haga que el estudiante comprenda o crea que está comprendiendo lo que escucha.

La educación actual insiste en que al alumno se le debe independizar para que esté en capacidad de aprender por sí solo; que pueda hacer uso apropiado de otras fuentes de información además del profesor, buscarlas y seleccionarlas, y que esté en capacidad de leer e interpretar en forma apropiada lo que los libros le digan. El maestro no puede enseñarle a resolver problemas que él tendrá que enfrentar en el futuro porque, por mucho que se esfuerce, no los conoce. Debe brindarle la oportunidad de usar sus capacidades intelectuales y desarrollar habilidad para transferir, codificar, decodificar, etc.

De acuerdo con Fesquet (1971:9),

"En un mundo que cambia aceleradamente, es necesario agilizar y estimular la actividad mental de nuestros alumnos y ejercitar su pensamiento reflexivo y su capacidad de observación y de inventiva: es decir, prepararlos para el cambio. Tal vez los docentes no adviertan con suficiente claridad que estamos educando niños y jóvenes que deberán actuar ya en el año 2001 dentro de tres décadas, en situaciones que ni siquiera alcanzamos a vislumbrar en la actualidad.

Debemos elaborar desde ahora una didáctica para la escuela del futuro inmediato de esta generación; y una pedagogía del cambio, que capacite a los alumnos para hacer frente a situaciones nuevas. De esta manera, cuando les toque actuar sabrán resolver sus problemas con eficiencia, rapidez y seguridad.

La enseñanza de las ciencias, con métodos apropiados, -ya que el avance de los conocimientos científicos es el responsable directo del cambio- constituye pues, el recurso más idóneo de que pueda valerse la actual pedagogía para conseguir dicho propósito".

En la opinión de M. F. Vessel (1968:48), tenemos:

"En el futuro las ocupaciones requerirán más conocimientos y habilidades mentales. Los individuos tendrán que hacer frente a un continuo desafío y deberán ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a las nuevas condiciones a medida que éstas vayan surgiendo".

Los resultados que regularmente se obtienen en las clases de Física están muy por debajo de lo esperado. El rendimiento en esta materia es deficiente. Los estudiantes no logran manejar los conceptos básicos ni hacer las transferencias apropiadas para resolver los problemas que se les presentan. La comprensión de fenómenos físicos se queda a nivel del sentido común, es decir, se maneja o se sabe aquello que aparentemente es congruente con lo que el sentido común acepta.

Sólo a través de la investigación y la experimentación se pueden encontrar respuestas o caminos que orienten mejor al maestro para que los resultados escolares sean mejores.

### III. FUNDAMENTACION TEORICA

Los especialistas y científicos en el campo de la enseñanza-aprendizaje señalan una serie de elementos acerca de la actividad del docente y del alumno que permiten establecer las bases de una metodología apropiada.

En primer plano está la conducción del aprendizaje, como una de las fases del proceso de enseñanza.

Según Susana Avolio de Cols (1977:8),

"Uno de los procesos básicos que se puede observar en la situación de aprendizaje es la comunicación que se establece entre docente y alumnos, y entre éstos entre sí. Este proceso es fundamental e implica entre otras condiciones, que exista una adecuada relación, que se establezcan los canales de comunicación necesarios, que los distintos miembros tengan oportunidad de expresar sus opiniones y sentimientos y que el clima sea de aceptación y respeto mutuos. Si no se establece una auténtica comunicación, el proceso de aprendizaje podrá lograrse, pero no en forma eficaz y enriquecedora, para docentes y alumnos".

Además de la comunicación, existen otros factores que son igualmente importantes y entre ellos está el papel del alumno. El desempeño de este rol debe ser activo, el estudiante debe construir su propio conocimiento bajo la orientación del maestro. Al respecto dice la misma autora (1977:8):

"El alumno cumple un papel fundamental, es quien realiza las experiencias que lo llevarán a aprender:

investiga, analiza, interpreta, compara, sintetiza, relaciona, extrae conclusiones, etc. Frente a la concepción tradicional, que le asignaba una función de ser un mero receptor de conocimientos, en la actualidad debe ponerse énfasis en las estrategias dinámicas de aprendizaje, que promueven los procesos intelectuales, la creatividad y las habilidades para investigar".

Es en la clasificación de su papel en donde el maestro debe pensar en la mejor forma de despertar interés en el estudiante. La comunicación con él es importante, no sólo a nivel cognoscitivo, sino también en el nivel afectivo.

En el problema que nos ocupa, debe lograrse que el estudiante se interese por la Física, que se emocione con ella, que disfrute lo que alcanza y que aprenda a manejar la frustración de no encontrar una respuesta adecuada o apropiada a los problemas que le corresponde resolver. Además, el estudiante no es sólo un individuo, es parte de un grupo y es en él en donde debe comprender el significado de su individualidad a través de oír a otros y aceptar lo que otros pueden aportar en su desarrollo intelectual y emocional.

Según Avolio de Cols (1977:9),

"La comunicación implica no sólo los aspectos intelectuales, sino también los afectivos de la personalidad. Por ejemplo, al enseñar matemática no sólo se comunican determinados conocimientos sino que por medio de las actitudes, se comunica aceptación o rechazo hacia la materia".

Se tiene muchas veces la idea de que con emplear tecnología moderna en la enseñanza de las ciencias se está logrando mucho,

pero se tiende a no tomar en cuenta que las actitudes del maestro son determinantes. Su tarea es estimular, organizar y orientar. En el marco tradicional, la ideal del docente es simplemente "dar clase".

La autora antes mencionada (1977:10), indica en lo referente al docente:

"... su principal función es estimular la participación activa y crítica de los alumnos, cooperando con ellos, conduciendo la actividad de los distintos grupos, orientando la resolución de problemas, guiando a los alumnos para que asuman su responsabilidad..."

Cabe mencionar que los cambios en el docente surgen también de los cambios que se operen en la escuela. En este sentido, es también responsabilidad de quienes manejan las instituciones educativas el buscar mejoras que estimulen a sus maestros. Si la institución cambia, debe hacerlo en función de los cambios que se operan en la sociedad, de las características de quienes asisten a la escuela y de los fines que se propone alcanzar.

Corresponde al docente, crear las motivaciones, conducir las actividades de los alumnos, organizar actividades que favorezcan la fijación del aprendizaje, proporcionar los resultados de lo logrado, evaluar el trabajo realizado y crear las condiciones que estimulen y favorezcan la transferencia.

Si bien es cierto que el aprendizaje es un evento que se sucede en el interior de cada individuo, no es menos cierto

que el individuo es parte de un grupo y el aprendizaje puede verse tanto estimulado como bloqueado por la actitud que éste asuma. Según Avolio (1977:16), el maestro no debe hacer de lado que:

"...la clase es un grupo de trabajo, ya que sus miembros se integran para conseguir una finalidad: aprender un tema, resolver un problema, tomar una decisión..."

"La productividad grupal se relaciona con la realización de la tarea y el funcionamiento grupal con la integración de sus miembros..."

"El grupo como un todo, tiene una vida manifiesta, explícita y otra latente, profunda, relacionada con la vida afectiva".

Estas consideraciones coinciden con el tipo de resultados que se obtuvieron en este trabajo. El docente no puede ni debe hacer a un lado lo que significa trabajar con un grupo. Si bien es cierto que el maestro por sí solo no es el responsable de la actitud de la clase frente a la Física, si lo es que su actitud hacia ésta es decididamente influyente.

Avolio (1977:17), dice:

"...si adopta una actitud de aceptar, escuchar y ayudar, contribuirá a crear un clima permisivo, estimulará la participación, la iniciativa creadora, la responsabilidad y favorecerá el crecimiento y la madurez del grupo.

En cambio, si adopta actitudes de agresión, censura y autodefensa contribuirá a crear un clima defensivo, que llevará a los alumnos a participar en forma pasiva, a aumentar las defensas, a no asumir responsabilidades y por lo tanto no los ayudará a crecer como personas y como grupo".

El aprendizaje de la Física requiere que el estudiante participe. Lo anteriormente mencionado tiene validez para cualquier materia, pero en esta en particular se requiere que el estudiante se involucre en su aprendizaje, que la clase como grupo se dedique con la idea de que lo que hacen es importante, no porque lo dicen otras persona, sino porque ellos así lo sienten.

Isidor Rabi, premio Nóbel de Física y ex-director del departamento de Física de la Universidad de Columbia, escribió, según dice Zukav (1980:9):

"No le enseñamos a los estudiantes lo suficiente del contenido intelectual de los experimentos - su novedad y capacidad para abrir nuevos campos... mi punto de vista es que uno toma estas cosas personalmente. Uno hace un experimento porque su propia filosofía lo hace querer saber el resultado. Es muy difícil y la vida muy corta para gastar su tiempo haciendo algo solo porque otros han dicho que es importante. Uno debe sentir las cosas por sí mismos..."<sup>1/</sup>

Parece ser que en la enseñanza de la Física, la expresión de Marshall Mc Luhan "El medio es el mensaje", cobra vida y se carga de significado.

Para insistir en la importancia del aspecto metodológico, tomemos parte de lo que dice Alberto Fesquet (1971:10)

"Desde el punto de vista metodológico, para seguir el ritmo de este mundo cambiante no podemos permanecer con las viejas y anquilosadas estructuras de los

---

<sup>1/</sup> Traducción libre del autor de este trabajo.

sistemas tradicionales y con el mobiliario en uso, tan adaptado a este tipo de enseñanza. La enseñanza meramente informativa e intelectualista, basada en el libro y la palabra del profesor que de una u otra forma dicta apuntes, memorística y pasiva, debe ser desterrada sin más tardanza y reemplazada por una enseñanza activa en la que el alumno sea a la vez protagonista y participe en la adquisición de los conocimientos, por medio de la observación, la lectura reflexiva, la experimentación o la autocrítica. Los pedagogos modernos concuerdan en señalar que el método que se emplea para impartir la enseñanza es decisivo para la formación cultural y profesional de los alumnos. El mobiliario también debe ser cambiado: en lugar de pupitres alineados, mesas de trabajo.

Entre las características que deben ser tomadas en cuenta, respecto al éxito en la enseñanza-aprendizaje, no sólo el método es el responsable, lo es en gran parte el individuo, que es un ser activo que interviene en todo lo que le acontece, ya sea directa o indirectamente.

De acuerdo con Aebli (1958:35),

"El hombre transforma las cosas del medio físico y establece nuevas relaciones y nuevas estructuras en el ambiente social".

Pero esta transformación no viene sola, es importante reconocer que a mejores condiciones para el desarrollo de estrategias intelectuales y de conocimiento, mejor será el logro en las transformaciones apropiadas.

¿Cómo aprende el individuo? Esta pregunta debería aparecer en la puerta de todos los salones de profesores para meditar y actuar acerca del problema.

Se debe conocer qué pasa en el cerebro del hombre para poder orientar en forma debida el aprendizaje, pues, según Aebli (1958:35),

"El pensamiento, como la observación, sirven de instrumentos para la tarea de la adaptación del hombre".

El mismo autor (1958:36), dice:

"El hombre es estimulado a reflexionar cuando en el ejercicio de una actividad, haya dificultades, cuando se le presentan dudas o alternativas. Analiza entonces la situación, investiga las causas y encara los posibles efectos de su acción o del fenómeno que se desarrolla ante él.

Concluido el acto reflexivo, la validez de las conclusiones obtenidas se corrobora en la acción".

¿No es acaso este el fundamento de la solución de problemas?

Muchos autores como Bruner, Piaget, Gagné, Bloom y otros, reconocen con toda claridad la existencia de distintos niveles en los procesos de pensamiento con cuya adquisición se logrará un aprendizaje más complejo. El proceso mental para adquirir conceptos, por ejemplo, no es el mismo que para discriminar clases. El profesor debe conocer el tipo de proceso mental necesario para llegar a un nivel de conocimiento y si el alumno a quién se dirige la enseñanza está o no en condiciones de desarrollarlo.

De acuerdo con Aebli (1959:111),

"Los alumnos bien dotados comprenden de cualquier

manera y el fracaso ulterior de los alumnos débiles y medianos suele explicarse por su carencia de aptitud para la asignatura en cuestión".

En el aprendizaje de la Física entran en juego muchas condiciones y hay que tomar en consideración algunas formas de aprendizaje que son fundamentales y que se emplearon en el método propuesto.

Gagné (1971:54) presenta varios tipos de aprendizajes, cada uno apoyándose en el anterior, para efecto de la investigación se citarán los tres tipos más importantes y que son:

1. El aprendizaje de conceptos
2. El aprendizaje de principios
3. La resolución de problemas

La comprensión de conceptos y principios es la base para poder resolver problemas. En las definiciones que Gagné (1971:54) presenta en su obra, los tipos de aprendizaje aparecen como:

"Aprendizaje de conceptos: el sujeto adquiere la capacidad de dar una respuesta común a una clase de estímulos que pueden diferir ampliamente unos de otros en cuanto a su aspecto externo. El sujeto, en este caso, puede dar una respuesta que identifique una clase completa de objetos y fenómenos".

"Aprendizaje de principios: en términos muy sencillos, un principio es una cadena de dos o más conceptos. Controla la conducta en la forma sugerida por la regla verbal del tipo: si A entonces B, en la que A y B son conceptos".

La adquisición de conceptos es lo que hace posible la

instrucción. Sin éstos, es sumamente difícil poder lograr una comunicación y sobre todo, tener una idea común que permita comprender relaciones y aplicar principios.

Si un estudiante no tiene claros los conceptos con los que debe contar cuando va a aprender algo que para él es nuevo, no importa qué tan fácil pueda parecerle al maestro el material que trabaja. Para el estudiante el material será incomprensible y será muy poco lo que logre obtener. Su importancia está en que aunque tiene sus bases en hechos concretos, según el mismo autor (1971:128),

"...estos tienen la propiedad adicional de liberar el pensamiento y la expresión de la opresión del medio físico".

La escuela espera como resultado final individuos que supuestamente hacen uso apropiado y constante de principios, ya que a través de ellos podrán resolver nuevos problemas. Es el aprendizaje de éstos el que requiere quizá la elaboración mental más elevada. Tampoco se adquieren en forma aislada y tienen su base en el aprendizaje de conceptos, ya que de acuerdo con Gagné (1971:130),

"Los principios son cadenas de conceptos que forman lo que generalmente se llama conocimientos".

Los principios tienen una jerarquía que no debe ser descuidada por parte del maestro, su éxito en la enseñanza dependerá de su habilidad para entender esa jerarquización. No se puede

pasar a un principio nuevo si los que necesita como apoyo no han sido debidamente aprendidos.

Continúa diciendo Gagné (1971:138),

"...dos o más principios pueden ser los requisitos previos para el aprendizaje de otro superior. Una vez aprendido éste último, puede combinarse con otro principio para sustentar el aprendizaje de otro nivel superior, etc. La serie completa de principios organizados de esta manera, forma una jerarquía que puede denominarse estructura de conocimientos organizados sobre una materia".

¿Puede un estudiante aprender algo sólo porque el maestro lo considera sencillo?

El problema está en que por considerarse sencillo algo, se puede descuidar el planteamiento de algún principio básico. Si no se reconoce y respeta la jerarquización antes mencionada, no se logrará mucho.

Finalmente, se coloca la resolución de problemas. La habilidad para resolverlos es, quizá, la meta final de la educación. ¿Acaso no es una constante solución de problemas con lo que se enfrenta el individuo en su medio? ¿No es cierto que su éxito y adaptación al medio depende de la forma como éstos son resueltos?

Gagné (1971:54), define al aprendizaje de resolución de problemas como:

"Una clase de aprendizaje que requiere del razonamiento.

Dos o más principios aprendidos anteriormente se combinan ahora de forma que se produce una nueva capacidad, que parece depender de un principio de orden superior".

¿Qué representan las teorías de Newton o Einstein, o las obras literarias de Miguel Angel Asturias o cualquier obra de arte?

Son el resultado de la búsqueda en la solución de cierto tipo de problemas y aunque no es motivo de este trabajo, es quizá en esta parte en donde la creatividad se manifiesta. ¿Será la creatividad un fenómeno dependiente de la capacidad para resolver problemas, usando debidamente los principios necesarios para hacerlo?

En el experimento, se trata de encontrar estrategias apropiadas para resolver problemas. Estrategias que obliguen a pensar al sujeto. Después de todo, ¿no debe ser un objetivo de la instrucción escolar enseñar a pensar al estudiante?

Sigue diciendo el mismo autor (1971:56),

"Para resolver problemas, el sujeto tiene que haber adquirido, de alguna forma, ciertos conocimientos estructuralmente organizados, los cuales consisten en principios con contenidos no meramente heurísticos".

Estos son, en general, algunos de los hechos más importantes de tomar en cuenta en la enseñanza-aprendizaje. Hechos que parecen sucederse en forma individual en cada estudiante y que adquieren sentido en el momento de trabajar en grupo.

Teniendo elementos en común, ahora el trabajo en grupo se hace significativo.

De acuerdo con Aebli (1958:128),

"Si varios grupos han trabajado en la solución del mismo problema, puede reunirseles luego para comparar y discutir los diferentes métodos de solución. Aún así, la pluralidad de vista y de métodos de trabajo representados por los diferentes individuos o grupos, previenen contra la formación de absolutos falsos o de rígidas maneras de pensar.

#### IV. METODOLOGIA

Campbell y Stanley (1973:11), dicen:

"...nos declaramos partidarios del método experimental como único medio de zanjar las disputas relativas a la práctica educacional, única forma de verificar adelantos en el campo pedagógico y único método para acumular un saber al cual puedan introducirse mejoras sin correr el peligro de que se descarten caprichosamente los conocimientos ya adquiridos a cambio de novedades de inferior calidad".

En este capítulo se describe la metodología de investigación que corresponde al trabajo realizado; las hipótesis planteadas; las definiciones operacionales de las variables que intervienen en este estudio; la población de donde se extrajo la muestra investigada así como una descripción del método experimental y los pasos que se siguieron para obtener los datos necesarios para el análisis final.

##### A. El problema

Los estudiantes de Física muestran dificultad en resolver problemas de la materia y por lo tanto, su rendimiento es bajo. Se asume que el problema radica en la forma de enseñarla, por lo que para comprobarlo en el presente estudio se utilizó una metodología experimental que intentaba dar respuesta a la pregunta siguiente: ¿podrán los estudiantes de Física mejorar su habilidad para resolver problemas y su rendimiento en general, al cambiar de método de enseñanza?

## B. Variables

1. Variable independiente. Método de enseñanza experimental.
2. Variable dependiente. El rendimiento de los estudiantes de Física entendido como su habilidad para resolver problemas.

## C. Definiciones operacionales

1. Rendimiento. Puntaje que obtienen los alumnos en la prueba.
2. Habilidad para resolver problemas. Habilidad que demuestra el alumno frente a una situación nueva o similar a situaciones anteriores. Se mide por los puntajes que los alumnos obtienen en la prueba final.

## D. Hipótesis

1. Hipótesis general o conceptual. La habilidad para resolver problemas y el rendimiento en general de la clase de Física mejorará al utilizar el método experimental para enseñar y aprender Física.
2. Hipótesis específicas
  - a. Hipótesis nula. Con un nivel alfa de 0.05 no existe diferencia estadísticamente significativa entre la media de los puntajes obtenidos en la prueba final de rendimiento en la clase de Física por los estudiantes del grupo

control y la media de los puntajes obtenidos en la misma prueba por los estudiantes del grupo experimental.

Simbólicamente tendremos:

$$H_0: \bar{X}_1 = \bar{X}_2$$

b. Hipótesis alterna. Con un nivel alfa de 0.05, existe diferencia estadísticamente significativa entre la media de los puntajes obtenidos en la prueba final de rendimiento en la clase de Física por los estudiantes del grupo control y la media de los puntajes obtenidos en la misma prueba por los estudiantes del grupo experimental. Siendo la media del grupo experimental significativamente mayor que la media del grupo control.

Simbólicamente tendremos:

$$H_1: \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$$

#### E. Diseño estadístico

El paradigma utilizado para dos grupos, uno experimental y el otro control, fue el siguiente:

R :	$\frac{Y^1 \quad X_1 \quad Y}{Y^1 \quad X_2 \quad Y}$	Grupo experimental
		Grupo control

Siendo:

R : sujetos

X<sub>1</sub>: método experimental

Y : prueba final

X<sub>2</sub>: método tradicional

Y<sup>1</sup>: prueba inicial

El diseño indica que fue elaborado para dos grupos que trabajaron las mismas unidades en lo referente a contenido y que sólo se distinguen por el tratamiento metodológico que se les dió.

Al principiar el ensayo se pasó un Test de rendimiento a ambos grupos respecto a lo que habían trabajado anteriormente para detectar si había diferencias respecto a conceptos y conocimientos, que pudiesen influir en el éxito o fracaso del estudio de las nuevas unidades.

También se analizó el cociente intelectual de cada grupo. Se consideró que el CI era una variable que podía influir en los resultados finales. En ambos casos -rendimiento y CI- se contrastaron las medias y las varianzas. Los resultados fueron que las varianzas eran homogéneas y que no habían diferencias estadísticamente significativas entre ellos, por lo tanto, se asumió que ambos grupos estaban en igualdad de condiciones al iniciar el experimento. Los contrastes de medias se hicieron usando el criterio de la "t" de Student, por el tamaño de la muestra.

El contraste de medias de la prueba final se hizo utilizando el estadístico "t" de Student debido a que los grupos eran menores de 32. Se aplicó un criterio unilateral ya que se esperaba que la media del grupo experimental fuese mayor -estadísticamente hablando- que la media del grupo control.

## F. Población y muestra

Los sujetos de estudio lo constituyeron los estudiantes de quinto grado de bachillerato del Colegio Americano de Guatemala. Los estudiantes estaban distribuidos en cuatro secciones, tres de las cuales fueron organizadas por azar y la cuarta en una sección de estudiantes avanzados que se integraron a ella en forma voluntaria, después de cuarto grado de bachillerato.

De estas secciones, se eligieron las secciones 5-2 y 5-3 ya que eran las que tenían el mismo programa y era factible establecer sin dificultad los mismos contenidos y los mismos objetivos, además de tener el mismo texto. Esta muestra tenía alumnos de ambos sexos en sus dos secciones, sin embargo, ni el sexo ni la edad fueron variables tomadas en cuenta, ya que al momento de la investigación no existía ningún estudio, información o sospecha de que en este lapso, la edad y el sexo fueran parte influyente en el éxito académico en una asignatura científica.

Por razones de organización de la Institución, el grupo control estaba compuesto por 15 estudiantes y el grupo experimental por 22 estudiantes.

El Colegio Americano de Guatemala funciona como una Escuela experimental desde el año 1948, año en que fue autorizada su función como tal, autorización que es renovada cada cinco años como lo indica la Ley. Por esta razón, los estudiantes

han estado acostumbrados a verse sometidos a diferentes formas de enseñanza, logrando así una reacción positiva y no de sorpresa frente a la experimentación que se realizaba.

#### G. Instrumentos

Básicamente, fueron tres los instrumentos empleados: dos elaborados por el autor y una prueba ampliamente conocida y estandarizada. A continuación se hace una descripción de cada una.

La primera prueba pasada a ambos grupos fue un test de rendimiento, donde se buscaba saber cuál era la situación de ambos grupos con respecto al conocimiento clave para iniciar las unidades a ensayar y su habilidad para resolver problemas.

La validez de este instrumento es una validez de contenido lograda a través de una tabla de especificaciones, tomando en cuenta las metas previstas para la experimentación.

La confiabilidad de esta prueba fue registrada, aplicando la fórmula  $KR_{21}$  modificada, obteniéndose un valor de .65 que en opinión de Pedro Lafourcade es aceptable en pruebas de rendimiento en clase.

La prueba final pasada a ambos grupos fue un test de rendimiento en base a problemas en donde se buscaba determinar la habilidad que había logrado desarrollar en la solución de éstos. Su validez y confiabilidad fue trabajada en la misma forma que en el anterior, teniéndose un coeficiente de confiabilidad de 0.70.

El tercer instrumento fue una prueba estandarizada, el test Otis-Lenon de habilidad mental avanzada forma "J" y que fue aplicado el 16 de julio de 1982. Este test dio el cociente intelectual de cada uno de los estudiantes en cada grupo.

El instrumento sirvió para detectar si había o no diferencias significativas entre el promedio del cociente intelectual de cada grupo.

#### H. Procedimientos

El experimento se llevó a cabo del 7 de junio al 13 de agosto de 1982. Los temas de las unidades que se trataron en clase fueron: movimiento circular uniforme; movimiento rotacional; movimiento armónico simple; potencia, trabajo y energía. Se mencionan solamente temas, pero hubo subtemas que en el Anexo E aparecen con más detalle.

Antes de iniciar el experimento, se planificó con el profesor del grupo control respecto a objetivos y contenidos, para estar seguros de que se perseguían los mismos propósitos, se realizarían los mismos ejercicios y se utilizaría el mismo texto. El profesor del grupo de control utilizaría el método tradicional de enseñanza que consiste básicamente en la constante exposición del material por parte del profesor, manteniéndose los estudiantes, la mayor parte del tiempo, como receptores pasivos. Los estudiantes, tanto del grupo control como del grupo experimental, no tenían conocimiento de la intención en el experimento, logrando así que la actitud de

ambos grupos fuese la usual frente a la clase, y, por lo tanto, los cambios que se registraron en ellos, dependían en gran parte del método empleado al enseñarles.

Era necesario asegurarse de que dos variables eran homogéneas en los dos grupos, ya que el autor consideraba que podían tener mucha influencia en los resultados finales y eran: el conocimiento que pudieran tener los alumnos del material estudiado anteriormente que se consideraba básico para iniciar las nuevas unidades y el cociente intelectual promedio de ambos grupos.

Se les aplicó la primera prueba de rendimiento y la prueba de CI, obteniéndose como resultado que las varianzas eran homogéneas y que las medias eran estadísticamente iguales, planteamientos que aparecen desarrollados y explicados en los Anexos A y B. Esto aseguraba estadísticamente que ambos grupos estaban en igualdad de condiciones respecto a las variables mencionadas.

1. Metodología empleada en el grupo de control. En el método tradicional el profesor explica y demuestra, es él quien inicia las nuevas ideas y quien elabora en el pizarrón y en las explicaciones en clase, el conocimiento por aprender. Se supone y se espera que los estudiantes se informen, pero la experiencia ha demostrado que la mayoría de estudiantes no lo hacen y se conforman con lo que el profesor da en clase, creándose una dependencia de los alumnos para

con el maestro. También sucede que los alumnos aprenden -o quizás se entrenan- a resolver problemas similares a los que el profesor resuelve en clase. Su máxima preocupación está orientada a lo que el profesor espera que ellos hagan y no a qué tanto ellos han logrado aprender. De esta manera los ejercicios son resueltos por el profesor en el pizarrón, los alumnos copian lo que el profesor hace y se sienten satisfechos por entender la explicación dada en la solución de un problema en particular, sin darse cuenta que ésto no garantiza que estén en capacidad de resolver problemas nuevos, aparentemente diferentes pero que necesitan del mismo principio para ser resueltos.

Los laboratorios, que son parte vital en la clase de Física, también están encaminados a mostrar principios previamente elaborados, ya que regularmente son diseñados para confirmar la exposición teórica del profesor.

2. Metodología empleada en el grupo experimental. El método experimental incluyó los siguientes pasos:
  - a. Adquisición de la información
    - 1) Información mínima
    - 2) Ampliación de la información
  - b. Puesta en común
  - c. Clase magistral y algunas demostraciones
  - d. Problemas y ejercicios a resolver, basados en lo aprendido

- e. Laboratorio
- f. Nuevos problemas
- g. Evaluación

a. Adquisición de la información. Esta parte se efectuó en dos formas:

1) Se leía el libro de texto en clase, la lectura se hacía en voz alta y la realizaba el alumno. A la actividad se le llamó adquisición mínima de información.

2) Los estudiantes buscaban en otros textos información que reforzaba y/o confirmaba lo logrado en la parte anterior. Esto daba lugar a aclarar o aumentar dudas respecto del punto en estudio.

Se encontró que la lectura en sí no era suficiente y además, la experiencia demostró algo, que no era nuevo, y es que los estudiantes al leer lo hacen sin discriminar lo importante. Entonces sucedía que aunque hubiesen leído por lo menos un texto, no sabían exactamente qué era lo esencial de la lectura y esperaban la explicación del profesor.

Para superar esta limitación, se les dieron instrucciones respecto a vocabulario, definiciones y descripciones en las que debían poner especial atención al leer. Estas instrucciones se les proporcionaban al principio de la clase en forma oral y escrita. Se pidió también que hicieran fichas que

resumieran las definiciones y fichas con fórmulas clasificadas por capítulo, para utilizarlas cada vez que fuese necesario, especialmente en el momento de la discusión o de la solución de ejercicios o problemas. Indirectamente se les estaba entrenando en un método de estudio, una forma de cómo aprender.

Además, con esta parte se buscaba no sólo independizarlos de la tutela del maestro, sino, quizás lo más importante, que aprendieran a leer y a buscar la información apropiada en sus libros de texto o en otros libros.

b. Puesta en común. ¿Qué es lo que en realidad no entiende un estudiante? ¿Es suficiente con que el estudiante le pregunte al profesor? ¿Responde el profesor a la duda del estudiante o a la forma como él la interpreta? ¿Sabe el estudiante si su problema es de entender o de comprender? Para enfrentar estas interrogantes se diseñó esta parte que consistió en permitir que los estudiantes expusieran con sus propias palabras lo que habían adquirido, la puesta en común fue una cuestión abierta alrededor de preguntas hechas en base al punto que se estaba analizando. Aquí el profesor tenía la función de moderador, intervenía sólo para aclarar dudas o malas interpretaciones. El profesor tomaba nota de las dudas básicas planteadas por los estudiantes y aclaraba o ampliaba la información. Especialmente cuando los estudiantes tenían lecturas en otros textos. En esta parte se lograba dar forma a las dudas y a las necesidades académicas de los estudiantes para aclarar esas confusiones.

Además, se estaba logrando que pusieran atención a sus compañeros y que en el diálogo encontraran no sólo una forma de aclarar sus dudas, sino lo más importante: una forma de plantearlas. No se puede asegurar si lo hacían conscientemente, pero lo estaban logrando. Es opinión del autor que el aprendizaje de la Física se logra mejorar cuando el individuo se pregunta a sí mismo el por qué de las cosas, ya que entonces hay una búsqueda y no simplemente se reciben ideas preconcebidas en la mente de otras personas, en este caso, la del profesor.

c. Clase magistral y algunas demostraciones. En base a las dudas planteadas y a las malas interpretaciones detectadas en la etapa anterior, el profesor daba una clase magistral en donde se explicaban formalmente las ideas que se estaban desarrollando. Se señalaban las preguntas hechas por los alumnos, algunas veces planteadas de otra forma y partiendo de ellas se daban demostraciones, se trasladaban conceptos y/o definiciones al lenguaje matemático, construyéndose así las fórmulas claves para resolver problemas. El profesor se aseguraba que los estudiantes reconocieran el significado de cada uno de los símbolos en las fórmulas y también la comprobación de resultados a través de las dimensionales apropiadas.

Es en esta parte únicamente, en donde la actividad del profesor era central, pero con el enfoque de que los estudiantes no estaban sólo como receptores pasivos, sino como críticos y

cuestionadores, pues ya tenían elementos de juicios que les permitían opinar acerca de lo que oían.

También en esta parte se presentaban ejercicios y problemas tipo, que se resolvían con el conocimiento adquirido.

d. Problemas y ejercicios. Después de la discusión con el profesor seguía la actividad en que se daba a los alumnos hojas con problemas para que fueran resueltos, y se trataba que quienes necesitaban ayuda, en lugar de copiar la solución, fueran ayudados por sus propios compañeros. También se organizaron los estudiantes en grupos de tres, cuatro o cinco para discutir acerca de la forma de resolver los problemas. Estas agrupaciones se sorteaban para evitar que siempre se agruparan los mismos.

Es de mencionar que muchos estudiantes esperaban que el profesor resolviera los problemas, pues daban por sentado que así debería ser. Sin embargo, esto daba lugar a que se quedarán con dudas. Cuando los mismos compañeros lograban resolverlos, manifestaban ideas y recursos, muchas veces, más apropiados que los que había empleado el profesor.

La discusión posterior servía para determinar si se habían encontrado o no las soluciones. Algunas veces y a manera de evaluación, el profesor seguía caminos errados, y la mayoría de las veces los mismos estudiantes hacían los señalamientos del caso. Esto les daba confianza en sí mismos y les ofrecía

también la oportunidad de encontrar formas para determinar si la solución encontrada era o no congruente con los datos que el problema daba.

En esta etapa encontraron que el equivocarse no era malo y que era un camino para lograr lo que se buscaba. Lo importante aquí, era que toda vez que se detectaba un error se insistiera en buscar la razón de dicho error, y, muchas veces, los errores eran encontrados por ellos mismos.

Un estudiante opinó una vez:

"Me siento realizado, pues hoy, además de encontrar mi error, se por qué lo cometí. Vaya, que no soy torpe".

Una de las alumnas dijo:

"Me está gustando más encontrar mis errores y los de otros, que encontrar las respuestas correctas".

No todos los problemas eran resueltos y no todos alcanzaban el éxito, aún había dudas y se trataba de que por lo menos tuvieran claro de qué se estaba hablando. Parecía como si la "temida" Física empezara a ser parte de ellos.

e. Laboratorio. No hay mucho que mencionar de esta actividad dentro del método, ya que es parte integrante de claquier clase de Física. El mismo laboratorio hacían los estudiantes del grupo control y los del experimental, la única diferencia era que después de explicarles en qué

consistía, se les pedía a los del grupo experimental que ellos diseñaran y fabricaran los materiales necesarios.

Sin embargo, se observó que los informes de laboratorio no tenían mayor diferencia entre los dos grupos y la razón probable es que los estudiantes fueron debidamente entrenados en esta actividad desde el primer grado del nivel medio y han sido familiarizados con el empleo de laboratorios en tercero y cuarto grados en sus clases de Biología y Química.

f. Problemas nuevos. En esta etapa se les daba a los estudiantes de ambos grupos problemas más complejos, su resolución era voluntaria. Este tipo de problemas estaban diseñados para recurrir a conocimientos adquiridos anteriormente. La etapa servía más que todo para evaluar la actitud de los estudiantes en ambos grupos, ya que no era una actividad obligatoria ni tenía calificación. Se observó que los estudiantes del grupo control casi nunca lo hacían, en cambio, los del grupo experimental si los hacían. Estos trataban de resolverlos entre ellos y, si no les era posible, buscaban ayuda del profesor y de otros profesores; siempre trataban de resolver por lo menos la mitad de los problemas que se les daban. Esto mostraba que había inquietud, curiosidad y deseo de resolverlos. Aparentemente, por el reto que para ellos significaba.

g. Evaluación. Las evaluaciones continuas se diseñaron para impulsar a los estudiantes a estudiar y para que les sirvieran de retroalimentación. Esta parte era

muy importante para los alumnos, no sólo por la nota, que en sí tenía gran valor como incentivo, sino porque les mostraba sus logros.

Estos tests cortos -no más de cuatro preguntas- se pasaban al principio o al final de la clase, con tiempo que duraba de 10 a 20 minutos.

Todas las notas que se obtenían en estos tests cortos, tenían valor para sus calificaciones.

Al final del ensayo, se pasó la prueba final con 25 problemas y con 90 minutos de tiempo para realizarla. La mayoría de los estudiantes del grupo experimental, terminó a los 50 minutos, los del grupo control emplearon 90 minutos. Los resultados obtenidos se analizan en el próximo capítulo.

h. A manera de comentario. Las etapas anteriormente descritas, fueron las que se siguieron en el experimento. Los estudiantes opinaron que habían trabajado mucho en esta parte del curso, pero que había valido la pena. Algunos otros comentarios fueron:

"Talvez no he logrado aprender mucha Física, pero por lo menos ya entiendo lo que leo en los libros".

"¿Por qué no hicimos esto desde el principio del año?"

"Aún sigo sin entender mucho de esto, pero sentía que estaba haciendo algo interesante... y por eso me gustaba".

"Profesor, creo que voy a estudiar Física".

"Profesor, siento que hay mucho más allá de lo que hemos estudiado; a veces me da ganas de buscarlo".

"Lo encontré, lo logré... yo sólo encontré la respuesta... qué brutal... ya puedo, ya puedo".

Podrían anotarse aún más opiniones y reacciones que demuestran en opinión del autor, que el método estaba cambiando las actitudes hacia el estudio de la ciencia.

En el método propuesto -experimental- se trató de que el alumno tuviera un desempeño más activo. Ninguna discusión académica tiene sentido si el estudiante no se ha informado debidamente, teniendo como mínimo de información lo que su libro de texto dice.

Las explicaciones dadas por el maestro fueron para redondear las ideas expresadas por los mismos estudiantes y para aclarar las confusiones que se daban. La solución de problemas se llevó a cabo en grupo o en forma individual, se le pidió al alumno que consultara al profesor sólo en el caso de que se encontrara desorientado y después de haber probado por sí mismo con algún método; las soluciones a los problemas no dependían sólo del profesor, ya que estas se discutían con él en la pizarra, partiendo de sugerencias y soluciones dadas por los estudiantes, señalando los errores en el razonamiento e insistiendo en por qué un método puede resultar más adecuado que otro. Aún aquí se produjo una situación especial y es que

siempre había alumnos más interesados que otros y esto dió lugar a que las discusiones se vieran polarizadas en unos pocos. Para evitar esto se asignaba problemas individualmente y por grupos, impulsando a la mayoría a trabajar en los problemas, además de que el profesor tenía que cuidar de que no hubiesen estudiantes cuyo aporte fuese mínimo.

Aquí se hace conveniente hacer notar que no es fácil erradicar y que depende del sistema educacional el interés por la "calificación" asignada; además, no se puede prescindir del hecho de que la clase de Física no es la única en el pensum de estudios y que los intereses de los estudiantes no están dirigidos a aprender y conocer acerca de la ciencia, por lo tanto, se hace necesario impulsarlos a leer y estudiar. Para usar el interés por la calificación como incentivo, se decidió que habría, al inicio de cada clase, pequeños tests que exploraban lo que los alumnos habían leído o estudiado el día anterior.

Esto dió como resultado mayor preocupación por parte de ellos, además de que, aunque no fuese ese la intención, se empezó a desarrollar un hábito de trabajo que les estaba facilitando el éxito en la clase.

Uno de los estudiantes dijo a sus compañeros:

""Por fin he entendido que si estoy sacando malas notas es, no porque no entienda lo que estamos viendo, sino porque no pongo la debida atención en la clase ni cuando leo".

Esta opinión fue secundada por todos sus compañeros.

Estos "tests" cortos estaban haciendo aparecer una nueva actitud frente al estudio de la Física. Los tests nunca tenían más de cuatro preguntas o problemas y eran devueltos al día siguiente ya corregidos por el maestro. Esto también era importante, ya que al reconocer los errores conocidos, antes de avanzar más, daba lugar a que pudieran rectificar y no confundirse con la nueva discusión.

Otro efecto importante fue que cuando el profesor explicaba, había aspectos que él creía muy sencillos y obvios de entender, aspectos que para el estudiante no lo eran y que quedaban sin comprenderse. Este problema quedaba en gran parte resuelto cuando los mismos estudiantes discutían, pues por estar elaborando por primera vez una idea, ellos hablaban de todos los pormenores que consideraban importantes. Este hecho provocó un problema que vale la pena mencionar, y es que hubo estudiantes muy buenos, con promedios de 95 a 100 y muy malos, con promedios de 45 a 55. Afortunadamente, esto último pasó con cuatro de los 22 estudiantes. Al hablar con ellos respecto al problema, uno comentó lo siguiente:

"para perder su clase se necesita ser o muy tonto o ser muy haragán, y en mi caso, profesor, creo que soy muy haragán, y si no cambio me va a ir mal, pues creo que la clase como está ahora, no es difícil".

Esta opinión fue secundada por otros tres estudiantes. Al preguntar por el rendimiento de estos cuatro estudiantes en las

otras materias, se encontró que estaban colocados en el cuartil más bajo. Era una cuestión de actitud y no aptitud; vale la pena mencionar que dos de ellos mejoraron notablemente ya que sus promedios subieron a 77-78.

Otro problema que se manifestó fue el factor tiempo. El grupo control avanzaba con más rapidez respecto a su contenido, pues la preocupación del tiempo y contenido, cuando hay que llenar un programa, hace a un lado el verdadero objetivo de enseñar que es el que los estudiantes logren aprender.

## V. RESULTADOS

En este capítulo se da a conocer los resultados obtenidos, al someter a pruebas estadísticas los datos del experimento que permitieron efectuar el contraste de hipótesis, para comprobar la hipótesis de investigación planteada.

Se presenta los resultados del test que se pasó al principio de la investigación (prueba inicial). Los resultados referentes a cociente intelectual y los obtenidos en la prueba final, cada uno de ellos cuenta con un análisis estadístico, el que se presenta en los Anexos A y B.

La prueba inicial y la prueba final fueron elaboradas y corregidas por el autor. Los datos de los resultados de la prueba para obtener los cocientes intelectuales de ambos grupos, fueron proporcionados por el Centro de Investigaciones Educativas de la Universidad del Valle de Guatemala y el autor sólo contrastó estadísticamente estos resultados.

### A. Análisis de los resultados de la prueba inicial

El análisis de los resultados se inició haciendo la comparación entre los resultados obtenidos por los grupos control y experimental para la prueba inicial (ver Anexo A, Tabla A.1).

Si existe homogeneidad entre el grupo control y el

experimental, entonces, se usa el estadístico "t" definido así:

$$t : \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{D\bar{X}}}$$

Para la homogeneidad se usa el estadístico F.

$$F : \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{\text{varianza mayor}}{\text{varianza menor}}$$

$X_1$  tiene S : 2.848      y       $X_2$  tiene S : 2.198

$$F : \frac{(2.848)^2}{(2.198)^2} = 1.68$$

Para la varianza mayor se tiene 20 gl y para la varianza menor se tiene 13 gl.

La F crítica según la tabla del Apéndice F, Dawnie (1981: 330), da un valor de 2.46.

Siendo F calculada < F crítica se concluye que probablemente con  $\alpha = .05$  hay homogeneidad entre los grupos y por lo tanto, justifica el uso de "t" definida anteriormente.

### 1. Hipótesis estadística para la prueba inicial

a. Hipótesis nula. No existe diferencia estadísticamente significativa entre la media del grupo control y la media del grupo experimental en la prueba inicial.

$$H_0: \bar{X}_1 = \bar{X}_2$$

b. Hipótesis alterna. Si existe diferencia estadísticamente significativa entre la media del grupo control y la media del grupo experimental en la prueba inicial:

$$H_1: \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$$

c. Prueba estadística. Como existe homogeneidad entre grupos y éstos son menores de 30 se usará la "t" de Student en su forma:

$$t = \frac{X_1 - X_2}{S_{D_{\bar{X}}}}$$

- d. Nivel de significación.  $\alpha = .05$  para un contraste bilateral.
- e. Distribución muestral. Es la distribución "t" con 33 grados de libertad.
- f. Región crítica. Los valores críticos de "t" son:  $\pm 2.042$ .
- g. Cálculo de "t":  $\frac{17.28 - 18.71}{.90} = \frac{-1.43}{.90} = -1.59$

$$-2.042 < t \text{ calculada} < 2.042$$

No se rechaza la hipótesis nula.

h. Conclusión. Probablemente con  $\alpha = .05$ , el grupo

control no es diferente al grupo experimental en la prueba inicial del curso de Física.

- i. El test muestra un coeficiente de confiabilidad de .55 calculado con  $KR_{21}$ .
- j. Su validez se muestra como validez de contenido basada en la Tabla de Especificaciones que aparece en el Anexo D.

#### B. Análisis de los resultados del cociente intelectual

Siendo el cociente intelectual de los estudiantes participantes, una variable que podría influir significativamente en el rendimiento, también se procedió a determinar si los cocientes eran homogéneos y si sus medias eran estadísticamente iguales.

Los resultados siguientes fueron logrados por los estudiantes en el test Otis-Lennon de Habilidad Mental Avanzada Forma "J", pasado el 16 de julio de 1982 (ver Anexo B).

La forma de establecer si hay o no homogeneidad entre los grupos y sus varianzas es mediante la aplicación del cociente F.

$$F : \frac{\text{varianza mayor}}{\text{varianza menor}} = \frac{(9.26)^2}{(7.38)^2} = 1.57$$

El valor crítico que da la tabla del Apéndice E, Downie

(1981:330), para  $\alpha = .05$ , con 20 y 12 grados de libertad es de 2.54.

F calculada < F crítica

Por lo tanto, probablemente con  $\alpha = .05$  no hay diferencia entre las varianzas de los grupos.

1. Hipótesis estadística para los resultados del cociente intelectual

a. Hipótesis nula. No existe diferencia estadísticamente significativa entre la media del grupo experimental y los resultados del test de CI.

$$H_0: \bar{X}_1 = \bar{X}_2$$

b. Hipótesis alterna. Existe diferencia estadísticamente significativa entre la media del grupo control y la media del grupo experimental en los resultados del test de CI.

$$H_1: \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$$

c. Prueba estadística. Puesto que se están comparando dos medias muestrales de grupos con menos de 30 casos y con varianzas homogéneas, el uso del cociente "t" de Student se justifica.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{D\bar{X}}}$$

d. Nivel de justificación.  $\alpha = .05$ , el contraste es bilateral.

- e. Distribución muestral. Es la distribución "t" con 32 grados de libertad.
- f. Región crítica. Los valores críticos de "t" son  $\pm 2.042$ .
- g. Cálculo de "t". Para conocer los resultados de este cálculo, refiérase al Anexo B, según el cual,  $t$  calculada  $< t$  crítica. No se rechaza la Hipótesis Nula.
- h. Conclusión. Como  $t$  calculada es menor que  $t$  crítica, probablemente con  $\alpha = .05$  el grupo experimental no difiere del grupo control en cuanto al cociente intelectual.

C. Análisis de los resultados de la prueba final

A continuación se hace un análisis de los resultados obtenidos por los estudiantes del grupo control y experimental en la prueba final (ver Anexo C).

Al igual que en los dos casos anteriores, se busca si hay homogeneidad entre los dos grupos y sus varianzas usando el cociente F, definido como:

$$F : \frac{\text{varianza mayor}}{\text{varianza menor}} = \frac{15.13}{11.22} = 1.35$$

El valor crítico que da la tabla del Apéndice E, Downie (1981:330), para  $\alpha = .05$  con 16 y 18 grados de libertad es de 2.25.

F calculada < F crítica, por lo tanto, probablemente con un  $\alpha = .05$  no hay diferencia entre las varianzas de los grupos.

1. Planteamientos estadísticos para los resultados de la prueba final

a. Hipótesis nula. No existe diferencia estadísticamente significativa entre la media del grupo control y la media del grupo experimental en el rendimiento de la prueba final de solución de problemas de Física.

$$H_0: \bar{X}_1 = \bar{X}_2$$


b. Hipótesis alterna. Sí existe diferencia estadísticamente significativa entre la media del grupo control y la media del grupo experimental en el rendimiento del test de solución de problemas de Física.

$$H_1: \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$$

c. Prueba estadística. En vista de que se comparan dos muestras de N menor que 30 y con varianzas homogéneas, se usará el cociente de "t" de Student.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{D\bar{X}}}$$

d. Nivel de significancia.  $\alpha = .05$ , el contraste es bilateral.

- e. Distribución muestral. Es la distribución "t" con 24 grados de libertad.
  - f. Región crítica. Los valores críticos de "t" son + 2.064.
  - g. Cálculo de "t". Para la debida información, refiérase al Anexo C, según el cual se rechaza la Hipótesis Nula.
  - h. Conclusión. Como "t" calculada es mayor que "t" crítica, probablemente con  $\alpha = .05$  la media del grupo experimental es mayor que la media del grupo control en el rendimiento de la solución de problemas en la clase de Física.
  - i. El test muestra un coeficiente de confiabilidad de 0.66 calculado con  $KR_{21}$ .
  - j. La validez es de contenido según la tabla de Especificaciones del Anexo F.
- 

## VI. DISCUSION DE LOS RESULTADOS .

En este capítulo se discuten los resultados obtenidos en el experimento metodológico para la enseñanza de la Física, efectuado con estudiantes del quinto grado del Bachillerato del Colegio Americano de Guatemala.

Los grupos de estudiantes con los que se efectuó la experiencia fueron menores de 30, por lo que se utilizó siempre el estadístico llamado "t" de Student para determinar si había o no diferencias estadísticamente significativas entre las medias de cada grupo con un nivel  $\alpha = .05$ .

En el caso de la prueba inicial, las diferencias encontradas entre las medias de cada grupo no fueron estadísticamente diferentes. Por lo tanto, no se rechazó la hipótesis nula, esto mostró que los grupos estaban, estadísticamente hablando, en iguales condiciones. El test dio un índice de confiabilidad de .55. Índice calculado con Kuder-Richardson 21 y que en opinión de Pedro Lafourcade (1969:162), fue apropiado para el número de ítemes de la prueba.

Su validez fue de contenido y lograda con la tabla de especificaciones correspondiente (ver Anexo A).

La amplitud observada en el grupo control fue de 13-22; siendo la amplitud posible 0-25, en este caso se obtuvo una

desviación estándar de 2.1. El grupo parece estar normalmente distribuido y el total de la clase cae entre -2 y +2 desviaciones estándar en la curva normal. Su media fue de 18.71.

La amplitud observada en el grupo experimental fue de 12-23, siendo la amplitud 0-25. En este caso se obtuvo una desviación estándar de 2.8. El grupo también cae entre -2 y +2 desviaciones estándar y parecer estar normalmente distribuido. Su media fue de 17.26. Aunque no existe diferencia significativa entre las medias, obsérvese que la media del grupo experimental en este caso es menor que la del grupo control.

En el caso de la medición del cociente intelectual, las diferencias entre medias no fueron estadísticamente significativas con un nivel  $\alpha = .05$ . Tampoco se rechazó la Hipótesis Nula, permitiendo este resultado, inferir que en lo correspondiente a CI los estudiantes de ambos grupos estaban en igualdad de condiciones.

En el grupo control, la amplitud fue de 102-125, la amplitud posible era de -50 a +150. La desviación estándar fue de 7.38, el grupo era bastante homogéneo y se encontraba localizado entre -2 y +2 desviaciones estándar de la curva normal. Su media fue de 112.77.

En el grupo experimental, la amplitud observada fue de 98-145, la amplitud posible fue de -50 a +150.

La desviación estándar fue de 9.26, el grupo en general era homogéneo a pesar de sus valores extremos, los que fueron alcanzados únicamente por dos alumnos, uno con 98 y otro con 145. Cabe mencionar que las notas más altas en lo correspondiente a rendimiento no corresponden al estudiante con 145 de CI y tampoco las notas más bajas corresponden al estudiante con 98 de CI. La mayoría del grupo se situó entre -2 y +2 desviaciones estándar en la curva normal. Su media fue de 113.62.

La diferencia aritmética de las medias de CI fue apenas de 0.85. Los grupos fueron aparentemente iguales en este sentido.

✓ En la prueba final, como se puede observar en la tabla del Anexo F, no participaron todos los estudiantes que debían, pues debido a la facilidad que brinda el Colegio, mediante la cual algunos estudiantes tienen la opción de terminar su año escolar antes de lo normal para ir a estudiar al extranjero, no fue posible que todos estuvieran presentes en dicha prueba. Esto podría haber influido en los resultados, pero el uso del estadístico "t" de Student permitió tomar decisiones válidas, ya que fue diseñado precisamente para trabajarse con grupos menores de 30 casos.

La prueba final (véase Anexo G) sirvió para medir el rendimiento en la solución de problemas. En este caso la diferencia de medias fue estadísticamente significativa a un nivel

$\alpha = .05$  en la dirección del grupo experimental. Se rechazó la Hipótesis Nula y por lo tanto, quedó comprobada la Hipótesis de Investigación. Con las restricciones del caso, por ser grupos no aleatorios y de un sólo establecimiento, se puede afirmar que para grupos similares a los grupos con los cuales se realizó la investigación, el método propuesto es funcional.

La amplitud observada en el grupo experimental fue de 6-20. La amplitud posible era de 0-21. La desviación estándar fue de 3.89. El grupo resultó sobre el lado derecho de la curva normal, ya que cae entre -1 y 3 desviaciones estándar. Su media fue de 10.

En el grupo control, la amplitud observada fue de 2-12. La amplitud posible era de 0-21. Su desviación estándar fue de 3.35. En este caso, el grupo se colocó entre -2 y +2 desviaciones estándar en la curva normal, cosa que sucedió también en el análisis de la prueba inicial. Parece ser que el grupo se mantuvo igual en su rendimiento sin registrar cambios de posición respecto a la curva normal. Su media fue de 6.67.

El índice de confiabilidad fue de .66. Este fue calculado con la fórmula Kuder-Richardson 21. Índice que resulta apropiado para el número de ítemes. Pedro Lafourcade (1972: 162).

El experimento presentó la limitación correspondiente a

trabajar con grupos pequeños. Los estudiantes no fueron asignados aleatoriamente a cada grupo debido a la organización por horarios que tiene el Colegio, no pudiendo tener la clase de Física a la misma hora.

También se debe tomar en cuenta que las clases fueron impartidas por dos profesores, pudiendo esto influir en los resultados finales, a pesar de que se trató en todo lo posible de que no fuera así.



## VII. CONCLUSIONES

1. Los resultados alcanzados en el experimento y el análisis estadístico que de ellos se hizo, muestran que el método propuesto dio el resultado esperado. Los estudiantes del grupo experimental mejoraron su rendimiento académico y su habilidad para resolver problemas en la clase de Física.
2. El método mostró lo importante que es para el aprendizaje poner cuidado y atención a las dificultades que tienen los alumnos para abstraer y transferir sus conocimientos a la solución de problemas. El manejo y conocimiento apropiado de conceptos y principios fue el camino para poder resolver los problemas que se presentaron.
3. La metodología empleada fomentó la confianza del alumno en sus capacidades ante un contenido que le resultaba difícil. Se hizo evidente que al sentirse seguro de sí mismo, logró superar las frustraciones que conlleva el no encontrar los resultados, y, así, en lugar de abandonar lo que hacía, buscaba preguntaba, repasaba, leía. Aprendió a través de su propio esfuerzo que podía superar los problemas que le ocasionaba la asignatura.
4. La conclusión anterior se encuentra relacionada con el cambio en el rol del estudiante. En el método experimental,

el papel del estudiante es activo y no pasivo. Se ve obligado a pensar, a elaborar sus propias ideas acerca de lo que lee y discute, lo cual lo lleva a adquirir un método de estudio más eficiente que se refleja en mejor rendimiento.

5. El método propuesto tiene no sólo un valor informativo, sino formativo. Procesos como la reflexión, no son privativos de una materia, como tampoco lo son las habilidades para obtener información, para leer, para organizar, para inferir. El método genera procesos, habilidades y actitudes que pueden ser transferidos a otras actividades no necesariamente escolares y quedan como un estímulo interno para un aprendizaje permanente.

6. El cambio en el rol del profesor de proveedor de conocimientos a guía y orientador se hizo evidente como más efectivo para propiciar el aprendizaje.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Que se repita este tipo de investigaciones en forma más amplia, con grupos mayores de estudiantes, con diferentes características y en diferentes instituciones.
2. Que el profesor conozca más acerca del proceso psicológico en el aprendizaje y los elementos que entran en juego para lograrlo, si pretende obtener resultados óptimos en el rendimiento académico en la Física.

Los maestros de Física deben preocuparse más de cómo el estudiante aprende y no simplemente dedicarse a la enseñanza basada en lo que su intuición y su experiencia puedan darles. No es suficiente saber Física, es sumamente importante que se sepa cómo enseñarla, tomando en cuenta las limitaciones que el grupo tiene.

3. Que el profesor actúe en forma distinta de lo acostumbrado en el método tradicional. Que sea orientador del aprendizaje; que se asegure de diseñar las actividades necesarias para que el estudiante reflexione y ejercite su razonamiento en la búsqueda de soluciones. La estructuración del contenido de un curso debe hacerse en función del proceso de pensamiento que sigue el alumno para aprender.
4. Que se dé estímulo a los profesores para que escriban

acerca de sus experiencias docentes y se promueva la realización de reuniones en donde puede ponerse a discusión la problemática de la enseñanza de la Física, con la idea no sólo de mejorar en cuanto a métodos y técnicas, sino también en cuanto a despertar más el interés por el estudio de la ciencia.

5. Que se haga comprender al estudiante, en todo momento, que su actitud hacia la clase de Física es importante para alcanzar el éxito y ésto depende en gran parte del maestro.

6. Se recomienda a la Universidad del Valle de Guatemala propiciar cursos de adiestramiento y de actualización en forma periódica.

7. Que se estimule la realización de investigación y experimentación con métodos de estudio, para diseñar un camino o plan que sirva de guía al estudiante acerca de cómo aprovechar las fuentes de información existentes, de cómo estudiar Física, de cómo hacer apuntes y aprovechar mejor las clases dadas por el profesor.

8. Que los métodos de evaluación que se empleen desempeñen su función retroalimentadora, tanto para el estudiante como para el maestro, y que no sean simplemente indicadores de quién aprueba y quién no aprueba el curso. Además, que se aumente la frecuencia de las evaluaciones para lograr que el estudiante se preocupe más y para tener presente y en forma objetiva, una idea clara de cómo va la clase.

9. Que la clase de Física no aparezca como alejada del contexto cultural y social de la comunidad. El estudiante debe aprender que puede ser una forma de resolver los problemas de ésta.



ANEXOS



ANEXO A

Cálculos y resultados estadísticos de la prueba inicial

$\Sigma X_1$	= 363	$\Sigma X_2$	= 262
$(\Sigma X_1)^2$	= 131769	$(\Sigma X_2)^2$	= 68644
$\Sigma X_1^2$	= 6437	$\Sigma X_2^2$	= 4966
$N_1$	= 21	$N_2$	= 14
$S_{N-1}$	= 2.848	$S_{N-1}$	= 2.198
$\bar{X}_1$	= 17.28	$\bar{X}_2$	= 18.71

$$\begin{aligned} \Sigma X_1^2 &= \Sigma X_1^2 - \frac{(\Sigma X_1)^2}{N_1} \\ &= 64.37 - \frac{131769}{21} \\ &= 162.29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma X_2^2 &= \Sigma X_2^2 - \frac{(\Sigma X_2)^2}{N_2} \\ &= 4966 - \frac{68644}{14} \\ &= 62.86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D\bar{X}} &= \sqrt{\frac{\Sigma X_1^2 + \Sigma X_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left( \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)} \\ &= \sqrt{\frac{162.29 + 62.86}{21 + 14 - 2} \left( \frac{1}{21} + \frac{1}{14} \right)} \\ &= \sqrt{.8122} = .90 \end{aligned}$$

TABLA A.1

Resultados de la prueba inicial  
en ambos grupos

Grupo experimental			Grupo control		
Clave	$X_1$	$X_1^2$	Clave	$X_2$	$X_2^2$
1	12	144	1	13	169
2	13	169	2	17	289
3	13	169	3	17	289
4	14	196	4	18	324
5	15	225	5	18	324
6	15	225	6	19	361
7	17	289	7	19	361
8	17	289	8	19	361
9	17	289	9	19	361
10	17	289	10	19	361
11	17	289	11	20	400
12	16	289	12	21	441
13	18	324	13	21	441
14	19	361	14	22	484
15	19	361			
16	20	400			
17	20	400			
18	20	400			
19	20	400			
20	20	400			
21	23	529			

$X_1$  = Punteos burdos grupo experimental

$X_2$  = Punteos burdos grupo control

ANEXO B

Cálculos y resultados estadísticos de los datos del cociente intelectual

$\Sigma X_1^2 = 272810$	$\Sigma X_2^2 = 165974$
$\Sigma X_1 = 2386$	$\Sigma X_2 = 1466$
$(\Sigma X_1)^2 = 5692996$	$(\Sigma X_2)^2 = 2149156$
$\bar{X}_1 = 113.62$	$\bar{X}_2 = 112.77$
$N_1 = 21$	$N_2 = 13$
$S_1 = 9.26$	$S_2 = 7.38$
$S_1^2 = 85.7476$	$S_2^2 = 54.4644$

Cálculo de "t":

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{D\bar{X}}} \quad \text{donde} \quad S_{D\bar{X}} = \sqrt{\frac{\Sigma X_1^2 + \Sigma X_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left( \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}$$

$$\begin{aligned} \Sigma X_1^2 &= \Sigma X_1^2 - \frac{(\Sigma X_1)^2}{N} & \Sigma X_2^2 &= \Sigma X_2^2 - \frac{(\Sigma X_2)^2}{N} \\ &= 272810 - \frac{5692996}{21} & &= 165974 - \frac{2149156}{13} \\ &= 1714.95 & &= 654.31 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D\bar{X}} &= \sqrt{\frac{1714.95 + 654.31}{13 + 21 - 2} \left( \frac{1}{13} + \frac{1}{21} \right)} = \sqrt{(74.04)(.1245)} = \sqrt{9.22} \\ &= 3.04 \end{aligned}$$

$$t = \frac{113.62 - 112.77}{3.04} = .2796$$

TABLA B.1

Cociente intelectual del grupo experimental  
y del grupo control

Grupo experimental			Grupo control		
Clave	$X_1$	$X_1^2$	Clave	$X_2$	$X_2^2$
1	121	14641	1	112	12544
2	111	12321	2	102	10201
3	115	13225	3	110	12100
4	109	11881	4	118	13924
5	116	13456	5	114	12996
6	120	14400	6	125	15625
7	106	11236	7	115	13225
8	114	12996	8	110	12100
9	116	13456	9	119	14161
10	145	21025	10	123	15129
11	116	13456	11	112	12544
12	98	9604	12	104	10816
13	119	14161	13	103	10609
14	116	13456			
15	106	11236			
16	109	11881			
17	103	10609			
18	107	11449			
19	111	12321			
20	116	13456			
21	112	12544			

$X_1$  = Punteos burdos grupo experimental

$X_2$  = Punteos burdos grupo control

## ANEXO C

Cálculos y resultados estadísticos de los  
datos de la prueba final

$\Sigma X_1 = 170$	$\Sigma X_2 = 60$
$\Sigma X_1^2 = 1942$	$\Sigma X_2^2 = 490$
$(\Sigma X_1)^2 = 28900$	$(\Sigma X_2)^2 = 3600$
$\bar{X} = 10$	$\bar{X} = 6.67$
$N = 17$	$N = 9$
$S_1 = 3.89$	$S_2 = 3.35$
$S_1^2 = 15.13$	$S_2^2 = 11.22$

Cálculo de "t" =

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{D\bar{X}}} \quad \text{donde} \quad S_{D\bar{X}} = \sqrt{\frac{\Sigma X_1^2 + \Sigma X_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left( \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}$$

$$\begin{aligned} \Sigma X_1^2 &= \Sigma X_1^2 - \frac{(\Sigma X_1)^2}{N} & \Sigma X_2^2 &= \Sigma X_2^2 - \frac{(\Sigma X_2)^2}{N} \\ &= 1942 - \frac{28900}{17} & &= 490 - \frac{3600}{9} \\ &= 242 & &= 90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D\bar{X}} &= \sqrt{\frac{242 + 90}{17 + 9 - 2} \left( \frac{1}{17} + \frac{1}{9} \right)} = \sqrt{(13,83)(.17)} = \sqrt{2.3511} \\ &= 1.53 \end{aligned}$$

$$t = \frac{10 - 6.67}{1.53} = 2.18$$

TABLA C.1

Resultados de la prueba final de los  
grupos experimental y control

Grupo experimental			Grupo control		
Clave	$X_1$	$X_1^2$	Clave	$X_2$	$X_2^2$
1	20	400	1	12	144
2	18	324	2	10	100
3	12	144	3	9	81
4	11	121	4	8	64
5	11	121	5	6	36
6	11	121	6	6	36
7	10	100	7	4	16
8	10	100	8	3	9
9	9	81	9	2	4
10	9	81			
11	9	81			
12	7	49			
13	7	49			
14	7	49			
15	7	49			
16	6	36			
17	6	36			

$X_1$  = Punteos burdos grupo experimental

$X_2$  = Punteos burdos grupo control

## ANEXO D

Tabla de especificaciones para la prueba inicial

Contenido	Objetivo	Cono- ci- miento	Com- pren- sión	Apli- ca- ción	Aná- li- sis	Total	Por- cen- taje
Hipótesis		1				1	4
Energía potencial y cinética				2		2	8
Principio de conservación de energía				1		1	4
Dimensionales en mecánica		1				1	4
Concepto de masa y peso				1		1	4
Concepto de desplazamiento					1	1	4
Caída libre			1	3		4	16
Vectores			1			1	4
Concepto de movimiento		1				1	4
Interpretación de gráficas					6	6	24
MRUV con concepto de gravitación				1		1	4
Aplicación de Leyes de Newton				3	2	5	20
Total		3	2	11	9	25	↓
Porcentaje		12	8	44	36	→	100



ANEXO E

Prueba Inicial - "Test de Física"

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Sección \_\_\_\_\_

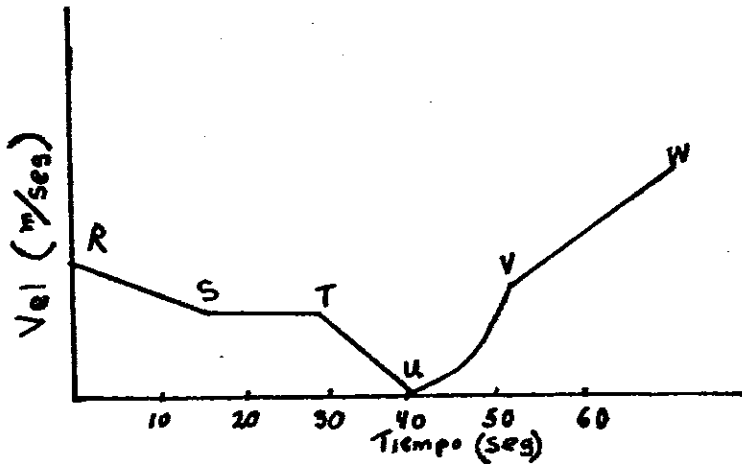
INSTRUCCIONES: contesta las siguientes preguntas. Escribe la letra que corresponde a la opción correcta en el espacio a la derecha. Piensa cuidadosamente antes de responder. Esto es muy importante.

1. En ciencia, una hipótesis no se convierte en ley hasta qué  
A. hipótesis similares han sido formuladas por otros científicos.  
B. se publica en una revista científica.  
C. se ha comprobado por medio de la experimentación.  
D. nadie cuestiona su validez  
\_\_\_\_\_
  
2. ¿Cuál de los siguientes objetos tiene energía cinética?  
A. un objeto en reposo sobre el suelo  
B. un carro estacionado en un cerro  
C. un peso sostenido por una cuerda  
D. una rueda girando  
\_\_\_\_\_

3. Si el pie de un cerro se escoge como el nivel cero, un carro que se mueve hacia abajo del cerro tiene
- A. ambas energías potencial y cinética
  - B. sólo energía cinética
  - C. sólo energía potencial
  - D. ni energía potencial ni energía cinética
- 
4. El trabajo hecho cuando se frotan ambas manos de una persona es equivalente a la cantidad de calor producida. ¿Qué principio ejemplifica este hecho?
- A. inercia
  - B. energía cinética
  - C. conservación de energía
  - D. relatividad
- 
5. Todas las unidades en mecánica se derivan de las medidas de
- A. energía, longitud y tiempo
  - B. masa, longitud y tiempo
  - C. masa, energía y tiempo
  - D. masa, longitud y energía
- 
6. La masa y peso de un objeto se miden en diferentes lugares de la tierra. ¿Qué medidas serán iguales en ambos lugares?
- A. masa y peso
  - B. masa
  - C. peso
  - D. ninguna de éstas
-

7. Un carro viaja 500 Km en 4 horas y otro 500 Km en 5 horas. Los carros tienen la (el) misma (o)
- A. aceleración
  - B. desplazamiento
  - C. rapidez promedio
  - D. velocidad
8. Una pelota se lanza verticalmente hacia arriba con una velocidad de 10 m/seg. En el punto más alto de su trayectoria la pelota tiene
- A. velocidad cero
  - B. máxima atracción gravitacional
  - C. máxima aceleración
  - D. ninguna fuerza actuando sobre ella
9. Cuando la pelota de la pregunta número 8 toca el suelo, tendrá una velocidad de más o menos
- A. 2.5 m/seg
  - B. 5.0 m/seg
  - C. 10 m/seg.
  - D. 20 m/seg.
10. ¿Cuál de las siguientes representa una cantidad vectorial?
- A. velocidad
  - B. rapidez
  - C. masa
  - D. tiempo
11. ¿Cuál de las siguientes palabras no es necesaria para describir un movimiento?
- A. desplazamiento
  - B. sistema preferencial
  - C. rapidez
  - D. masa

Para responder a las preguntas del número 12 al 17, haga referencia a la gráfica de velocidad-tiempo que se incluye a continuación. Esta representa los datos de un automóvil en movimiento.



12. La distancia que viajó en el intervalo ST fue de
- A. 150 m
  - B. 200 m
  - C. 300 m
  - D. 600 m
- \_\_\_\_\_
13. ¿Durante qué intervalo la suma de las fuerzas que actúan sobre el carro es cero?
- A. RS
  - B. ST
  - C. UV
  - D. VW
- \_\_\_\_\_
14. ¿Durante qué intervalo actúa una fuerza variable sobre el carro?
- A. RS
  - B. TU
  - C. UV
  - D. VW
- \_\_\_\_\_

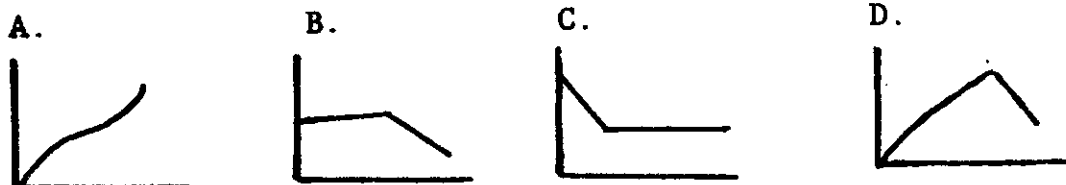
15. La aceleración del carro durante el intervalo TU es

- A. 0 m/seg
- B. 1 m/seg
- C. 2 m/seg
- D. -1 m/seg

16. ¿En qué intervalo es mayor la aceleración?

- A. RS
- B. ST
- C. UV
- D. VW

17. La representación de la gráfica desplazamiento-tiempo para intervalo RT sería



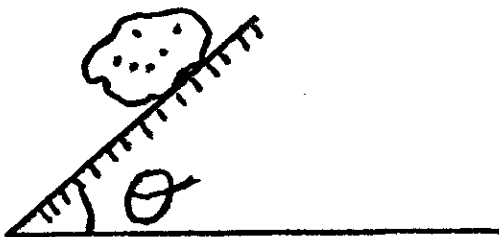
Para responder a las preguntas del número 18 al 20, refiérase a una pelota que se lanza verticalmente hacia arriba con una velocidad de 20 m/seg. Considere la  $g$  (gravedad en la superficie de la tierra) como  $10 \text{ m/seg}^2$  y elimine los efectos de la fricción del aire.

18. La pelota toca el suelo después de

- A. 1.0 seg
- B. 2.0 seg
- C. 4.0 seg
- D. 8.0 seg

19. La altura máxima de la pelota es
- A. 10 m
  - B. 20 m
  - C. 40 m
  - D. 160 m
- 
20. En un planeta en donde su masa y radio es la mitad del de la tierra, la pelota toca el suelo nuevamente en
- A. 1.0 seg
  - B. 2.0 seg
  - C. 4.0 seg
  - D. 8.0 seg
- 

Las preguntas del número 21 al 24 hacen referencia a una roca de 10,000 n que descansa en un cerro como lo señala la figura a continuación.



21. Si en el cerro no hay fricción, la fuerza mínima que se necesita para prevenir que la roca se deslice hacia abajo del cerro es
- A. 10,000 n
  - B. (10,000 n) (sen  $\theta$ )
  - C. (10,000 n) (cos  $\theta$ )
  - D. (10,000 n) (tan  $\theta$ )
-

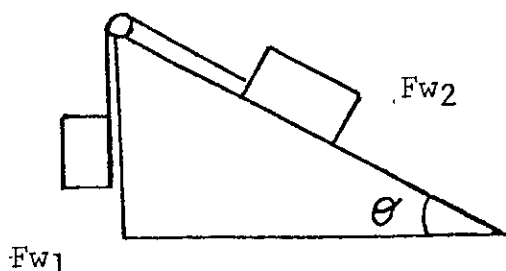
22. Si la fricción sobre la roca es de 200 n, el coeficiente de fricción es de
- A. 200 n /10,000 n
- B. 200 n /(10,000 n) (sen  $\theta$ )
- C. 200 n /(10,000 n) (cos  $\theta$ )
- D. 200 n /(10,000 n) (tan  $\theta$ )
- 
23. El mínimo coeficiente de fricción necesario para mantener el equilibrio de la roca en el plano es
- A. sen  $\theta$
- B. cos  $\theta$
- C. tan  $\theta$
- D. 1
- 
24. Usted descansa en una silla. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor esta situación?
- A. La resultante de las fuerzas que actúan sobre usted es cero.
- B. Ninguna fuerza actúa sobre usted.
- C. Usted está en reposo en cualquier sistema referencial.
- D. Usted no ejerce ninguna fuerza sobre la silla.
- 
25. La figura de la derecha representa dos masas unidas por un lazo muy delgado. Si la fuerza de fricción es  $F_f$ , ¿cuál de las siguientes ecuaciones es la condición para el equilibrio?

A.  $F_{w1} = F_{w2} \cos \theta + F_f$

B.  $F_{w1} = F_{w2} \cos \theta - F_f$

C.  $F_{w1} = F_{w2} \sin \theta + F_f$

D.  $F_{w1} = F_{w2} \sin \theta - F_f$





ANEXO F

Tabla de especificaciones de la prueba final

Contenido	Objetivo	Cono- ci- miento	Com- pren- sión	Apli- ca- ción	Aná- li- sis	Total	Por- cen- taje
Conversión de revoluciones a radianes				1		1	4.8
Conversión de radianes por segundo a revoluciones por segundo				1		1	4.8
Conversión de grados a revoluciones				1		1	4.8
Velocidad angular y rapidez de un punto en el centro				2		2	9.5
Aceleración angular y lineal				2		2	9.5
Desplazamiento angular				1		1	4.8
Fuerza centrípeta				2		2	9.5
Velocidad mínima				1		1	4.8
Inercia rotacional				1		1	4.8
Movimiento armónico				1		1	4.8
Potencia				1		1	4.8
Trabajo y energía				1	1	1	9.5
Ley de Newton				1		1	4.8
Fuerza de fricción					1	1	4.8
Energía cinética lineal				1		1	4.8
Energía rotacional cinética					1	1	4.8
Energía cinética					1	1	4.8
Total		0	0	17	4	21	↓
Porcentaje		0	0	81	19	→	100



## ANEXO G

### Prueba final - "Test de Física"

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Sección \_\_\_\_\_

INSTRUCCIONES GENERALES: resuelve cada uno de los problemas en el espacio correspondiente. Medita sobre tu respuesta. Por favor, enseña tu trabajo en forma clara y organizada.

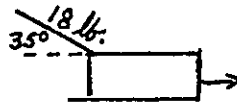
1. Convierte 15 revoluciones a radianes.
2. Convierte 72 radianes por segundo a revoluciones por segundo.
3. ¿Cuántas revoluciones hay en 600 grados?
4. 5. Una ruleta hace 300 revoluciones por minuto. Encuentra la velocidad angular de la rueda y la velocidad lineal de un punto a dos metros del centro.
6. 7. A una rueda se le aumenta uniformemente su velocidad a 900 revoluciones por minuto (30 rad/seg) en 15 segundos desde el reposo. Encuentra la aceleración angular en rad/seg y la aceleración lineal de un punto a 3 pies del eje.

8. Un disco da vueltas con una aceleración constante de 5 rad/seg. ¿Cuántas vueltas da en 5 segundos desde el reposo?
9. Calcular la fuerza centrípeta ejercida sobre una masa de 5 Kg que se mueve a una velocidad de 5 m/seg en un movimiento horizontal circular, si el radio del círculo es de 2 m.
10. Encuentra la velocidad crítica de la masa en el problema 9 para el mismo radio si la masa se mueve en un círculo vertical en la superficie terrestre.
11. Un carro pesa  $6 \times 10$  newtons. Si éste viaja en una curva horizontal que tiene un radio de 250 newtons a una velocidad de 22 m/seg. ¿Cuál es la fuerza centrípeta del camino sobre el carro?
12. ¿Cuál es la inercia rotacional de una pelota sólida de 100 m de diámetro que pesa 80 newtons, si se rota sobre su diámetro.
13. Un péndulo de .25 m de largo tiene un período de 1.1 segundos. ¿Cuál es el período de un péndulo en el mismo lugar si tiene un largo de .10 m?

14. ¿Qué potencia se requiere para levantar una masa de 47 Kg a una altura de 12 metros en 15 segundos?
15. Un bloque se arrastra una distancia de 10 metros a lo largo del nivel del suelo. La fuerza ejercida en la cuerda es de 90 newtons y el ángulo entre la cuerda y el suelo es de  $30^\circ$ .

Encuentra el trabajo hecho.

16. Una fuerza de 18 libras se le aplica continuamente con un ángulo de  $35^\circ$  a un cuerpo de 150 lbs. como lo señala la figura a continuación. Busque la velocidad después que se movió 25 pies desde el reposo (no hay fricción).



17. Un automóvil de 2,000 Kg viaja a 20 m/seg y llega al reposo a nivel del suelo en una distancia de 100 m. ¿Qué tan grande fue la fuerza de fricción promedio para detenerlo?
18. Un objeto que pesa 10 lb. cae a una distancia de 36 pies. ¿Qué rapidez llevaba en el momento antes de tocar el suelo?

19. 20. 21. Una bola de boliche tiene una masa de 8 kg. Si rueda en la pista, sin desviarse a 7 m/seg, calcular la energía lineal cinética, la energía rotacional cinética y la energía total cinética.

## ANEXO H

### Plan de Unidad

#### I. Identificación

Plantel: Colegio Americano de Guatemala      Año: 1982  
Nivel: Medio      Grado: Quinto Bachillerato  
Curso: Física  
Profesor: Bayardo Mejía

#### II. Objetivos generales

Al terminar la unidad, los estudiantes deberán:

- Resolver problemas en que apliquen los conceptos de movimiento circular uniforme, movimiento rotatorio, movimiento armónico simple.
- Resolver problemas en que apliquen conceptos de trabajo, potencia y energía.
- Deducir la utilización de conocimientos previos para llegar a conclusiones válidas y soluciones correctas al enfrentarse a problemas nuevos de movimiento circular uniforme, movimiento rotatorio, movimiento armónico simple, trabajo, potencia y energía.

Objetivos específicos	Contenido	Actividades	Materiales	Evaluación
<p>Al finalizar la unidad, el 80% de los estudiantes deberán:</p>	<p>El contenido para cada uno de los objetivos es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Movimiento circular uniforme</li> <li>- Medidas angulares, radián, grado, revolución</li> <li>- Velocidad, aceleración y desplazamiento angular</li> <li>- Relación del MRU con MCU horizontal y vertical</li> <li>- Velocidad crítica</li> <li>- Aceleración y fuerza centrípeta</li> <li>- Sistema referencial</li> <li>- Movimiento rotacional</li> <li>- Inercia rotacional</li> <li>- Movimiento armónico simple (péndulo, resorte y MCU)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.a. Lectura del texto básico</li> <li>b. Investigación individual</li> <li>c. Uso de fichas para definición de términos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Texto básico</li> <li>Lista de referencias</li> <li>Película</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.a. Preguntas orales</li> <li>b. Test corto</li> </ul>
<p>1. Definir el concepto básico de cada contenido</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>2.a. Discusión del significado de cuantificación de un fenómeno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2. Texto básico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.a. Hoja de trabajo</li> </ul>
<p>2. Reconocer la fórmula matemática que expresa cada uno de los conceptos básicos</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>b. Escritura de fórmulas usando definición de fichas</li> </ul>		
<p>3. Sustituir correctamente los valores en una fórmula dada</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>3.a. Clase magistral</li> <li>b. Hoja de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3. Hoja de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.a. Hoja de trabajo</li> </ul>
<p>4. Deducir correctamente las dimensiones apropiadas a partir de la fórmula dada</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>4.a. Discusión</li> <li>b. Taller</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4. Hoja de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4.a. Test corto</li> </ul>
<p>5. Interrelacionar fórmulas para resolver problemas</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>5.a. Discusión</li> <li>b. Resolución de problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5. Hoja de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5.a. Test corto</li> </ul>
<p>6. Dar ejemplos propios sobre los contenidos</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>6.a. Laboratorios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6. Guía de laboratorio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6.a. Informe escrito</li> </ul>

Objetivos específicos	Contenido	Actividades	Materiales	Evaluación
<p>Al finalizar la unidad, el 80% de los estudiantes deberán:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Definir el concepto básico de cada contenido</li> </ol>	<p><u>Trabajo</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de trabajo</li> <li>- Dimensional de trabajo</li> <li>- Trabajo realizado por fuerzas que varían</li> <li>- Trabajo en movimiento rotacional</li> </ul> <p><u>Potencia</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencia en movimiento rotacional</li> </ul> <p><u>Energía</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía potencial</li> <li>- Energía cinética</li> <li>- en movimiento rotacional</li> <li>- Relación entre energía cinética rotacional y lineal</li> <li>- Conservación de energía mecánica</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li> <ol style="list-style-type: none"> <li>Lectura del texto básico</li> <li>Investigación individual</li> <li>Uso de fichas para definición de términos</li> </ol> </li> <li>Discusión del significado de cuantificación de un fenómeno</li> </ol> <p>Escritura de fórmulas usando definición en fichas</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Clase magistral</li> <li>Demostración</li> <li>Hoja de trabajo</li> <li>Discusión</li> <li>Taller</li> <li>Discusión</li> <li>Resolución de problemas del texto básico</li> <li>Laboratorios</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li> <ol style="list-style-type: none"> <li>Texto básico</li> <li>Lista de textos de referencia</li> <li>Película</li> </ol> </li> <li>Texto básico</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li> <ol style="list-style-type: none"> <li>Preguntas orales</li> <li>Test corto</li> </ol> </li> <li>Hoja de trabajo</li> <li>Test corto</li> <li>Hoja de trabajo</li> <li>Test corto</li> <li>Informe escrito</li> <li>Test final de ambas unidades</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Reconocer la fórmula matemática que expresa cada uno de los conceptos básicos</li> </ol>				
<ol style="list-style-type: none"> <li>Sustituir correctamente los valores en una fórmula dada</li> </ol>				
<ol style="list-style-type: none"> <li>Deducir correctamente dimensiones apropiadas a partir de la fórmula dada</li> </ol>				
<ol style="list-style-type: none"> <li>Interrelacionar fórmulas para resolver problemas</li> <li>Dar ejemplos propios sobre los contenidos</li> </ol>				

## BIBLIOGRAFIA

- Aebli, H. Una didáctica fundada en la psicología de Jean Piaget. Buenos Aires, Editorial Kapelusz. 1958
- Avolio de Cols, S. Conducción del aprendizaje. Buenos Aires, Ediciones Marymar. 1977
- Brown, S. et al. Why Teach Physics? Based on Discussions at the International Conference on Physics in General Education. Cambridge, Mass., The M.I.T. Press. 1964
- Campbell, D. y Stanley, J. Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social. Buenos Aires, Amorrortu editores. 1973
- Castelnuovo, E. Didáctica de la matemática moderna. México, Editorial Trillas. 1980
- Congrains, E. Así es como se estudia. Venezuela, Editorial Forja. 1978
- Downie, N.M., Heath, R.W. Métodos estadísticos aplicados. 1981 México, Editorial Harla.
- Fesquet, A. Enseñanza de las ciencias. Buenos Aires, Editorial Kapelusz. 1974
- Furth, H. Las ideas de Piaget. Su aplicación en el aula. Buenos Aires, Editorial Kapelusz. 1971
- Gagné, R. Las condiciones del aprendizaje. Madrid, España, Editorial Aguilar. 1971
- Gagné, R., Briggs, L. La planificación de la enseñanza. Sus principios. México, Editorial Trillas. 1976
- Gronlund, N. Elaboración de tests de aprovechamiento. México, Editorial Trillas. 1974
- Haber, A., y Runyon, R. Estadística general. México, Editorial Fondo Educativo Interamericano, S.A. 1973
- Isaac, S. Handbook in Research and Evaluation. San Diego, California, Edits Publishers. 1976
- Knoll, K. Didáctica de la enseñanza de la Física. Buenos Aires, Editorial Kapelusz. 1974

