



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y
Tecnología Avanzada

**“IMPLEMENTACIÓN DE CLASES
DEMOSTRATIVAS INTERACTIVAS PARA LA
ENSEÑANZA DE CAÍDA LIBRE EN EL
BACHILLERATO”**

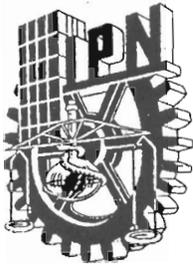
**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO
DE MAESTRA EN CIENCIAS
EN FÍSICA EDUCATIVA**

**P R E S E N T A :
LILIA GARDUÑO CALDERÓN**

*Directores: Dr. Alfredo López Ortega
Dr. César Eduardo Mora Ley*



México, D. F., Octubre de 2010



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México el día 22 del mes junio del año 2010, el (la) que suscribe Lilia Garduño Calderón alumno (a) del Programa de Maestría en Ciencias en Física Educativa con número de registro A070630, adscrito a CICATA Legaria, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. Alfredo López Ortega y Dr. César Eduardo Mora Ley y cede los derechos del trabajo intitulado “Implementación de clases demostrativas para la enseñanza de Caída Libre en el bachillerato”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección lgardunoc@yahoo.com.mx, alopez@ipn.mx, cmoral@ipn.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Lilia Garduño Calderón

Nombre y firma



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 11:00 horas del día 21 del mes de junio del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICATA Legaria para examinar la tesis titulada:

"Implementación de clases demostrativas interactivas para la enseñanza de Caída Libre en el bachillerato"

Presentada por el alumno:

Garduño

Calderón

Lilia

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre(s)

Con registro:

A	0	7	0	6	3	0
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Ciencias en Física Educativa

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dr. Alfredo López Ortega

Dr. César Eduardo Mora Ley

Dr. Ricardo García Salcedo

Dr. Apolo Castañeda Alonso

Dr. Daniel Sánchez Guzmán

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. José Antonio Irán Díaz Góngora



CICATA IPN

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional

RESUMEN

En esta tesis se muestran los resultados de la implementación de Clases Demostrativas e Interactivas (CDI's), propuestas por Sokoloff y Thornton, en la enseñanza de la física a nivel bachillerato. El tema estudiado fue el movimiento en caída libre, el cual forma parte de la Unidad II (Cinemática) del programa de estudios de Física I que se imparte en el tercer semestre en el CECyT 6 del Instituto Politécnico Nacional.

Considerando los objetivos del programa de estudios y basado en la propuesta de Sokoloff y Thornton se construyó una serie de cuatro CDI's que fueron usadas para impartir el tema de caída libre a los grupos experimentales de dos diferentes especialidades (Técnico Laboratorista Clínico y Técnico Laboratorista Químico). En cada especialidad tuvimos dos grupos experimentales y un grupo control.

Para evaluar la efectividad de la metodología se modificó el Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza agregándole diez ítems sobre el tema de caída libre con el objetivo de generar una herramienta útil para evaluar la comprensión de los conceptos básicos del movimiento en caída libre en estudiantes mexicanos del nivel bachillerato. La efectividad de los ítems propuestos se evaluó mediante la técnica de de Curvas de Respuesta al Ítem. Como resultado de este análisis generamos una versión modificada de algunas de las preguntas propuestas.

El análisis de las evaluaciones aplicadas antes y después de la instrucción muestra que las CDI's mejoran la comprensión de los conceptos de física; además de motivar al estudiante y fomentar en él, la participación activa, el trabajo colaborativo, así como la construcción de su propio conocimiento. Por lo tanto, nuestros resultados muestran que el uso de las CDI's es un método de enseñanza activa más efectivo frente al método de enseñanza tradicional.

Asimismo consideramos que las CDI's son una buena metodología para la enseñanza de la física a nivel bachillerato, sin llegar a ser la única, ya que con el fin de obtener mejores resultados se puede complementar con otras estrategias de enseñanza activa para cubrir el curso completo de Física I a nivel bachillerato.

ABSTRACT

In this work we expound the results obtained by using the Interactive Lecture Demonstrations (ILD), proposed by Sokoloff and Thornton, in High School Physics Teaching. The subject that was studied is free fall motion. This subject is part of the Unit II (Kinematics) of the Physics I curriculum in the Third Semester of the CECyT 6 High School of the Instituto Politécnico Nacional.

Taking into account the aims of the Physics I curriculum and based in the proposal by Sokoloff and Thornton we design a set of four ILD. These four ILD were used for teaching the subject of free fall to the experimental groups in two different specialties (Clinic Technician and Chemist Technician). For each specialty we have two experimental groups and one control group.

To evaluate the effectiveness of the methodology the Force Concept Inventory was modified by adding ten items on the subject of free fall, in order to elaborate a useful tool to evaluate the understanding of the free fall movement basic concepts by Mexican High School students. The effectiveness of the proposed items was evaluated by means the Item Response Curves method. As a result from our analysis we propose a modified version for some of the proposed items.

The analysis of the pre-test and post-test shows that the ILD improve the understanding of the physics concepts; furthermore they motivate to the students and increase the active participation, the collaborative work, as well as the knowledge construction. Therefore our results show that the use of the ILD is an active teaching method that is more effective than the traditional teaching method.

We also consider that the ILD are a good methodology for teaching high school physics, but it is not the unique option. Thus in order to achieve best results in a complete Physics I course we may use the ILD together with other active teaching strategies.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

Al CICATA Legaria del Instituto Politécnico Nacional por brindarme la oportunidad de adquirir una formación en la enseñanza de las ciencias.

Al Dr. César Eduardo Mora Ley por asesorarme en la realización de este trabajo, por su valiosa labor al promover este posgrado y acompañarme en mi trayectoria académica.

Al Dr. Alfredo López Ortega por guiar mi trabajo, retroalimentarme y promover mi reflexión en la elaboración de esta tesis. Gracias por darme la oportunidad de conocerlo y aprender de él algo nuevo en cada situación, su apoyo profesional ha sido de gran valía para la realización de este trabajo.

A todos los profesores del Posgrado en Física Educativa por su colaboración en la construcción de mi conocimiento.

Al Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 6 “Miguel Othón de Mendizábal” del Instituto Politécnico Nacional por permitirme desarrollar en sus aulas este trabajo.

A los profesores de la academia de Física del CECyT 6 y en especial al Prof. Alberto Barrios Rodríguez por su valiosa colaboración.

A Jorge Alfonso Ortíz Sánchez por su amor y su apoyo incondicional en mi formación profesional.

A Jorge y Adán por su cariño, su comprensión y su apoyo.

A mis padres por su ejemplo y sus enseñanzas.

Gracias.

DEDICATORIA

**A mi familia y amigos por dejarme ser
parte de su vida.**

Contenido

1. Introducción	8
1.1 Objetivo	8
1.2 Justificación	9
1.3 Preguntas de Investigación	13
1.4 Antecedentes	14
2. Aprendizaje Activo	19
2.1 ¿Qué es el aprendizaje?	19
2.2 Estilos de aprendizaje	21
2.3 Aprendizaje Activo	23
2.3.1 Desventajas del aprendizaje activo	27
2.4 Clases Demostrativas e Interactivas (Interactive Lecture Demonstrations)	27
2.4.1 Diseño de CDI's	30
2.4.2 Descripción de CDI's	30
2.4.3 Ventajas de las CDI's	33
2.5 El FCI	34
3. Metodología	41
3.1 Aplicación de las Clases Demostrativas e Interactivas	41
3.2 Caracterización de los grupos de investigación	42
3.3 Implementación del método de las CDI's	43
3.3.1 Caída libre de objetos de diferentes material y peso (CDI 1)	46
3.3.2 Fotografía estroboscópica (CDI 2)	48
3.3.3 Caída libre de un balón de diferentes alturas (CDI 3)	49
3.3.4 Situación análoga relacionada con el movimiento en caída libre (CDI 4)	50
3.4 Clase Teórica Tradicional	52
4. Resultados	55
4.1 Descripción del test utilizado	55
4.2 Análisis de la efectividad de los 10 ítems agregados.	58
4.3 Análisis de resultados en el FCIIA	73
4.3.1 Análisis de los resultados del FCI	73
4.3.2 Análisis de ítems agregados al FCI	77
4.3.3 Análisis de ítems seleccionados del FCI	80
5. Conclusiones	107
5.1 Sugerencias para los profesores	111
Bibliografía	113
Anexos	120
Anexo 1. Cuestionario Sobre el Concepto de Fuerza Modificado (FCIIA)	120
Anexo 2. Serie de CDI's	135

CDI 1	135
CDI 2	137
CDI 3	139
CDI 4	143
Anexo 3. Cuestionario de evaluación de la instrucción recibida con CDI's	145

1. Introducción

La globalización socioeconómica, la rapidez del desarrollo de nueva tecnología, la proliferación de la información mediante nuevos y eficientes medios, así como la necesidad de garantizar la formación de recursos humanos con un alto nivel de competitividad, calidad y liderazgo para incorporarse al mercado global, hacen que la formación del estudiante de este nuevo siglo sea diferente al de las décadas anteriores (Brown, *et al.*, 1989). En este sentido, la educación tiene el compromiso de cambiar y adaptarse a las nuevas realidades del mundo.

En los últimos años, la enseñanza de la física a nivel bachillerato, ha mostrado muy pocos cambios, por el contrario podríamos decir, que ha permanecido ajena a la incorporación de nuevas metodologías de enseñanza. Sin embargo, hoy en día se cuenta con un gran número de metodologías de aprendizaje que se han ido incorporando a la enseñanza en general, pero en la enseñanza de las ciencias no se han adoptado con la rapidez requerida. Particularmente en la enseñanza de la física a nivel bachillerato, su incorporación ha sido limitada, a pesar de que existen evidencias de una mejora en el aprovechamiento de los estudiantes con el uso de ellas. El aprendizaje activo es una de las metodologías incorporadas en años recientes a la enseñanza en nivel universitario que han obtenido buenos resultados en el aprendizaje del estudiante.

1.1 Objetivo

Siguiendo las estrategias sugeridas por Sokoloff, y Thornton en el manual *Interactive Lecture Demonstrations: Active Learning in Introductory Physics*, ILD por sus siglas en inglés, (Sokoloff y Thornton 2004), el presente trabajo muestra el desarrollo, uso y resultados de actividades de aprendizaje activo en la enseñanza de cinemática del curso de Física I, en general, y los contenidos del tema de caída libre en particular. El estudio fue desarrollado con los estudiantes de nivel bachillerato del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 6 “Miguel Othón de Mendizábal” del Instituto Politécnico Nacional, localizado en la Ciudad de México. En lo siguiente nos referiremos a esta institución educativa simplemente como CECyT 6.

El Aprendizaje Activo es, simplemente, "aprender haciendo" (véase el capítulo 2 para una definición más formal). Cuando las personas aprendemos a manejar podemos diferenciar entre aprendizaje activo y aprendizaje pasivo. El aprendizaje pasivo se tiene a través de escuchar al instructor de manejo o de leer libros de instrucciones para manejar. Sin embargo, el verdadero aprendizaje se tiene realmente (aprendizaje activo) al manejar el automóvil. Los libros y las instrucciones del instructor son necesarios, pero realmente se aprende a manejar al maniobrar con el automóvil. Es decir, en el aprendizaje activo puede originarse de una experiencia de la vida real o de una experiencia creada o simulada en un salón de clases.

El presente trabajo está fundamentado en los objetivos de desarrollo y de investigación, que a continuación se exponen:

Objetivo de desarrollo

- Diseñar y aplicar una secuencia didáctica basada en actividades de aprendizaje activo para enseñar y aprender los conceptos básicos del movimiento en caída libre, en el nivel bachillerato del CECyT 6.

Objetivo de investigación

- Estudiar la influencia de una metodología activa, las Clases Demostrativas e Interactivas propuestas por Sokoloff y Thornton, (CDI's en lo siguiente) en el proceso de enseñar y aprender física. Obtener resultados sobre la eficacia de la estrategia basándonos en el rendimiento académico y aprendizaje (colaborativo y autónomo) de los estudiantes.

1.2 Justificación

Durante mucho tiempo, se ha considerado a la física como una asignatura complicada para el estudiante dándole el adjetivo de "difícil". Sin embargo no se concibe la vida sin la física, esta es una de las ciencias más completas que van de la mano con cualquier actividad científica y no científica, pues hasta la fisiología del cuerpo humano tiene

fundamentos físicos. La física debe comprenderse para así aprenderse, esta dificultad se muestra en el bajo índice de aprobación de la asignatura en las escuelas públicas y privadas en los diferentes niveles educativos en donde se imparte.

Esto se suma a la falta de preparación y la apatía de los profesionales encargados de su enseñanza, pues, por temor a lo desconocido no introducen metodologías novedosas en su práctica, recordemos que de la forma que aprendemos queremos enseñar (Ramírez, 2004), por lo cual los profesores tienden a reproducir la forma en la que ellos fueron “instruidos” en la física. Es decir, utilizan una forma tradicional, donde un experto da una clase magistral sin tener prácticamente interacción con los estudiantes. Estos dos aspectos, bajo índice de aprobación e instrucción tradicional, dan pie a investigar la necesidad de incorporar elementos nuevos en la enseñanza de la física (Ramírez, 2009).

Ante esta dinámica, el sistema educativo tiene un reto muy importante. Debe cuestionarse a sí mismo, repensar sus principios y objetivos, reinventar sus metodologías docentes y sus sistemas organizacionales. Tiene que replantear el concepto de la relación estudiante-profesor y el proceso mismo del aprendizaje; los contenidos curriculares y revisar críticamente los modelos mentales que han inspirado el desarrollo de los sistemas educativos (Cardona Ossa, 2002).

En México, existen realmente pocas instituciones que están tomando en serio los nuevos tiempos de cambio y que están transformando sus prácticas educativas, aún de manera aislada. Sin embargo, aún cuando existen muchos problemas para hacerlo en todos los niveles. Nosotros pensamos que es en las Escuelas de Educación Superior en donde deberán surgir programas integrales y ser las promotoras de las nuevas formas de crear, obtener, transformar y distribuir el conocimiento (Fernández, 2000).

Es necesario, comenta Fernández (2000), que existan políticas institucionales con acciones concretas de apoyo al cambio, es decir, el paso debe de iniciarse por las mismas autoridades del sector educativo en general y de las propias instituciones en particular. Se debe adecuar la infraestructura existente a los requerimientos de un modelo educativo centrado en el aprendizaje del estudiante, apoyar la formación de los docentes, actualizar los planes de estudios de los programas educativos garantizando que sean flexibles y pertinentes a las necesidades sociales; fomentar estímulos y proveer

la infraestructura tecnológica necesaria para aquellos que se han decidido por el cambio. *“En el proceso de Reforma Académica que ha iniciado el IPN se plantea aprovechar las ventajas con que cuenta para lograr una mejor posición en el contexto educativo nacional e internacional. La necesidad de construir ambientes favorables a la creatividad, a la innovación, a la mejora institucional continua para ratificar al IPN en ejemplo de institución que aprende constructivamente de su historia, sus valores, su experiencia y que para renovar su compromiso social decide responder cada vez mejor a las necesidades cambiantes del país y de su comunidad”* (Villa Rivera, 2004).

El Modelo Educativo implementado en el IPN se considera **centrado en el aprendizaje**. Lo que, implica que se privilegia una formación que pone al estudiante en el centro de la atención del proceso académico, considerándolo como un individuo que construye su propio conocimiento, que diseña y define sus propias trayectorias e intensidades de trabajo, dejando de lado la concepción tradicional del estudiante como un ente abstracto, receptor de conocimientos y de información. Ello implica que se deben introducir innovaciones en la organización académica e institucional, la normatividad, la flexibilización, los planes y programas, las formas de adquisición del conocimiento por los estudiantes y en las herramientas necesarias para su formación. Para ello, se requieren estrategias institucionales que reconozcan las diferencias entre los estudiantes, así como sus requerimientos individuales. También significa que se concibe al profesor como un guía, facilitador de este aprendizaje en el proceso educativo. Ambos, profesores y estudiantes, son los participantes más importantes de una comunidad de aprendizaje y deben ser el centro de la atención institucional.

Aún en nuestros días, la experiencia en distintas instituciones y sistemas educativos nos muestra que la práctica real de nuestro quehacer como docentes en el aula no ha cambiado en nada o tal vez muy poco. La clase magisterial sigue predominando aún cuando se tiene conocimiento de la obtención de excelentes resultados con el uso de metodologías activas de enseñanza. Estas fomentan en el estudiante el aprendizaje autónomo y se han aplicado con éxito en la enseñanza de la física, por lo anterior, se considera necesario realizar investigación en México para poder documentar los posibles efectos positivos en el rendimiento académico de los estudiantes mexicanos.

Sin embargo, las investigaciones sobre aprendizaje activo en la enseñanza de las

ciencias, en particular de la asignatura de física y del tema de la cinemática, a nivel bachillerato son escasas y nosotros no conocemos trabajos de investigación educativa en los que se reporte los resultados de su aplicación en este nivel en México. Por lo cual, este trabajo tiene relevancia para la enseñanza de la física en nivel bachillerato, presentando una aportación para los profesores de este nivel y especialistas de la disciplina.

Se propone investigar y analizar la influencia de las CDI's en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física, en cuatro grupos de estudiantes de bachillerato. Este tema y su investigación son relevantes porque:

- Introduce una metodología de aprendizaje activo en la enseñanza de la física a nivel bachillerato, mostrando un cambio en el comportamiento de estudiantes ante el aprendizaje, pasando de la dependencia de otra persona (profesor) a un comportamiento autodirigido, en el que son ellos los que marcan los pasos y el ritmo a seguir.
- Permite investigar la viabilidad de su uso y la conveniencia de su aplicación en la enseñanza de física a nivel bachillerato en el sistema educativo mexicano.
- Diseña estrategias de aprendizaje activo basándose en la metodología propuesta por Sokoloff y Thornton de aprendizaje activo, al utilizar las estrategias diseñadas con fundamento en las Clases Demostrativas e Interactivas (Sokoloff y Thornton 2004) directamente con los estudiantes de nivel bachillerato.
- Los estudiantes que se instruyen bajo la metodología de aprendizaje activo, son evaluados aplicando el cuestionario sobre concepto de fuerza (Force Concept Inventory, FCI por sus siglas en inglés), (Hestenes, Wells y Swackhamer, 1992) como instrumento para evaluar la comprensión de los temas estudiados antes y después de la instrucción.

Estos puntos muestran la pertinencia del presente trabajo y consideramos que los resultados obtenidos son relevantes para el desarrollo de la didáctica de la Física a nivel bachillerato.

1.3 Preguntas de Investigación

En función de los objetivos planteados, surge una serie de preguntas, cuyas respuestas nos permitirán medir el alcance de los mismos. Por lo cual se plantea, como eje conductor de la investigación las siguientes interrogantes:

1. *¿Qué influencia tiene la metodología empleada en la calidad del aprendizaje adquirido por los estudiantes?*
2. *¿Qué influencia tiene la metodología en el rendimiento académico de los estudiantes sometidos a la investigación?*
3. *¿Es viable la metodología empleada para la enseñanza de la física a nivel bachillerato en tiempo, desarrollo de objetivos curriculares y adquisición de conocimientos?*

Para dar respuesta a las preguntas planteadas, al menos es necesario el trabajo de campo, generar estrategias y materiales para la aplicación de las actividades, y realizar comparativos con el grupo control.

Estas preguntas generan a su vez las hipótesis, las cuales se validaran o descartaran con los resultados de este trabajo. Las hipótesis se presentan a continuación:

- **Hipótesis 1:** *El aprendizaje activo, y en particular las CDI's, favorecen la exploración autónoma de ideas, la introducción y aplicación de conceptos o procedimientos a situaciones reales y concretas, mejorando significativamente la calidad del aprendizaje del tema caída libre a nivel bachillerato.*
- **Hipótesis 2:** *El aprendizaje activo, y en particular las CDI's, presenta una mayor eficacia en la enseñanza de la física a nivel bachillerato en comparación con la enseñanza tradicional, abarca un mayor número de estudiantes al involucrar el trabajo colaborativo y autónomo, permitiendo al instructor diseñar estrategias en las cuales los estudiantes construyan su aprendizaje y detecten sus conceptos erróneos con mayor facilidad.*

- **Hipótesis 3:** *El aprendizaje activo, y en particular las CDI's, es adaptable a un programa de física a nivel bachillerato, de manera que se ajusta al tiempo asignado en el programa de estudio y a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes.*
- **Hipótesis 4:** *En comparación a la enseñanza tradicional la utilización de actividades de aprendizaje activo permite desarrollar mayor número de competencias en los estudiantes, aumentando con esto la eficiencia en la enseñanza.*

1.4 Antecedentes

Las metodologías de aprendizaje activo han surgido como una respuesta a la necesidad de lograr un cambio en el Proceso Enseñanza-Aprendizaje (PEA), cambiando la enseñanza tradicional por una enseñanza centrada en el estudiante. De acuerdo con Ponsa (2006), es necesario implementar diversas herramientas (métodos, esquemas, cuestionarios, etc.) que orienten a los profesores para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje. Poyatos y Allan (2003), en su artículo “*El uso de portafolios de aprendizaje para desarrollar habilidades genéricas: una investigación con estudiantes on-line de Temas Industriales*” (*The use of learning portfolios to develop generic skills: An evaluative case study with on-line Industrial Relations students*) abordan cómo transformar una metodología estándar de enseñanza-aprendizaje a una metodología activa basada en un portafolio de aprendizaje.

Diversos grupos de investigación han estudiado las principales dificultades de los estudiantes para explicar e interpretar conceptos de cinemática (Beichner, 1994, Trowbridge, y McDermott, 1980) con la finalidad de lograr un buen desarrollo en estas habilidades para la enseñanza de la física. Algunos otros grupos de investigación han demostrado que el reenfoque del proceso de enseñanza centrada en el estudiante, permite alcanzar un mayor aprendizaje comparado con la enseñanza tradicional centrada en el profesor (Hake, 1998, Redish, 1999, Guidugli, Fernández-Gauna, & Benegas, 2005).

Múltiples fuentes, han demostrado que la implementación de una metodología de

aprendizaje activo, ofrece efectos positivos en el rendimiento académico de los estudiantes, en su motivación y en sus actitudes hacia el aprendizaje (Anson *et al.*, 2003; Gatfield, 1999; Holtham *et al.*, 2006; Kalliath & Laiken, 2006; Michaelson, 2003; Watts *et al.*, 2006). Algunas de estas ventajas han sido resaltadas especialmente por los estudiantes, que consideran las actividades de grupo como más interesantes, divertidas y facilitadoras de aprendizaje en comparación con la enseñanza tradicional (Bacon *et al.*, 1999; Watts *et al.*, 2006).

De igual forma se tienen reportadas algunas ventajas obtenidas al introducir una metodología fundamentada en el trabajo en grupo con alumnos universitarios de ingeniería (Anson *et al.*, 2003; Fruchter, 2001; Kalliath & Laiken, 2006; Watts *et al.*, 2006). Con esta metodología, en el trabajo universitario y empresarial se logra que los individuos experimenten y adquieran habilidades que les serán necesarias en su desarrollo profesional para algunos puestos de trabajo. Las habilidades que los estudiantes logran son muy diversas: comunicación interpersonal (Brewer y Mendelson, 2003; Christoforou *et al.*, 2003; Fruchter, 2001; Gatfield, 1999; Jenkins y Lackey, 2005), trabajo en equipo (Brewer y Mendelson, 2003; Christoforou *et al.*, 2003; Fruchter, 2001; Gatfield, 1999; Kalliath & Laiken, 2006; Michaelson, 2003; Sheppard *et al.*, 2004; Young & Henquinet, 2000), solución de problemas en grupo (Brewer y Mendelson, 2003; Christoforou *et al.*, 2003; Jenkins & Lackey, 2005), liderazgo (Christoforou *et al.*, 2003; Jenkins & Lackey, 2005; Sheppard *et al.*, 2004), negociación (Brewer & Mendelson, 2003; Fruchter, 2001; Michaelson, 2003; Sheppard *et al.*, 2004) y gestión del tiempo (Jenkins & Lackey, 2005; Young & Henquinet, 2000). También se han publicado algunos resultados sobre el uso de estas técnicas de aprendizaje activo en niños (Nielsen, 1995; Pestalozzi, 1999a, 1999b).

En el año de 1991, Bonwell, y Eison, señalan en su investigación *Aprendizaje Activo: Crear entusiasmo en el Aula*, (Bonwell, y Eison, 1991) que los métodos tradicionales de enseñanza en donde los profesores hablan y los estudiantes escuchan, dominan las aulas en la universidad. Si bien este método de enseñanza puede ser exitoso en la universidad no sería apropiado para primaria, secundaria o nivel bachillerato. Bonwell y Eison definen al “aprendizaje activo” como “*todo lo que implica a los estudiantes hacer las cosas y reflexionar en lo que hacen*”. Es decir, que los estudiantes participen activamente sintiendo entusiasmo por aprender, en lugar de escuchar lecciones.

Esto parece fácil, pero, ¿realmente se logra?, Solomon (2002), en su informe *Cómo estudiar y tener éxito en la universidad*, afirma que una meta de los estudiantes es obtener el mejor grado, lo cual no se logra con buenas calificaciones, sino con el entusiasmo por conocer y aprender disciplina. Para ello, debemos convertir las aulas en lugares de interés, con actividades simples que no parezcan un “trabajo” para los estudiantes, dando así lugar a que los estudiantes se apasionen por su aprendizaje y se motiven en la disciplina.

Por otra parte, Chickering y Gamson (1987), sugieren que los estudiantes deben hacer algo más que escuchar, leer, escribir, discutir o resolver problemas matemáticos. Para ellos lo más importante es que los estudiantes participen activamente reproduciendo experimentos de fenómenos físicos para así desarrollar competencias de orden superior mediante actividades de análisis, síntesis y evaluación.

De acuerdo a Sokoloff (1997), el uso de estas técnicas activas logra un ambiente de aprendizaje más eficaz en grupos grandes o pequeños con una mayor participación de los estudiantes. Otros trabajos de investigación (McDermott, 1975), establecen que un enfoque académico reflexivo requiere que los profesores estén mejor preparados para promover estrategias de aprendizaje activo en la enseñanza de la física. Otros trabajos (Sokoloff y Thornton, 1998), han encontrado resultados en los que se demuestra que el aprendizaje activo permite el desarrollo de las habilidades del pensamiento.

Asimismo, Sokoloff y Thornton (2004) han realizado diversas investigaciones para demostrar la mejora del aprendizaje conceptual de la física a través de la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje. Con el uso de las técnicas que ellos han diseñado los estudiantes observan la física desde un punto diferente, pues hacen predicciones iniciales donde plasma sus ideas previas, colaboran con otros estudiantes para realizar la experiencia de aprendizaje y examinan los resultados que esta demostración arroja. Esto permite a los estudiantes comparar sus resultados con sus predicciones y tratar de explicar los fenómenos observados.

Diversas investigaciones (Brooks y Ammons, 2003; Guidugli, Fernandez y Benegas, 2005; Hake, 1998; Sokoloff, y Thornton, 1998; Sokoloff, y Thornton, 2004; Trowbridge y McDermott, 1980) coinciden en que el aprendizaje activo es de gran ayuda para la comprensión de la mecánica clásica, considerada un desafío para los estudiantes. El

aprendizaje activo permite combinar el uso de las tecnologías interactivas para lograr un cambio en la concepción errónea acerca de la naturaleza de la fuerza y el movimiento, que muestran muchos estudiantes. Según Bernhard (2007), estas creencias o intuiciones acerca de los fenómenos físicos están originadas por experiencias personales y su interpretación afecta la asimilación del concepto presentado. Así, la investigación educativa ha demostrado que la instrucción tradicional no influye mucho en el “sentido común” de los estudiantes (McDermott, 1997; Hestenes *et al.*, 1992; McDermott y Redish, 1999).

En otros países se han realizado diversos estudios sobre el aprendizaje de los estudiantes en problemas de mecánica dentro de un marco constructivista, como los siguientes: “Evaluando el aprendizaje de los estudiantes de la Leyes de Newton: La evaluación conceptual de Fuerza y Movimiento y la Evaluación del Aprendizaje Activo y Clases Tradicionales” (*Assessing student learning of Newton’s laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula*) (Sokoloff y Thornton, 1998), “Enseñanza de la Física basados en herramientas para el desarrollo del pensamiento científico usando laboratorios de microcomputadoras” (*Tools for scientific thinking-microputer-based laboratoirs for teachings physics*), (Thornton, R.K. 1987 y 1989), Guía de Actividades para los Talleres de Física (Workshop Physics Activity Guide) (Laws, 1997), “Investigaciones sobre la comprensión conceptual de la Mecánica” (*Research on conceptual understanding in mechanics*), (McDermott, 1984). Los resultados obtenidos muestran que con su aplicación se obtienen excelentes resultados en el aprendizaje de los estudiantes.

En este trabajo el uso del aprendizaje activo en la enseñanza de la física en el nivel bachillerato, está planteado desde la perspectiva de una metodología activa. Sin embargo esta forma de enseñar no es usada frecuentemente, al menos en los bachilleratos del IPN. Por lo tanto, es importante conocer la naturaleza del aprendizaje activo, la investigación empírica sobre su utilización, los obstáculos comunes y las barreras que originan la resistencia de los profesores para la utilización de técnicas de enseñanza interactiva.

El resto de la presente Tesis está organizada de la siguiente manera. En el Capítulo 2, se presenta una breve introducción al aprendizaje activo. Iniciando con el análisis de las

diversas definiciones sobre aprendizaje, hasta llegar a la definición citada por Carl Rogers (1983) donde expone algunos principios del aprendizaje, que pretenden dar respuesta a las difíciles preguntas: ¿Cómo aprende una persona? ¿Cómo se puede facilitar el aprendizaje? Conociendo la definición de aprendizaje se considera necesario hablar acerca de los estilos de aprendizaje para abordar el aprendizaje activo, sus principios, ventajas y desventajas. Posteriormente, en este capítulo se detalla la estrategia didáctica de Clases Demostrativas e Interactivas, su origen, su estructura, sus características y sus ventajas. Finalizando con la descripción del Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza (Force Concept Inventory, FCI en lo siguiente) utilizado para evaluar el aprendizaje conceptual obtenido al usar la estrategia de las CDI's.

Enseguida, en el capítulo tres, se describe la caracterización de los grupos de investigación. Además se explica la aplicación e implementación de las cuatro CDI's diseñadas para el tema de caída libre y utilizadas en la realización de este trabajo. A continuación, en el cuarto capítulo, se describe el test utilizado (el FCI más 10 ítems agregados), así como la técnica de *Curvas de Respuesta al Ítem* (*Ítem Response Curve*, IRC por sus siglas en inglés) utilizada para el análisis de la efectividad de los 10 ítems agregados. Además, se exponen los resultados de la ganancia relativa de aprendizaje conceptual obtenida en el pre-test y pos-test para el análisis de resultados en el FCI completo, en los 10 ítems agregados, en los ítems seleccionados del FCI en forma específica (por pregunta y especialidad) y en forma global (grupos experimentales y grupos control). Para finalizar este capítulo se realiza el análisis de la ganancia ó factor de Hake y del rendimiento promedio en el FCI más los 10 ítems agregados (grupos experimentales y grupos control).

En el capítulo cinco, se presentan las conclusiones formuladas a partir de los resultados de la investigación desarrollada. Se da respuesta a las preguntas de investigación e hipótesis planteadas en este capítulo. Se presentan sugerencias de investigación y sugerencias para los profesores que deseen implementar la metodología de CDI's en la enseñanza de la física.

En la sección de anexos se incluyen el cuestionario del concepto de fuerza modificado (Anexo 1), la serie de CDI's (Anexo 2) y el cuestionario de evaluación de la instrucción recibida con CDI's en los grupos experimentales (Anexo 3).

2. Aprendizaje Activo

"La principal meta de la educación es crear hombres capaces de hacer cosas nuevas y no simplemente de repetir lo que han hecho otras generaciones: hombres creadores, inventores y descubridores. La segunda meta de la educación es formar mentes que puedan ser críticas, que puedan verificar y no aceptar todo lo que se les ofrece."

Jean Piaget.

En la actualidad, el aprendizaje activo es una estrategia utilizada como alternativa para la mejora en la educación. Generalmente el estudio de la física resulta ser mecánico y aburrido para los estudiantes produciendo en ellos desmotivación y falta de interés por aprender la asignatura, preocupándose por memorizar formulas matemáticas que les ayudaran presentar un examen de evaluación. Por lo cual a través del aprendizaje activo se ofrece una forma amena de simplificar y optimizar el aprendizaje. Una visión diferente donde el estudiante no es un receptor pasivo que lee y memoriza, sino por el contrario es el protagonista de su aprendizaje que cuestiona, amplía, compara, crítica y reconstruye su conocimiento. Un estudiante capaz de descubrir, explicar y crear.

2.1 ¿Qué es el aprendizaje?

Valdría la pena que para introducirnos al Aprendizaje Activo, tengamos en claro a que nos referimos cuando hablamos de aprendizaje. Sin lugar a dudas este concepto es muy difícil de definir, sin embargo existen algunas definiciones de aprendizaje (que dependen del autor), y aquí solamente mencionaremos algunas de ellas.

En 1979 Hilgard propuso que: *“Se entiende por aprendizaje el proceso en virtud del cual una actividad se origina o se cambia a través de la reacción a una situación encontrada, con tal que las características del cambio registrado en la actividad no puedan explicarse con fundamento en las tendencias innatas de respuesta, la maduración o estados transitorios del organismo (por ejemplo, la fatiga, drogas,...)”*.

Díaz Bordenave y Martins (1986) expresa que, *“Llamamos aprendizaje a la modificación relativamente permanente en la disposición o en la capacidad del hombre, ocurrida como resultado de su actividad y que no puede atribuirse simplemente al proceso de crecimiento y maduración o a causas tales como enfermedad o mutaciones genéticas”*.

En 1990, Beltrán define al aprendizaje como: *“Un cambio más o menos permanente de la conducta que se produce como resultado de la práctica”*.

Para Alonso et al. (1997), el concepto de aprendizaje también puede ser entendido como: a) producto, b) proceso y c) función. O bien, desde el punto de vista didáctico, el concepto de aprendizaje debe tener tres dimensiones: a) cognitiva, b) de comportamiento y c) para enriquecer las propias expectativas existentes y las capacidades operativas.

Finalmente, con base en sus experiencias, en el trabajo de otros facilitadores del aprendizaje y en las investigaciones relevantes sobre el tema, Carl Rogers (1983) expone algunos principios del aprendizaje, que pretenden dar respuesta a las difíciles preguntas: ¿Cómo aprende una persona? ¿Cómo se puede facilitar el aprendizaje?

- El ser humano tiene un deseo natural por aprender.
- El aprendizaje significativo (que en este punto y en lo siguiente con este concepto me refiero al hecho que los conocimientos aprendidos son plenamente comprendidos por el individuo y que el individuo sabe cómo ese hecho específico se relaciona con sus concepciones o ideas previas) se logra principalmente mediante la práctica y cuando el estudiante percibe que el tema de estudio es importante para sus propios objetivos.
- El aprendizaje se facilita cuando el estudiante participa responsablemente en el proceso de aprender.
- El aprendizaje que incluye un compromiso de la persona, involucrando su afectividad y su intelecto, es el más perdurable y profundo.

- La independencia, la creatividad y la confianza en sí mismo se facilitan si la autoevaluación y la autocrítica son las más significativas y la evaluación de los demás es relegada a segundo término.
- Desde una consideración social, una de las costumbres más útiles en el mundo moderno es el aprender a aprender, que significa adquirir una continua actitud de apertura frente a las experiencias e incorporar en uno mismo el proceso de cambio.

Concluyendo, en esta tesis entenderemos que: *“Aprendizaje es el proceso de adquisición, asimilación e integración de un conocimiento como resultado de una experiencia”*.

2.2 Estilos de aprendizaje

Cuando hablamos de estilos de aprendizaje lo relacionamos directamente con el proceso mediante el cual un individuo obtiene un aprendizaje significativo. Pero cada persona aprende de manera distinta, es decir cada quién tiene su método o forma de lograr un aprendizaje significativo de acuerdo a sus preferencias, personalidad, capacidades, preparación previa, etc. Esto tiene como consecuencia que tengamos una mayor habilidad en alguna asignatura pero no tener la misma habilidad en otra, esto lo entendemos como nuestro estilo de aprendizaje. Se dice que en parte las diferentes formas de aprender están determinadas por muchos factores como la personalidad que surge y se desarrolla a partir de la relación entre el aspecto biológico de la persona y su contexto (motivación, el bagaje cultural previo, la edad, etc.). Así mismo la personalidad es un factor que regula el estilo de aprender de un individuo (la personalidad puede ir modificándose a partir de un proceso de construcción y reconstrucción de las unidades psíquicas).

El obtener un aprendizaje significativo es algo complejo y va más allá de cualquier teoría, pues la forma en que recibimos, elaboramos y aprendemos la información varía en función de lo que estemos tratando de aprender. Por lo cual en el proceso enseñanza-aprendizaje es importante utilizar los estilos de aprendizaje como una herramienta que nos permita ubicar a los alumnos, pero debemos tomar en cuenta que estos estilos a su

vez evolucionan y cambian constantemente, como nosotros mismos.

En nuestro estilo de aprendizaje influyen muchos factores distintos pero uno de los más importantes es el relacionado con la forma en que seleccionamos y representamos la información. Comúnmente recibimos información a través de nuestros sentidos, seleccionamos parte de esa información y cuando la recuperamos utilizamos los tres grandes sistemas de representación: visual, auditivo y kinestésico.

Visual siempre que recordamos imágenes abstractas (como letras y números) y concretas.

Auditivo es el que nos permite oír en nuestra mente voces, sonidos, música. Cuando recordamos una melodía o una conversación, o cuando reconocemos la voz de la persona que nos habla por teléfono estamos utilizando el sistema de representación auditivo.

Kinestésico: Cuando recordamos el sabor de nuestra comida favorita, o lo que sentimos al escuchar una canción.

Los seres humanos seleccionamos la información y prestamos atención a detalles de interés específico. Nos es más fácil recordar el día de nuestra boda que un día cualquiera. Pero, también influye el cómo recibimos dicha información. Algunos de nosotros tendemos a fijarnos más en la información que recibimos visualmente, otros en la información que reciben auditivamente y otros, en la que se recibe a través de los demás sentidos. El que nos fijemos más en un tipo de información que en otra parece estar directamente relacionado con la forma en la que recordamos después esa información. En nuestra experiencia, nos damos cuenta que cuando impartimos una clase al dar una misma explicación no todos los estudiantes recordarán lo mismo. A algunos alumnos les será más fácil recordar las explicaciones que se escribieron en el pizarrón, otros, recordaran mejor las palabras del profesor y algunos tendrán presente la impresión que esa clase les causó.

Cada estilo de aprender tiene sus propias características y nuestras estrategias de enseñanza serán más eficaces si se diseñan englobando los diferentes estilos de

aprendizaje.

2.3 Aprendizaje Activo

En los últimos años, el aprendizaje activo ha sido una de las opciones más estudiadas en la búsqueda de alternativas a los métodos de enseñanza tradicional. En este punto es conveniente precisar que se entiende por enseñanza tradicional.

La enseñanza tradicional de la física (y de otras ciencias) supone que el estudiante aprenderá por repetición cada uno de los conceptos de la disciplina y formará con ellos la estructura conceptual de la ciencia. En este tipo de instrucción, es el docente quien provee verbalmente el conocimiento, mientras que el estudiante los recibe y debe asimilarlos, en una actitud fundamentalmente pasiva. Este tipo de enseñanza tradicional “incrusta” en el estudiante una considerable cantidad de conocimientos, “*amuebla*” su inteligencia y la somete a una “*gimnasia mental*” que le facilita un pretendido fortalecimiento y desarrollo. No importa que luego se olvide la definición del coseno, o el procedimiento para resolver una ecuación. Lo importante es que lo sepa y demuestre saberlo en el examen en turno.

El aprendizaje activo se define generalmente como cualquier método de instrucción que involucra a los estudiantes en el proceso de aprendizaje. En resumen, el aprendizaje activo requiere que los estudiantes realicen las actividades de aprendizaje y reflexionen acerca de lo que están haciendo, mientras que el rol del docente se visualiza como el inductor de un clima de desequilibrio conceptual.

Algunos métodos de enseñanza que promueven el aprendizaje activo se enmarcan dentro de la filosofía constructivista (Brent, 1996; Perkins, 1991; Von Glaserfeld, 1998). Esta filosofía parte del hecho de que cada persona aprende de forma distinta (hecho que resalan muchas teorías cognitivas del aprendizaje), y establece con claridad el papel de los actores involucrados en el proceso educativo. En el constructivismo los estudiantes son el eje y los protagonistas del proceso, y son quienes deciden cuándo y cómo aprender, mientras que el profesor es sólo un guía que orienta, motiva y retroalimenta a los estudiantes. Las investigaciones han mostrado una mejora en el

aprendizaje significativo cuando los estudiantes se involucran en el proceso de aprender. Hablar, escuchar, escribir, leer y reflexionar se han considerado elementos importantes del aprendizaje activo (McKinney, 2008; Meyers y Jones, 1993).

En el aprendizaje activo se utilizan metodologías o técnicas con las cuales los estudiantes siempre estén desarrollando alguna actividad e interactuando con otros, es decir, siempre están *haciendo* algo como descubrir, procesar y aplicar información. El aprendizaje activo se deriva de dos supuestos básicos (McKinney, 2008; Meyers y Jones, 1993):

- 1) El aprendizaje es, por naturaleza, un esfuerzo activo.
- 2) Diferentes personas aprenden de distintas maneras.

De lo anterior y en base a su trabajo Redish (2003b) enumera los cinco principios cognitivos del aprendizaje activo:

Principio del constructivismo: *“Los individuos construyen su propio conocimiento haciendo conexiones al conocimiento existente, ellos usan ese conocimiento para crear productivamente una respuesta a la información que reciben”*. Un estudiante que se encuentra activo en las clases, que participa, observa y construye cosas con sus propias manos, alcanza niveles de comprensión más profundos y duraderos que un estudiante que mantiene una actitud pasiva.

Principio del cambio: *“Es razonablemente fácil aprender algo que coincide o extiende un esquema existente, pero cambiar sustancialmente un esquema bien establecido es difícil.”* Cuando las predicciones no concuerdan con los resultados el estudiante responde con un estado de desequilibrio, entonces las creencias cambian al confrontar las diferencias entre las observaciones y las predicciones.

Principio del contexto: *“Lo que la gente construya depende del contexto (incluyendo su estado mental)”*. La comprensión y el aprendizaje están muy relacionados con las conexiones que el estudiante es capaz de establecer con su propia realidad.

Principio de individualidad: *“Dado que cada individuo construye su propia estructura mental, diferentes estudiantes tienen diferentes respuestas mentales y diferentes acercamientos al aprendizaje. Cualquier población de estudiantes mostrará*

una variación significativa en un número grande de variables cognitivas.” Redish afirma que cada estudiante tiene su interpretación personal, de manera que no hay una realidad compartida de conocimientos. Por ello, los alumnos individualmente obtienen diferentes interpretaciones de los mismos materiales, cada uno construye (reconstruye) su conocimiento según sus esquemas, sus saberes y experiencias previas.

Principio de aprendizaje social: *“Para la mayoría de las personas, el aprendizaje es más eficaz a través de interacciones sociales”*. Este principio se basa en el trabajo de Vygotsky (véase Vygotsky (1978)). El socio-constructivismo de Vygotsky ha tenido un profundo impacto en las teorías modernas de enseñanza y aprendizaje, puesto que el aprender es una experiencia social donde el contexto es muy importante. El trabajo en grupo maximiza el aprendizaje de los estudiantes.

El método de aprendizaje activo en algunas de sus formulaciones intenta reproducir el proceso científico en el aula, desarrollando habilidades de razonamiento útiles en la física. La manera de promover el aprendizaje activo en los estudiantes es variada y se puede considerar como un sistema que envuelve cinco elementos principales:

- 1) Objetivos de aprendizaje claramente establecidos.
- 2) Metodologías de enseñanza acordes con los objetivos.
- 3) Mecanismos de apoyo o ayuda en el salón de clase.
- 4) Sistemas de evaluación consistentes.
- 5) Mecanismos de apoyo fuera del salón de clase. (Tecnologías de la información.)

La combinación de estos elementos puede garantizar que los estudiantes se conviertan en responsables de construir su aprendizaje, donde el profesor solo representara una ayuda oportuna y eficiente.

El aprendizaje activo de la Física se ha investigado y desarrollado en los últimos años en Estados Unidos y otros países, con el fin de mejorar la comprensión de los conceptos básicos de esta metodología. En una de estas estrategias de aprendizaje, los estudiantes son guiados para la construcción de sus conceptos por la observación directa del mundo físico. Utiliza un ciclo de aprendizaje que incluye predicciones, pequeños grupos de discusión, observaciones y la comparación de los resultados observados con las

predicciones. Este ciclo de aprendizaje también puede ser representado como PODS, predicción, observación, discusión y síntesis (Sokoloff, 2006). De esta manera, los estudiantes toman conciencia de las diferencias entre las creencias comunes y las leyes físicas que gobiernan el mundo que les rodea.

Tabla 1. Diferencias entre un Ambiente de Aprendizaje Pasivo y Activo. Sokoloff *et al.* (2006).

Ambiente de Aprendizaje Pasivo	Ambiente de Aprendizaje Activo
Instructor (y libro de texto) son autoridades en la obtención de conocimiento.	Los estudiantes construyen su conocimiento haciendo y observando experiencias. Las observaciones del mundo físico real son la autoridad.
Las creencias de los estudiantes nunca se ponen en tela de juicio para su reflexión.	Utiliza un ciclo de aprendizaje en el cual los estudiantes comparan sus predicciones (sobre bases de sus creencias) con las observaciones de los experimentos.
Los estudiantes no tienen parámetros de comparación entre lo que se dice en la clase y el fenómeno físico.	Los estudiantes logran cambios en sus creencias al confrontar observaciones y con sus predicciones.
El instructor es la autoridad.	El instructor es un guía en el proceso de aprendizaje.
Existe poca colaboración entre pares.	Se fomenta la colaboración entre pares.
En la exposición de un tema, se relatan los "hechos" de algún experimento referente al mismo.	Los resultados de la observación son fáciles de comprender.
El trabajo de laboratorio, en este caso, se utiliza para confirmar las teorías "aprendido" en la conferencia.	El trabajo de laboratorio se usa para descubrir los conceptos básicos involucrados.

2.3.1 Desventajas del aprendizaje activo

No se conoce en sí una desventaja como tal, sin embargo, es importante mencionar que no todos los estudiantes tienen una actitud activa para este tipo enseñanza-aprendizaje. Además existe resistencia al cambio en algunos estudiantes y profesores, los planes de estudio son muy extensos para cubrirse en un corto tiempo, los grupos de trabajo son muy numerosos, y los profesores no están preparados para usar las técnicas de aprendizaje activo en los grupos. Por lo tanto, se considera vital, establecer objetivos de aprendizaje perfectamente claros, seleccionar técnicas acordes con los mismos, especificar la forma de evaluación y utilizar mecanismos de apoyo.

2.4 Clases Demostrativas e Interactivas (Interactive Lecture Demonstrations)

A principios de los años 90's Sokoloff y Thornton comenzaron a explorar el uso de las exhibiciones de datos en tiempo real basándose en los Laboratorios Basados en Microcomputadores (*Micro-computer Based Laboratory: MBL* por sus siglas en inglés) para impartir cursos de física de primer año en la universidad. Sospecharon que los estudiantes no aprendían mucho de las conferencias de clases tradicionales. Por esta razón, en 1991 después de mucha experimentación, Sokoloff y Thornton comenzaron a trabajar en crear ambientes de aprendizaje activo que fueran exitosos tanto para grupos pequeños como para grupos grandes (Sokoloff y Thornton, 2004). Como resultado de su trabajo ellos crearon un método que cambia una demostración pasiva por otra más activa. A esta estrategia de enseñanza y aprendizaje la llamaron “Clases Demostrativas e Interactivas”, CDI's, del término usado en inglés Interactive Lecture Demonstrations, ILD.

Esta metodología consiste en una secuencia de sencillos experimentos físicos. Los estudiantes participan activamente debido a que se usa un ciclo de aprendizaje que incluye una predicción escrita de los resultados de un experimento físico real, discusión en grupos pequeños con sus compañeros cercanos, la observación del fenómeno físico en tiempo real con las herramientas de MBL, y la comparación entre predicción y observación. El desarrollo de esta estrategia se ha basado en los resultados de

investigaciones realizadas sobre la enseñanza de la física. Los resultados de estos trabajos muestran una clara evidencia de una mejora en el aprendizaje y la retención de los conceptos fundamentales por parte de los estudiantes que reciben instrucción con CDI's comparados con estudiantes que reciben clases magistrales de enseñanza tradicional.

Para fomentar el uso de esta estrategia, Sokoloff y Thornton (2004) elaboraron un manual titulado "*Clases Demostrativas e Interactivas. Aprendizaje Activo en la Física Introductoria*" (*Interactive Lecture Demonstrations. Active Learning in Introductory Physics*) en el que proponen una serie de CDI's para los diversos temas, que van desde conceptos básicos para una mejor comprensión y posterior aplicación de los mismos conceptos básicos en experiencias más complejas. Dicho manual expone CDI's para temas de Mecánica, Oscilaciones y Ondas, Calor y Termodinámica, Electricidad y Magnetismo, Luz y Óptica.

La técnica de las CDI's fue utilizada por primera vez en la Universidad de Oregon y en la de Tufts. De acuerdo con Sokoloff y Thornton (2004), ellos pusieron a prueba su método en la Universidad de Oregon en 1991, trabajando con 240 estudiantes del curso de Física Introductoria que dividieron en 2 grupos:

- a) Grupo Control: tomaron la clase y el laboratorio tradicional.
- b) Grupo Experimental: tomaron la clase tradicional, no asistieron al laboratorio y se les impartieron dos lecturas sobre Cinemática empleando el método CDI.

Para medir la comprensión de los conceptos, los autores aplicaron a todos los estudiantes una sección del Examen Conceptual de Fuerza y Movimiento (*Force and Motion Conceptual Evaluation, FMCE* por sus siglas en inglés), antes y después de la usar la estrategia. Los resultados publicados en su artículo: "*Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula*", mostraron que los alumnos del grupo control incrementaron su comprensión de los conceptos en un 7-10%, mientras que los estudiantes del grupo experimental incrementaron su comprensión casi en un 90%, Sokoloff y Thornton, (1998).

En 1994, Sokoloff y Thornton realizaron otra evaluación de su método en la

Universidad de Tufts (Sokoloff y Thornton, 2004). Los autores trabajaron con un grupo de aproximadamente 200 estudiantes, que también dividieron en 2 grupos: grupo control y grupo experimental. Ambos grupos llevaron los cursos tradicionales sobre Cinemática y Dinámica, al término de los cursos, al grupo experimental se les impartió dos sesiones con el método de CDI's sobre Cinemática y posteriormente una sobre Dinámica. Los resultados nuevamente mostraron que la comprensión de los conceptos en el grupo experimental fue muy superior a la mostrada en el grupo control.

En 1995 Sokoloff y Thornton realizaron otro estudio, encontrando que la comprensión de los conceptos no sólo se favorece con método de las CDI's, sino que se incrementa con el transcurrir del tiempo (Sokoloff y Thornton, 1998). Es decir, realizaron evaluaciones posteriores a las 6 y a las 7 semanas de terminada la instrucción (la tradicional y la de aprendizaje activo con las CDI's), encontrando que los estudiantes del grupo experimental mostraban una mayor comprensión de los conceptos; concluyendo que se incrementa la asimilación de los conceptos por los estudiantes.

En Suecia se ha aplicado el método de CDI's de Sokoloff y Thornton en un curso introductorio de física (que consta de los temas de mecánica, movimiento ondulatorio, óptica y termodinámica) tomado por estudiantes de Ingeniería en el Campus de Norrköping de la Universidad de Linköping. El objetivo fue ayudar a los estudiantes a adquirir una comprensión funcional de la física mediante un ambiente de aprendizaje activo, encontrando ganancias normalizadas de 0.59 en FMCE lo que indica que con este método se obtienen resultados superiores a los obtenidos en la enseñanza tradicional (Berrnhard, 2007).

En otoño de 2001, Zimrot y Ashkenazi iniciaron un estudio con una matrícula de 200 estudiantes durante un periodo de 3 años implementando el método de CDI's en un curso de Química General con la finalidad de los estudiantes logren un mejor desempeño en sus cursos, obteniendo resultados que muestran la importancia de la componente interactiva ya que en grupos experimentales los estudiantes mostraban una mayor comprensión de los conceptos comparados con los resultados de una enseñanza tradicional (Zimrot y Ashkenazi, 2007). Ellos concluyeron que con el uso de las CDI's se incrementó la asimilación de los conceptos por los estudiantes.

2.4.1 Diseño de CDI's

Tomando en cuenta el trabajo de Sokoloff y Thornton y de otros investigadores, para diseñar una secuencia de CDI's sobre algún tema de Física se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Especificar el objetivo de cada CDI, es decir se debe establecer claramente el objetivo de aprendizaje que se pretende alcancen los estudiantes.
- El contenido de la serie de CDI's debe basarse en demostraciones que favorezcan la comprensión de conceptos acordes con el tema en estudio.
- Elegir una demostración que ilustre el concepto a desarrollar en tiempo real (da confianza a los alumnos en los métodos de medición y resultados) y que cumpla el objetivo planteado. Las demostraciones son más eficaces si se centran en un solo concepto y de ser posible con un resultado diferente a las expectativas de los estudiantes.
- Establecer preguntas detonadoras que permitan al estudiante mostrar su pre-concepción errónea (no-newtoniana) al escribir sus predicciones.
- Determinar si la demostración será realizada por el instructor o por los grupos de trabajo de estudiantes, recordando que la experimentación fomenta un mayor compromiso en el estudiante y potencializa el aprendizaje.
- Diseñar los materiales escritos (los llamados “hoja de predicción” y “hoja de resultados”) de forma tal que los estudiantes puedan seguir en forma dinámica e interactiva en el desarrollo de la CDI.
- Las CDI's deben presentarse de manera que los estudiantes comprendan los experimentos y que confíen en los aparatos y los métodos de medición empleados.
- Se debe tener cuidado de que las demostraciones no sean muy llamativas, ya que pueden resultar complejas y no serían experiencias de aprendizaje efectivas.

2.4.2 Descripción de CDI's

La metodología didáctica de las CDI's es una propuesta innovadora diseñada para trabajar en ambientes interactivos por lo que es necesario que los estudiantes interactúen

y se involucren en el proceso de aprendizaje. Se desarrolla sobre las bases del trabajo colaborativo para la realización de demostraciones interactivas tipo conferencia en equipos de cuatro integrantes. En esta estrategia didáctica los estudiantes son sometidos en un equilibrio-desequilibrio-reequilibrio, que supone una adaptación y construcción de nuevos esquemas de conocimiento que permiten la transformación y construcción del mismo. Esto implica la experimentación y la resolución de problemas interactuando con otros estudiantes que también exponen sus puntos de vista. Al defender sus predicciones los participantes negocian significados y recogen planteamientos para obtener su propia interpretación y finalmente construir su conocimiento.

En el desarrollo de esta metodología cuando el instructor describe la demostración, solicita a los estudiantes hagan predicciones acerca de sus creencias (ideas previas) en la “hoja de predicción”. Posteriormente, se le pide a los estudiantes que defiendan su predicción ante sus compañeros (aprender es una experiencia social donde el contexto es muy importante, y considero que esta actividad ayuda a los estudiantes a explicar y argumentar). Después, los alumnos deben observar lo que realmente sucede en la demostración. De esta forma tienen la oportunidad de contrastar los resultados reales con sus predicciones iniciales, si los resultados de la demostración no coincide con sus predicciones se generará un conflicto, entonces como resultado los estudiantes logran transformar su conocimiento que se retroalimenta al compartir su experiencia con sus pares en una discusión posterior. Durante todo este proceso el profesor guía el trabajo.

Así, tenemos que la estrategia consiste en introducir una actividad cuidadosamente diseñada en tiempo real bajo el formato de una conferencia tradicional. Para su realización se requiere que los estudiantes puedan predecir, experimentar y reflexionar la actividad propuesta.

Predecir. Después de que el instructor describe el problema los estudiantes hacen una predicción sobre el resultado, que explican a un compañero cercano intercambiando respuestas.

Experimentar. La demostración puede ser un experimento de clase, una encuesta, una simulación, o un análisis de datos secundarios, y es realizada por el instructor o por los estudiantes en grupos pequeños. Experimentar permite a los estudiantes comprobar o no

una concepción previa y será más eficaz que decir al estudiante que su comprensión inicial es incorrecta (National Research Council, 2005).

Reflexionar. Después de la demostración, los estudiantes anotan y comunican sus resultados identificando las diferencias entre lo que se predijo y lo que ocurrió en la demostración, esto le permite al estudiante pensar explícitamente sobre lo que han aprendido, poder hacer conexiones entre lo que sabía antes con lo que observó transformando su concepto. Asimismo, con el propósito de retroalimentar el conocimiento y aplicarlo es necesario hacer uso del mismo en una variedad de contextos. *“La reflexión mejora el rendimiento estudiantil y desarrolla en los estudiantes la capacidad para aprender por sí mismo”* (Brandsford *et al.*, 2000).

Para su desarrollo Sokoloff y Thornton (Sokoloff, *et al.*, 2006) recomiendan una secuencia de ocho pasos:

1. El instructor describe la demostración, sin exhibir los resultados. Se debe indicar claramente lo que se realizará en la demostración.
2. El instructor pide a los estudiantes registrar sus predicciones individuales sobre los datos esperados en una “Hoja de Predicción” (una serie de preguntas sobre la demostración) que se recogerá. Los estudiantes están seguros de que estas predicciones no serán calificadas. Es importante asegurarse de que todos los alumnos completen este paso antes de pasar al siguiente.
3. Los estudiantes se involucran en discusiones sobre la demostración formando grupos pequeños con sus compañeros más cercanos y pueden cambiar sus predicciones si lo consideran conveniente.
4. El instructor obtiene las predicciones más comunes de los estudiantes del grupo y las muestra en una pantalla o pizarrón visible en el salón de clase. Solicite que expliquen sus respuestas, pero tenga cuidado de no elogiar o criticar a las predicciones de los estudiantes, solo se trata de registrar todas las predicciones de los estudiantes sin evaluarlos.
5. Los estudiantes registran sus predicciones finales sobre la “Hoja de Predicción”.
6. El instructor o los estudiantes (grupos pequeños) realizan la demostración nuevamente y exhibe los datos en tiempo real (los resultados pueden

presentarse en forma de gráficos usando un proyector en caso de que el grupo sea muy grande).

7. El instructor solicita a los estudiantes describan y discutan sus resultados. Así, los estudiantes completan una “Hoja del Resultado” (idéntica a la “Hoja de la Predicción”) y la entregan. Se debe motivar a que los estudiantes analicen los resultados obtenidos en la demostración que desafíen sus predicciones (o no), y que expliquen estos resultados. Tal reflexión puede llevarse a cabo como una discusión con toda la clase, o los estudiantes pueden escribir de forma individual o en parejas sobre la transformación de su conocimiento.
8. El instructor discute situaciones físicas análogas o relacionadas al fenómeno observado (situaciones donde los resultados se basan en el mismo concepto). El instructor ayuda a los estudiantes para transferir su aprendizaje a situaciones reales donde el concepto se aplica.

La implementación de esta estrategia sugiere que para lograr resultados satisfactorios es importante considerar que (Sokoloff, *et al.*, 2006):

- El instructor debe planear el tiempo para la discusión (paso 3) y lograr los objetivos en el tiempo apropiado.
- Para el paso 4 es recomendable que el instructor utilice herramientas que le permitan mostrar en forma llamativa las aportaciones voluntarias de los estudiantes a toda la clase. Las predicciones incorrectas no se corrigen en este momento. El instructor puede incluir respuestas de clases anteriores si ningún estudiante se ofrece voluntariamente o si las respuestas no varían.
- El propósito de los pasos 7 y 8 es que el instructor dirija a los estudiantes a la respuesta correcta. Esto *no es una conferencia* sino una discusión dirigida donde los datos experimentales se utilizan para validar los conceptos.

2.4.3 Ventajas de las CDI's

- En esta metodología el aprender se basa principalmente en la observación de fenómenos físicos en tiempo real.
- La técnica de aprendizaje activo propuesta por Sokoloff y Thornton (Sokoloff y Thornton, 2004) se adapta fácilmente a grupos grandes.

- Usando algunas experiencias con la metodología los autores han demostrado que hasta el 90% de los estudiantes de un grupo típico entenderán los conceptos enseñados usando este método a diferencia del 10% que entenderían si la conferencia se impartiera usando un método tradicional.
- La técnica de aprendizaje activo propuesta por Sokoloff y Thornton involucra a todos los participantes. Para ver la diferencia entre esta metodología y la clase tradicional, podríamos analizar la diferencia que existe entre ver un partido de fútbol por televisión o jugar ese partido.
- El aprendizaje se centra en el estudiante, es él quien realiza todas las actividades, ya que el profesor solo es un guía o facilitador.
- El método propuesto por Sokoloff y Thornton se utiliza para introducir conceptos importantes, para reforzar los conceptos ya introducidos, para servir como sesiones activas semanales y como complemento de las actividades del laboratorio.
- La estrategia permite a los estudiantes desarrollar habilidades y competencias como: predecir, argumentar y estructurar sus ideas, aplicar sus conocimientos a la interpretación de su entorno, participar activamente, trabajar en forma colaborativa, buscar y proponer alternativas de solución a un problema, ser el responsable de su aprendizaje, construir por sí mismo su conocimiento.
- No todo el material en un curso preliminar típico se puede introducir usando éste método.

2.5 El FCI

Para realizar el análisis de los resultados obtenidos con el uso de las CDI's usaremos el Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza (Force Concept Inventory, FCI por sus siglas en inglés). Es apropiado comentar que a este test se le sumaron algunas preguntas adicionales sobre el tema en estudio (caída libre). Véase el siguiente capítulo para información adicional sobre las preguntas adicionales. Por lo tanto a continuación escribimos algunos hechos relevantes sobre el FCI.

En 1992 Hestenes y colaboradores diseñaron el FCI como una test de opción múltiple para evaluar la comprensión de los estudiantes sobre los conceptos básicos de la

mecánica newtoniana y específicamente para evaluar el grado de conocimiento que el estudiante tiene sobre el concepto de fuerza (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992; Sokoloff & Thornton, 1998; Henderson, 2002; Colleta & Phillips, 2005; Cohen, 2007; Savinainen & Viiri, 2008).

Para estructurar las preguntas Hestenes y Halloun (1995) consideraron razonamientos incorrectos para lograr una respuesta correcta, llamándoles “falsos negativos” a la elección de un pensador newtoniano que eligiera respuestas no newtonianas y “falso positivo” a una respuesta newtoniana elegida por un pensador no newtoniano que llegó a ella por un razonamiento no newtoniano.

El FCI tiene como predecesor el Cuestionario Básico de Mecánica (Mechanics Baseline Test, MBT por sus siglas en inglés), incluso Hestenes y Halloun (1995) sugieren que más que una prueba nueva, el FCI es una versión mejorada del MBT. Alrededor del 60% de los ítems del FCI son los mismos que en el MBT, y los resultados de ambas pruebas son perfectamente compatibles. La ventaja del FCI sobre el MBT proviene del hecho que permite un análisis más sistemático de los conceptos básicos de la mecánica newtoniana y que facilita la interpretación de los resultados.

Las preguntas que incluye el FCI fueron validadas a través de entrevistas sobre una amplia gama de conocimientos esenciales de la física con estudiantes que van de noveno grado a estudiantes de posgrado. Una de sus virtudes es que presenta las preguntas de una manera comprensible para el novato que nunca ha tomado un curso de física, y al mismo tiempo es lo suficientemente riguroso para el iniciado (Huffman y Heller, 1995b). Además, los cuestionamientos y diagramas que forman el FCI se han analizado cuidadosa y objetivamente por profesores de física para sustentar su validez como un instrumento de evaluación (Hestenes and Halloun, 1995).

Actualmente el FCI es el instrumento de evaluación más utilizado para evaluar la comprensión de los conceptos de mecánica clásica (Henderson, 2002). El cuestionario contiene 30 preguntas de opción múltiple que evalúan los principales aspectos de la mecánica newtoniana, distribuidas en 6 dimensiones. Cada una de las preguntas presenta 5 opciones de respuesta, entre ellas hay una respuesta correcta, (newtoniana) y las otras 4 alternativas o distractores corresponden a ideas previas que puede tener el

estudiante (no-newtonianas).

Este instrumento examina seis dimensiones conceptuales relacionadas e involucradas en la comprensión del concepto newtoniano de fuerza y son las siguientes (Hestenes, Wells y Swackhamer, 1992):

- Cinemática
- Primera Ley
- Segunda Ley
- Tercera Ley
- Principio de Superposición
- Tipos de Fuerza

La utilidad principal del FCI radica en la evaluación efectiva de la instrucción, pero se puede utilizar para otros propósitos, por ejemplo:

- Herramienta de diagnóstico
- Examen de nivel

Es conveniente mencionar que al estudiar el FCI mediante una técnica llamada “análisis factorial”, la cual consiste en determinar cómo los elementos de una prueba están relacionados, es decir, se analizan los ítems agrupados en un “factor” (elementos que miden la misma idea) para determinar si la prueba en realidad mide los conceptos del tema en estudio. De acuerdo a Huffman y Heller (1995a), los resultados de este análisis muestran que se puede utilizar como *herramienta de diagnóstico* (para evaluar los conocimientos previos del estudiante) y como *instrumento de evaluación de la instrucción*, puesto que puede medir aspectos necesarios para la comprensión de conceptos sobre mecánica en los estudiantes, así como la familiaridad de los estudiantes con el contexto. Sin embargo, no se considera conveniente su aplicación como *examen de nivel* o también llamado examen de ubicación, pues aún es necesario investigar más sobre el FCI, para conocer exactamente lo que realmente mide cuando se aplica con este objetivo.

Desde la publicación del FCI en marzo de 1992, se han reportado resultados de múltiples investigaciones independientes sobre él (Hestenes y Halloun, 1995; Huffman, Heller, 1995a; Steinberg, Mel, 1997 y Hake, 1998), en los cuales los investigadores coinciden en que una baja puntuación en el instrumento indica una falta de comprensión de los conceptos básicos de la mecánica newtoniana.

Para Hestenes y Halloun (1995), la puntuación total del FCI ha demostrado ser una base de datos confiable y útil, a través de la cual se pueden realizar una comparación de los distintos cursos y los métodos de enseñanza, ya que mide la coherencia del concepto de fuerza newtoniana.

Se podría afirmar que el FCI ha sido aplicado a más de 10 mil estudiantes en diferentes niveles educativos (secundaria, colegios y universidades) y se ha utilizado en las clases de más de un centenar de profesores que obtuvieron resultados superiores a los de una enseñanza tradicional. Por lo anterior, el FCI se considera la prueba más fiable y útil para evaluar la efectividad de la instrucción y probablemente es el instrumento más utilizado para este propósito en la física educativa cuando se investigan temas de mecánica newtoniana.

Siendo la evaluación de la efectividad de una estrategia de enseñanza en cursos de física introductoria uno de sus principales usos, con este fin se aplica como un pre-test antes de la instrucción y como pos-test después de la instrucción. Simultáneamente los resultados que arroja permiten conocer las dificultades que tienen los estudiantes en la comprensión conceptual de la física.

La interpretación de los resultados del FCI se facilita con el cálculo de la ganancia (denotada por g en lo siguiente) para lo cual se consideran los aciertos obtenidos en el instrumento. También es conocida como ganancia relativa de aprendizaje conceptual o factor de Hake, y fue propuesta por Richard R. Hake en 1998. La ganancia está definida por

$$g = \frac{S_f - S_i}{100 - S_i}$$

donde

$S_i = \text{puntaje porcentual del pre - test}$

$S_f = \text{puntaje porcentual del pos - test}$

Esta cantidad indica la ganancia promedio del aprendizaje conceptual y permite comparar el grado de logro de la estrategia educativa en distintas poblaciones, independientemente del estado inicial de conocimiento. Es una medida de la ganancia obtenida en el proceso de enseñanza y se considera muy útil para realizar la comparación entre estudiantes que tomaron sus cursos usando diferentes métodos de enseñanza o de distintas instituciones, o bien, de estudiantes diferente nivel educativo (estudiantes de bachillerato con universitarios).

Hake propone categorizar los resultados de la instrucción en las llamadas zonas de ganancia (Hake, 1998):

1. **Zona de ganancia baja.** Valor de ganancia menor a 0.3 ($g \leq 0.3$).
2. **Zona de ganancia media.** Valor de ganancia en el rango $0.3 \leq g \leq 0.7$.
3. **Zona de ganancia alta.** Valor de ganancia mayor a 0.7 ($g \geq 0.7$).

De igual forma, Hestenes & Halloun (1995) establecieron una clasificación en tres fases en función del porcentaje de aciertos obtenidos en el FCI. Situando en la Fase I a los estudiantes que obtienen menos del 60% de aciertos (modelos comunes de pensamiento), en la Fase II se ubican los estudiantes que obtienen entre 60% y 85% de aciertos (umbral de acceso al pensamiento newtoniano) y finalmente en la Fase III se tendrán a los estudiantes que logren un porcentaje mayor al 85% de aciertos (dominio de la concepción newtoniana). Estas fases representan niveles conceptuales en los cuales se encuentra el estudiante acorde a su conocimiento y comprensión del concepto newtoniano de fuerza.

Como ya mencionamos en la enseñanza de la física, el FCI se usa para evaluar la efectividad de una estrategia de didáctica al correlacionar la ganancia normalizada obtenida para una estrategia de aprendizaje activo y para una estrategia de enseñanza tradicional. El propósito de esta evaluación radica en identificar metodologías eficaces que favorezcan la comprensión de los conceptos básicos de la mecánica newtoniana.

Una forma de realizar esta evaluación se hace mediante el cálculo del factor de Hake representado el nivel de aprendizaje alcanzado con la instrumentación de una estrategia didáctica; los cambios se muestran en los valores obtenidos del factor g en el pre-test y pos-test, ya que estos cambios están relacionados con el nivel de dominio conceptual de la mecánica newtoniana.

Diversos trabajos de investigación han utilizado el FCI como instrumento de evaluación, tal es el caso de Hake (1998), en su artículo “*Enseñanza interactiva vs métodos tradicionales: un estudio de seis mil exámenes de cursos introductorios de Física*” (*Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*). En este trabajo Hake utilizó el FCI para evaluar los resultados de un amplio estudio de las ganancias promedio, estableciendo que la ganancia normalizada proporciona información confiable para medir la comprensión de los conceptos básicos de mecánica y evalúa la efectividad de una metodología de participación activa en la solución de problemas. La investigación realizada entre 1992 y 1995 muestra la superioridad de los métodos de enseñanza activa frente a la enseñanza tradicional, ya que en el cálculo de la ganancia normalizada promedio se obtuvo $g = 0.23 \pm 0.04$ para una enseñanza tradicional y $g = 0.48 \pm 0.14$ la metodología de participación activa. También comenta que cuando se comparan los puntajes obtenidos en la ganancia normalizada de diferentes grupos es importante considerar las diferencias existentes entre las poblaciones de estudiantes.

Mazur (1997) realizó un estudio durante 1991 y 1992 poniendo a prueba una estrategia didáctica (análisis de preguntas por pares, Peer Instruction) para la enseñanza de la física, encontrando que los estudiantes mejoran significativamente la comprensión conceptual. Para evaluar utilizó el FCI y su antecesor el MBT, obteniendo una ganancia baja para la enseñanza tradicional y una ganancia media para la metodología activa. Basado en este estudio Mazur, desarrolló un manual de instrucción para cursos de Física Introductoria que se titula “*Instrucción por pares: Un manual de usuario*” (*Peer Instruction, All user's Manual*), (Mazur, 1997).

Savinainen (2004) utilizó el FCI y otras pruebas como FMCE y TUG-K (prueba de comprensión de gráficos en cinemática) para evaluar la eficiencia de una metodología didáctica activa (Interactive Conceptual Instrucción, ICI por sus siglas en inglés) frente

a la enseñanza tradicional. El análisis se realizó sobre el concepto de fuerza, obteniendo resultados satisfactorios para su propuesta. El estudio fue realizado durante los años 2000 y 2004. Estos resultados los publicó en su artículo “*Coherencia conceptual del conocimiento cualitativo del concepto de fuerza de los estudiantes de bachillerato*” (*High School Students’ Conceptual Coherence of Qualitative Knowledge in the Case of the Force Concept*).

Hoellwarth, Moeller y Knight hicieron uso del FCI como instrumento de evaluación para comparar la eficacia de las metodologías activas contra la enseñanza tradicional presentado los resultados obtenidos en su artículo “*Una comparación directa del aprendizaje conceptual y habilidad para resolver problemas en clases tradicionales y clases activas*” (*A direct comparison of conceptual learning and problem solving ability in traditional and studio style classrooms*), (Hoellwarth, Moeller y Knight, 2005).

Coletta y Phillips (2005) en su estudio titulado “*Interpretando los resultados del FCI: ganancia normalizada y habilidad de razonamiento científico*” (*Interpreting force concept inventory scores: Normalized gain and SAT scores*) utilizaron el FCI para valorar la eficacia de una estrategia de participación interactiva frente a la enseñanza tradicional. Con el mismo propósito Benegas usó el FCI en su investigación reportada en el artículo “*Tutoriales para Física Introductoria: una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física*”, Benegas, J. (2007).

3. Metodología

A partir del trabajo que Sokoloff y Thornton (2004) realizaron en las Universidades de Oregon y de Tufts y del trabajo de otros investigadores se ha demostrado que las CDI's se pueden aplicar a la enseñanza de la física a nivel universitario. Con este antecedente es posible plantear la posibilidad de introducir dicha estrategia en la enseñanza de la física a nivel bachillerato.

El propósito de la utilización de CDI's en este trabajo es demostrar que se pueden obtener resultados satisfactorios con esta metodología en la enseñanza de la física en el bachillerato. Para tal efecto se construyó una serie de demostraciones didácticas para la enseñanza del tema de caída libre, que es un tema básico en todos los programas de física a este nivel. En la construcción de esta serie seguimos la propuesta de Sokoloff y Thornton, expuesta en su manual titulado “*Clases Demostrativas e Interactivas: Aprendizaje Activo en la Física Introductoria*” (*Interactive Lecture Demonstrations. Active Learning in Introductory Physics*), (Sokoloff y Thornton, 2004). En este sentido, se presentan las características de grupos experimentales y grupos de control, asimismo se describe la aplicación e implementación de CDI's en la enseñanza de la Cinemática.

3.1 Aplicación de las Clases Demostrativas e Interactivas

En este estudio se utilizó una serie de cuatro CDI's (que se describen más adelante en este capítulo), diseñadas y aplicadas por la autora de este trabajo. Los resultados logrados en el aprendizaje de los estudiantes sobre el tema en estudio se evaluaron con el FCI y 10 preguntas del tema de caída libre agregadas al FCI, diseñadas para este propósito en conjunto con los profesores de la academia de física del CECyT 6. Al test completo lo llamaremos FCIIA en lo que sigue.

Las cuatro CDI's diseñadas las titulamos de la siguiente forma:

- A) CDI 1. Caída libre de objetos de diferentes materiales y pesos.
- B) CDI 2. Fotografía estroboscópica.
- C) CDI 3. Caída libre de un balón de diferentes alturas.
- D) CDI 4. Situación análoga relacionada con el movimiento en caída libre.

La serie de CDI's que se propone para el tema de caída libre está diseñada de manera general siguiendo los lineamientos de Sokoloff y Thornton de tal forma que sean apropiadas el programa del curso de Física I del CECyT 6 del IPN. Sin embargo, la serie de CDI's es susceptible de adaptarse a diferentes programas. Dependiendo del programa cada una de las actividades señaladas pueden modificarse con el objetivo de variar el tiempo que se le dedica y profundidad con la que se estudia el tema.

Dado que la enseñanza de las ciencias es una de las fortalezas del Instituto Politécnico Nacional (Villa, 2004). Dentro del IPN, los programas de bachillerato hacen especial énfasis en la enseñanza de las ciencias y muestran diversidad, pues, no son uniformes. Aunque abarcan los mismos contenidos curriculares, no están distribuidos de igual forma en los programas de estudio, ya que el número de cursos que se imparten de la asignatura de Física, depende de la especialidad del plantel (ciencias sociales-administrativas 2 cursos, ciencias medico-biológicas 3 cursos y ciencias físico-matemáticas 4 cursos). No obstante, existen similitudes en los temas generales a impartir de los programas y planes de estudio de física a nivel bachillerato en el IPN.

3.2 Caracterización de los grupos de investigación

Para probar la estrategia de aprendizaje propuesta en la sección anterior se trabajó con 300 estudiantes del CECyT 6. El estudio se llevó a cabo en la asignatura *Física I*, que fue impartida por la autora de este trabajo. Esta asignatura es un curso básico del tercer semestre de la carrera de Técnico Laboratorista Químico (TLQ) y Técnico Laboratorista Clínico (TLC). Los estudiantes están en un rango de edad entre 16 y 17 años, y cursan el tercer semestre en las especialidades antes mencionadas. La estrategia fue implementada durante el período de agosto a septiembre de 2009.

Los estudiantes considerados en este estudio cursan por primera vez la asignatura en este nivel, en estos grupos no existen alumnos que estén repitiendo el curso. La determinación de los grupos experimentales y grupos control se realizó al azar, considerando el registro con el cual se identifica a los grupos en el CECyT 6, que está formado por cuatro números y una letra mayúscula; estos números representan el semestre que cursan, el turno al que pertenecen, el número de grupo y la especialidad (3

de tercer semestre; 1 de turno matutino, después el número de grupo y finalmente la primera letra del nombre de la especialidad que cursan en mayúscula). En la especialidad de Técnico Laboratorista Clínico los grupos experimentales son el 3101C y el 3102C, el grupo control es el 3104C. De igual forma para la especialidad de Técnico Laboratorista Químico los grupos experimentales son el 3101Q y el 3102Q, el grupo control es el 3104Q. Esta división en grupos experimentales y grupos control se realizó con el objetivo de hacer un comparativo entre la instrucción tradicional y el aprendizaje activo a través de la estrategia de CDI's.

3.3 Implementación del método de las CDI's

La instrucción con la estrategia de aprendizaje de CDI's se implementó en los cuatro grupos experimentales de las dos especialidades del CECyT 6. Es importante mencionar que previo a la realización de este estudio se les informó a los estudiantes de los cuatro grupos experimentales que formaban parte de una investigación educativa, en qué consistía dicha investigación, quién la estaba realizando y cuál era el motivo. De igual forma, se les explicó que significan las siglas CDI y en qué consiste el método a utilizar, mostrándoles por primera vez los ocho pasos que consideran sus autores.

La serie de CDI's se diseñaron sobre el tema movimiento en caída libre. Se programaron seis sesiones para la realización total del estudio: dos sesiones de 90 minutos y cuatro de 50 minutos (dos sesiones de trabajo con CDI y dos sesiones de aplicación del instrumento de evaluación). A partir de la segunda sesión se trabajó con la serie de CDI siendo cuatro sesiones de trabajo y dos sesiones evaluación.

En la primera sesión, se aplicó el Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza (FCI) como instrumento para evaluar la comprensión del tema caída libre antes del empleo de CDI. A este cuestionario se agregaron 10 preguntas para la evaluación sobre el tema de caída libre, pasando de 30 preguntas a 40 preguntas; por lo cual también se modificó el tiempo de aplicación del instrumento de 30 a 40 minutos. Las 10 preguntas agregadas corresponden del número 31 al 40, dichos ítems fueron evaluados mediante curvas de respuesta por pregunta (Ítem Response Curves, IRC por sus siglas en inglés) con el fin de conocer su efectividad para medir dominio sobre tema estudiado.

La sesión se inició repartiendo a los estudiantes una hoja de repuestas y un cuestionario. A continuación se le dio lectura a la primera hoja del cuestionario, donde se establecen las instrucciones a seguir para el llenado de datos en la hoja de respuestas, enseguida se resolvieron las dudas de los estudiantes. No habiendo más dudas por parte de los estudiantes se indicó la hora en la que se daba inicio la prueba, la hora en la cual se daría por concluida la actividad y se solicitó a los estudiantes resolver el Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza Modificado como pre-test (ver Anexo 1).

En la segunda, tercera, cuarta y quinta sesión, se usó el método de CDI's. En cada una de estas sesiones se realizó la secuencia de los ocho pasos. Como paso 1, la profesora describió la demostración sin mostrar los resultados obtenidos e indicando claramente lo que se realizó en la demostración. En el paso 2, se solicitó a los estudiantes registrar sus predicciones individuales sobre los resultados esperados en la “Hoja de Predicción”.



Figura 1. Los estudiantes escriben sus predicciones.

Como paso 3, los estudiantes se involucran en una discusión donde compartieron y argumentaron sus predicciones sobre la descripción de la demostración con sus compañeros en pequeños grupos. La profesora se aseguró de que todos los estudiantes realizaran dicho registro.

Al finalizar la discusión, en el paso 4, la profesora recopiló las predicciones más comunes entre los grupos de alumnos y las escribió en un pizarrón que fuera visible para todos los estudiantes, esta actividad se desarrollo bajo un ambiente cordial ya que la profesora se limitó a registrar las predicciones explicadas por los estudiante. Durante

el tiempo que duró la discusión, la profesora, en ningún momento, enjuició las respuestas de los estudiantes; es decir, sólo fue un moderador de la discusión. En el paso 5 los estudiantes registran su predicción final, en el caso de creerlo conveniente tuvieron la oportunidad de cambiar sus predicciones. En el paso 6, los estudiantes realizaron la demostración en pequeños grupos obteniendo sus propios resultados.



Figura 2. Los estudiantes comparten sus predicciones.

Posteriormente en el paso 7, los estudiantes se encargaron de analizar, discutir y registrar sus resultados en la “Hoja de Resultado”, que entregaron a la profesora. Es conveniente aclarar que la profesora sólo dio el nombre del tema sin hacer exposición alguna.



Figura 3. Demostración de monedas en caída libre.

Finalmente en el paso 8, la profesora concluyó la sesión analizando el comportamiento de las variables que intervienen en el movimiento de caída libre en situaciones análogas

a lo previamente observado dentro de un contexto real, con el propósito de que el estudiante integre y transfiera su aprendizaje a situaciones reales donde el concepto se aplica. Aquí se retroalimentan los conceptos básicos y las características del movimiento en caída libre.

En la quinta y última sesión de 50 minutos, nuevamente se aplicó el mismo Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza Modificado, ahora como post-test para evaluar en los estudiantes la comprensión del tema de caída libre después de la instrucción.

A continuación describimos las CDI's diseñadas e implementadas en este trabajo (ver también el Anexo 2).

3.3.1 Caída libre de objetos de diferentes material y peso (CDI 1)

Usada en la primera sesión del método de las CDI. En la primera demostración, la estrategia consiste en realizar tres experiencias dejando caer cuerpos diferentes desde la misma altura:

- 1) Dos monedas de diferente peso.
- 2) Dos objetos de diferente material y diferente peso (una moneda y una hoja de papel extendida).
- 3) Los mismos dos objetos de la experiencia anterior (una moneda y una hoja de papel hecha bola).

Esta actividad tiene por objeto que el estudiante corrobore lo expuesto por Galileo Galilei *“Los cuerpos grandes o pequeños, ligeros o pesados, en ausencia de fricción (debida a la resistencia del aire), caen en la Tierra con la misma aceleración y con la misma velocidad cuando son soltados de la misma altura”*. (Ver Anexo 2.)

Se describieron con claridad cada una de las tres demostraciones de esta CDI, sin exhibir o comentar el resultado de cada una (paso 1). Se solicitó a los estudiantes registraran sus predicciones individuales en la “Hoja de predicción” correspondiente, asegurándose la profesora de que los estudiantes completaran las predicciones (paso 2).

En el paso 3, los estudiantes compartieron sus predicciones con sus compañeros cercanos formando pequeños grupos de cinco personas. Enseguida se realizó la discusión grupal donde la profesora registró las predicciones más comunes en un pizarrón visible para todo el grupo (paso 4). Como paso 5, los estudiantes finalizan el llenado de la “Hoja de predicción” para entregarla a la profesora. Así los estudiantes realizaron las tres demostraciones de la CDI obteniendo sus propios resultados y observaciones en cada una (paso 6).



Figura 4. Demostración de dos monedas de igual material y diferente peso en caída libre.

Figura 5. Demostración de una moneda y una hoja de papel extendida en caída libre.



Ya con sus resultados, los estudiantes discutieron sobre los mismos y los registraron en la “Hoja de Resultado” y la entregaron a la profesora (paso 7). Para concluir con esta CDI, la profesora explicó el comportamiento de los materiales a través de los comentarios de los estudiantes acordes a la experiencia para cumplir con el objeto planteado para esta CDI (paso 8). Esta demostración se realizó en una sola sesión de 90 minutos.

3.3.2 Fotografía estroboscópica (CDI 2)

Esta CDI se usó en la segunda sesión, la estrategia consiste en visualizar e identificar mediante una fotografía estroboscópica la trayectoria del movimiento en caída libre, para conocer las posiciones ocupadas por un cuerpo en movimiento a medida que transcurre el tiempo. El propósito de esta demostración es analizar el desplazamiento en función del tiempo del cuerpo al moverse, reconociendo el tiempo y la posición como dos variables que caracterizan el movimiento en caída libre.

Se describió con claridad la demostración que incluía reproducir el movimiento simultáneo de dos cuerpos uno en caída libre y otro con trayectoria parabólica, tomando una fotografía estroboscópica simulada, sin exhibir el resultado final (paso 1). A los estudiantes se les pidió que registraran sus predicciones individuales en la “Hoja de predicción” correspondiente (paso 2), cuando ya los estudiantes concluyeron esta parte compartieron sus predicciones con sus compañeros cercanos formando pequeños grupos de cuatro a cinco personas (paso 3). Enseguida se realizó una discusión con todo el grupo donde la profesora registró las predicciones más comunes en un pizarrón visible para todos (paso 4). Como paso 5, los estudiantes concluyeron el registro de sus predicciones en la “Hoja de predicción” para entregarla a la profesora. Posteriormente la profesora realizó la demostración en una pantalla mostrando los resultados y entregando a los estudiantes una copia de las fotografía estroboscópica (paso 6).



Figura 6. Discuten y completan su “hoja de resultados”.

Con la fotografía estroboscópica, los estudiantes analizaron los resultados, discutieron sobre ellos y registraron en la “Hoja de Resultado” que entregaron a la profesora (paso

7). Para concluir esta demostración, la profesora analizó el comportamiento de los cuerpos en situaciones análogas relacionadas a lo observado cumpliendo con el propósito de la demostración (paso 8). Se requirió una sola sesión de 50 minutos.

3.3.3 Caída libre de un balón de diferentes alturas (CDI 3)

Usada en la tercera sesión del método de CDI. La estrategia consiste en realizar una demostración al dejar caer un balón desde cinco diferentes alturas. Para cada altura se deben registrar los valores del desplazamiento y el tiempo empleado en realizarlo.

Con esta actividad, se pretende que el estudiante analice el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado en la dirección vertical en su modalidad de *caída libre*. Con la construcción de graficas debe establecer las relaciones: desplazamiento-tiempo ($s-t$), velocidad-tiempo ($v-t$) y aceleración-tiempo ($a-t$). Esto con el fin de obtener modelos matemáticos, interpretar graficas, analizar resultados y por ende, caracterizar este tipo de movimiento.

Se describió con claridad la demostración que se refería a dejar caer un balón de 5 alturas diferentes para conocer su posición, el comportamiento de su velocidad y su aceleración en función del tiempo, sin exhibir los resultados (paso 1). Se solicitó a los estudiantes registraran individualmente en forma gráfica y textual el comportamiento de estas magnitudes en la “Hoja de predicción” correspondiente (paso 2). Habiendo terminado el registro de las predicciones, los estudiantes se involucraron en una discusión sobre la demostración con sus compañeros cercanos formando pequeños grupos de cuatro personas (paso 3). Al término de la discusión, se realizo una plenaria donde todos los grupos de alumnos explicaron sus predicciones y la profesora registró las más comunes en un pizarrón visible para todos (paso 4). Así, los estudiantes terminaron de registrar sus predicciones en la “Hoja de predicción” para entregarla a la profesora (paso 5). Los estudiantes realizaron la demostración en grupos de cuatro personas registrando los valores de desplazamiento y tiempo del balón en caída libre (paso 6). Con las mediciones realizadas elaboraron la gráfica desplazamiento vs tiempo obteniendo la relación entre las variables y un modelo matemático representativo, después calcularon el valor de la velocidad y construyeron la gráfica velocidad vs

tiempo para realizar su análisis e interpretación; con estos datos se realizó el cálculo de la aceleración del movimiento y se elaboró la gráfica aceleración vs tiempo. Los estudiantes registraron sus conclusiones en la “Hoja de Resultado”, analizaron los resultados obtenidos, discutieron sobre ellos y entregaron la hoja a la profesora (paso 7). Para concluir esta demostración, la profesora aplicó el conocimiento en una situación análoga relacionadas al fenómeno observado con lo cual se logró caracterizar al movimiento en estudio (paso 8). Para esta demostración se requirió una sesión de 90 minutos.



Figura 7. Demostración de un balón en caída libre.

3.3.4 Situación análoga relacionada con el movimiento en caída libre (CDI 4)

Usada en la siguiente sesión. La estrategia consiste en analizar las posiciones y velocidades para distintos tiempos de un cuerpo en caída libre, (la experiencia se plantea de forma tal que la resistencia del aire sea despreciable). Esta actividad tiene por objeto que el estudiante comprenda el concepto de velocidad a través del análisis de las variables que intervienen en el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado dentro de situaciones reales (ver Anexo 2).

Se entregó a los estudiantes una “Hoja de Predicción” donde se presenta la descripción de la demostración, se proyecta la descripción en una pantalla y se explica claramente lo que sucede en ella, sin mostrar o mencionar los resultados (paso 1). Se pide a los estudiantes registren en forma individual sus predicciones sobre el comportamiento del cuerpo en movimiento, que expliquen lo que sucede con las variables que lo rigen

(desplazamiento, velocidad, aceleración y tiempo) (paso 2). Al concluir el paso 2, los estudiantes comparten sus predicciones con sus compañeros cercanos formando pequeños grupos de cinco personas (paso 3). Al término de la discusión, se solicita a los estudiantes que expliquen sus predicciones por grupos para el resto del grupo y la profesora registra las más comunes en un pizarrón visible para todos (paso 4). Con ello los estudiantes concluyen el registro de sus predicciones en la “Hoja de predicción” y la entregan (paso 5). Se reparte a los estudiantes la “Hoja de resultado” donde se tiene la descripción con los resultados obtenidos en la demostración, simultáneamente se proyecta en una pantalla la demostración mostrando los resultados finales (paso 6). Los estudiantes registran sus resultados en la “Hoja de Resultado”, algunos aplican ecuaciones matemáticas y describen, otros solo describen sus resultados, analizando con sus compañeros cercanos y reflexionan. A continuación entregan la “Hoja de Resultado” a la profesora (paso 7). Para concluir esta demostración, la profesora explica y describe con detalle cada punto de la demostración haciendo énfasis en el comportamiento de cada las variables que caracterizan al movimiento (paso 8). Esta demostración se realizó en una sesión de 50 minutos.



Figura 8. Describen y discuten sus resultados.

Es conveniente mencionar en este punto que al término del curso se aplicó a los estudiantes de los cuatro grupos experimentales un cuestionario de evaluación para conocer el grado de aceptación y satisfacción de los estudiantes con esta estrategia didáctica introducida en el curso de Física I con el propósito de enseñar el tema movimiento en caída libre (ver Anexo 3). Asimismo en este cuestionario se incluyó una pregunta (pregunta 12 del Anexo 3) en la cual se solicita al estudiante aplicar a un suceso de su vida diaria el movimiento en caída libre, esto con el propósito de valorar si

el estudiante relaciona y aplica su conocimiento adquirido sobre del tema desarrollado mediante la metodología de CDI's a situaciones reales similares. Se decidió aplicar este cuestionario al final del curso para que los estudiantes puedan comparar los dos tipos de instrucción, además de evaluar si a los dos meses recordaban los conceptos básicos del movimiento en estudio.

3.4 Clase Teórica Tradicional

En los dos grupos de control (uno de cada especialidad), se impartió la clase teórica tradicional basándose en lo estipulado en el programa propuesto para la asignatura de Física I en el CECyT 6. Se tuvieron las mismas seis sesiones: dos sesiones de noventa minutos y cuatro de 50 minutos; considerando de igual manera dos de cincuenta minutos para la aplicación de pre-test y el pos-test; quedando las restantes cuatro para poder trabajar y desarrollar el tema en estudio.

Al igual que en los grupos experimentales, en los dos grupos control se aplicó en la primera sesión de 50 minutos, el Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza modificado como instrumento para evaluar la comprensión del tema caída libre antes de su estudio (pre-test). En esta se utilizó la misma forma de trabajo tanto en los grupos de control como en los grupos experimentales proporcionando a cada estudiante una hoja de respuestas y un FCIIA bajo las mismas instrucciones y condiciones de tiempo para su realización.



Figura 9. Lluvia de ideas acerca del tema.

En las siguientes cuatro sesiones (dos de 90 minutos y dos de 50 minutos), se desarrolló el tema de caída libre con el método de enseñanza tradicional. En la primera sesión de 90 minutos, la clase inicia con una lluvia de ideas para adentrar al estudiante en el tema a tratar, donde se observa poca participación. Enseguida el profesor desarrolla el tema en su totalidad con una exposición “magistral”, en la cual plantea los antecedentes del tema, expone los conceptos básicos y los principios teóricos para desarrollar matemáticamente la obtención de las ecuaciones que rigen el movimiento en caída libre.



Figura 10. Exposición “magistral” por parte del profesor.

En la segunda sesión de 50 minutos, el profesor desarrolló la obtención de las ecuaciones utilizadas en la resolución de problemas solicitando a los estudiantes la elaboración de un formulario.

En la tercera sesión de 90 minutos, el profesor resolvió problemas teóricos usando el método algorítmico que es muy común, y en el proceso explicó a los estudiantes el método de resolución de los problemas propuestos. Entregó a los estudiantes un listado de problemas tipo para ser resueltos con la ayuda del formulario elaborado.

En la cuarta sesión de 50 minutos, el profesor resolvió las dudas que los estudiantes manifestaron en la resolución de problemas y propuso una lista de ejercicios a resolver como apoyo a la conclusión del tema en estudio. Las dudas de los estudiantes fueron resueltas en forma oral o con algunos esquemas en el pizarrón.



Figura 11. Resolución de dudas por parte del profesor

Durante estas sesiones los estudiantes permanecen receptores a la instrucción del profesor, el ambiente es poco dinámico y los estudiantes se enfocan a elaborar sus notas en función de la exposición sobre los contenidos teóricos del tema y la resolución de problemas que ofrece el profesor. En este tipo de instrucción prevalece el trabajo individual en la resolución de ejercicios propuestos. El material didáctico utilizado fue pizarrón blanco, marcadores, diapositivas y las notas del profesor como apoyo.



Figura 12. Estudiantes receptores

Figura 13. Ambiente poco dinámico



4. Resultados

A continuación presentaremos los resultados de la instrumentación didáctica con el método de CDI en la enseñanza del tema caída libre correspondiente al estudio de cinemática en el nivel bachillerato. Recordemos que el factor de Hake nos permite medir en forma confiable la comprensión conceptual lograda y la efectividad de una metodología activa frente a la enseñanza tradicional. En este estudio se analizan los datos obtenidos por los estudiantes en el FCI como instrumento de evaluación (pre-test y pos-test) mediante el uso del factor o ganancia de Hake, con el fin de determinar el nivel de aprendizaje conceptual alcanzado con el método de CDI's.

4.1 Descripción del test utilizado

Aunque el FCI es una herramienta de evaluación útil para evaluar la comprensión de los conceptos básicos de la mecánica newtoniana en este trabajo solo se seleccionaron 7 preguntas (relacionadas con el movimiento en caída libre), ya que las restantes 23 preguntas no corresponden al tema en estudio. Por este motivo, y con el objetivo de hacer un análisis más completo se decidió agregar 10 ítems de opción múltiple a las 30 que originalmente conforman el FCI. Otra intención de esta modificación en el instrumento de evaluación, fue generar una herramienta útil para evaluar la comprensión de los conceptos básicos que determinan el movimiento en caída libre en estudiantes mexicanos de nivel bachillerato.

Los 10 ítems agregados se colocaron al final del FCI original en orden consecutivo, correspondiendo de la pregunta 31 a la 40. Se decidió agregarlos al final por dos razones. La primera fue respetar el orden original del FCI y la segunda tener un panorama diferencial para contabilizar e interpretar fácilmente los 30 ítems del FCI y los 10 ítems agregados. Con esta modificación en el instrumento de evaluación fue posible generar una nueva versión de 40 ítems (al que llamaremos en lo sucesivo FCIIA, "IA" por ítems agregados como mencionamos anteriormente), requiriendo modificar el tiempo de aplicación de 30 a 40 minutos (ver Anexo 1).

El pre y pos-test aplicado consta de 40 preguntas de las cuales 17 se relacionan con los conceptos de caída libre, los 10 ítems agregados y los 7 ítems seleccionados del FCI

(preguntas 1, 2, 3, 12, 13, 14 y 17). El pre-test se aplicó durante la última semana de septiembre de 2009 antes de recibir la instrucción, esto con el objetivo de obtener información acerca de las ideas previas de los estudiantes sobre los conceptos básicos de mecánica y en específico sobre el comportamiento de un cuerpo que se deja caer libremente. El post- test se aplicó una semana después de cubrir los conceptos básicos que rigen el movimiento en caída libre. Para el desarrollo de las clases, en los grupos control se siguió el método de enseñanza tradicional para la instrucción de los estudiantes y para la instrucción de los grupos experimentales se utilizó el aprendizaje activo mediante las CDI's diseñadas para el tema en estudio.

Para las preguntas que incluimos no ha sido verificado que son confiables para medir el dominio del tema de caída libre por lo cual en este trabajo nos enfocamos a verificar la efectividad de las mismas. Sin duda alguna una investigación adicional es necesaria en donde se tomen en cuenta nuestros resultados con el fin de mejorar la eficacia de las diez preguntas que proponemos para evaluar el aprendizaje conceptual del tema de caída libre.

Con la finalidad de conocer el grado de efectividad de una pregunta, Morris, *et al.* (2006), utilizaron la técnica de *Curvas de Respuesta al Ítem* (*Ítem Response Curve*, IRC por sus siglas en inglés), que consiste en la construcción y el examen cualitativo de gráficos IRC. Para generar un gráfico IRC, se consideran dos parámetros: el porcentaje de estudiantes que seleccionaron cada una de las respuestas del ítem y el puntaje total del examen. El gráfico producido para cada pregunta contiene el porcentaje de respuesta como variable dependiente y la puntuación total como variable independiente. Cada gráfico contiene cinco curvas, una para cada opción de respuesta, permitiendo evaluar la efectividad del ítem. Con el uso de las IRC se puede determinar si una pregunta debe ser conservada, modificada o eliminada. De acuerdo al gráfico IRC obtenido, se consideran tres tipos de comportamiento para un ítem: a) eficiente, b) moderadamente eficiente, c) ineficiente.

- a) **Eficiente:** En este tipo de comportamiento se observan pendientes definidas para cada una de las opciones, lo cual es una característica de una pregunta eficiente. Esto muestra, que la elección de respuesta discrimina fuertemente entre estudiantes de alta y baja habilidad.

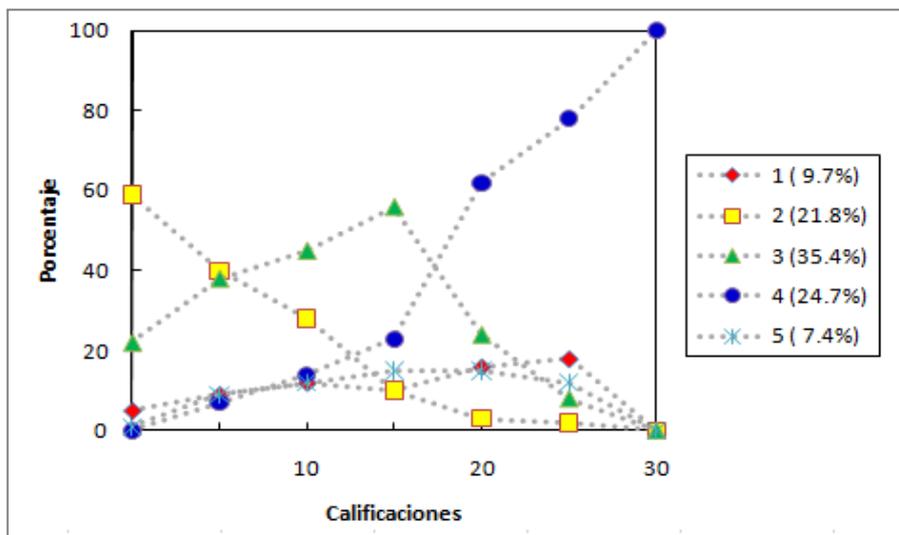


Figura 14. Ejemplo de ítem eficiente de acuerdo a la técnica IRC. Morris, et al. (2006)

La Figura 14 muestra el IRC de una pregunta eficiente donde la respuesta correcta es la opción de respuesta 4, esta curva muestra que la probabilidad de seleccionar la opción correcta se correlaciona con el nivel de habilidad. Además, la forma de la curva muestra que esta opción de respuesta discrimina fuertemente entre los estudiantes de menor y mayor habilidad. Esta fuerte discriminación es una característica de una pregunta eficiente.

b) Moderadamente eficiente: En este tipo de comportamiento, el IRC de una pregunta muestra pocas opciones con pendientes claramente definidas. Mostrando un menor poder de discriminación.

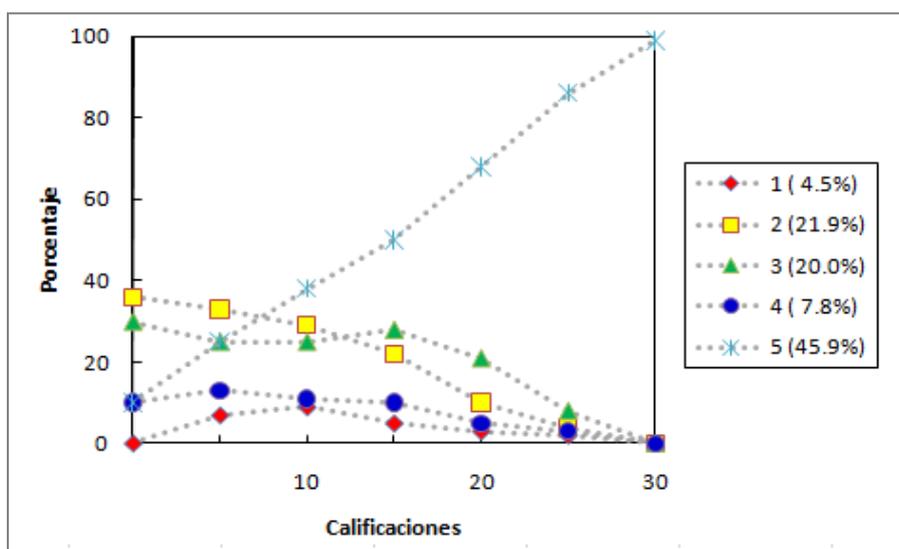


Figura 15. Ejemplo de ítem moderadamente eficiente de acuerdo a la técnica IRC. Morris et al. (2006)

El análisis de IRC de la Figura 15 muestra que dos de las opciones de respuesta 1 y 4 atraen a pocos estudiantes pero no discriminan y aunque las opciones 2 y 3 atraen a un porcentaje razonable de estudiantes las pendientes de la curva para los estudiantes con puntuación total 20-30 es poco definida y casi nula. Por otra parte la opción correcta es la 5, su naturaleza lineal indica que discrimina mejor que cualquiera de las opciones en la puntuación total de la prueba.

c) **Ineficiente:** En un ítem con este tipo de comportamiento, el gráfico IRC mostrara para cada opción de respuesta curvas con pendientes casi nulas.

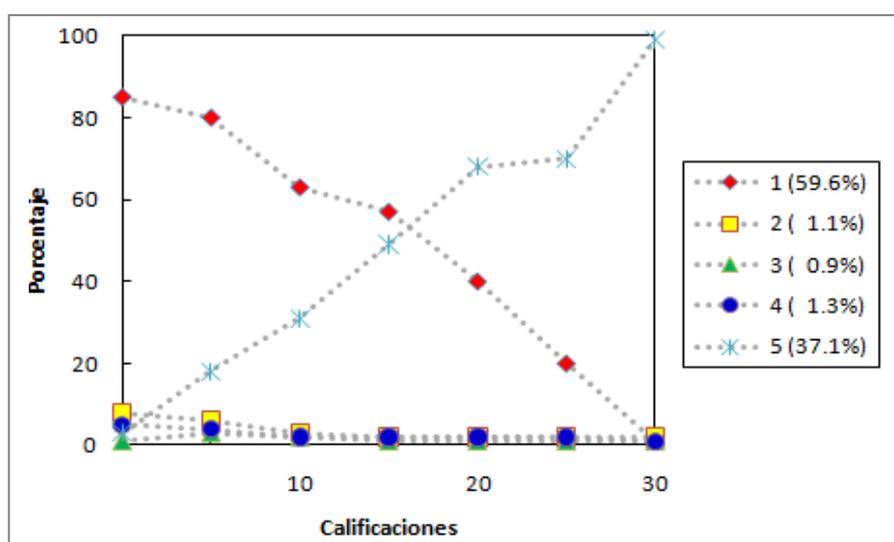


Figura 16. Ejemplo de ítem ineficiente de acuerdo a la técnica IRC. Morris et al. (2006)

En la Figura 16, se muestra el gráfico de análisis IRC para una pregunta ineficiente, en el cual, observamos que los IRC de las opciones 2, 3 y 4 son prácticamente lineales. Mientras que los estudiantes seleccionan en forma confusa las opciones 1 y 5, indicando que esta pregunta no provee información confiable como pregunta de opción múltiple, sugiriendo que podría utilizarse como pregunta de falso y verdadero.

4.2 Análisis de la efectividad de los 10 ítems agregados.

Con la finalidad de evaluar la efectividad de cada uno de los 10 ítems agregados mediante la técnica IRC, se analizaron las respuestas obtenidas a dichos ítems en el FCIIA que se aplicó a 300 estudiantes de nivel bachillerato de las especialidades de

Técnico Laboratorista Químico y Técnico Laboratorista Clínico, divididos en 6 grupos de 50 alumnos de los cuales 4 son grupos experimentales y 2 grupos control. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla II.

La efectividad del ítem se analizará cualitativamente bajo tres condiciones: la primera, es el índice de dificultad del ítem, la segunda, su poder de discriminación y la tercera las pendientes de sus curvas. Según Doran el grado de dificultad se puede obtener como (Doran, 1980):

$$P = \frac{N_1}{N}$$

Donde **P** representa el índice de dificultad, **N₁** el número de respuestas correctas y **N** es el número total de estudiantes que realizaron la prueba. Un ítem se considera muy fácil cuando su índice de dificultad es de 0.85 a 1.00, moderadamente fácil de 0.60 a 0.85, moderadamente difícil de 0.35 a 0.60 y muy difícil de 0.00 a 0.35 (Sandoval y Mora, 2009).

González Cuevas (2003) en su artículo “*Evaluación de opción múltiple vs. Evaluación tradicional. Un estudio de caso en ingeniería*”, ensayó la aplicación de exámenes de opción múltiple y comparó los resultados obtenidos con los de exámenes tradicionales aplicados a los mismos grupos de alumnos. Él utiliza el concepto de grado de dificultad como una condición que debe cumplir un ítem para ser considerado como un buen reactivo o reactivo eficiente en el diseño de pruebas de evaluación del aprendizaje en el Examen General de Egreso a Licenciatura en el área de ingeniería (CENEVAL). Asimismo, Aguirre y Ponce en su artículo “*Factor de corrección y Análisis de Ítems: Grado de Dificultad, Poder de Discriminación, Efectividad de las Respuestas de Distracción y Confiabilidad*”, utiliza el grado de dificultad como uno de los cinco elementos que se necesitan para analizar las pruebas y con el objetivo de revisarlos y estudiarlos, los profesores profundicen más en este tema.

Por otra parte, el índice de discriminación permite diferenciar entre un estudiante con buena preparación y otro que no la tenga, es decir, si el reactivo discrimina será respondido correctamente por un alto porcentaje de alumnos pertenecientes al grupo con

mayor habilidad (mejor calificación) e incorrectamente por los estudiantes con menor habilidad (menor calificación) en el conjunto de reactivos. El grado de dificultad y el índice de discriminación no son independientes. Así, en el gráfico IRC se obtienen pendientes definidas para ítems que discriminan eficientemente, pendientes poco definidas en ítems un grado aceptable de discriminación y pendientes casi nulas para aquellos ítems que no discriminan.

Para elaborar los gráficos IRC se utilizaron los datos obtenidos en el pos-test de los 300 estudiantes que participaron en este estudio que se presentan en la Tabla II. Se consideró conveniente usar los resultados obtenidos después de la instrucción (pos-test), con la finalidad de asegurar que los estudiantes han recibido información sobre el tema en estudio, obtener resultados confiables para la construcción de los gráficos y por ende determinar la eficiencia de los ítems agregados al FCI.

Tabla II

Porcentajes obtenidos en el pos-test de los 300 estudiantes de nivel bachillerato tecnológico del IPN, que seleccionaron cada una de las cinco posibles opciones en los 10 ítems agregados al FCI.

El porcentaje de la respuesta correcta está con negrita.

Repuesta elegida	Pregunta									
	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40
A	9.73	6.00	42.33	50.83	7.27	7.79	8.83	19.50	14.10	42.67
B	23.15	45.00	9.50	21.50	42.16	13.93	60.00	6.50	23.83	8.14
C	39.77	23.83	22.50	13.83	10.66	55.06	30.33	54.67	10.23	18.73
D	18.62	15.83	14.16	9.50	24.56	19.07	4.17	14.50	40.60	11.73
E	8.72	9.33	11.50	4.33	15.35	4.15	1.67	4.83	11.24	18.73

Para cada uno de los 10 ítems agregados se elaboró un gráfico IRC, que se obtiene de la relación entre el porcentaje de estudiantes que seleccionaron cada una de las respuestas del ítem y el puntaje total alcanzado en el FCIIA. En las gráficas siguientes en el eje de las “x” o eje de las abscisas se graficó el puntaje total alcanzado por el alumno en el FCIIA y en el eje “y” o eje de las ordenadas se graficó el porcentaje obtenido por los

estudiantes en cada una de las 5 opciones de respuesta. Debido a que el análisis de IRC requiere del puntaje total de la prueba como variable independiente se determinó utilizar el puntaje total del FCIIA (40 ítems) y no solo de 17 ítems seleccionados del FCI, con la intención de tener una mejor diferenciación entre los estudiantes de mayor y menor habilidad. También para poder emitir resultados con el análisis del FCI completo y observar mejoras no solo en los 17 ítems utilizados sino en el resto de los ítems que forman parte del FCI.

En el análisis de los 10 ítems agregados se determinó si la pregunta es eficiente o no, realizando un análisis cualitativo de acuerdo a la técnica IRC, considerando su grado de dificultad y su poder de discriminación. Este análisis se realizó de la siguiente manera para cada ítem:

- a) Se construyó el gráfico IRC con una curva para cada opción de respuesta.
- b) Se calculó el índice de dificultad (P) obtenido para cada pregunta, considerándose la clasificación antes mencionada (Sandoval y Mora, 2009).
- c) Se analizó el índice de discriminación, si un ítem es discriminatorio se espera que el mayor número de respuestas correctas corresponda a estudiantes de mejor calificación y un menor número corresponda a estudiantes de menor calificación.
- d) Se consideró la pendiente de cada curva del gráfico IRC.

Finalmente, se considera un ítem eficiente si:

- a) Tiene buen grado de dificultad (muy difícil o moderadamente difícil).
- b) Índice de discriminación fuerte.
- c) Tiene pendientes definidas.

Será un ítem moderadamente eficiente si:

- a) Tiene buen grado de dificultad (moderadamente difícil).
- b) Índice de discriminación aceptable.
- c) Presenta algunas pendientes poco definidas.

Un ítem es ineficiente si:

- a) Tiene bajo grado de dificultad (muy fácil).
- b) No discrimina.
- c) Presenta pendientes casi nulas.

A continuación se presenta el análisis para cada una de las preguntas agregadas. (La respuesta correcta está señalada en negritas.) En los gráficos construidos para cada ítem se observa que el máximo de aciertos obtenido por los estudiantes en el post-test del FCIIA (40 ítems) fue de 30 ítems.

Pregunta 31

31. Una cubeta se deja caer desde la azotea de un edificio hasta la superficie de la tierra, su velocidad inicial:

- (A) Alcanza un máximo de velocidad al ser soltada y desde entonces cae con una velocidad constante.
- (B) Aumenta su velocidad al ser soltada porque la atracción gravitatoria se hace considerablemente mayor cuanto más se acerca a la tierra.
- (C) Es cero, ya que parte del reposo.**
- (D) Aumenta aproximadamente a la mitad de su trayectoria.
- (E) Disminuye aproximadamente a la mitad de su trayectoria.

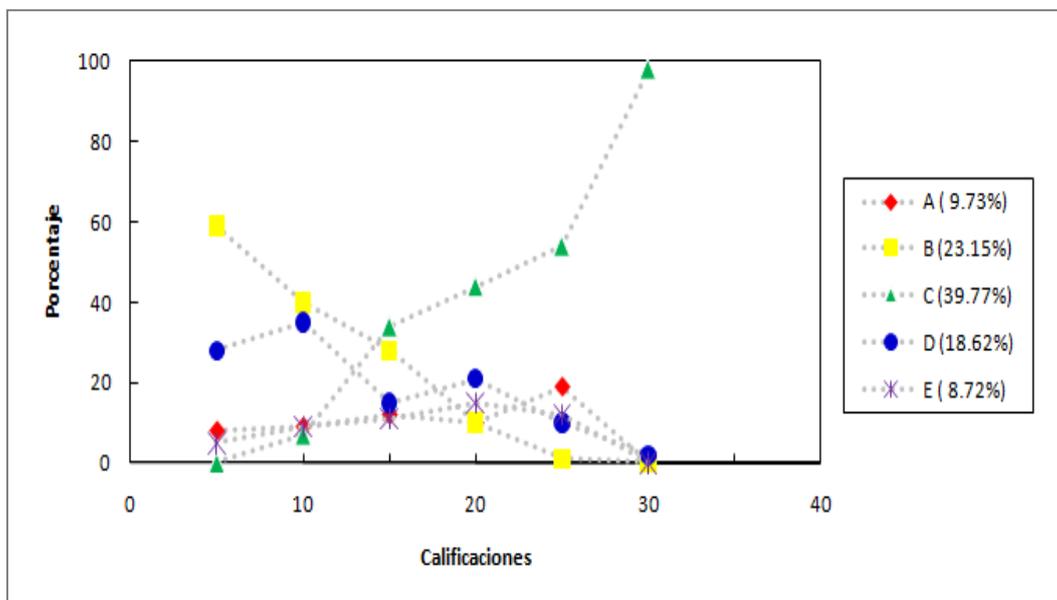


Figura 17. Ítem 31 agregado al FCI (ítem eficiente de acuerdo a la técnica IRC).

Para el ítem 31. Se encontró que es un ítem eficiente. Esta pregunta presenta pendientes claramente definidas y se considera un ítem moderadamente difícil presentando un porcentaje de 39.77% (se ubica en el rango de 0.35 a 0.60) para la respuesta correcta (inciso C). Los datos en la Tabla II también sugieren que tal vez se pueden incluir mejores distractores para las opciones de respuesta A y E, que son

elegidas por un pequeño porcentaje de estudiantes comparado con las otras dos opciones respuesta incorrectas. La Figura 17 muestra el gráfico IRC, en el que se puede apreciar que las opciones B y D discriminan aceptablemente ya que muestran pendientes definidas y son elegidas como respuesta correcta por algunos estudiantes que obtuvieron buen puntaje en el pos-test del FCIIA.

Pregunta 32

32. Una moneda y una hoja de papel extendida se dejan caer desde la misma altura y en el mismo instante. El tiempo que tardan en llegar al suelo es:

- (A) Mayor para la moneda comparada con la hoja de papel extendida.
- (B) Menor para la moneda comparada con la hoja de papel extendida.**
- (C) Igual para los dos cuerpos.
- (D) Aproximadamente la mitad para la moneda comparada con la hoja de papel extendida.
- (E) Aproximadamente la cuarta parte para la moneda comparada con la hoja de papel extendida.

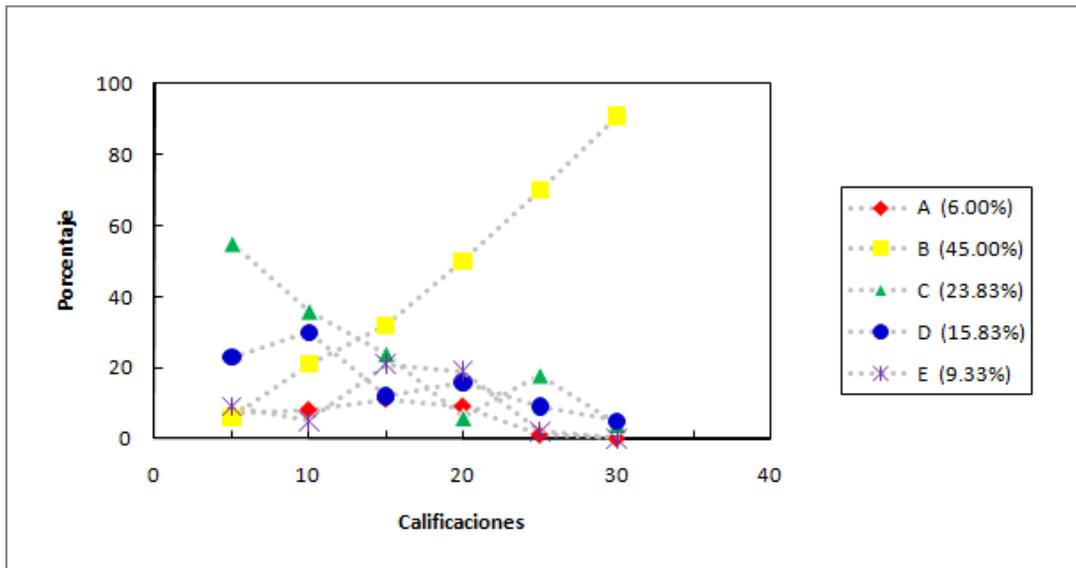


Figura 18. Ítem 32 agregado al FCI (ítem moderadamente eficiente de acuerdo a la técnica IRC).

Para el ítem 32. Este ítem se considera moderadamente eficiente. La pregunta muestra buen índice de dificultad correspondiente a 0.45 por lo que se considera moderadamente difícil; siendo que la respuesta correcta (opción B) es elegida por el 45% de los estudiantes. Este ítem presenta buen grado de discriminación, en el análisis del gráfico

IRC (Figura 18) se observan pendientes definidas. Las opciones A y E muestran porcentajes bajos, mientras que las opciones C y D atraen a un buen porcentaje de estudiantes y son elegidas como respuesta correcta por estudiantes que obtuvieron mejor puntaje en el total del FCIIA. La opción de respuesta D resulta la opción incorrecta más popular entre los estudiantes con un porcentaje de 23.83%.

Pregunta 33

33. Una pelota de ping pon que se deja caer desde el techo de un edificio de dos pisos hasta la superficie de la tierra:

- (A) Al ser soltada mantiene su aceleración casi constante.
- (B) Aumenta su aceleración mientras cae porque la atracción gravitatoria se hace considerablemente mayor cuanto más se acerca la piedra a la tierra.
- (C) Aumenta su aceleración porque una fuerza de gravedad casi constante actúa sobre ella.
- (D) Disminuye su aceleración debido a la tendencia natural de todos los objetos al caer.
- (E) Disminuye su aceleración debido a que la fuerza de gravedad actúa sobre ella.

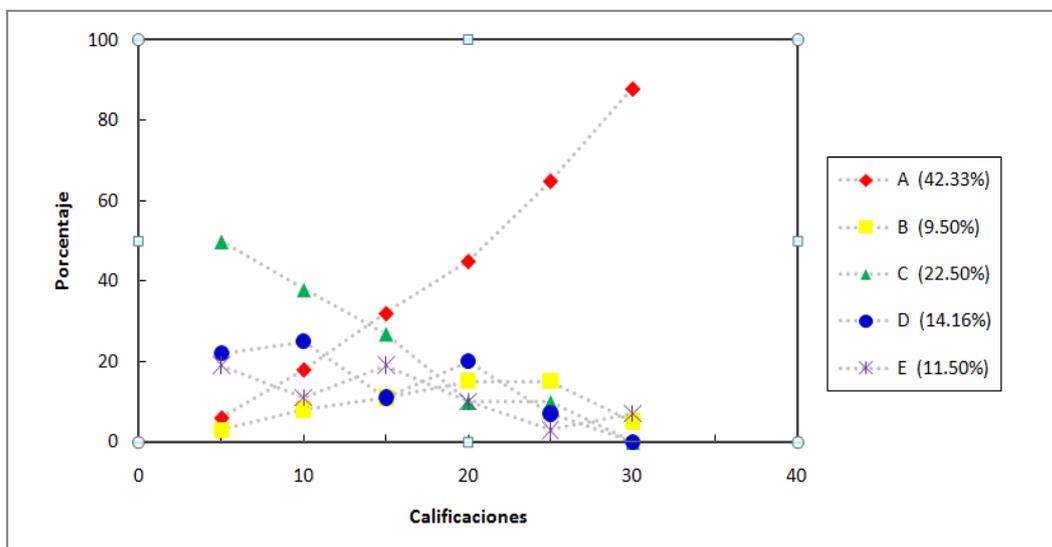


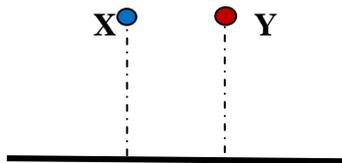
Figura 19. Ítem 33 agregado al FCI (ítem eficiente de acuerdo a la técnica IRC).

Para el ítem 33. Se encontró que es un ítem eficiente. Para esta pregunta el 42.33% de los estudiantes contestó correctamente la pregunta (opción A). Se observa que la opción de respuesta C resulta muy atractiva para los estudiantes con porcentaje de 22.50. Para la opción D se tiene un porcentaje menor con 14.16% de elección, siendo la opción de respuesta B la menos popular entre los estudiantes con un porcentaje de 9.50. Se

considera una pregunta moderadamente difícil con 0.42 en índice de dificultad. Presenta un grado de discriminación suficiente y las pendientes de cada una de las opciones se muestran claramente definidas en el gráfico IRC construido para este ítem que se muestra en la Figura 19.

USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS CUATRO PREGUNTAS SIGUIENTES (34 a 37).

Al mismo tiempo, se deja caer una pelota X y desde la misma altura, una bola Y idéntica a la bola X es liberada para caer verticalmente hacia abajo.



Pregunta 34

34. Cuando la pelota Y vaya descendiendo ¿dónde estará la pelota X?

- (A) A la misma altura que la pelota Y.
- (B) Encima de la pelota Y.
- (C) Debajo de la pelota Y.
- (D) A la mitad de la altura de la pelota Y.
- (E) En la posición inicial.

Para el ítem 34. Se encontró que es un ítem moderadamente eficiente. Esta pregunta presenta 0.5 en índice de dificultad, por lo que se considera moderadamente difícil ya que cumple con el rango de 0.35 a 0.60. En el gráfico IRC se observan pendientes poco definidas para las opciones B, C, D y E, indicando que estas opciones de respuesta son elegidas en su mayoría por estudiantes de menor puntaje en el FCIIA, mostrando un grado de discriminación suficiente. Se sugiere cambiar la opción E por un mejor distractor, ya que resulta ser muy poco atractiva para los estudiantes con un porcentaje de 4.33% en el FCIIA.

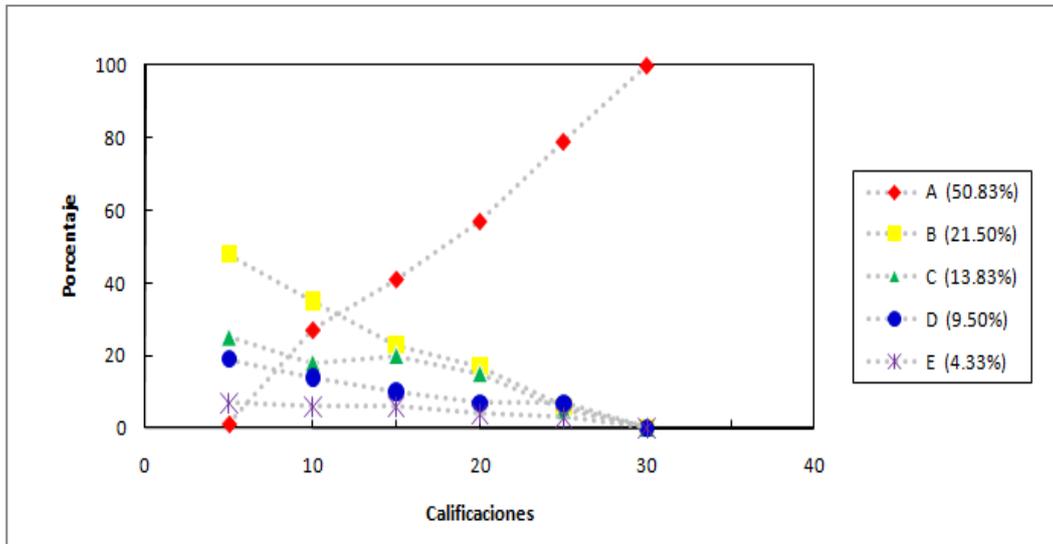


Figura 20. Ítem 34 agregado al FCI (ítem moderadamente eficiente de acuerdo a la técnica IRC).

Pregunta 35

35. ¿Cuál pelota alcanza el piso primero?

- (A) La pelota X por su velocidad.
- (B) Las dos pelotas alcanza el piso al mismo tiempo.**
- (C) La pelota X.
- (D) La pelota Y.
- (E) Ninguna de las anteriores.

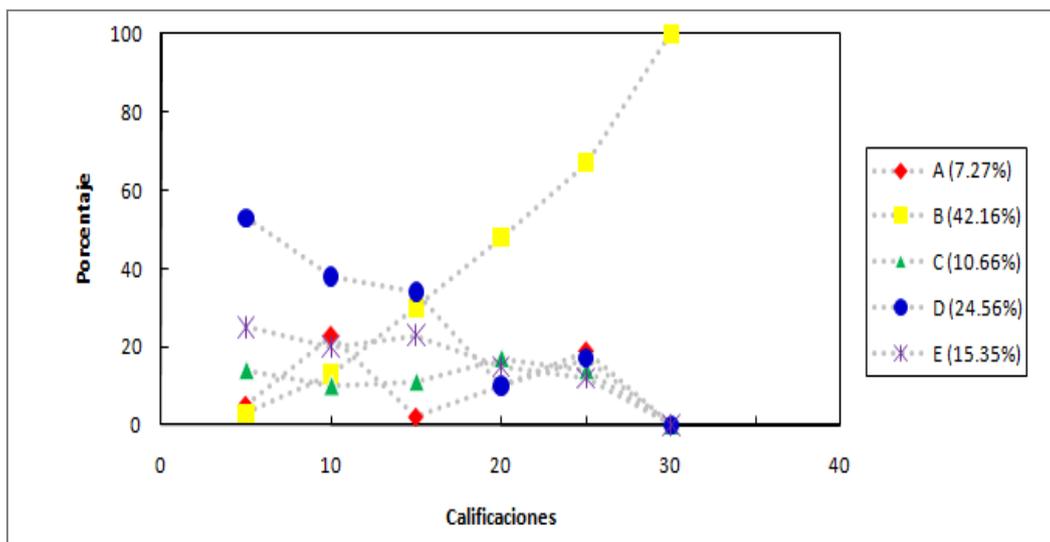


Figura 21. Ítem 35 agregado al FCI (ítem eficiente de acuerdo a la técnica IRC).

Para el ítem 35. Se encontró que es un ítem eficiente. Para esta pregunta 42.16 % de los

estudiantes contestó correctamente eligiendo la opción B. Por su índice de dificultad de 0.42 es considerada como una pregunta moderadamente difícil. Asimismo se puede apreciar que los distractores D y E resultan atractivas para los estudiantes siendo la opción D la más popular con 24.56% y la opción E con un 15.35% de los estudiantes. Por otra parte, las opciones A y C aunque muestran porcentajes bajos, son elegidas por algunos estudiantes que alcanzaron buen puntaje en el FCIIA. En el gráfico IRC se presentan pendientes claramente definidas para las cinco opciones de respuesta, característica de un ítem eficiente. Es conveniente mencionar que aunque este ítem se evaluó como eficiente y por lo tanto comprendido por los estudiantes, podría ser considerado como una pregunta que induce a una respuesta incorrecta por lo que podría reconsiderarse su redacción y ser probada nuevamente para correlacionar los resultados

Pregunta 36

36. ¿Qué pelota alcanza el piso con mayor velocidad?

- (A) La pelota X.
- (B) La pelota Y.
- (C) Las dos pelotas alcanzan el piso a la misma velocidad.**
- (D) La pelota Y por su aceleración.
- (E) Ninguna de las anteriores

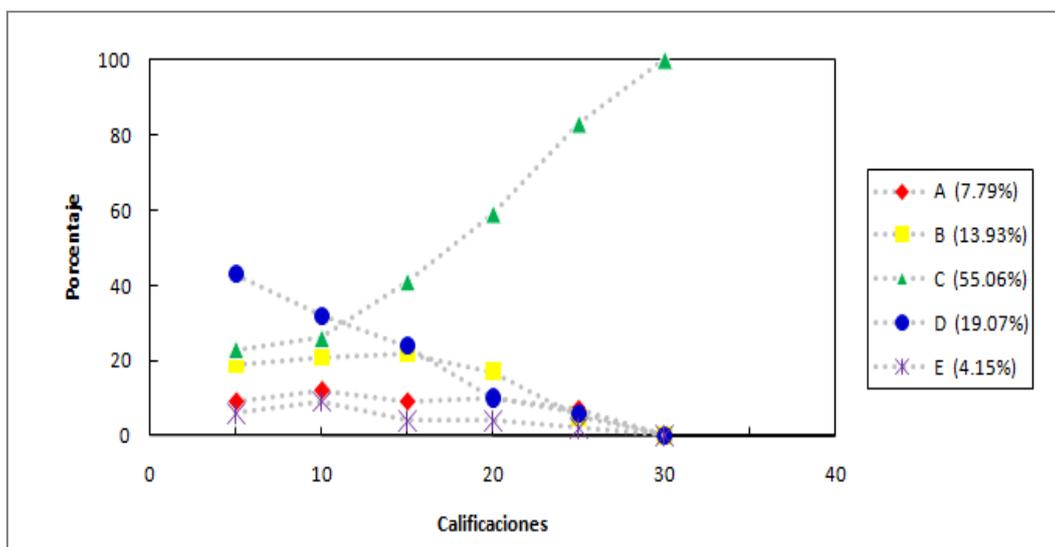


Figura 22. Ítem 36 agregado al FCI (ítem moderadamente eficiente de acuerdo a la técnica IRC)

Para el ítem 36. Se encontró que es un ítem moderadamente eficiente. Para esta pregunta 55.06% de los estudiantes contestó correctamente eligiendo la opción C. El

análisis indica que en la IRC las opciones de respuesta B y D discriminan, ya que resultan suficientemente atractivas para los estudiantes. La opción D es popular entre los estudiantes de menor puntaje con 19.07%, al igual que la opción B, la cual también es atractiva para los estudiantes de menor puntaje. Mientras que la opción E resulta ser muy poco considerada por los estudiantes, logrando un porcentaje de 4.15%, este distractor pudiera ser sustituido por otro más efectivo y así lograr un ítem eficiente. Se considera una pregunta moderadamente difícil con un índice de dificultad correspondiente a 0.55. En la IRC de la Figura 22 se muestra una discriminación suficiente y pendientes poco definidas en las opciones A, B, D y E.

Pregunta 37

37. Durante la caída, la velocidad en cada una de las pelotas

- (A) Aumenta siendo mayor en Y y menor en X.
- (B) Aumenta y adquiere el mismo valor tanto en X como en Y.**
- (C) Aumenta siendo mayor en X y menor en Y.
- (D) Aumenta para X y es constante para Y.
- (E) Aumenta para Y y es constante para X.

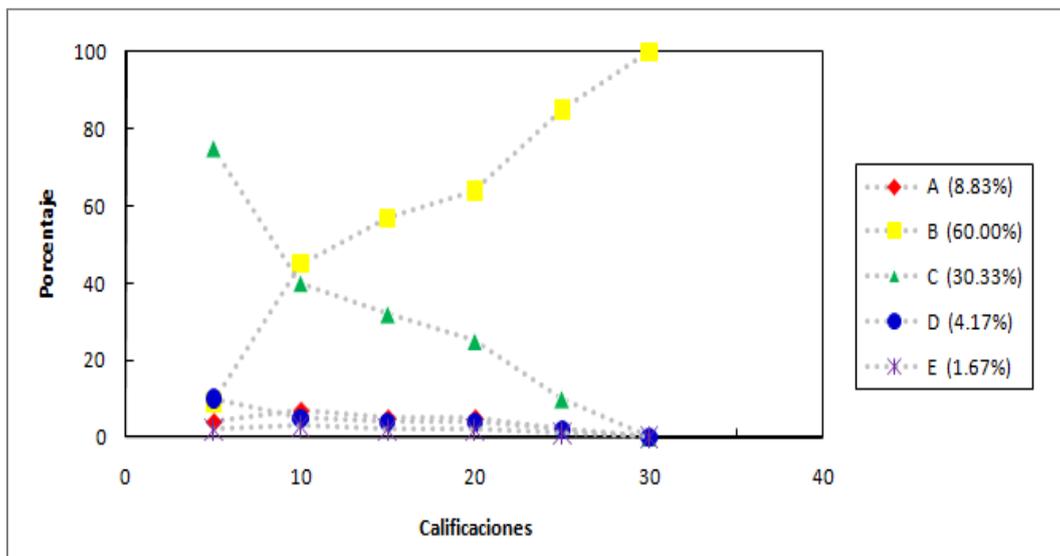


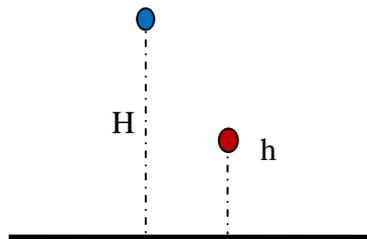
Figura 23. Ítem 37 agregado al FCI (ítem moderadamente eficiente de acuerdo a la técnica IRC)

Para el ítem 37. Se tiene un ítem ineficiente. Para esta pregunta el 60% de los estudiantes contestó correctamente eligiendo la opción B por lo que en el cálculo de su índice de dificultad se obtuvo el 0.60 por lo que se clasifica como una pregunta moderadamente fácil. En el gráfico IRC de la Figura 23, se muestran las pendientes casi

nulas de las opciones A, D y E resultando poco atractivas para los estudiantes con porcentajes muy bajos, a diferencia de la opción C (30.33%) que resulta ser muy atractiva para los estudiantes con menor puntaje en el FCIIA por lo que no discrimina. Se considera un ítem que no provee información confiable como pregunta de opción múltiple, por lo cual debe ser sustituida en este cuestionario. Sin embargo, se observa que discrimina para dos opciones (B y C), considerándose apta para ser usada como una pregunta de falso y verdadero.

USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS PREGUNTAS SIGUIENTES (de la 38 a la 40).

Una moneda se deja verticalmente hacia abajo desde dos alturas distintas (**H** y **h**). Considerando que la altura **H** es exactamente el doble de la altura **h**.



Pregunta 38

38. ¿Cómo es la aceleración de la moneda al final de su recorrido?

- (A) Mayor al caer de la altura **H**.
- (B) Menor al caer de la altura **H**.
- (C) **Igual en las dos alturas.**
- (D) Justamente la mitad de la altura **H**, en la altura **h**.
- (E) Ninguna de las anteriores.

Para el ítem 38. Este ítem se considera moderadamente eficiente. El 54.67% de los estudiantes contestó correctamente al elegir la opción C. La opción A con un porcentaje de 19.5% muestra una pendiente definida y es elegida como opción correcta por algunos estudiantes de buena calificación en el FCIIA. Mientras que las opciones de respuesta B y E resultan ser muy poco atractivas para los estudiantes de mejores puntajes, siendo elegidas en su mayoría por estudiantes con porcentajes muy bajos. El índice de dificultad de esta pregunta corresponde a 0.55 localizándose en el rango de un ítem

moderadamente difícil. En la Figura 24 se muestra el gráfico IRC, en el cual se observan pendientes definidas para cada una de las 5 opciones de respuesta.

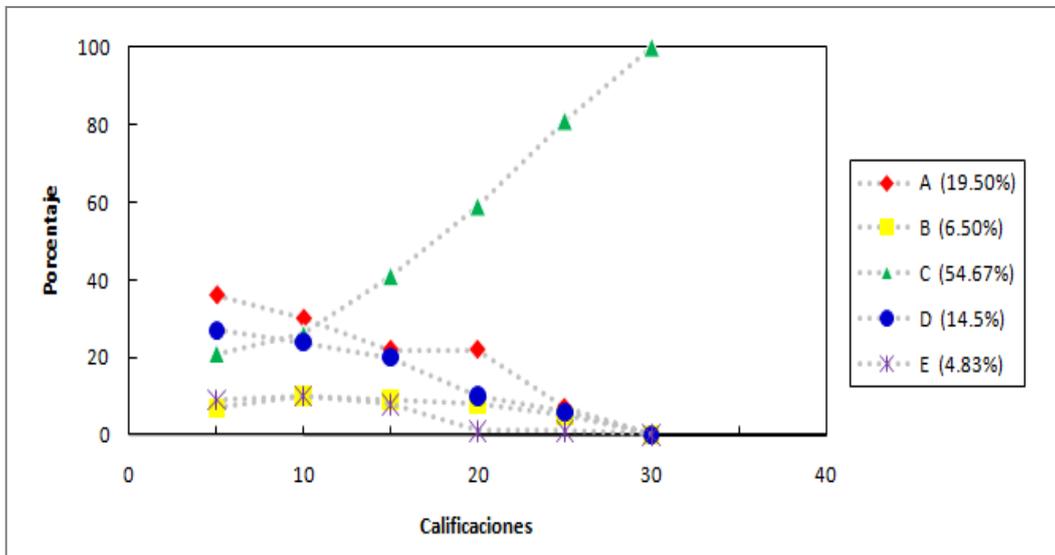


Figura 24. Ítem 38 agregado al FCI (ítem moderadamente eficiente de acuerdo a la técnica IRC)

Pregunta 39

39. ¿Cómo es el tiempo que tarda la moneda en llegar al piso?

- (A) Mayor si cae de la altura h.
- (B) Menor si cae de la altura H.
- (C) Igual en la altura H que en la altura h.
- (D) Mayor si cae de la altura H.**
- (E) Ninguna de las anteriores.

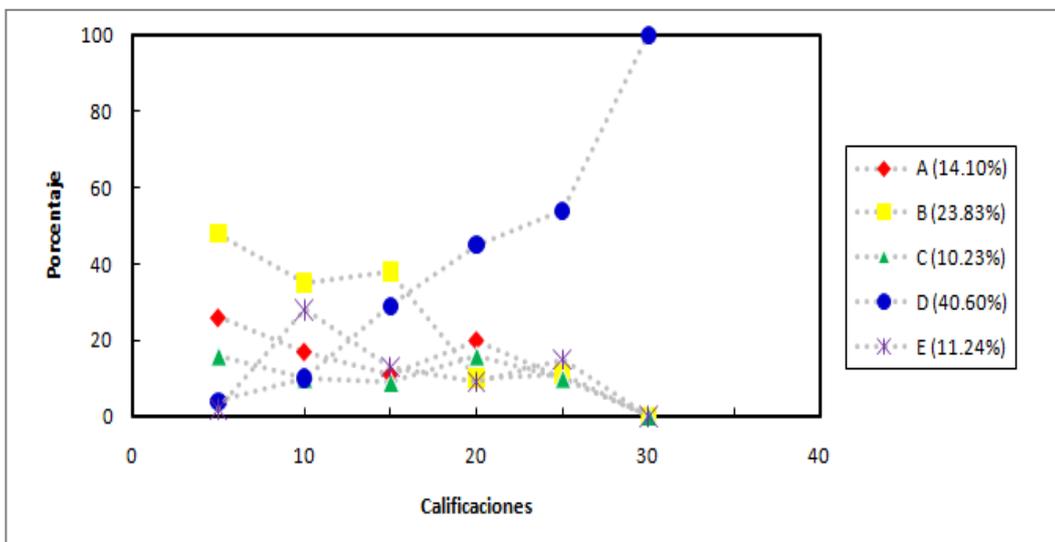


Figura 25. Ítem 39 agregado al FCI (ítem eficiente de acuerdo a la técnica IRC)

Para el ítem 39. Es un ítem eficiente. Para esta pregunta se observa opciones de respuesta con pendientes definidas. En la Figura 25 se puede apreciar que la opción correcta D tiene una pendiente definida al ser elegida por los estudiantes de mayores puntajes en el FCIIA. De igual forma se observa que las otras cuatro opciones presentan pendientes definidas y porcentajes considerables por lo cual discrimina fuertemente. Se considera ítem moderadamente difícil con un índice de dificultad de 0.41, fuerte poder de discriminación con las opciones A, B, C y E, y mostrando pendientes claramente definidas en la IRC obtenida.

Pregunta 40

40. Cuándo la moneda se deja caer, su velocidad:

- (A) **Adquiere distinto valor en cada punto de su trayectoria.**
- (B) Presenta el mismo valor en cada punto de su trayectoria.
- (C) Se comporta inversamente proporcional a su aceleración.
- (D) Es igual a su aceleración.
- (E) Ninguna de las anteriores.

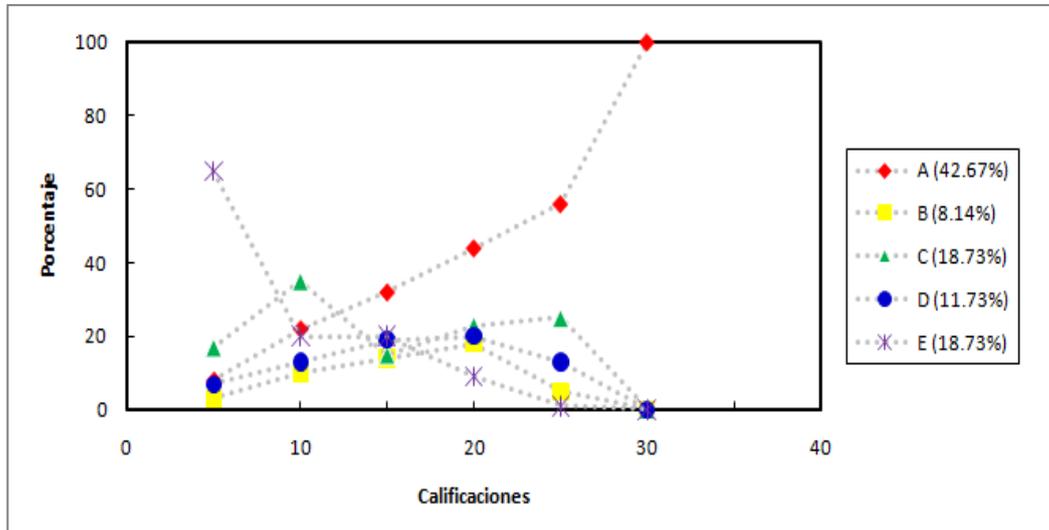


Figura 26. Ítem 40 agregado al FCI (ítem eficiente de acuerdo a la técnica IRC)

Para el ítem 40. Se considera un ítem eficiente. Para esta pregunta el 42.67% de los estudiantes contestó correctamente (opción A). Se aprecia que las opciones C y E resultan igual de atractivas para los estudiantes con un 18.73% de elección para cada una, por lo que discrimina aceptablemente. Aunque las opciones B y D muestran porcentajes un tanto bajos son elegidas en su mayoría por estudiantes de bajos puntajes

y solo por algunos estudiantes de buenos puntajes en el FCIIA. En la Figura 26 se muestra la IRC mostrando pendientes claramente definidas para cada una de las opciones de respuesta.

De acuerdo a los resultados obtenidos en base a los criterios de evaluación planteados, se obtuvo que de los 10 ítems evaluados:

- a) Seis, los ítems 31, 32, 33, 35, 39 y 40 se evalúan como ítems eficientes, presentan buen grado de dificultad, discriminan fuertemente entre estudiantes de mayor y menor puntaje en el FCIIA, y muestran pendientes claramente definidas en la IRC.
- b) Tres ítems, 34, 36 y 38 se evalúan como moderadamente eficientes, tienen buen grado de dificultad (preguntas moderadamente difíciles), discriminan lo suficiente y muestran algunas pendientes poco definidas en la IRC.
- c) Una pregunta, el ítem 37, se considera ineficiente, aunque tiene un grado de dificultad apropiado no discrimina lo suficiente entre los niveles de habilidad de los estudiantes y muestra pendientes casi nulas en la IRC.

Es importante considerar que los tres ítems moderadamente eficientes puedan ser transformados en eficientes. Para ello, de acuerdo a los resultados obtenidos y a la experiencia de los profesores de la academia de física del CECyT 6 se sugiere para el ítem 34 cambiar los distractores de las opciones D y E, ya que la opción D resulta un tanto confusa para los estudiantes posiblemente porque no leen detenidamente la declaración que aparece antes de las preguntas 34-37. Por otra parte la opción E no sería una posibilidad, pues, se establece que las dos pelotas caen al mismo tiempo y al desplazarse ninguna seguiría ocupando la posición inicial, por lo cual es un distractor que los estudiantes desechan desde el momento de leer la pregunta y consideran las otras opciones de respuesta.

De igual forma, en el caso de la pregunta 36 se sugiere cambiar los distractores de las opciones A y E, y en el ítem 38 las opciones B y E; en estos dos ítems estas opciones resultan poco atractivos para los estudiantes, específicamente la opción E que tanto en la pregunta 36 como en la pregunta 38 declara ser *“ninguna de las anteriores”*, resultando ser una elección poco creíble y por ende, fácilmente descartada por los estudiantes desde el inicio, pues, ellos saben que esta no podría ser una opción posible.

En el caso de la pregunta 37, este ítem resulto evaluado como un ítem ineficiente, que se sugiere ser cambiado en su totalidad, una propuesta para este ítem es:

Pregunta 37. ¿Cómo es la aceleración de la pelota Y?

- (A) Mayor que la de X.
- (B) Igual a la de X.**
- (C) Menor que la de X.
- (D) Justamente la mitad de la aceleración de X.
- (E) Justamente el doble de la aceleración de X.

Durante el análisis de resultados y construcción de las IRC se observo que el ítem 35 (evaluado como un ítem eficiente) podría ser considerada como una pregunta que induce a la elección de una opción de respuesta incorrecta, ya que da a entender que una pelota debe caer primero que la otra, valdría la pena reconsiderar la redacción de su enunciado y probarse nuevamente para tener la oportunidad de correlacionar los resultados obtenidos.

En general, para transformar los ítems en eficientes se sugiere:

- a) Cambiar los distractores por respuestas posibles para quien no domina el tema o bien respuestas que no parezcan absurdas para no ser desechadas inmediatamente por el estudiante.
- b) Realizar una investigación a través de entrevistas con los estudiantes para conocer el motivo de su elección en la respuesta.
- c) Ensayar con nuevos distractores.

4.3 Análisis de resultados en el FCIIA

4.3.1 Análisis de los resultados del FCI

Para este trabajo se utilizó el FCIIA como instrumento de evaluación antes (pre-test) y después (post-test) de la instrucción. Sin embargo el análisis inicial se realizó en forma separada, por lo cual, en el análisis del FCI se consideraron los 30 ítems que lo conforman, los resultados obtenidos y la ganancia normalizada para cada uno de los

grupos se muestran en la Tabla III y se visualiza con más facilidad en la Figura 24 (note que en el grupo de control para cada una de las especialidades está resaltado en negritas para su rápida identificación). En las gráficas y análisis de los resultados que siguen usamos las siguientes abreviaturas:

- a) Estudiantes de la especialidad de Técnico Laboratorista Clínico: C o TLC.
- b) Estudiantes de la especialidad de Técnico Laboratorista Químico: Q o TLQ.
- c) Ganancia normalizada g . (Véase el Capítulo 2.)
- d) Porcentaje obtenido antes de la instrucción: Pre.
- e) Porcentaje obtenido después de la instrucción: Post.

Para el análisis de los resultados obtenidos se calculó la ganancia g partiendo de los aciertos obtenidos en el FCIIA (instrumento utilizado para la evaluación) y se utilizó la categorización propuesta por Hake (1998) y que fue expuesta en detalle previamente en el Capítulo 2.

Tabla III.
Puntajes obtenidos por grupo en los 30 ítems del FCI

Grupo	FCI		g
	Pre	Pos	
3101 C	23	46	0.30
3102 C	22	48	0.33
3104 C	20	21	0.01
3101 Q	19	43	0.29
3102 Q	22	45	0.29
3104 Q	20	22	0.03

Para los grupos experimentales se puede apreciar una diferencia significativa entre los puntajes obtenidos antes y después de la instrucción, en contraste, se observa una

mínima diferencia en los puntajes de los grupos control. Un detalle que debemos apreciar es el puntaje similar antes de la instrucción para todos los grupos, estableciendo que en promedio cuentan con el mismo nivel de conocimiento inicial sobre el tema en estudio. Sin embargo, después de la instrucción se aprecian diferencias significativas de puntaje, no solo entre los grupos experimentales y los grupos de control, sino también se observan diferencias de puntaje entre las dos distintas especialidades siendo más altos para TLC (46 y 48) en relación a los puntajes obtenidos para TLQ (43 y 45). Esta diferencia de puntaje se ve reflejada en el valor obtenido para la ganancia normalizada alcanzando un mejor valor para los grupos experimentales de TLC (0.30 y 0.33), comparados con los grupos experimentales de TLQ (0.29), mientras que en los grupos control la ganancia normalizada muestra valores muy bajos (0.01 y 0.03) en las dos especialidades.

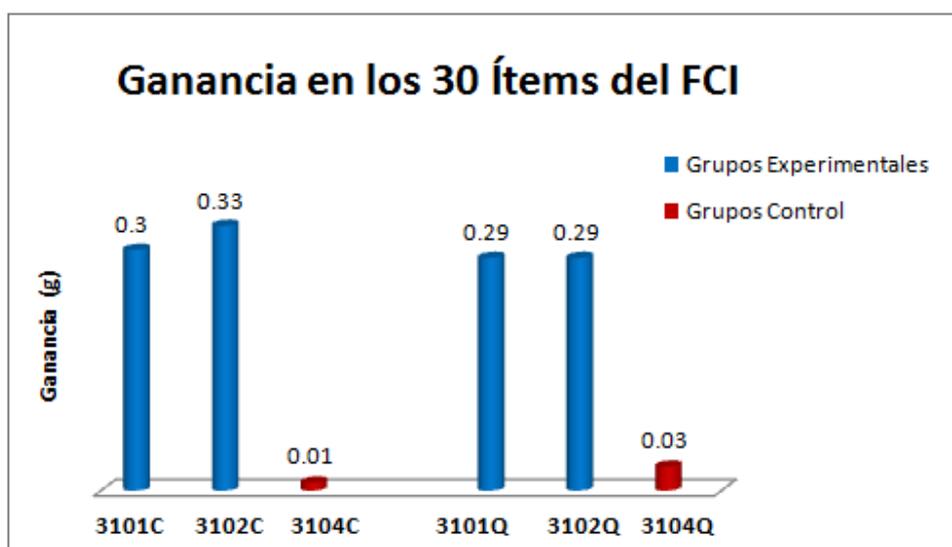


Figura 27. Ganancia g obtenida por grupo en los 30 ítems del FCI.

Con los valores obtenidos en cada grupo antes y después de la instrucción (pre-test y pos-test) en los 30 ítems que forman el FCI mostrados en la Tabla III, se obtiene el valor promedio de los puntajes registrados y el cálculo de la ganancia normalizada o factor de Hake tanto para los grupos experimentales como para los grupos control de las cada una de las especialidades, resumiendo todos los datos obtenidos en dos valores finales de ganancia normalizada (grupos experimentales y grupos control) que se muestran en la Tabla IV y se visualizan en la grafica de ganancia de la Figura 28.

Tabla IV

Puntajes promedio obtenidos por los grupos experimentales y los grupos control en los 30 ítems del FCI aplicado a 300 estudiantes de nivel bachillerato tecnológico del IPN

Grupos experimentales			Grupos control		
Pre	Post	g	Pre	Post	g
22	46	0.31	20	21.5	0.02

Se puede apreciar una diferencia de puntajes siendo mayor para los grupos experimentales (24) y menor para los grupos control (1.5). Esto se interpreta como una mejora significativa en la comprensión de los conceptos para los grupos que recibieron la actividad educativa mediante la serie de CDI's diseñada sobre el tema de caída libre, esta mejora nos permite establecer el logro de un mejor rendimiento académico.

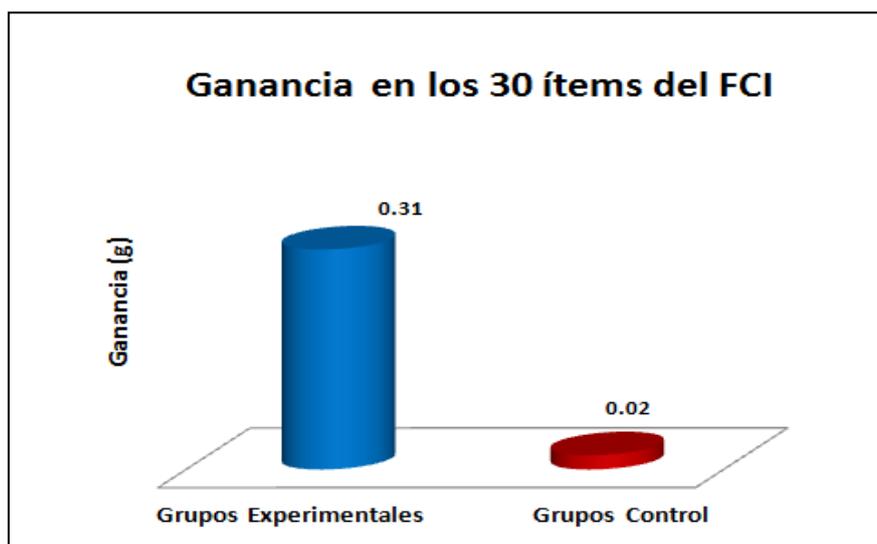


Figura 28. Ganancia g obtenida en los 30 ítems del FCI.

Referente a la ganancia normalizada del FCI, de acuerdo a la clasificación de Hake (1998) en zonas de ganancia se establece que para los grupos experimentales se tiene una zona de ganancia media ya que se alcanza un valor de $g=0.31$, cumpliendo con el requisito de $0.3 < g < 0.7$, mientras que para los grupos control se considera una zona de ganancia baja, pues, se obtiene un valor muy bajo ($g=0.02$) quedando $g < 0.3$. Es

importante señalar que se logra un buen resultado para los grupos experimentales a pesar de que en el momento en que se aplicó el pos-test, los estudiantes solo habían cubiertos conceptos de cinemática, ya que este es del inicio del contenido curricular de Física I en el bachillerato del IPN, quedando pendientes 5 de las 6 dimensiones a través de las cuales se evalúa el concepto de fuerza con los ítems del FCI. Por lo cual, aunque no se obtuvieron valores para una zona de ganancia alta el resultado nos indica que los estudiantes del grupo experimental logran un mejor el aprendizaje conceptual respecto al grupo control.

4.3 .2 Análisis de ítems agregados al FCI

Después de conocer los resultados del FCI (30 preguntas) obtenidos en los seis grupos, a continuación realizamos un análisis para los 17 ítems que tienen relación directa con el tema de caída libre (10 ítems agregados y 7 ítems seleccionados del FCI). El análisis realizado se dividió en dos partes, primero se analizaron los 10 ítems agregados y después los 7 ítems seleccionados del FCI. El análisis de los 10 ítems agregados se realizó por grupo en forma conjunta, ya que dichas preguntas son propuestas y utilizadas por primera vez en el presente trabajo, por lo que, aún no se han validado. En contraste a las 7 preguntas seleccionadas del FCI que han sido utilizadas y validadas por diversos autores en investigaciones educativas donde se analizan y reportan individualmente.

Primeramente en este análisis consideramos los 10 ítems agregados al FCI. Los resultados porcentuales obtenidos en cada grupo antes y después de la instrucción y la ganancia normalizada se muestran en el Tabla V y se grafican en la Figura 29.

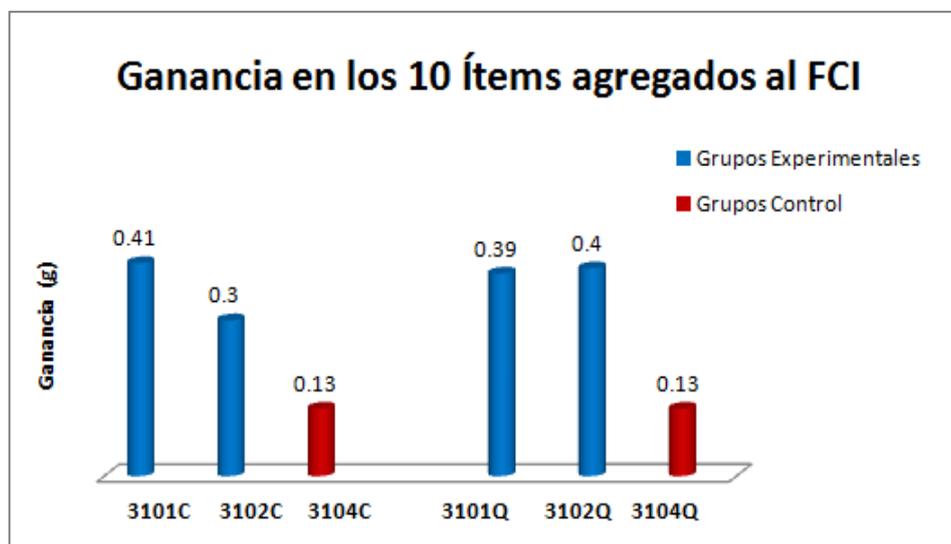
De acuerdo al análisis comparativo los seis grupos muestran porcentajes de aciertos muy similares (entre 40% y 44%) antes de la instrucción, interpretándose que inician el curso con un nivel muy similar en conocimientos previos. Después de la instrucción se pueden apreciar diferencias significativas para los grupos experimentales, observándose que los grupos de TLQ presentan porcentajes un poco más altos (66% y 64%) que los grupos de TLC (66% y 58%), esto es inverso al resultado alcanzado en el análisis del FCI completo donde los porcentajes de TLC fueron mayores a los de TLQ.

Tabla V

Puntajes obtenidos por grupo en los 10 ítems agregados al FCI

Grupo	Ítems agregados		<i>g</i>
	Pre	Post	
3101 C	42	66	0.41
3102 C	40	58	0.30
3104 C	40	48	0.13
3101 Q	44	66	0.39
3102 Q	40	64	0.40
3104 Q	42	50	0.13

Por lo tanto, esta diferencia de puntaje se manifiesta en el resultado obtenido del cálculo de la ganancia normalizada por grupo, siendo para los grupos experimentales de TLQ (0.39 y 0.40) un poco mayor comparada con los grupos experimentales de TLC (0.41 y 0.30). Por otra parte, no se aprecian diferencias en los grupos control de las dos especialidades ya que en cada grupo control se obtuvo el mismo valor de ganancia normalizada (0.13).

**Figura 29.** Ganancia *g* obtenida por grupo en los 10 ítems agregados al FCI.

Con los resultados reportados en la Tabla V sobre los 10 ítems agregados, se calculó un valor promedio en los porcentajes obtenidos antes y después de la instrucción, así como la ganancia normalizada (grupos experimentales y grupos control) que se muestra en la

Tabla VI y se visualizan gráficamente en la Figura 30.

Tabla VI

Puntajes promedio y ganancia obtenida por los grupos experimentales y los grupos control en los 10 ítems agregados al FCI

Grupos experimentales			Grupos control		
Pre	Post	g	Pre	Post	g
42	64	0.38	41	49	0.13

Considerando la clasificación de Hake (1998), se determina a los grupos experimentales como una zona de ganancia media con un valor promedio de ganancia normalizada de 0.38, localizándose en el rango de $0.3 < g < 0.7$. Por otra parte, los grupos control se ubican en una zona de ganancia baja con un valor promedio de la misma de 0.13. Dado que los 10 ítems agregados corresponden en forma exclusiva al tema de caída libre, para los grupos que utilizaron la serie de CDI's que se propone en este trabajo, los puntajes obtenidos después de la instrucción nos indican un aumento en la comprensión de los conceptos básicos sobre el movimiento en caída libre en los estudiantes de grupos experimentales respecto a los estudiantes de grupos control.

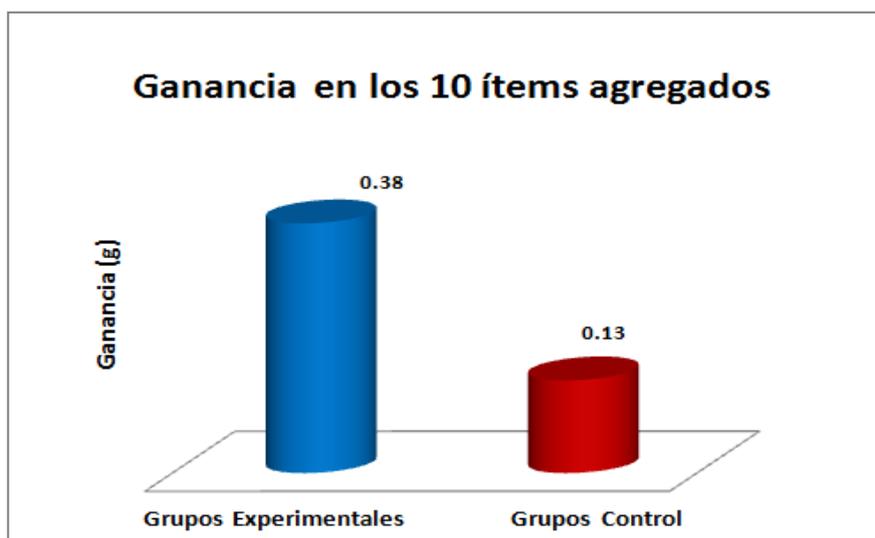


Figura 30. Ganancia g obtenida en los 10 ítems agregados al FCI.

Por lo tanto concluyo que los grupos experimentales alcanzaron una mejor comprensión de conceptos básicos del movimiento en caída libre porque con el desarrollo de las

CDI's los estudiantes logran caracterizar el movimiento en caída libre y explicar el comportamiento de sus variables. En el ítem 31, se cuestiona sobre la velocidad inicial de un cuerpo que cae libremente, los estudiantes contestan acertadamente ya que en tres de las CDI's observan que los cuerpos parten del reposo, siendo su velocidad inicial cero. Para las preguntas 32, 35 y 39 considero que los estudiantes contestan correctamente ya que la CDI 1 analiza el tiempo de caída estableciendo que llegan al mismo tiempo, además en la CDI 3 miden los tiempos de caída de diferentes alturas.

Los ítems 36 y 40 cuestionan acerca del comportamiento de la velocidad, pienso que los estudiantes aciertan porque en la CDI 4 se analiza específicamente el comportamiento de la velocidad y en la CDI 3 calculan la velocidad. Para la pregunta 34, referida al desplazamiento que realizan dos cuerpos al caer desde la misma altura y al mismo tiempo, creo que la respuesta de los estudiantes es favorable pues en la CDI 2 se analiza detenidamente el desplazamiento. Los ítems 33, 37 y 38 se refieren al comportamiento de la aceleración en el movimiento de caída libre. Los estudiantes no tienen problema para responder en forma correcta los ítems 33 y 38; pienso que esto se debe al análisis y cálculo realizados en la CDI 3 refiriéndose a un cuerpo. Sin embargo tienen problema con la pregunta 37 tal vez porque se refiere a la comparación de la aceleración entre dos cuerpos, y aunque calculan el valor de la aceleración aún no comprenden del todo el concepto.

4.3.3 Análisis de ítems seleccionados del FCI

Como se mencionó en el punto anterior, el análisis de cada uno de los siete ítems elegidos del FCI que evalúan la comprensión de conceptos relativos al movimiento en caída libre se realizó individualmente, a continuación se reporta los resultados por ítem, por grupo y especialidad. Los ítems seleccionados del FCI son: 1, 2, 3, 12, 13, 14 y 17.

En la Tabla VII se menciona el objetivo que se pretende evaluar en cada una de las siete preguntas seleccionadas del FCI por su relación con el tema en estudio, dichos objetivos resultaron del análisis e interpretación realizado por la autora y los profesores que conforma la academia de Física del CECyT 6 en el turno matutino. Consideramos que el estudiante al responder en forma correcta a cada una de las preguntas cumple con el

objetivo planteado para la misma, logrando una mejor comprensión del concepto estudiado.

Tabla VII
Objetivos de las preguntas seleccionadas del FCI

Pregunta	Objetivo
1	Seleccionar una descripción en donde la caída de los cuerpos cerca de la superficie terrestre es independiente de su peso, forma o tamaño.
2	Seleccionar una descripción en donde la caída de los cuerpos es independiente del movimiento horizontal que se le ha comunicado.
3	Seleccionar una descripción del comportamiento de la velocidad en un cuerpo que cae libremente (movimiento uniformemente acelerado).
12	Seleccionar una trayectoria que describa el movimiento del cuerpo como la combinación de dos movimientos independientes, uno vertical acelerado (caída libre) y otro movimiento horizontal uniforme.
13	Seleccionar una descripción que describa el comportamiento de la aceleración debida a la fuerza de gravedad.
14	Seleccionar una trayectoria que describa el movimiento del cuerpo como la combinación de dos movimientos independientes, uno vertical acelerado (caída libre) y otro horizontal uniforme.
17	Seleccionar una descripción textual que explique el equilibrio dinámico entre la fuerza de fuerza de gravedad y la fuerza que mueve un cuerpo verticalmente.

Para cada una de las especialidades, en las Tablas VIII y IX se informan los puntajes obtenidos en el pre-test y en el pos-test por especialidad y por grupo, así como la ganancia normalizada obtenida para cada pregunta. Para cada uno de los seis grupos que participaron en el estudio, se aprecia que los resultados del pre-test exhiben que en la mayoría de las preguntas el estado inicial de conocimientos es bajo pero muy similar para todos los grupos. Mientras que el resultado del pos-test es satisfactorio para los cuatro grupos experimentales con una ganancia normalizada aceptable en seis de las siete preguntas seleccionadas del FCI y poco alentador para los dos grupos control pues la ganancia normalizada alcanzada es baja, quedando muy por debajo de la ganancia obtenida en los grupos experimentales e inclusive en el grupo control de la especialidad de TLQ se obtiene un puntaje porcentual menor en el pos-test que en el pre-test dando lugar a un valor de ganancia negativo lo que se interpreta como un modelo conceptual

incorrecto para la situación física que se plantea en la pregunta 17.

Tabla VIII

Valores medios (%) y ganancia normalizada (en negritas) de cada pregunta seleccionada del FCI en pre-instrucción y pos-instrucción en los tres grupos (experimentales y de control) de TLC

FCI	Grupos experimentales						Grupo control		
	3101 C			3102 C			3104 C		
Pregunta	Pre	Pos	<i>g</i>	Pre	Pos	<i>g</i>	Pre	Pos	<i>g</i>
1	42	80	0.65	44	76	0.57	38	46	0.13
2	30	52	0.31	28	78	0.69	34	42	0.12
3	27	50	0.31	25	74	0.65	28	46	0.25
12	30	60	0.43	28	62	0.47	26	46	0.27
13	18	56	0.46	18	60	0.51	14	24	0.12
14	10	48	0.42	12	62	0.57	12	27	0.17
17	22	40	0.23	22	38	0.21	20	28	0.10

Tabla IX

Valores medios (%) y ganancia normalizada (en negritas) de cada pregunta seleccionada del FCI en pre-instrucción y pos-instrucción en los tres grupos (experimentales y de control) de TLQ

FCI	Grupos experimentales						Grupo control		
	3101 Q			3102 Q			3104 Q		
Pregunta	Pre	Pos	<i>g</i>	Pre	Pos	<i>g</i>	Pre	Pos	<i>g</i>
1	44	82	0.68	44	74	0.54	40	48	0.13
2	34	54	0.30	30	78	0.69	32	40	0.12
3	28	48	0.28	30	72	0.60	24	46	0.29
12	28	60	0.44	26	62	0.48	29	50	0.29
13	18	54	0.43	18	56	0.46	16	30	0.17
14	10	44	0.38	16	54	0.45	10	25	0.17
17	20	36	0.20	22	38	0.21	24	22	-0.02

Para una fácil visualización, en lo que sigue para cada pregunta presentamos los

resultados gráficamente en las figuras y posteriormente hacemos una presentación gráfica de los resultados en forma global.

FCI - Pregunta 1

1. Dos bolas de metal tienen el mismo tamaño, pero una pesa el doble que la otra. Se dejan caer estas bolas desde el techo de un edificio de un solo piso en el mismo instante de tiempo. El tiempo que tardan las bolas en llegar al suelo es:
- (A) aproximadamente la mitad para la bola más pesada que para la bola más liviana.
 - (B) aproximadamente la mitad para la bola más liviana que para la bola más pesada.
 - (C) aproximadamente el mismo para ambas bolas.**
 - (D) considerablemente menor para la bola más pesada, no necesariamente la mitad.
 - (E) considerablemente menor para la bola más liviana, no necesariamente la mitad.

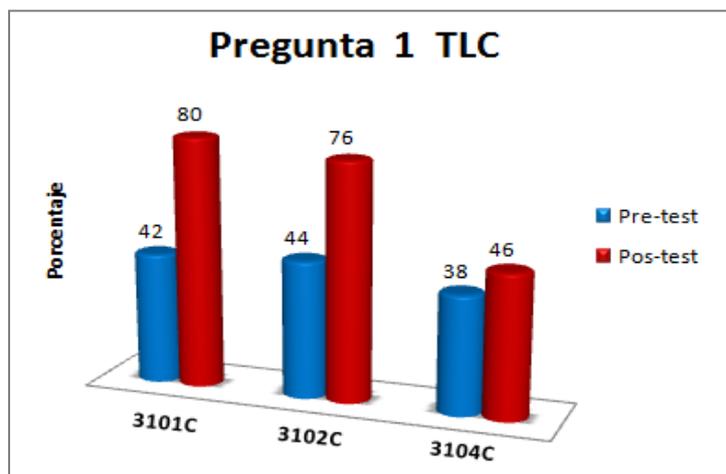


Figura 31. Porcentajes del pre y pos-test para la pregunta 1 del FCI en TLC

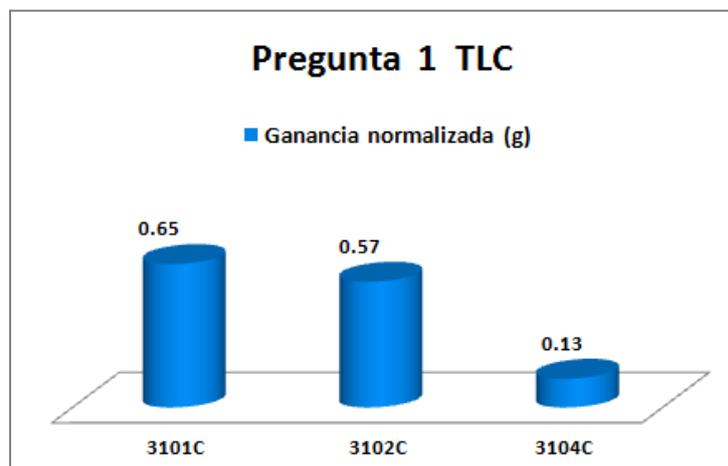


Figura 32. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 1 del FCI en TLC

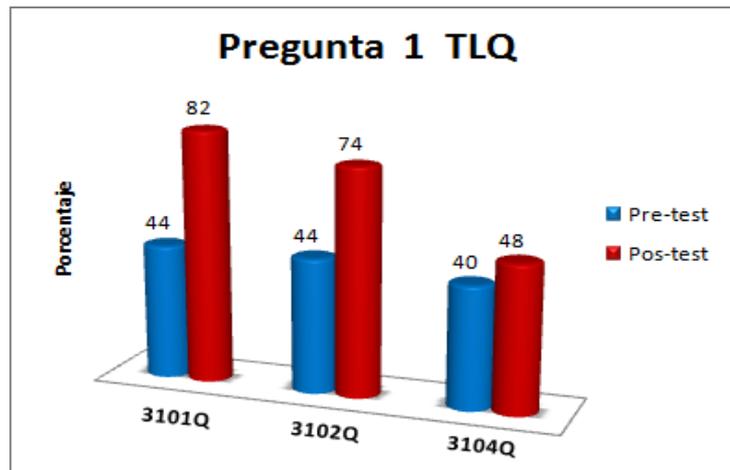


Figura 33. Porcentajes del pre y pos-test para la pregunta 1 del FCI en TLQ

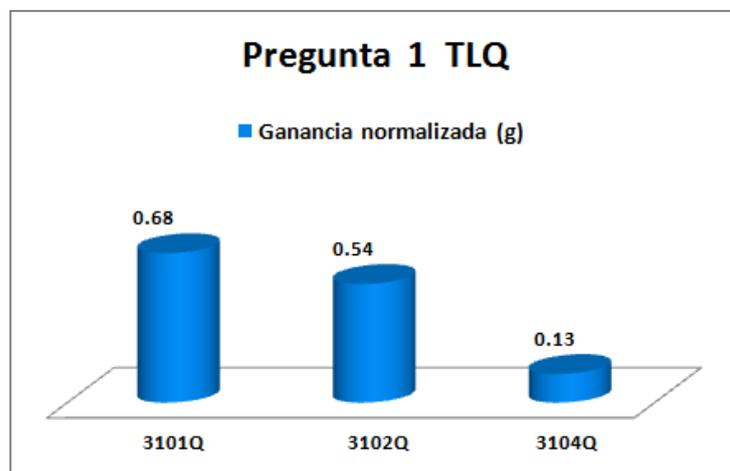


Figura 34. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 1 del FCI en TLQ

Pienso que en la pregunta 1 del FCI un alto porcentaje de estudiantes de los grupos experimentales eligen la opción correcta debido a que en la CDI 1 se analiza específicamente este conocimiento y a través de las demostraciones realizadas los alumnos logran establecer que la caída de los cuerpos cerca de la superficie terrestre es independiente de su peso, forma o tamaño, y por lo tanto al dejar caer libremente dos cuerpos de diferentes pesos desde la misma altura y en el mismo instante tardarán aproximadamente el mismo tiempo en llegar al suelo. Además en las otras CDI's se refuerza este conocimiento logrando un mejor aprendizaje conceptual que se refleja en los valores de ganancia media obtenidos ($0.3 \leq g \leq 0.7$) para los cuatro grupos experimentales (3101C, 3102C, 3101Q y 3102Q) que son superiores a los valores de ganancia obtenidos en los grupos control (3104C y 3104Q), ubicándolos en un valor de ganancia baja (0.13).

FCI - Pregunta 2

2. Las dos bolas de metal del problema anterior ruedan sobre una mesa horizontal con la misma velocidad y caen al suelo al llegar al borde de la mesa. En esta situación:
- (A) **ambas bolas golpean el suelo aproximadamente a la misma distancia horizontal de la base de la mesa.**
 - (B) la bola más pesada golpea el suelo aproximadamente a la mitad de la distancia horizontal de la base de la mesa que la bola más liviana.
 - (C) la bola más liviana golpea el suelo aproximadamente a la mitad de la distancia horizontal de la base de la mesa que la bola más pesada.
 - (D) la bola más pesada golpea el suelo considerablemente más cerca de la base de la mesa que la bola más liviana, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.
 - (E) la bola más liviana golpea el suelo considerablemente más cerca de la base de la mesa que la bola más pesada, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.

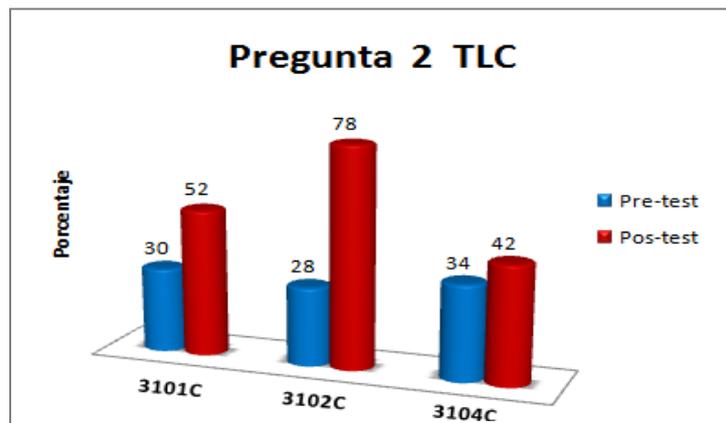


Figura 35. Porcentajes del pre-test y pos-test para la pregunta 2 del FCI en TLC

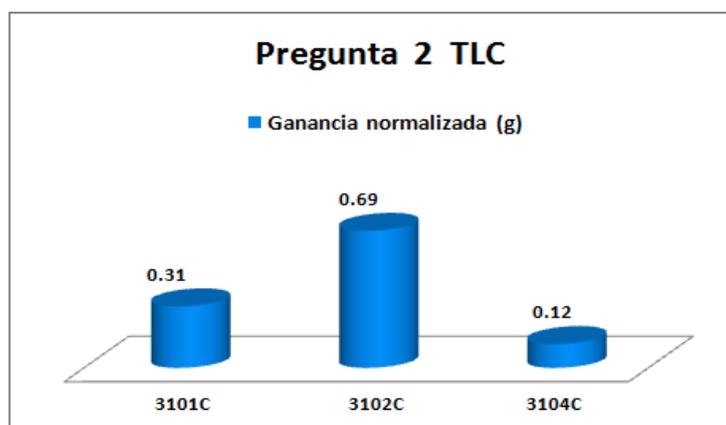


Figura 36. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 2 del FCI en TLC

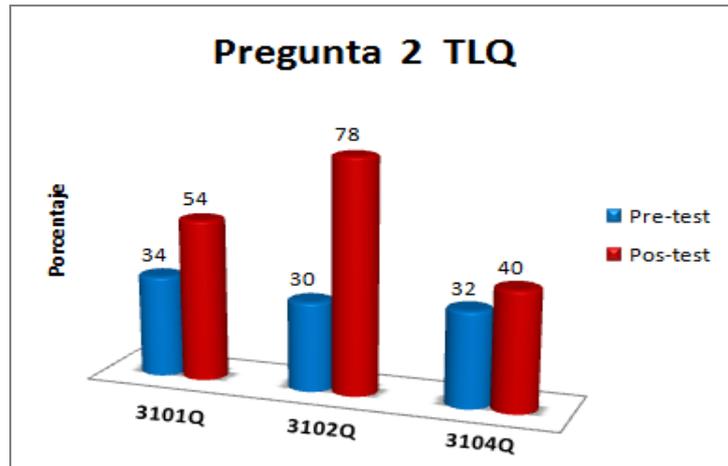


Figura 37. Porcentajes del pre y pos-test para la pregunta 2 del FCI en TLQ

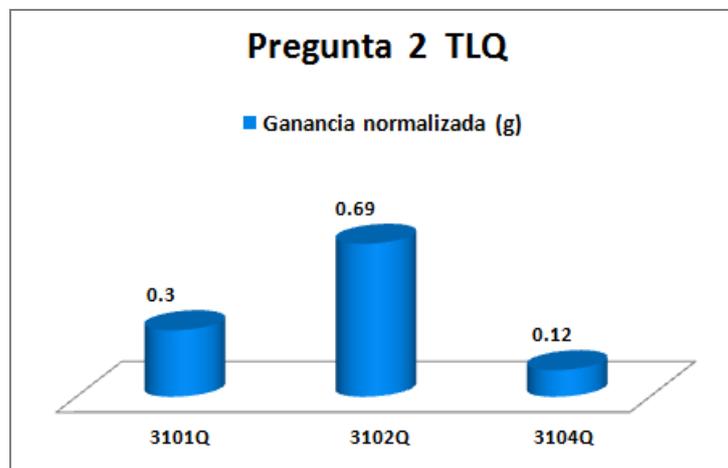


Figura 38. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 2 del FCI en TLQ

En la pregunta 2 del FCI, creo que los alumnos de los grupos experimentales eligen la opción correcta al contestar esta pregunta porque en la CDI 2 se analiza la misma demostración de la que habla la pregunta asociada a la caída libre y se interpreta la fotografía estroboscópica de este movimiento, estableciendo diferencias y semejanzas con la caída libre de un cuerpo. Aquí los estudiantes logran diferenciar que el movimiento en caída libre es independiente del movimiento horizontal que se le ha comunicado. Esta actividad aclara muchas de las concepciones erróneas que muestra el estudiante en sus predicciones, por otra parte introduce al estudiante al movimiento parabólico que se estudiara enseguida en el curso. En el factor g se obtienen buenos resultados para TLC 0.31 y 0.69, y para TLQ de 0.30 y 0.69 ubicándolos en una zona de ganancia media, mientras que para los grupos control se logra un valor de ganancia igual a 0.12 en cada una de las especialidades.

FCI - Pregunta 3

3. Una piedra que se deja caer desde el techo de un edificio de un solo piso hasta la superficie de la tierra:
- (A) alcanza un máximo de velocidad muy pronto después de ser soltada y desde entonces cae con una velocidad constante.
 - (B) aumenta su velocidad mientras cae porque la atracción gravitatoria se hace considerablemente mayor cuanto más se acerca la piedra a la tierra.
 - (C) aumenta su velocidad porque una fuerza de gravedad casi constante actúa sobre ella.**
 - (D) cae debido a la tendencia natural de todos los objetos a descansar sobre la superficie de la tierra.
 - (E) cae debido a los efectos combinados de la fuerza de la gravedad, empujándola hacia abajo, y la fuerza del aire, también empujándola hacia abajo.

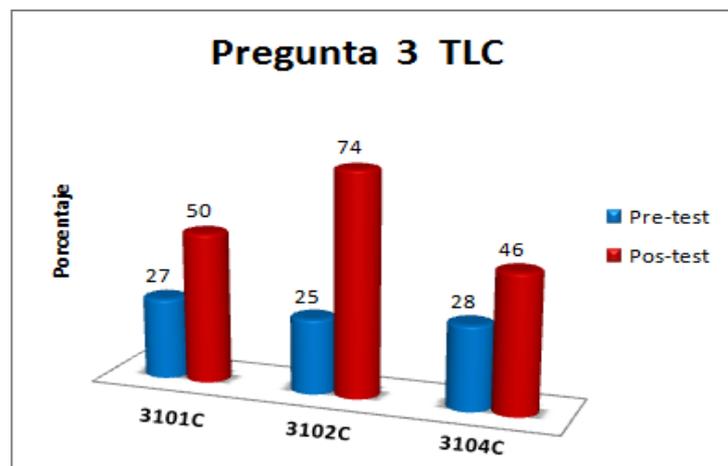


Figura 39. Porcentajes del pre y pos-test para la pregunta 3 del FCI en TLC

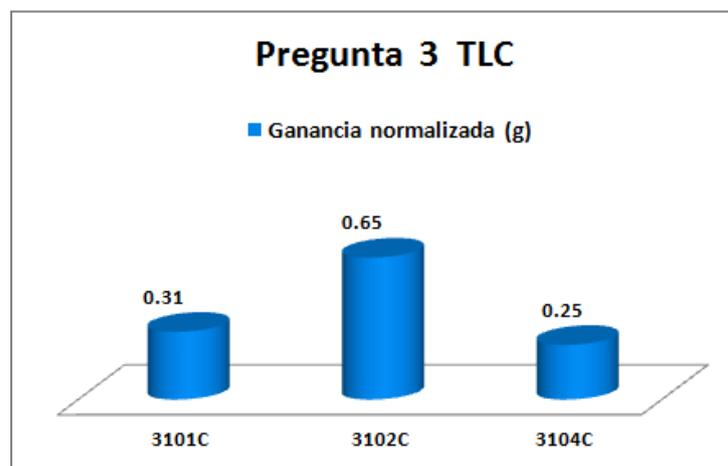


Figura 40. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 3 del FCI en TLC

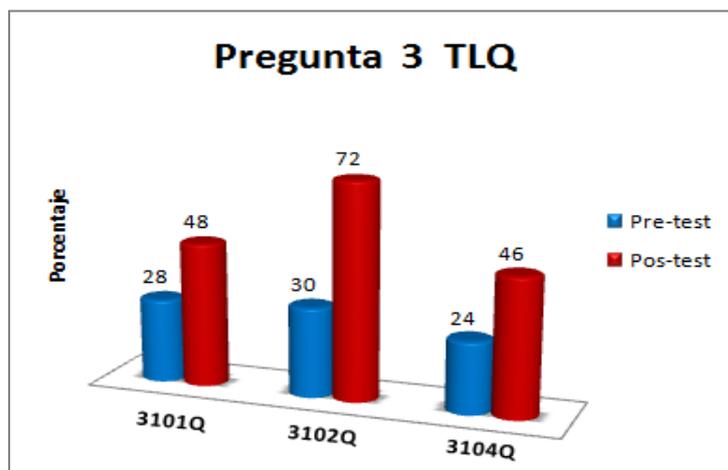


Figura 41. Porcentajes del pre y pos-test para la pregunta 3 del FCI en TLQ

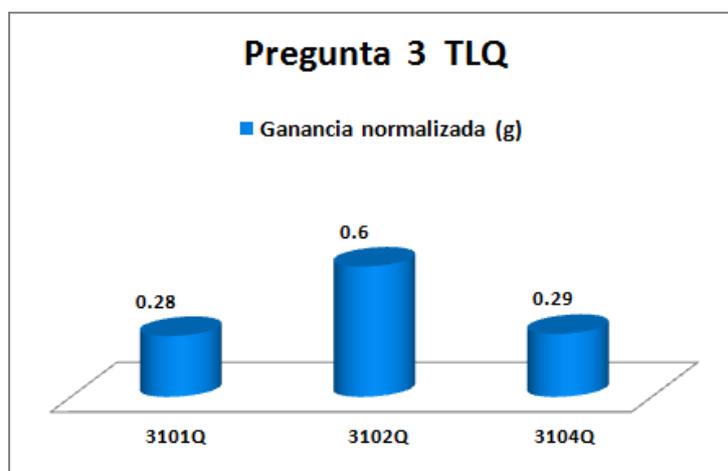


Figura 42. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 3 del FCI en TLQ

Concluyo que los estudiantes de los grupos experimentales alcanzan resultados superiores en esta pregunta del FCI, debido a que en las CDI's se describe el comportamiento de la velocidad y como es que el cuerpo, aunque parte del reposo (velocidad inicial igual a cero), se mueve por la presencia de una fuerza de gravedad. Específicamente en la CDI 3 se realiza una demostración en la cual se miden los desplazamientos realizados por un balón que se deja caer en tiempo real de diferentes alturas, se observa como la velocidad aumenta al aumentar el desplazamiento y con los datos obtenidos se construyen gráficas que le permiten al alumno calcular los valores de velocidad, comprobando que durante la caída de un cuerpo su velocidad cambia aumentando su valor en la misma proporción. Cuando los estudiantes realizan las demostraciones y miden a través de ellas, se convencen a sí mismos de los resultados y desafían sus creencias.

FCI - Pregunta 12

12. Con un cañón se dispara una bola desde el filo de un barranco como se muestra en la figura adjunta. ¿Cuál de los caminos seguirá de forma más aproximada dicha bola? **(B es la respuesta correcta)**

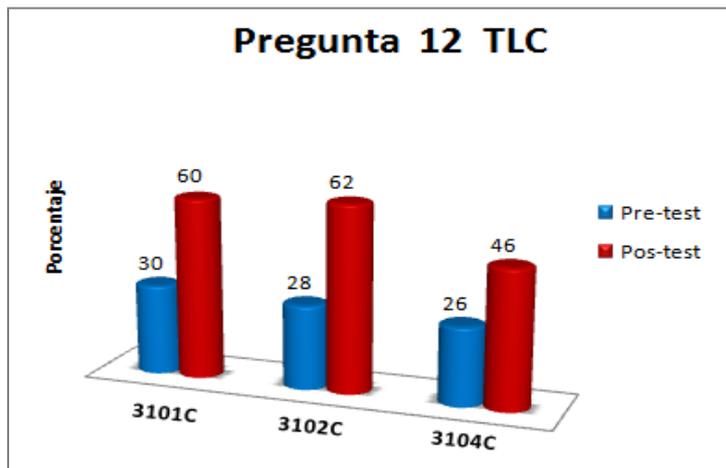
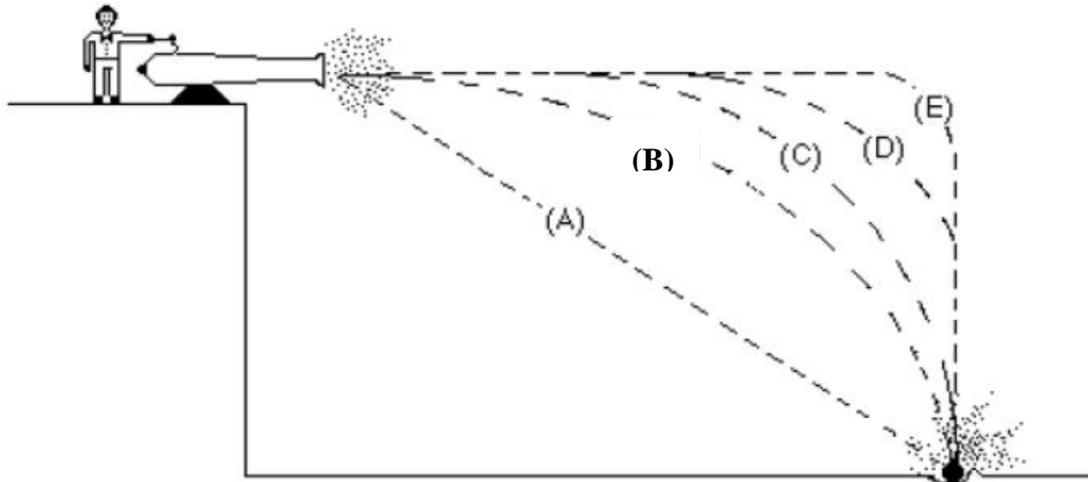


Figura 43. Porcentajes del pre y pos-test para la pregunta 12 del FCI en TLC

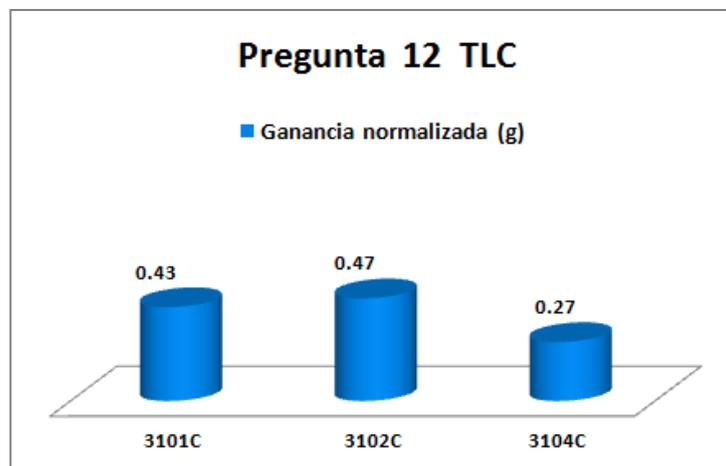


Figura 44. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 12 del FCI en TLC

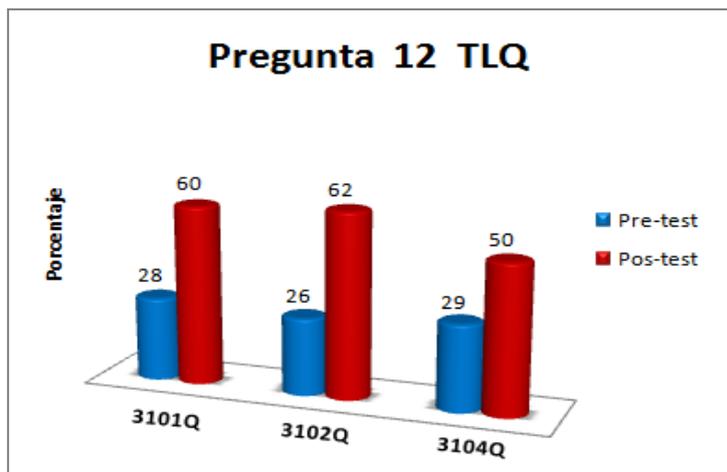


Figura 45. Porcentajes del pre y pos-test para la pregunta 12 del FCI en TLQ

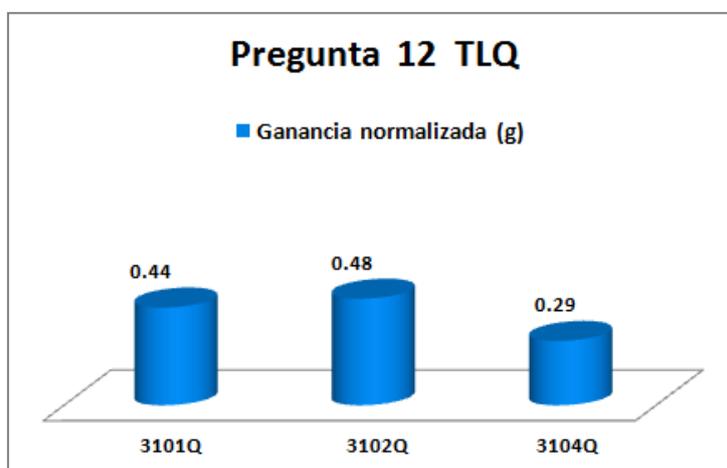


Figura 46. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 12 del FCI en TLQ

Creo que los resultados satisfactorios a la pregunta 12 del FCI, se debe a que los estudiantes de los grupos experimentales logran integrar y aplicar sus conocimientos a situaciones análogas como resultado de la implementación de las CDI's. Durante la discusión final de la CDI 2, el instructor hace énfasis en la caracterización de la trayectoria presentada en la fotografía estroboscópica observado con el propósito de ayudar a los estudiantes a transferir su aprendizaje. En este punto el estudiante integra y aplica sus conocimientos al explicar que la trayectoria observada en la fotografía estroboscópica es el resultado de la combinación de dos movimientos independientes, uno vertical acelerado (caída libre) y otro movimiento horizontal uniforme, que ya son conocidos para él; lo cual le permite elegir la opción correcta a esta pregunta, pues el camino que seguirá la bola disparada por el cañón será la misma trayectoria analizada en la CDI.

FCI - Pregunta 13

13. Un chico lanza hacia arriba una bola de acero. Considere el movimiento de la bola durante el intervalo comprendido entre el momento en que ésta deja de estar en contacto con la mano del chico hasta un instante anterior al impacto con el suelo. Suponga que las fuerzas ejercidas por el aire son despreciables. En estas condiciones, la(s) fuerza(s) que actúa(n) sobre la bola es (son):
- (A) una fuerza hacia abajo debida a la gravedad junto con una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente.
 - (B) una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente desde el momento en que la bola abandona la mano del chico hasta que alcanza su punto más alto; en el camino de descenso hay una fuerza hacia abajo debida a la gravedad que aumenta continuamente a medida que el objeto se acerca progresivamente a la tierra.
 - (C) una fuerza hacia abajo prácticamente constante debida a la gravedad junto con una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente hasta que la bola alcanza su punto más alto; en el camino de descenso sólo hay una fuerza constante hacia abajo debida a la gravedad.
 - (D) sólo una fuerza hacia abajo, prácticamente constante, debida a la gravedad.**
 - (E) ninguna de las anteriores. La bola cae al suelo por su tendencia natural a descansar sobre la superficie de la tierra.

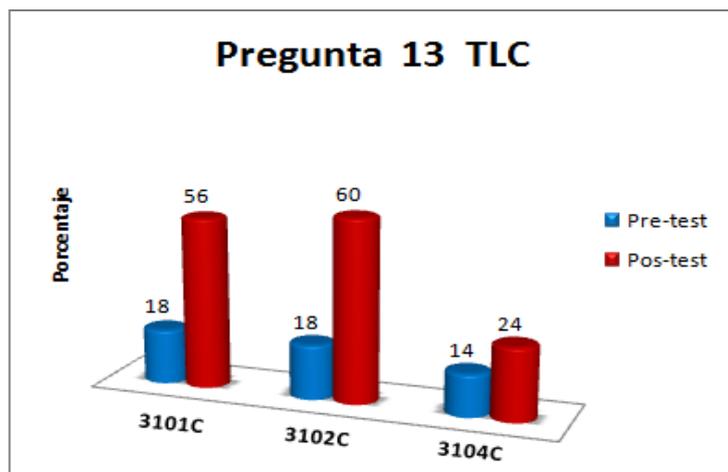


Figura 47. Porcentajes del pre y pos-test para la pregunta 13 del FCI en TLC.

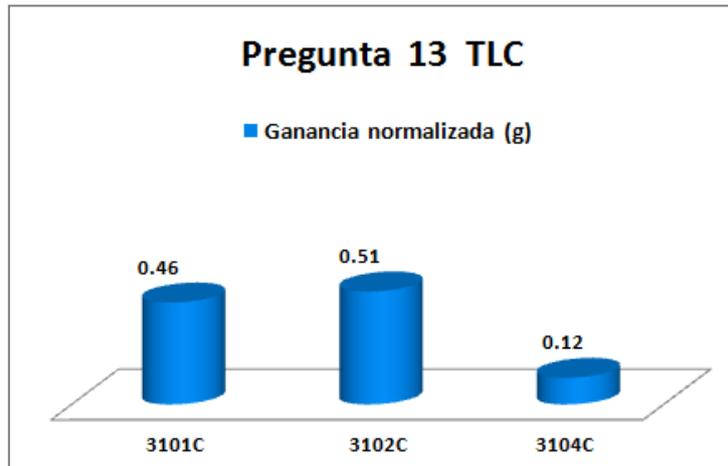


Figura 48. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 13 del FCI en TLC

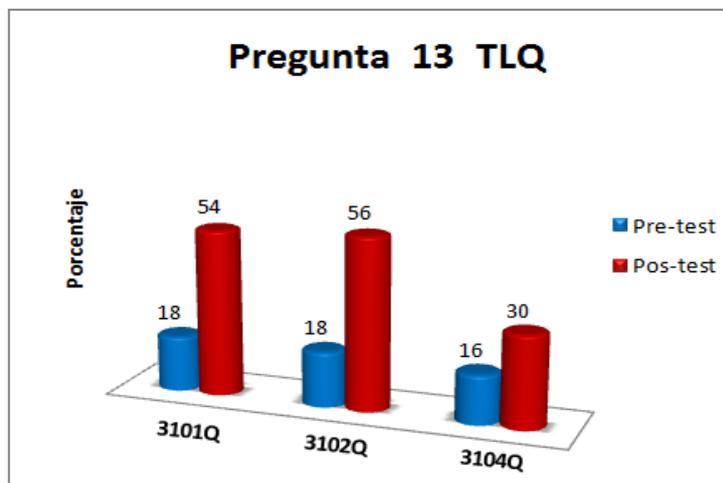


Figura 49. Porcentajes del pre y pos-test para la pregunta 13 del FCI en TLQ

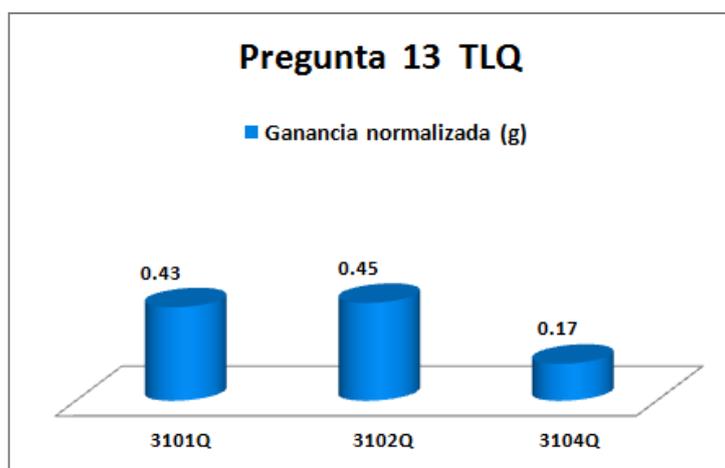


Figura 50. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 13 del FCI en TLQ

Pienso que en esta pregunta del FCI, los resultados se deben a que los estudiantes de los

grupos experimentales logran establecer que el movimiento en caída libre se origina por una fuerza constante dirigida hacia el centro de la Tierra debida al fenómeno de gravedad, ya que en la CDI's se analizó este tema. En todas las CDI's se consideró a la fuerza de gravedad como la causa que origina el movimiento en caída libre, produciendo una aceleración constante y dirigida hacia abajo. Específicamente en la CDI 3, al construir las graficas, se identificó a la aceleración de la gravedad como una magnitud constante en este movimiento logrando calcular su valor, el cual resultó ser muy aproximado al valor promedio conocido de 9.81m/s^2 . De igual forma la CDI 4 analiza una situación real en la que se establece que es la fuerza debida a la gravedad la que origina el movimiento en caída libre, lo que caracteriza a este como un movimiento vertical uniformemente acelerado.

FCI - Pregunta 14

14. Una bola se escapa accidentalmente de la bodega de carga de un avión que vuela en una dirección horizontal. Tal como lo observaría una persona de pie sobre el suelo que ve el avión como se muestra en la figura de la derecha, ¿qué camino seguiría de forma más aproximada dicha bola tras caer del avión? (**D es la respuesta correcta.**)

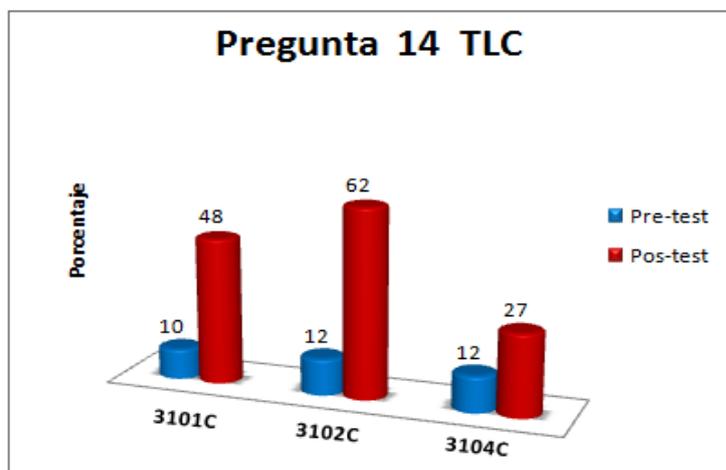
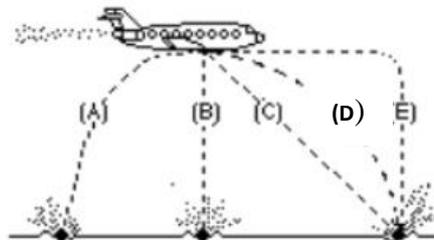


Figura 51. Porcentajes del pre y pos-test para la pregunta 14 del FCI en TLC

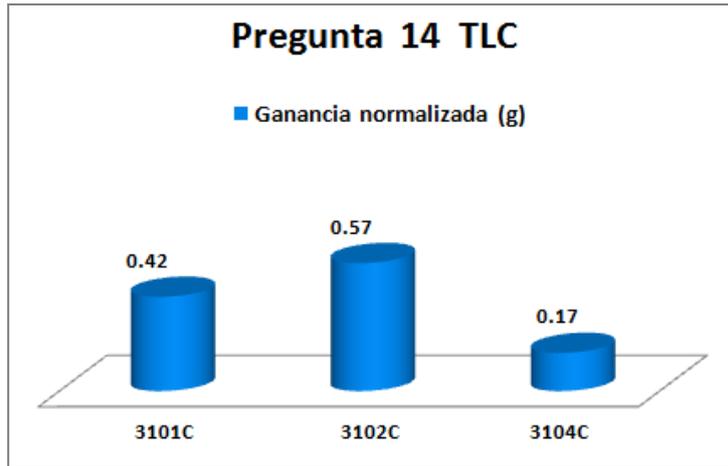


Figura 52. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 14 del FCI en TLC

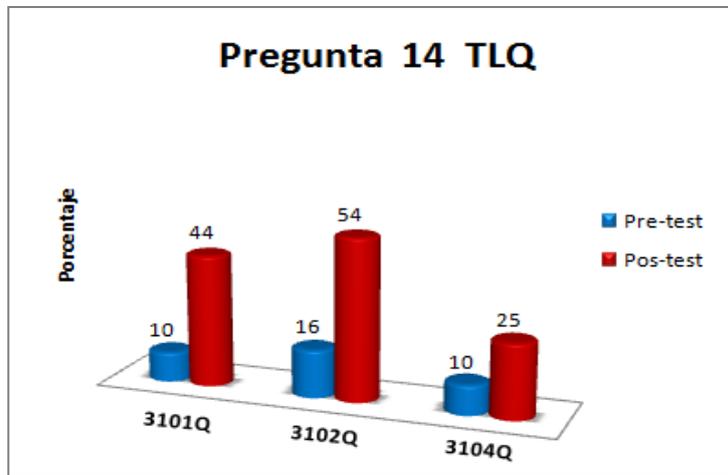


Figura 53. Porcentajes del pre y pos-test para la pregunta 14 del FCI en TLQ

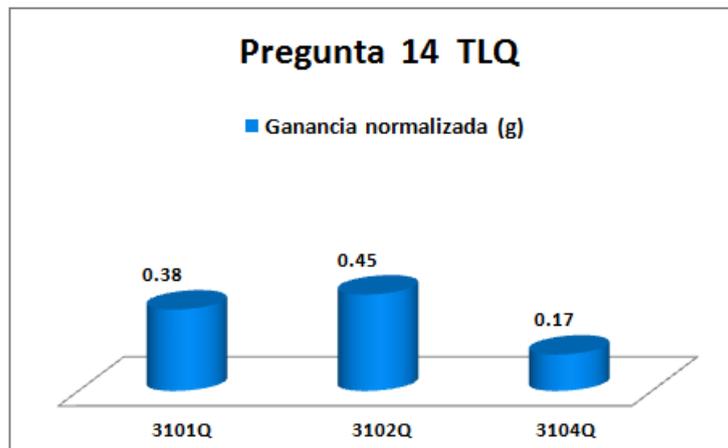


Figura 54. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 14 del FCI en TLQ

El ítem 14 de FCI plantea el mismo cuestionamiento que la pregunta 12, por lo cual, pienso que los resultados obtenidos por los estudiantes de los grupos experimentales son satisfactorios debido a que los estudiantes logran diferenciar las trayectorias que sigue

un cuerpo de acuerdo al movimiento que realiza, aspecto que en las CDI's se analizó en forma específica, tal como se explica en la pregunta 12 del FCI.

FCI - Pregunta 17

17. Un ascensor sube por su hueco a velocidad constante por medio de un cable de acero tal como se muestra en la figura adjunta. Todos los efectos debidos a la fricción son despreciables. En esta situación, las fuerzas que actúan sobre el ascensor son tales que:

- (A) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es mayor que la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- (B) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es igual a la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- (C) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es menor que la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- (D) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es mayor que la suma de la fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza hacia abajo debida al aire.
- (E) ninguna de las anteriores. (El ascensor sube porque el cable se está acortando, no porque el cable ejerza una fuerza hacia arriba sobre el ascensor).

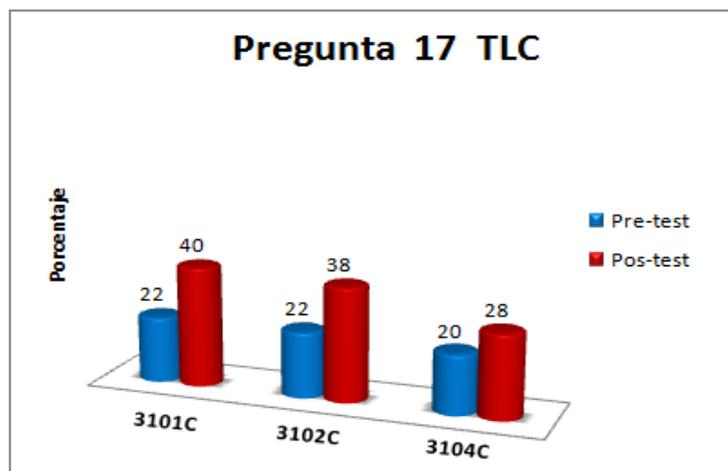
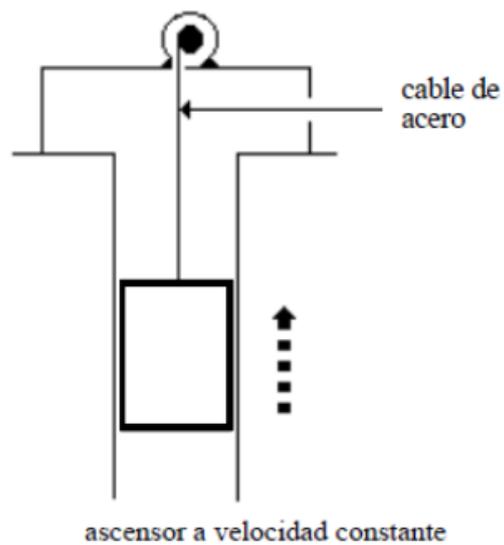


Figura 55. Porcentajes del pre y pos-test para la pregunta 17 del FCI en TLC

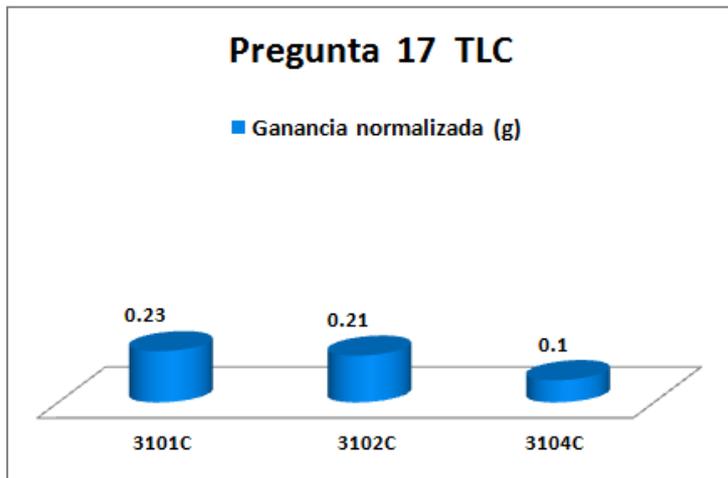


Figura 56. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 17 del FCI en TLC

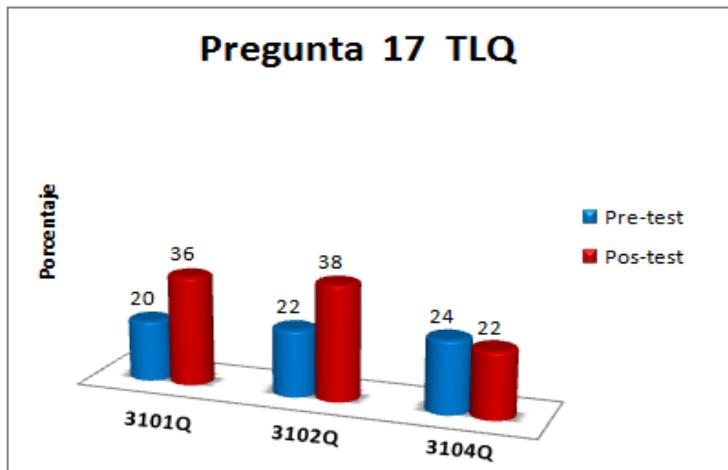


Figura 57. Porcentajes del pre y pos-test para la pregunta 17 del FCI en TLQ

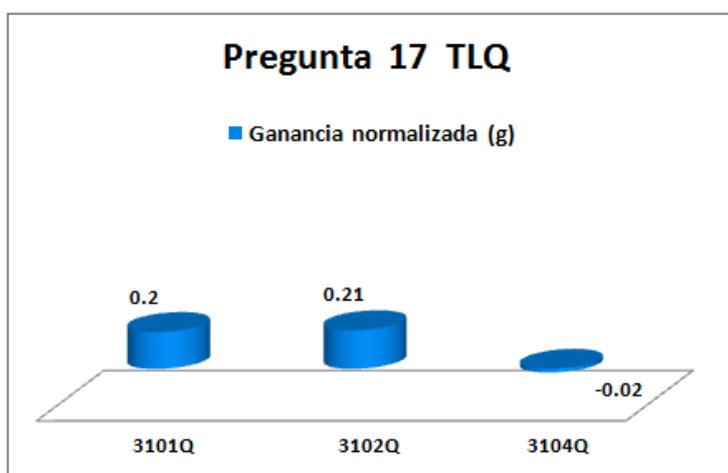


Figura 58. Ganancia normalizada obtenida para la pregunta 17 del FCI en TLQ

Concluyo que los resultados obtenidos en esta pregunta del FCI se deben a que los

estudiantes tienen problemas con esta pregunta porque aunque plantea situaciones donde la fuerza es debida a la gravedad, es un ítem que se relaciona con la Primera y la Segunda Ley de Newton que explica el equilibrio dinámico entre la fuerza de gravedad y la fuerza que mueve a un cuerpo verticalmente como el caso del ascensor, correspondiendo a una dimensión conceptual aún no estudiada. Otro aspecto importante es que en las CDI's implementadas no se analiza ningún caso de cancelación de fuerzas, esto se refleja en resultados poco satisfactorios mostrados en los grupos experimentales.

Aunque los resultados obtenidos en los grupos experimentales son satisfactorios, considero importante señalar que los grupos 3102C y 2102Q alcanzan mejores ganancias que los grupos 3101 C y 3101Q aspecto que llamo mi atención al analizar los resultados, en entrevistas con estudiantes de los grupos 02 indagué la posible explicación. Pienso que este hecho tal vez se debe a que en estos grupos se imparte la asignatura opcional de "Razonamiento matemático" lo que favorece a la comprensión de conceptos en física, pues el objetivo de dicha asignatura es desarrollar en los estudiantes la habilidad de analizar, plantear y resolver problemas, para ello utiliza situaciones que tengan un significado real dentro del contexto de los alumnos aplicando los conceptos de matemáticas en problemas de otras asignaturas principalmente de Física (cinemática) por su relación con matemáticas; y aunque no manejan los conceptos básicos de Física, esta situación adentra a los estudiantes sobre el estudio de movimiento. Mientras que los grupos 01, cursan la asignatura opcional de "Desarrollo personal" la cual tiene como objetivo favorecer la autoestima, el autoconcepto y las formas de comunicación. En esta asignatura los estudiantes están enfocados a situaciones humanistas con las cuales desarrollan otro tipo de habilidades tales como: conocerse y valorarse a sí mismo, aborda problemas y retos teniendo en cuenta los objetivos que persiguen, aprende por iniciativa e interés propio a lo largo de la vida, tener conciencia cívica y ética, etc. Aunque estos aspectos son importantes para la formación integral de los estudiantes no se relacionan con las actividades y contenidos desarrollados en este estudio.

De los resultados presentados en las Tablas VIII y IX, se obtuvo el promedio porcentual por especialidad antes y después de la instrucción, con los cuales se calculó la ganancia para cada una de las 7 preguntas seleccionadas del FCI en cada especialidad, resultados que se muestra en la Tabla X (TLC) y en la Tabla XI (TLQ).

Tabla X

Valores medios (%) y ganancia normalizada (negritas) de cada pregunta seleccionada del FCI en pre-instrucción y pos-instrucción en los grupos experimentales y grupos control de TLC

FCI Pregunta	Grupos experimentales			Grupo control		
	Pre	Pos	<i>g</i>	Pre	Pos	<i>g</i>
1	43	78	0.61	38	46	0.13
2	29	65	0.50	34	42	0.12
3	26	62	0.48	28	46	0.25
12	29	61	0.45	26	46	0.27
13	18	58	0.49	14	24	0.12
14	11	55	0.49	12	27	0.17
17	22	39	0.22	20	28	0.10

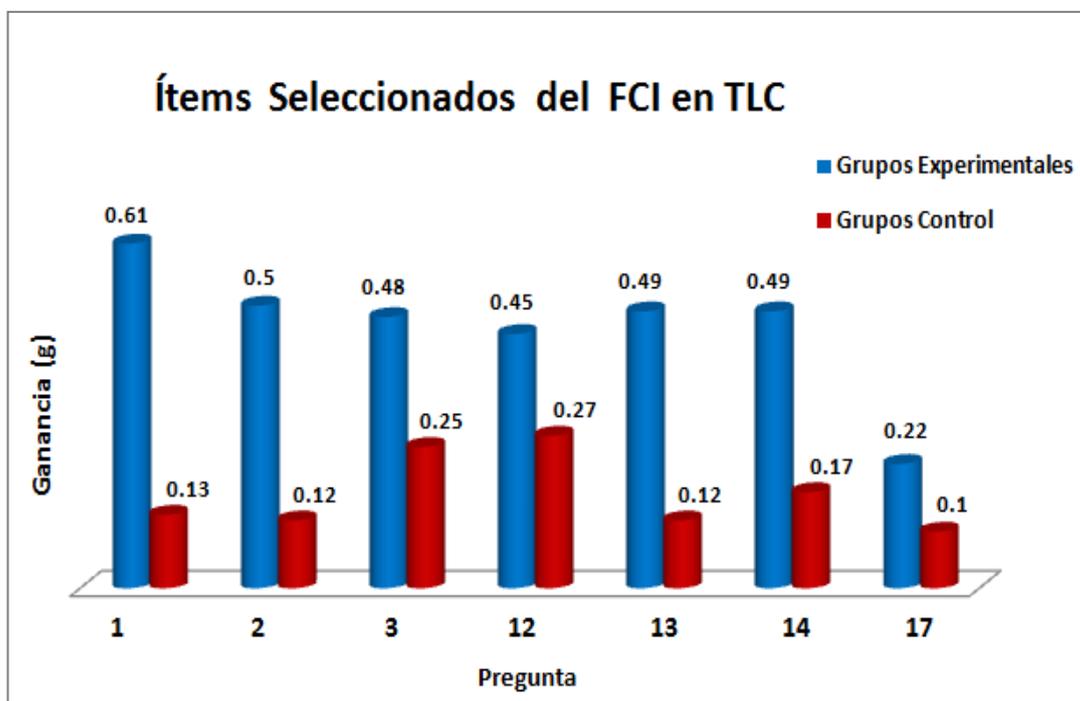


Figura 59. Ganancia normalizada obtenida en grupos experimentales y grupo control para cada ítem del FCI en TLC

Tabla XI

Valores medios (%) y ganancia normalizada (negritas) de cada pregunta seleccionada del FCI en pre-instrucción y pos-instrucción en los grupos experimentales y grupos control de TLQ

FCI Pregunta	Grupos experimentales			Grupo control		
	Pre	Pos	<i>g</i>	Pre	Pos	<i>g</i>
1	44	78	0.61	40	48	0.13
2	32	66	0.50	32	40	0.12
3	29	60	0.44	24	46	0.29
12	27	61	0.47	29	50	0.29
13	18	55	0.45	16	30	0.17
14	13	49	0.41	10	25	0.17
17	21	37	0.20	24	22	-0.02

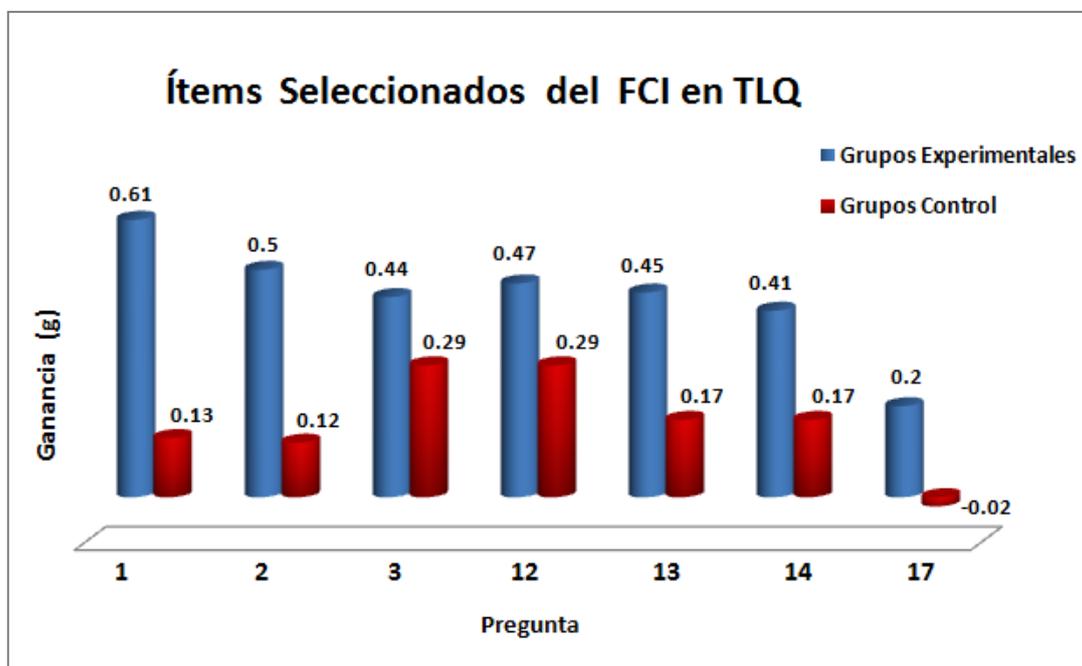


Figura 60. Ganancia normalizada obtenida en grupos experimentales y grupo control para cada ítem del FCI en TLQ

En la Tabla XII se informan los porcentajes promedio calculados para el pre-test y pos-

test de grupos experimentales y de grupos control, así como la ganancia alcanzada en cada una de las siete preguntas seleccionadas del FCI.

Tabla XII

Valores medios (%) y ganancia normalizada (negritas) de cada pregunta seleccionada del FCI en pre-instrucción y pos-instrucción en los grupos experimentales y grupos control

FCI Pregunta	Grupos experimentales			Grupos control		
	Pre	Pos	<i>g</i>	Pre	Pos	<i>g</i>
1	43.5	78	0.61	39	47	0.13
2	30.5	65.5	0.50	33	41	0.12
3	27.5	61	0.46	26	46	0.27
12	28	61	0.46	28.5	48	0.27
13	18	56.5	0.47	15	27	0.14
14	12	52	0.45	11	26	0.17
17	21.5	38	0.21	22	25	0.03

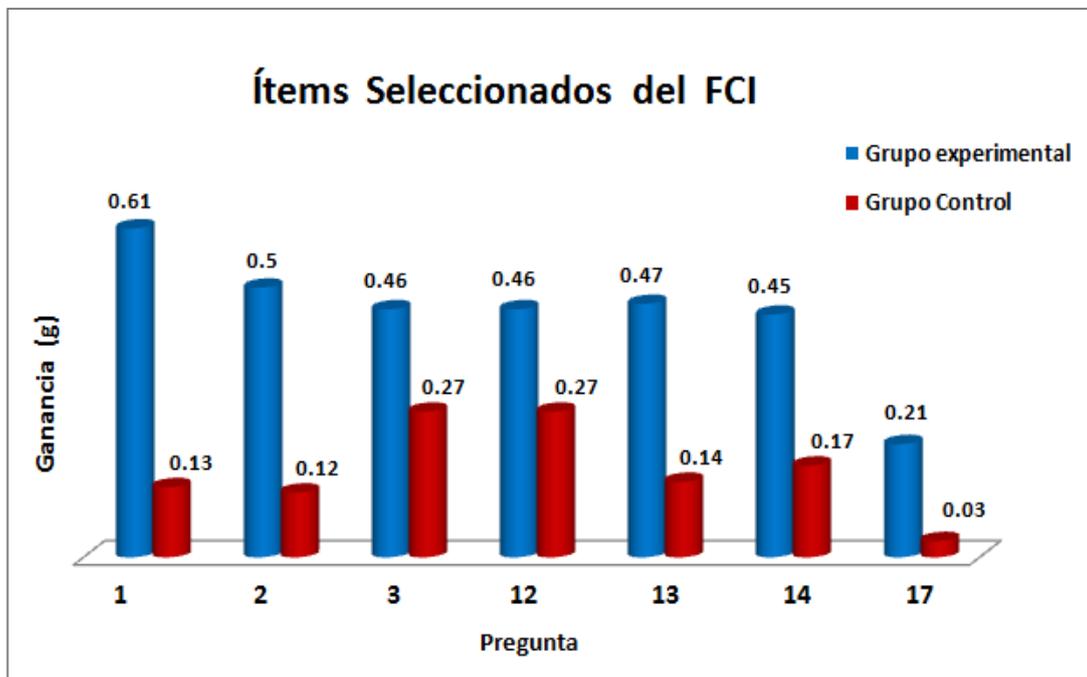


Figura 61. Ganancia normalizada obtenida en grupos experimentales y grupo control del FCI en de las 2 especialidades

La Figura 61 muestra gráficamente los promedios calculados con los datos presentados en las Figuras 59 y 60, observándose en las tres una aparente tendencia de disminución en la ganancia cuando el número de la pregunta del FCI se incrementa. Pienso que esto se debe que en las preguntas 1 y 2 los estudiantes de los grupos experimentales logran una significativa transformación conceptual con el desarrollo las CDI's logrando altos valores de ganancia (0.61 y 0.5 respectivamente). Para la pregunta 3, la ganancia se ve disminuida con un valor de 0.46 para los grupos experimentales ya que aunque los estudiantes mejoran la comprensión del concepto de velocidad y su comportamiento durante la caída libre de un cuerpo como un efecto positivo de las CDI's, aún manifiestan dificultades con la comprensión de la fuerza debida a la gravedad, pues de acuerdo a los objetivos planteados en los planes y programas del nivel bachillerato se abordan los contenidos de cinemática sin considerar la causa del movimiento.

Para las preguntas 12, 13 y 14 se tienen ganancias muy similares (0.46, 0.47 y 0.45 respectivamente) en los grupos experimentales ubicándolas en una zona de ganancia media $0.3 \leq g \leq 0.7$ como resultado satisfactorio de las CDI's implementadas. Aquí es necesario aplicar el conocimiento en otras situaciones, lo que resulta complicado debido a que sus ideas previas son muy dominantes. Esto mismo sucede en la pregunta 17 donde fue muy recurrente que los estudiantes de los grupos experimentales refieran que la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es mayor que la fuerza hacia abajo debida a la gravedad, sin dejar de mencionar que esta pregunta pertenece a una dimensión conceptual aún no estudiada.

Por lo anterior podemos notar que después de la instrucción los estudiantes de los grupos experimentales obtienen mejores porcentajes después de la instrucción comparados con los alcanzados en los grupos control en cada una de las siete preguntas seleccionadas del FCI. Por lo tanto, para los grupos experimentales, en términos de la ganancia normalizada de las siete preguntas analizadas, seis se sitúan en la zona de ganancia media $0.3 \leq g \leq 0.7$, mientras que solo una pregunta lo hace en la zona de ganancia baja. Asimismo para los grupos control las siete preguntas analizadas del FCI se ubican en zona de ganancia baja con un valor de $g \leq 0.3$.

En la Tabla XIII se presenta el concentrado de los resultados mostrados en las Tablas IV y VI referentes a los puntajes promedio del pre-test y pos-test, así como la ganancia

lograda en los grupos experimentales y en los grupos control, tanto de los 30 ítems del FCI como de los 10 ítems agregados.

Tabla XIII

Valores medios (%) y ganancia normalizada del FCI y los 10 ítems agregados en el pre-test y pos-test en los grupos experimentales y grupos control

Grupos	FCI (30 ítems)			10 ítems agregados		
	Pre	Post	<i>g</i>	Pre	Post	<i>g</i>
Experimentales	22	46	0.31	42	64	0.38
Control	20	21.5	0.02	41	49	0.13

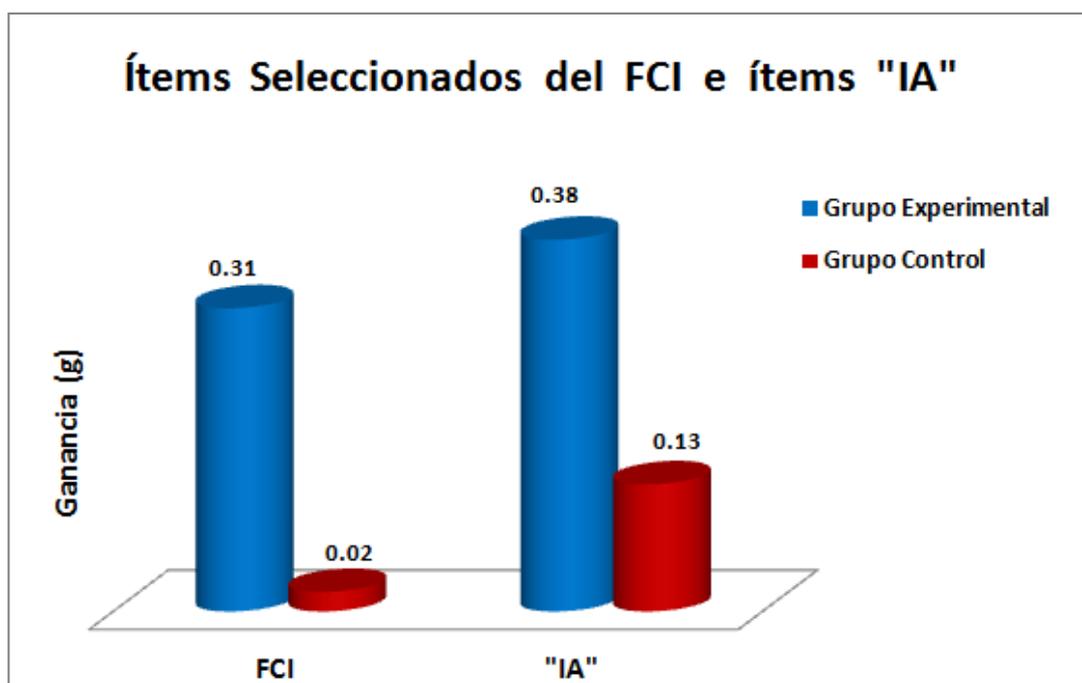


Figura 62. Ganancia normalizada obtenida en los ítems seleccionados del FCI y en los 10 ítems agregados (IA) en los grupos experimentales y grupos control

En los resultados podemos apreciar una diferencia considerable antes y después de la instrucción entre grupos experimentales y grupos control. En el pre-test los porcentajes promedio obtenidos indican que en los grupos experimentales los estudiantes respondieron correctamente a 6.6 preguntas en el FCI y a 4.2 preguntas en los 10 ítems

agregados, mientras que en pos-test respondieron a 13.8 preguntas correctas en el FCI y a 6.4 preguntas en los 10 ítems agregados en promedio, lo cual rebasa en número los 7 ítems seleccionados del FCI para evaluar el tema en estudio, esto refleja una ganancia en otras dimensiones del FCI como un beneficio del aprendizaje activo. En sí, para los grupos experimentales se obtuvo una mejora de 7.2 preguntas ($g = 0.31$) correctas en el FCI y de 2.2 ($g = 0.38$) preguntas correctas en los 10 ítems agregados.

En tanto, para los grupos control en el pre-test los porcentajes promedio indican que los estudiantes respondieron correctamente a 6 preguntas en el FCI y a 4.1 preguntas en los 10 ítems agregados, mientras que en el pos-test los estudiantes respondieron a 6.45 preguntas correctas en el FCI y de 4.9 preguntas correctas en los 10 ítems agregados, traduciéndose en una mejora de 0.45 preguntas ($g = 0.02$) contestadas correctamente en el FCI y de 0.8 preguntas ($g = 0.13$) correctas para los 10 ítems agregados (ver Figura 62).

En función de ganancia normalizada los grupos experimentales alcanzan una zona de ganancia media $0.3 \leq g \leq 0.7$ tanto en el FCI como en los 10 ítems agregados (IA), mientras que los grupos control se ubican en una zona de ganancia baja. El resultado se considera satisfactorio ya que los estudiantes que reciben la instrucción apenas inician con la enseñanza de la cinemática en el curso de Física I y aún no cuentan con la instrucción en las 6 dimensiones que conforman los 30 ítems del FCI.

Finalmente, en la Tabla XIV se tienen los resultados promedio de toda la población en estudio, dividiendo la población total del estudio como grupos experimentales y grupos control.

Tabla XIV

Rendimiento promedio de la población total y ganancia normalizada promedio

Grupos	Pre	Post	g
Experimentales	32	55	0.34
Control	30.5	39.75	0.13

Para una fácil visualización, el puntaje porcentual obtenido en el pre-test y pos-test de la Tabla XIV, así como la ganancia normalizada obtenida en el FCIIA, se representan gráficamente en las Figuras 63 y 64.

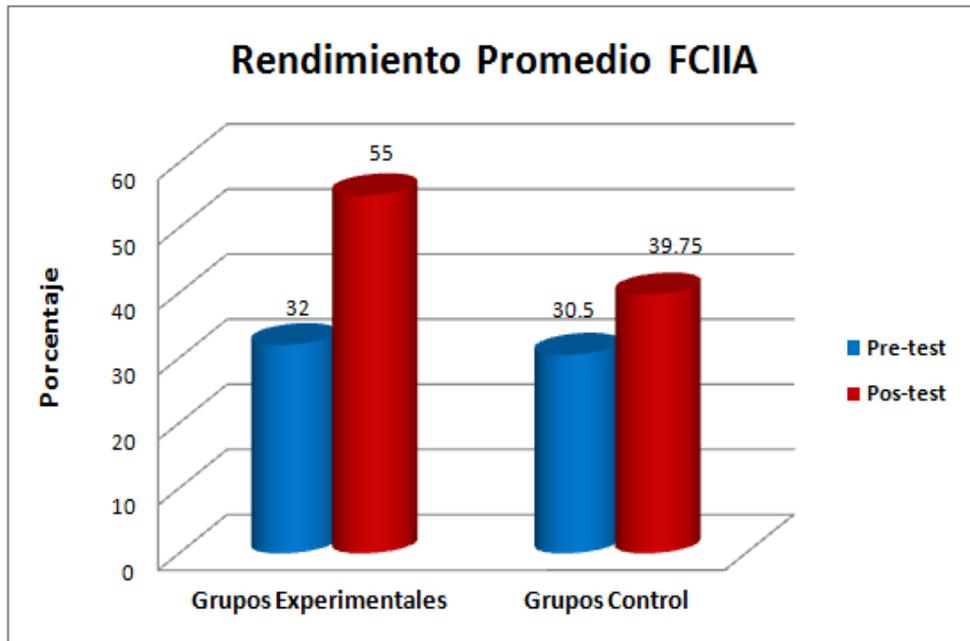


Figura 63. Resultados del FCIIA en pre-test y pos-test de la población total

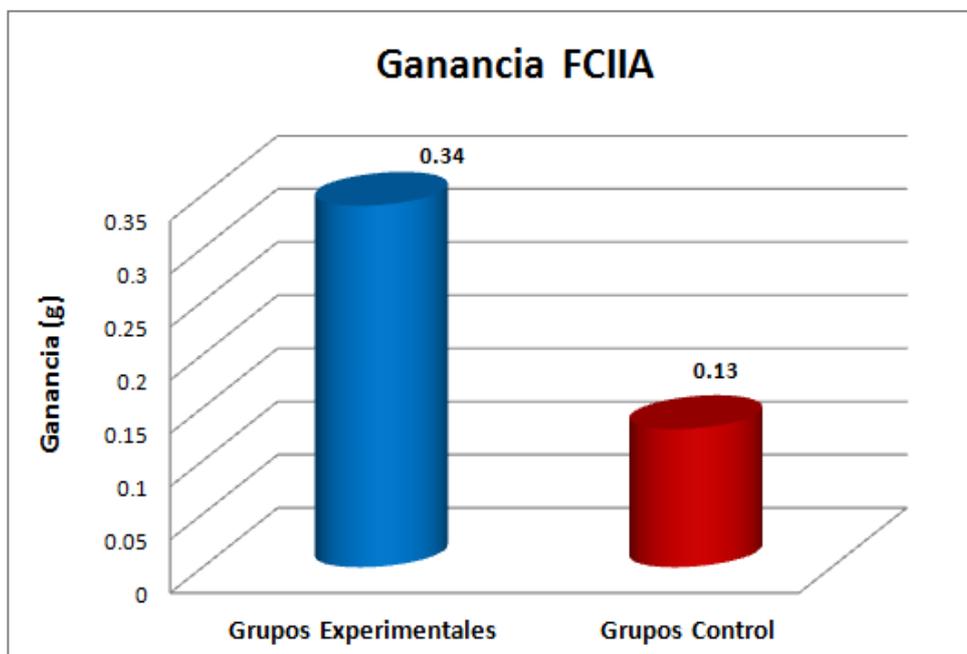


Figura 64. Ganancia normalizada obtenida en el FCIIA en la población total

A pesar de no obtener altos valores de ganancia normalizada, se logra un cambio significativo en los resultados ya que los puntajes del pos-test nos indican que los

estudiantes de los grupos experimentales resolvieron un promedio de 22 preguntas correctas en el FCIIA y en los grupos control un promedio de 15.9 preguntas correctas en el FCIIA. Aun cuando esta diferencia es pequeña (6.1 preguntas) nos indica que se manifiestan ciertas ventajas en el aprendizaje conceptual de los estudiantes de grupos experimentales respecto a los grupos control.

Retomando la clasificación propuesta por Hake (1998), en zonas de ganancia normalizada baja, media y alta, de nuestros resultados globales observamos que los grupos experimentales se sitúan en los límites inferiores de la zona de ganancia media (0.34), mientras que los grupos control lo hacen en la zona de ganancia baja (0.13).

Al realizar el análisis y comparar los resultados de las dos especialidades se observa que:

- Se aprecia que en la pre-instrucción los porcentajes obtenidos en cada pregunta son muy similares en los seis grupos por lo que se considera que tienen un nivel uniforme en sus conocimientos previos.
- En general se alcanzaron mejores puntajes en los grupos experimentales que en los grupos control.
- Después de la instrucción en los grupos experimentales se obtiene una mejora en los porcentajes lo que permiten alcanzar una ganancia normalizada de 0.34, siendo mayor comparada con la ganancia de 0.13 que se logra en los grupos control. Esta diferencia sugiere que la implementación de CDI's beneficia la comprensión de los conceptos básicos del movimiento en caída libre y por ende un efecto positivo en la enseñanza de la Física como resultado de una de una metodología activa.
- En los grupos experimentales la ganancia obtenida en cada una de las preguntas permite establecerlas dentro del rango de ganancia media de acuerdo con la clasificación de Hake (1998), excepto para la pregunta 17 que presenta una ganancia ≤ 0.3 para las dos especialidades, mientras que en los grupos control la ganancia no solo es baja, sino que en este ítem 17 se muestra un modelo conceptual incorrecto en el grupo control de la especialidad de TLQ con una ganancia normalizada de -0.02. Esto no resulta del todo extraño, ya que esta pregunta aunque está relacionada con la fuerza de gravedad pertenece al equilibrio dinámico (Primera y Segunda Ley de Newton) tema que aún no sea desarrollado en el curso de Física I.

La serie de CDI's cumplió en buena medida con el objetivo de mejorar la comprensión de los estudiantes sobre los conceptos más básicos del movimiento en caída libre y por ende mejorar la enseñanza de la física a nivel bachillerato. Sin embargo, la enseñanza tradicional aún es la forma más usual de impartir una clase en el nivel bachillerato. El diseño de CDI's a nivel bachillerato, permitirá abordar algunos contenidos curriculares mediante actividades de aprendizaje activo, con el objetivo principal de mejorar la enseñanza de la Física y motivar a los profesores a utilizar una enseñanza centrada en el estudiante.

5. Conclusiones

En este trabajo se muestran los resultados de la investigación desarrollada al implementar la metodología de Clases Demostrativas e Interactivas como una propuesta educativa, en el contexto del aprendizaje activo, para mejorar la comprensión de los conceptos básicos sobre el movimiento en caída libre a nivel bachillerato.

La estrategia se basa en que los estudiantes desarrollen los conceptos básicos de cinemática a través de su propia experiencia. Los resultados muestran que es posible obtener resultados satisfactorios con el uso de medios modestos cuando usamos una estrategia enfocada en el estudiante. De acuerdo a la clasificación propuesta por Hake al analizar los resultados de la ganancia normalizada promedio después de la instrucción en el instrumento de diagnóstico (FCIIA), se obtiene que mediante la utilización de CDI's los grupos experimentales se situaron en una zona de ganancia media (0.38), y los grupos control la ganancia normalizada promedio se ubica en una zona de ganancia baja (0.13) característica de una instrucción tradicional (Hake, 1998).

Considerando que los grupos control muestran resultados menos satisfactorios al compararse con los grupos experimentales podemos afirmar que la metodología implementada (CDI's) contribuye decisivamente a la mejora en la comprensión de los conceptos básicos del movimiento en caída libre y es más eficaz que las metodologías tradicionales.

En respuesta a las preguntas de investigación planteadas en la Sección 1.3 y basándonos en los resultados obtenidos para el rendimiento académico de los grupos experimentales y los grupos control podríamos afirmar:

- 1) Como resultado de la aplicación de la metodología usada en la presente investigación en el pos-test se obtuvo un mejor desempeño de los estudiantes de los grupos experimentales, mostrando que el empleo de CDI's logra que los estudiantes alcancen puntajes superiores en las evaluaciones y por lo tanto un mejor aprendizaje conceptual comparado a los obtenidos mediante el uso de

clases tradicionales. Esto se traduce como una mejora en la calidad del aprendizaje adquirido.

- 2) La metodología empleada para la enseñanza del tema movimiento en caída libre logra un cambio en el comportamiento del estudiante ante el aprendizaje, motivando la interacción estudiante-estudiante, estudiantes-material educativo, y estudiantes-profesor, permitiendo un mejor aprendizaje conceptual y por lo tanto mejor rendimiento académico.

- 3) La metodología de CDI's es fácilmente adaptable y fue posible aplicarla en la enseñanza de la cinemática en las especialidades de Técnico Laboratorista Clínico y Técnico Laboratorista Químico. Se ajusta en tiempo y forma a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes y logra los objetivos curriculares planteados; además se obtiene un mejor aprendizaje conceptual del tema en estudio tal como se muestra en el capítulo de resultados. La metodología de CDI's, que consistió en una secuencia de tres clases, es eficiente en el aprendizaje del tema movimiento en caída libre. Para su diseño e implementación se consideraron la metodología de CDI's y los contenidos curriculares del curso de Física. De acuerdo a la experiencia de la autora de este trabajo se considera a las CDI's una metodología apropiada para implementarse en los contenidos de Dinámica, Leyes de Newton y Estática de los planes de estudio de Física a nivel bachillerato.

Aunque no se evaluó en este trabajo, consideramos que esta metodología desarrolla en los estudiantes las siguientes competencias:

- a) Disciplinarias, ya que se observa que después de la instrucción los estudiantes pueden argumentar y estructurar mejor sus ideas, aplicar el conocimiento en la interpretación de su entorno y olvidarse que resolver un problema significa repetir un procedimiento establecido.

- b) Genéricas, ya que se favorece la formación de actitudes positivas en los alumnos tales como: trabajar en forma colaborativa, proponer maneras nuevas de resolver un problema en equipo, asumir una actitud constructiva congruente con su conocimiento y

habilidad, y al interactuar con sus compañeros y profesores es capaz de mantener una actitud respetuosa.

Lo anterior está basado en las respuestas obtenidas de los estudiantes al responder el cuestionario de evaluación de la instrucción recibida con CDI's y algunas grabaciones de los estudiantes al realizar las actividades.

Naturalmente también se detectaron dificultades durante el desarrollo, pues, generalmente los estudiantes están acostumbrados a escuchar pasivamente al profesor, tomar notas y memorizar, así que el cambio en la metodología de trabajo al inicio causó desagrado e inseguridad en los alumnos. Además, el proceso de evaluación exige más tiempo que los métodos tradicionales ya que es necesario diseñar nuevos criterios para asignar una calificación, asimismo se requieren indicadores que permitan medir las competencias desarrolladas por los estudiantes.

Como una posible extensión de esta investigación se sugiere:

1) Aplicar nuevamente el test cuando los alumnos ingresen al siguiente curso y comparar los resultados obtenidos con los anteriores para comprobar si los modelos conceptuales adquiridos por los estudiantes se mantienen después de la instrucción. De esta forma se podría comprobar la permanencia de un modelo conceptual y probar la eficacia de la estrategia en este rubro (que no analizamos en el presente trabajo).

2) Evaluar las competencias disciplinares y genéricas desarrolladas por los estudiantes durante la implementación de la metodología de CDI's.

Es importante aclarar que el proceso de modificación de los métodos de enseñanza tradicional es un cambio continuo y no inmediato que requiere de tiempo e incluye una reflexión sobre las concepciones pedagógicas que tiene el profesor.

Por lo expuesto anteriormente, se hace una invitación a modificar los métodos tradicionales de enseñanza y adoptar un método de aprendizaje activo, para ser testigos de las ventajas de este cambio. También se invita a los profesores a diseñar series de CDI's para otros temas de los cursos de Física a nivel bachillerato, esto con el objetivo

de ir construyendo material didáctico que sea útil para la enseñanza de la Física a la población estudiantil en el nivel bachillerato. Sin dejar de recordar que el apoyo institucional es determinante para que este tipo de metodologías prosperen, perduren y se multipliquen.

Sobre la implementación de las CDI's en el salón de clase concluimos:

- Al inicio causó desagrado e inseguridad en los estudiantes ya que el método de trabajo era desconocido para ellos.
- En la CDI inicial el hecho de escribir sus primeras predicciones no fue atractivo para los estudiantes.
- A los estudiantes no les agradó la formación aleatoria de equipos de trabajo y se resistían a discutir entre ellos sobre la primera demostración.
- Durante el desarrollo de la primera demostración, la actitud cambió y los estudiantes se mostraron muy participativos, motivados, todos querían realizar la actividad. Esto cambió la actitud de los estudiantes, se inició la interacción entre ellos, se divirtieron, rieron y participaron activamente.
- Al discutir sus resultados de la primera demostración por segunda ocasión los estudiantes se mostraron interesados, involucrándose en la discusión y respondieron su “Hoja de Resultado”.
- En la plenaria final de esta actividad el cambio de actitud y postura ante el aprendizaje por parte de los estudiantes era notable, pues, estaban atentos, interesados, participativos. De igual forma, en todas las plenarias finales los estudiantes se mostraron reflexivos, críticos, analíticos y creativos, ya que eran ellos quienes buscaban situaciones análogas explicadas bajo el conocimiento aprendido.
- Con la metodología de CDI's los estudiantes se motivan, participan activamente, colaboran en forma efectiva y respetuosa construyendo su propio conocimiento.
- En los grupos experimentales el tema de movimiento en caída libre fue el único desarrollado con la metodología de CDI's y los estudiantes manifiestan su preferencia expresando que les gusta, que se divierten, que aprenden mejor, que comparten y que quieren repetir esa experiencia en sus clases.
- Hay dos aspectos que llamaron mi atención en esta investigación:

- 1) Los estudiantes concluyeron que resolver un problema no era seguir un procedimiento repetitivo.
- 2) Los estudiantes adoptaron como regla o costumbre escribir sus predicciones en cada tema durante el desarrollo de todo el curso.

5.1 Sugerencias para los profesores

En función de la experiencia obtenida en el curso de este trabajo y con el propósito de ayudar a alcanzar el éxito cuando se use esta estrategia didáctica se recomienda a los profesores que deseen implementar la metodología de CDI's en la enseñanza de la Física considerar previamente los aspectos que enlistamos a continuación. Es conveniente también tomar en cuenta las sugerencias de la Sección 2.4.2.

- Diseñar CDI's acorde a los recursos y medios con que cuenta, esto es, las demostraciones deben diseñarse tomando en cuenta los medios a los que se tiene acceso, porque de esto depende el tipo de demostración que se pueda utilizar, ya que puede usar un simulador, un experimento, una encuesta, un análisis de datos, etc.
- En la primera sesión se debe explicar a los estudiantes la metodología de CDI's, los pasos a seguir y la forma de su realización, estableciendo claramente los materiales que deben entregar.
- Formar equipos de trabajo con 2-4 integrantes en forma aleatoria.
- Dividir el tiempo y asignar lo necesario en cada una de las etapas que establece el método de CDI's de acuerdo a las necesidades de la asignatura.
- Fomentar el trabajo colaborativo en el desarrollo de las actividades.
- Utilizar las actividades en sesiones de 100 minutos, para disponer del tiempo suficiente y no apresurar a los estudiantes, pues, en 50 minutos resulta ser un poco estresante.
- Considerar una sesión semanal de CDI's.

- Permitir que los estudiantes trabajen libremente siendo ellos lo responsables de organizar su trabajo, determinando como hacer las actividades y cumplir con los objetivos curriculares planteados para la asignatura.
- Concluir y enfatizar los conocimientos conceptuales al final de cada actividad planteada con el propósito de retroalimentar o reforzar el conocimiento adquirido.
- Dedicar tiempo suficiente a la plenaria final buscando la retroalimentación entre estudiante-estudiante, estudiante-profesor y de ser posible estudiante-especialista.
- Diseñar instrumentos de evaluación con criterios claramente establecidos que le permitan al profesor evaluar tanto a los estudiantes como el cumplimiento de los objetivos planteados en cada una de las CDI's diseñadas.
- Solicitar el apoyo de compañeros profesores y autoridades.

Bibliografía

- Alonso, C., Gallego, D. y Honey, P. (1997). *Los estilos de aprendizaje*. Bilbao: Mensajero.
- Anson, C. M.; Bernold, L. E.; Crossland, C.; Spurlin, J.; McDermott, M. A.; Weiss, S. (2003). Empowerment to Learn in Engineering: Preparation Foran Urgently-Needed Paradigm Shift. *Global Journal of Engineering Education* **7**(2), 145-155.
- Bacon, D. R.; Stewart, K. A.; Silver, W. S. (1999). Lessons From the Best and Worst Student Team Experiences: How a Teacher Can Make the Difference. *Journal of Management Education* **23**(5), 467-488.
- Bao, L., Redish, E. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student state, *American Journal of Physics* **69**(7), 45-53.
- Beichner R.J. (1994). "Testing student interpretation of kinematics graphs". *American Journal of Physics* **62**, 750.
- Beltrán, J. (1990). *Aprendizaje, en Diccionario de Ciencias de la Educación*. Madrid: Paulinas.
- Benegas, J. (2007). Tutoriales par Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje de la Física. *Latin American Journal of Physics Education* **1** (1), 32-38.
- Bernhard, J. (2007) *Making Physics Visible and Learnable through Interactive Lecture Demonstrations. Physics Teaching in Engineering Education PTEE 2007*. Delft University of Technology, October 25-26, 2007, Delft, The Netherlands.
- Bonwell, C. and Eison, J. (1991). Active Learning: Creating Excitement in the Classroom. *ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1*.
- Bransford, John D., A.L. Brown and R.R. Cocking. 2000. *How People Learn: Brain, Mind, Experience and School*. National Academy Press. Washington, DC.
- Brent, G. (1996). *Constructivist learning environments: case studies in instructional design*. Educational Technology Publications.
- Brewer, W. and Mendelson, M. I. (2003). Methodology and Metrics for Assessing Team Effectiveness. *International Journal of Engineering Education* **19**(6), 777-787.
- Brooks, C. M.; Ammons, J. L. (2003). Free Riding in Group Projects and the Effects Of Timing, Frequency and Specificity of Criteria in Peer Assessments. *Journal of Education for Business* **78**(5), 268-272.

- Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher* **18**(1), 32-42.
- Chickering, A. W. and Gamson, Z. F. (1987). Seven principles for good practice in undergraduate education. *The Wingspread Journal* **9**(2), 1-15.
- Christoforou, A. P.; Yigit, A. S.; Al-Ansary, M. D.; Ali, F.; Aly, A. A.; Lababidi, H.; Nashawi, I. S.; Tayfun, A.; Zribi, M. (2003). Improving Engineering Education at Kuwait University Through Continuous Assessment. *International Journal of Engineering Education* **19**(6), 818-827.
- Colletta, V.P. and Phillips, J.A. (2005). Interpreting FCI scores: Normalized gain, pre-instruction scores and scientific reasoning ability. *American Journal of Physics* **73**, 1172-1182.
- Díaz Bordenave, J. y Martins, A. (1986). *Estrategia de Enseñanza-Aprendizaje*. San José, Costa Rica: Editorial IICA.
- Doran, R. (1980). Basic measurement and evaluation of science instruction, *National science teacher association*, Washintong, D. C.
- Fruchter, R. (2001). Dimensions of Teamwork Education. *International Journal of Engineering Education* **17**(4-5), 426-430.
- Gatfield, T. (1999). Examining Student Satisfaction With Group Projects and Peer Assessment. *Assesment & Evaluation in Higher Education* **24**(4), 365-377.
- Guidugli, S., Fernandez Gauna, C. y Benegas, J.C. (2005). “Learning Kinematics Concepts and Their Linear Graphs Representation by High School Students in Argentina: a comparison of Different Teaching Strategies”. *The Physics Teacher* **43**, 334-337.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics* **66**(1), 64-74.
- Henderson, C. (2002). Common Concerns about the Force Concept Inventory. *The Physics Teacher* **40**, 542–547.
- Hestenes, D., Wells, M. and Swackhamer, G. (1992) Force Concept Inventory. *The Physics Teacher* **30**, 141–165.
- Hestenes, D. and Halloun, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory: A Response to March 1995 Critique by Huffman and Heller. *The Physics Teacher* **33**, 502-506.

- Hilgard, E. R. (1979). *Teorías del Aprendizaje*. Trillas, México.
- Hoellwarth, C., Moelter, M. J. and Knigh, D. (2005). A direct comparison of conceptual learning and problem solving ability in traditional and studio style classrooms. *American Journal of Physics* **73**(5), 459-462.
- Huffman, H. and Heller, P. (1995) What does the Force Concept Inventory Actually Measure? *The Physics Teacher* **33**, 138–143.
- Huffman, H. and Heller, P. (1995b). Interpreting the Force Concept Inventory: A Reply to Hestenes and Halloun. *The Physics Teacher* **33**, 503–511.
- Jenkins, H. and Lackey, L. W. (2005). Preparing Engineering Students for Working in Teams Through Senior Design Projects. *IEEE International Professional Communication Conference Proceedings*.
- Kalliath, T. and Laiken, M. (2006). Use of Teams in Management Education. *Journal of Management Education* **30**(6), 747-750.
- Laws, P. (1997). *Workshop Physics Activity Guide*. New York, Wiley.
- Mazur, E. (1997). *Peer instruction. Prentice Hall. A User's Manual*. Prentice Hall.
- McDermott, L. C. (1975). Improving high school physics teacher preparation, *Physics Teacher* **13**, 523-529.
- McDermott, L. C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics, *Physics Today* **37**(7), 24–32.
- McDermott, L. (1997). How research can guide us in improving the introductory course, ProcConf on Intro Physics Course. *Wiley, New York*, pp. 33–45.
- McDermott, L. and Redish, E. (1999). Resource Letter PER-1: Physics Education Research, *American Journal of Physics* **67**, 755.
- Meyers, C., and T.B. Jones. (1993). *Promoting active learning: strategies for the classroom*. Jossey-Bass Publishers, San Francisco, CA.
- Morris, G. A., Branum-Martin, L., Harshman, N., Baker, S. D., Mazur E., Dutta S., Mzoughi, T., McCauley, V. (2006). Testing the test: Item response curves and test quality. *American Journal of Physics* **74**(5), 449-453.
- National Research Council (2005) *How Students Learn: History, Mathematics, and Science in*

the Classroom. Washington, D.C.

Pestalozzi, J. E. (1999a). *Cómo Gertrudis enseña a sus hijos*. 6ª. Edición, México. Porrúa.

Pestalozzi, J. E. (1999b). *Cartas sobre la educación de los niños*. 6ª. Edición, México. Porrúa.

Perkins, D, N. (1991) Technology metes constructivism: Do they make a marriage? *Educational Technology* **3**(5), 18-22.

Ponsa, A. P. (2006). *Plan de introducción de metodologías de aprendizaje activo*. Universidad Politécnica de Catalunya, UPC. España.

Poyatos, C. and Allan, C. (2003). *The use of learning portfolios to develop generic skills: An evaluative case study with on-line Industrial Relations students*. ETL Conference, Queensland College of Art, Griffith University.

Ramírez, M. (2004). Estilos de aprendizaje y desempeño académico. *Innovación Educativa* **4**(19), 31-39.

Ramírez, González y Miranda, (2009). Detección y análisis de errores conceptuales en estudiantes de física de nivel universitario utilizando el sistema 4MAT. *Latin American Journal of Physics* **3**(1), 92-101.

Redish, E. (1999). Millikan Award Lecture: Building a Science of Teaching Physics. *American Journal of Physics* **67**, 562-573.

Redish, E. F. (2003). *Evaluating our Instruction: Surveys Teaching Physics with the Physics Suite*. John Wiley & Sons Inc, United States of America.

Redish, E. F. (2003). *Cognitive Principles and Guidelines for Instruction. Teaching Physics with the Physics Suite*. John Wiley & Sons Inc, United States of America.

Rogers, Carl R. (1983). *Freedom to Learn for the 80s*. Columbus, Ohio: Charles E. Merrill Publishing Company.

Sandoval, M. y Mora, C. (2009). Modelos erróneos sobre la comprensión del campo electric en estudiantes universitarios. *Lat. Am. J. Phys. Edu.* **3**(3), 647-655.

Savinainen, A. (2004). *High School Students' Conceptual Coherence of Qualitative Knowledge in the Case of the Force Concept*. University of Joensuu. Department of Physics. Dissertations 41, 106 p.

Savinainen, A. and Viiri, J. (2008). The Force Concept Inventory as measure of student's coherence. *International Journal of Science Mathematics Education* **6**, 719-740.

- Sheppard, K.; Dominick, P.; Aronson, Z. (2004). Preparing Engineering Students for the New Business Paradigm of International Teamwork and Global Orientation. *International Journal of Engineering Education* **20**(3), 475-483.
- Sokoloff, D. R. and Thornton, R. K. (1997). Using Interactive Lecture Demonstrations to Create an Active Learning Environment, *The Physics Teacher* **35**, 338-352
- Sokoloff, D. R. and Thornton, R. K. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula. *American Journal of Physics* **66**(4), p338.
- Sokoloff, D. R. and Thornton, R. K. (2004). *Interactive Lecture Demonstrations: Active Learning in Introductory Physics*. John Wiley & Sons, Hoboken, N.J.
- Sokoloff, D. R., Ben L. Z.; Culaba, I. B., Lakshminarayanan, V., Maquiling, J. T., Mazzolini, A. (2006). *Active Learning in Optics and Photonics*. First Edition, Unesco, Paris.
- Steinberg R. N. y Sabella M. S. (1997). Performance on Multiple-Choice Diagnostics and Complementary Exam Problems. *The Physics Teacher* **35**, 150-155.
- Thornton, R. K. (1987). Tools for scientific thinking-microputer-based laboratories for teachings physics, *Physics Education* **22**, 230-238.
- Thornton, R. K. (1989). *Tools for scientific thinking: Learning physical concepts with real-time laboratory measurement tools*. In Proc. Conf. Computer in scientific Teaching, edited by E. Redish and J. Risley (Addison-Wesley, Reading, MA, 1989), pp 177-189.
- Trowbridge, D.E. and McDermott, L.C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension, *American Journal of Physics American Journal of Physics* **48**(12), 1020-1028.
- Villa Rivera, E. (2004). "Nuevo Modelo Educativo para el IPN, Materiales para la Reforma". México, IPN.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Von Glaserfeld, E. (1998) *Questions and answers about radical constructivism*. In: The practice of constructivism in science education. Hillsdale, N. J., pp. 23-38.
- Watts, F., García-Carbonell, A. and Llorens, J. (2006). *Introducción a La Evaluación Compartida: Investigación Multidisciplinar*. In Watts, F. & García-Carbonell, A., La Evaluación Compartida: Investigación Multidisciplinar (p. 1-9), Valencia: Editorial de la UPV.

- Young, C. B. and Henquinet, J. A. (2000). A Conceptual Framework for Designing Group Projects. *Journal of Education for Business* **76**(1), 56-60.
- Zimrot, R. and Ashkenazi, G. (2007). “Interactive lecture demonstrations: a tool for exploring and enhancing conceptual change”, *Chemistry Education Research and Practice* **8** (2), 197-211.
- Aguirre, R. y Ponce De Leon, R.M. Factor de corrección y Análisis de Ítems: Grado de Dificultad, Poder de Discriminación, Efectividad de las Respuestas de Distracción y Confiabilidad. <http://radiou.usac.edu.gt/fdeo/biblio/factordecorreccion.pdf> Fecha de consulta 9 de mayo de 2010.
- Cardona Ossa, G. (2002). Educación virtual y necesidades humanas. *Contexto Educativo. Revista Digital de Educación y Nuevas Tecnologías*. No. 16. Disponible en <http://contexto-educativo.com.ar/>. Fecha de consulta 1 de mayo de 2010.
- Cohen, R. A. (2007, April 23). *Measuring the Effect of Formative Assessment Techniques in Physics at East Stroudsburg University*. <http://www.esu.edu/~bbq/cetp/cetp07.pdf> Fecha de consulta 10 de febrero de 2010.
- Fernández González, A. (2000). La competencia comunicativa del docente: exigencia para una práctica pedagógica interactiva con profesionalismo. *Contexto Educativo. Revista Digital de Educación y Nuevas Tecnologías*. No. 10. Disponible en <http://contexto-educativo.com.ar/>. Fecha de consulta 1 de mayo de 2010.
- González, C. O. (2003). Evaluación de opción múltiple vs. Evaluación tradicional. Un estudio de caso en ingeniería. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe* <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=46770202> o <http://www.ingenieria.uady.mx/revista/volumen7/evaluacion.pdf> Fecha de consulta 8 de mayo de 2010.
- McKinney, K. (2008). Active Learning. Center for Teaching, Learning, and Technology (Illinois State University). <http://www.cat.ilstu.edu/additional/tips/newActive.php>. Fecha de consulta 28 de abril 2010.
- Michaelson, R., (2008). Assessing Group Work. Briefing paper for LTSN-BEST. <http://www.business.heacademy.ac.uk/publications/misc/briefing/groupwork/assessing%20group%20work%20-%20michaelson.pdf>. 2007. Fecha de consulta 15 de octubre de 2009.
- Nielsen, L. (1995). Introducción al concepto de Aprendizaje Activo de la Dra. Lilli Nielsen. Visiones <http://www.tsbvi.edu/Outreach/seehear/summer99/nielsonintro-span.htm>. Fecha de consulta 29 de abril de 2010.

- Piaget, J. Formador/a Ocupacional: Citas y frases sobre la educación <http://formadores-ocupacionales.blogspot.com/2009/06/citas-sobre-la-educacion-y-el.html> Fecha de consulta 3 de agosto de 2010.
- Roy, H. (1996). Studio vs Interactive Lecture Demonstration–Effects on Student Learning. Disponible en http://tonydude.us/sdsu_per/articles/Studio_vs_Interactive.pdf Fecha de consulta 18 de mayo de 2010.
- Solomon, L. (2002). How to Study and Succeed in College. Disponible en <http://music.educate.home.att.net/study.htm>. Fecha de consulta 20 de enero de 2010.

Anexos

Anexo 1. Cuestionario Sobre el Concepto de Fuerza Modificado (FCIIA)

Por favor:

- *No escriba nada en este cuestionario.*
- *Marque sus respuestas en la hoja de respuestas.*
- *Marque sólo una respuesta por pregunta.*
- *No deje ninguna pregunta sin contestar.*
- *Evite adivinar. Sus respuestas deben reflejar lo que usted personalmente piensa.*

En la hoja de respuestas:

- *Use sólo un lápiz No. 2, y siga las instrucciones para marcar sus respuestas.*
- *Escriba su número de identificación (Boleta), que es el número que le da su escuela o su profesor.*
- *Escriba el "No. Examen " que le da su profesor.*

Calcule terminar este cuestionario en 40 minutos.

Gracias por su colaboración.

1. Dos bolas de metal tienen el mismo tamaño, pero una pesa el doble que la otra. Se dejan caer estas bolas desde el techo de un edificio de un solo piso en el mismo instante de tiempo. El tiempo que tardan las bolas en llegar al suelo es:
 - (A) aproximadamente la mitad para la bola más pesada que para la bola más liviana.
 - (B) aproximadamente la mitad para la bola más liviana que para la bola más pesada.
 - (C) aproximadamente el mismo para ambas bolas.
 - (D) considerablemente menor para la bola más pesada, pero no necesariamente la mitad.
 - (E) considerablemente menor para la bola más liviana, pero no necesariamente la mitad.

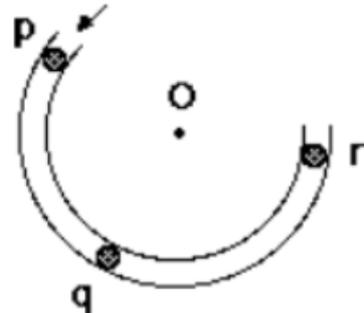
2. Las dos bolas de metal del problema anterior ruedan sobre una mesa horizontal con la misma velocidad y caen al suelo al llegar al borde de la mesa. En esta situación:
 - (A) ambas bolas golpean el suelo aproximadamente a la misma distancia horizontal de la base de la mesa.
 - (B) la bola más pesada golpea el suelo aproximadamente a la mitad de la distancia horizontal de la base de la mesa que la bola más liviana.
 - (C) la bola más liviana golpea el suelo aproximadamente a la mitad de la distancia horizontal de la base de la mesa que la bola más pesada.
 - (D) la bola más pesada golpea el suelo considerablemente más cerca de la base de la mesa que la bola más liviana, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.
 - (E) la bola más liviana golpea el suelo considerablemente más cerca de la base de la mesa que la bola más pesada, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.

3. Una piedra que se deja caer desde el techo de un edificio de un solo piso hasta la superficie de la tierra:
 - (A) alcanza un máximo de velocidad muy pronto después de ser soltada y desde entonces cae con una velocidad constante.
 - (B) aumenta su velocidad mientras cae porque la atracción gravitatoria se hace considerablemente mayor cuanto más se acerca la piedra a la tierra.
 - (C) aumenta su velocidad porque una fuerza de gravedad casi constante actúa sobre ella.
 - (D) cae debido a la tendencia natural de todos los objetos a descansar sobre la superficie de la tierra.
 - (E) cae debido a los efectos combinados de la fuerza de la gravedad, empujándola hacia abajo, y la fuerza del aire, también empujándola hacia abajo.

4. Un camión grande choca frontalmente con un pequeño automóvil. Durante la colisión:
- (A) la intensidad de la fuerza que el camión ejerce sobre el automóvil es mayor que la de la fuerza que el auto ejerce sobre el camión.
 - (B) la intensidad de la fuerza que el automóvil ejerce sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión ejerce sobre el auto.
 - (C) ninguno ejerce una fuerza sobre el otro, el auto es aplastado simplemente porque se interpone en el camino del camión.
 - (D) el camión ejerce una fuerza sobre el automóvil pero el auto no ejerce ninguna fuerza sobre el camión.
 - (E) el camión ejerce una fuerza de la misma intensidad sobre el auto que la que el auto ejerce sobre el camión.

USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS DOS PREGUNTAS SIGUIENTES (5 y 6).

La figura adjunta muestra un canal sin fricción en forma de segmento circular con centro en "O". El canal se halla anclado sobre la superficie horizontal de una mesa sin rozamiento. Usted está mirando la mesa desde arriba. Las fuerzas ejercidas por el aire son despreciables. Una bola es disparada a gran velocidad hacia el interior del canal por "p" y sale por "r".



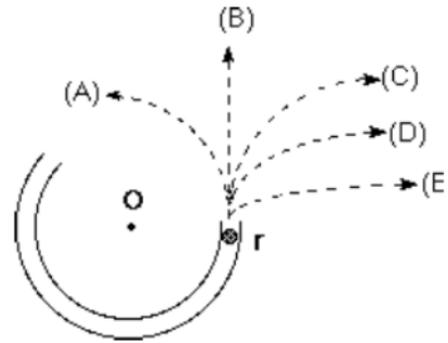
5. Considérense las diferentes fuerzas siguientes:

- 1) Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- 2) Una fuerza ejercida por el canal y dirigida de q hacia O.
- 3) Una fuerza en la dirección del movimiento.
- 4) Una fuerza en la dirección de O hacia q.

¿Cuál(es) de dichas fuerzas actúa(n) sobre la bola cuando ésta se halla dentro del canal sin fricción en la posición "q"?

- (A) sólo la 1.
- (B) 1 y 2.
- (C) 1 y 3.
- (D) 1, 2 y 3.
- (E) 1, 3 y 4.

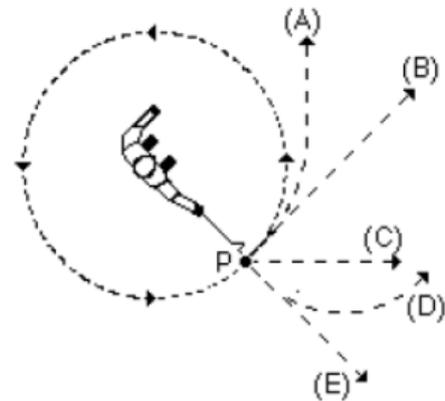
6. ¿Cuál de los caminos indicados en la figura de la derecha seguirá de forma más aproximada la bola después de salir del canal por "r" si continúa moviéndose sin rozamiento sobre la superficie de la mesa?



7. Una bola de acero está atada a una cuerda y sigue una trayectoria circular en un plano horizontal como se muestra en la figura adjunta.

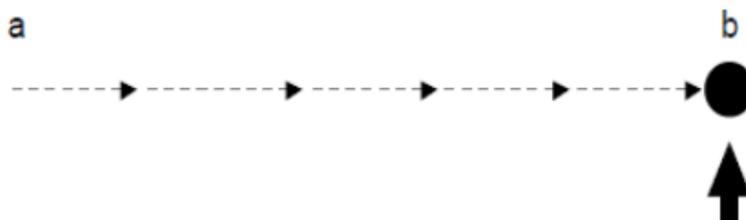
En el punto P indicado en la figura, la cuerda se rompe de repente en un punto muy cercano a la bola.

Si estos hechos se observan directamente desde arriba, como se indica en la figura, ¿qué camino seguirá de forma más aproximada la bola tras la ruptura de la cuerda?

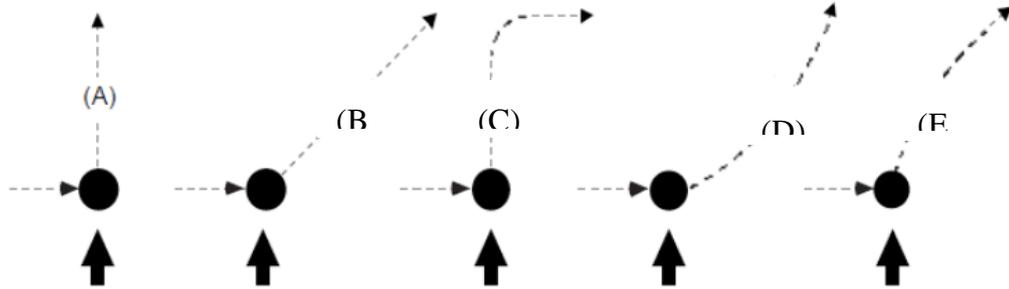


USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS CUATRO PREGUNTAS SIGUIENTES (8 a 11).

La figura muestra un disco de hockey desplazándose con velocidad constante v_0 en línea recta desde el punto "a" al punto "b" sobre una superficie horizontal sin fricción. Las fuerzas ejercidas por el aire son despreciables. Usted está mirando el disco desde arriba. Cuando el disco llega al punto "b", recibe un repentino golpe horizontal en la dirección de la flecha gruesa. Si el disco hubiera estado en reposo en el punto "b", el golpe habría puesto el disco en movimiento horizontal con una velocidad v_k en la dirección del golpe.

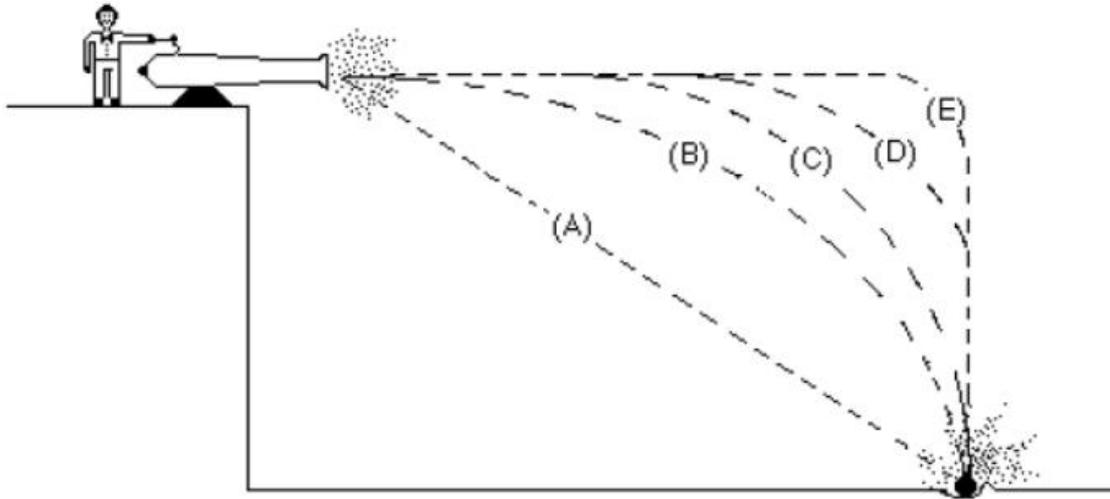


8. ¿Cuál de los caminos siguientes seguirá de forma más aproximada el disco después de recibir el golpe?



9. La velocidad del disco inmediatamente después de recibir el golpe es:
- (A) igual a la velocidad " v_0 " que tenía antes de recibir el golpe.
 - (B) igual a la velocidad " v_k " resultante del golpe e independiente de la velocidad " v_0 ".
 - (C) igual a la suma aritmética de las velocidades " v_0 " y " v_k ".
 - (D) menor que cualquiera de las velocidades " v_0 " o " v_k ".
 - (E) mayor que cualquiera de las velocidades " v_0 " o " v_k ", pero menor que la suma aritmética de estas dos velocidades.
10. A lo largo del camino sin fricción que usted ha elegido en la pregunta 8, la velocidad del disco después de recibir el golpe:
- (A) es constante.
 - (B) aumenta continuamente.
 - (C) disminuye continuamente.
 - (D) aumenta durante un rato y después disminuye.
 - (E) es constante durante un rato y después disminuye.
11. A lo largo del camino sin fricción que usted ha elegido en la pregunta 8, la(s) principal(es) fuerza(s) que actúa(n) sobre el disco después de recibir el golpe es (son):
- (A) una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
 - (B) una fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza horizontal en la dirección del movimiento.
 - (C) una fuerza hacia abajo debida a la gravedad, una fuerza hacia arriba ejercida por la superficie y una fuerza horizontal en la dirección del movimiento.
 - (D) una fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza hacia arriba ejercida por la superficie.
 - (E) ninguna. (No actúa ninguna fuerza sobre el disco).

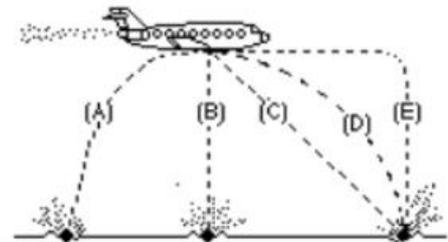
12. Con un cañón se dispara una bola desde el filo de un barranco como se muestra en la figura adjunta. ¿Cuál de los caminos seguirá de forma más aproximada dicha bola?



13. Un chico lanza hacia arriba una bola de acero. Considere el movimiento de la bola durante el intervalo comprendido entre el momento en que ésta deja de estar en contacto con la mano del chico hasta un instante anterior al impacto con el suelo. Suponga que las fuerzas ejercidas por el aire son despreciables. En estas condiciones, la(s) fuerza(s) que actúa(n) sobre la bola es (son):

- (A) una fuerza hacia abajo debida a la gravedad junto con una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente.
- (B) una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente desde el momento en que la bola abandona la mano del chico hasta que alcanza su punto más alto; en el camino de descenso hay una fuerza hacia abajo debida a la gravedad que aumenta continuamente a medida que el objeto se acerca progresivamente a la tierra.
- (C) una fuerza hacia abajo prácticamente constante debida a la gravedad junto con una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente hasta que la bola alcanza su punto más alto; en el camino de descenso sólo hay una fuerza constante hacia abajo debida a la gravedad.
- (D) sólo una fuerza hacia abajo, prácticamente constante, debida a la gravedad.
- (E) ninguna de las anteriores. La bola cae al suelo por su tendencia natural a descansar sobre la superficie de la tierra.

14. Una bola se escapa accidentalmente de la bodega de carga de un avión que vuela en una dirección horizontal. Tal como lo observaría una persona de pie sobre el suelo que ve el avión como se muestra en la figura de la derecha, ¿qué camino seguiría de forma más aproximada dicha bola tras caer del avión?



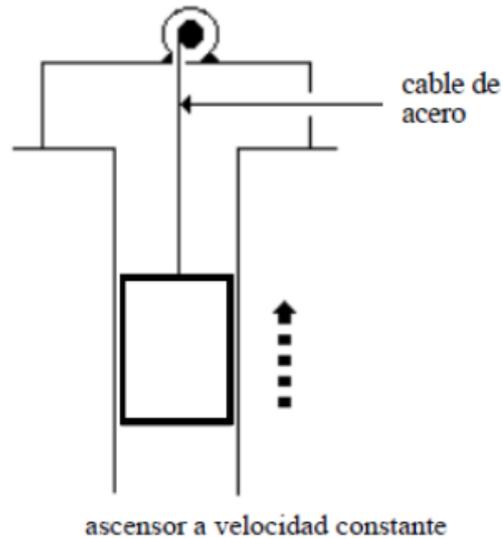
USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS DOS PREGUNTAS SIGUIENTES (15 y 16).

Un camión grande se avería en la carretera y un pequeño automóvil lo empuja de regreso a la ciudad tal como se muestra en la figura adjunta. Transportes GAVILAN



15. Mientras el automóvil que empuja al camión acelera para alcanzar la velocidad de marcha:
- (A) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
 - (B) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
 - (C) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
 - (D) dado que el motor del automóvil está en marcha, éste puede empujar al camión, pero el motor del camión no está funcionando, de modo que el camión no puede empujar al auto. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.
 - (E) ni el camión ni el automóvil ejercen fuerza alguna sobre el otro. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.
16. Después de que el automóvil alcanza la velocidad constante de marcha a la que el conductor quiere empujar el camión:
- (A) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
 - (B) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
 - (C) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
 - (D) dado que el motor del automóvil está en marcha, éste puede empujar al camión, pero el motor del camión no está funcionando, de modo que el camión no puede empujar al auto. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.
 - (E) ni el camión ni el automóvil ejercen fuerza alguna sobre el otro. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.

17. Un ascensor sube por su hueco a velocidad constante por medio de un cable de acero tal como se muestra en la figura adjunta. Todos los efectos debidos a la fricción son despreciables. En esta situación, las fuerzas que actúan sobre el ascensor son tales que:



- (A) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es mayor que la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
 (B) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es igual a la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
 (C) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es menor que la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
 (D) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es mayor que la suma de la fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza hacia abajo debida al aire.
 (E) ninguna de las anteriores. (El ascensor sube porque el cable se está acortando, no porque el cable ejerza una fuerza hacia arriba sobre el ascensor).

18. La figura adjunta muestra a un chico columpiándose en una cuerda, comenzando en un punto más alto que A. Considérense las siguientes fuerzas:

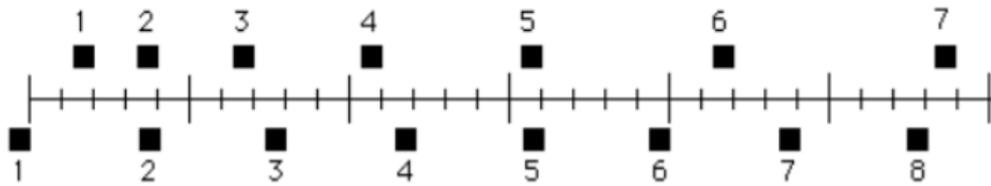
- 1) Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- 2) Una fuerza ejercida por la cuerda dirigida de A hacia O.
- 3) Una fuerza en la dirección del movimiento del chico.
- 4) Una fuerza en la dirección de O hacia A.

¿Cuál(es) de dichas fuerzas actúa(n) sobre el chico en la posición A?

- (A) sólo la 1.
 (B) 1 y 2.
 (C) 1 y 3.
 (D) 1, 2 y 3.
 (E) 1, 3 y 4.

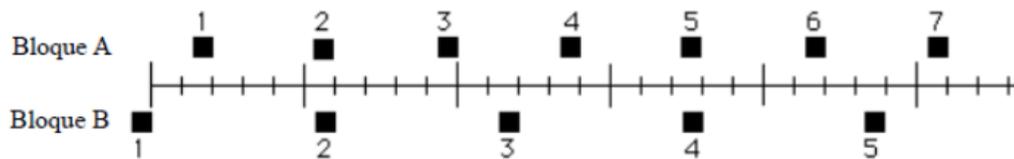


19. Las posiciones de dos bloques en intervalos de tiempo sucesivos de 0.20 segundos se hallan representadas por los cuadrados numerados de la figura adjunta. Los bloques se mueven hacia la derecha.



¿Tienen los bloques en algún momento la misma velocidad?

- (A) no.
 - (B) sí, en el instante 2.
 - (C) sí, en el instante 5.
 - (D) sí, en los instantes 2 y 5.
 - (E) sí, en algún momento durante el intervalo de 3 a 4.
20. Las posiciones de dos bloques en intervalos sucesivos de 0.20 segundos se hallan representadas por los cuadrados numerados de la figura adjunta. Los bloques se mueven hacia la derecha.

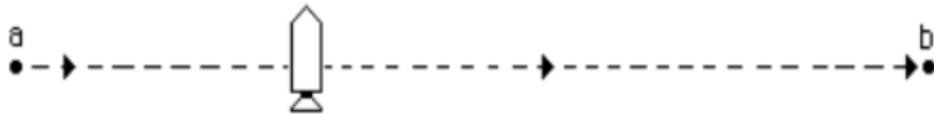


Las aceleraciones de los bloques están relacionadas de la forma siguiente:

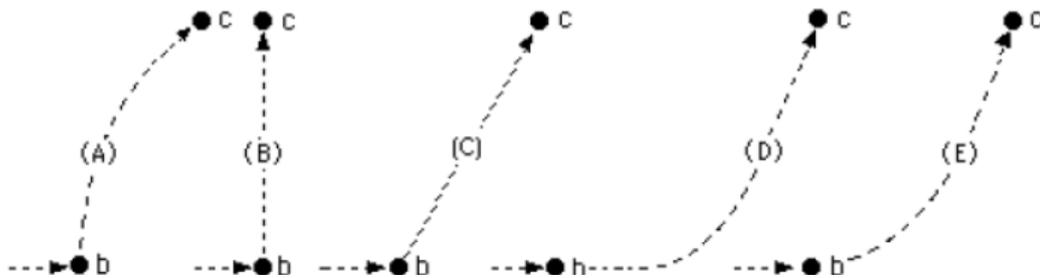
- (A) la aceleración de "a" es mayor que la aceleración de "b".
- (B) la aceleración de "a" es igual a la aceleración de "b". Ambas aceleraciones son mayores que cero.
- (C) la aceleración de "b" es mayor que la aceleración de "a".
- (D) la aceleración de "a" es igual a la aceleración de "b". Ambas aceleraciones son cero.
- (E) no se da suficiente información para contestar la pregunta.

USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS CUATRO PREGUNTAS SIGUIENTES (21 a 24).

Un cohete flota a la deriva en el espacio exterior desde el punto "a" hasta el punto "b", como se muestra en la figura adjunta. El cohete no está sujeto a la acción de ninguna fuerza externa. En la posición "b", el motor del cohete se enciende y produce un empuje constante (fuerza sobre el cohete) en un ángulo recto con respecto a la línea "ab". El empuje constante se mantiene hasta que el cohete alcanza un punto "c" en el espacio.



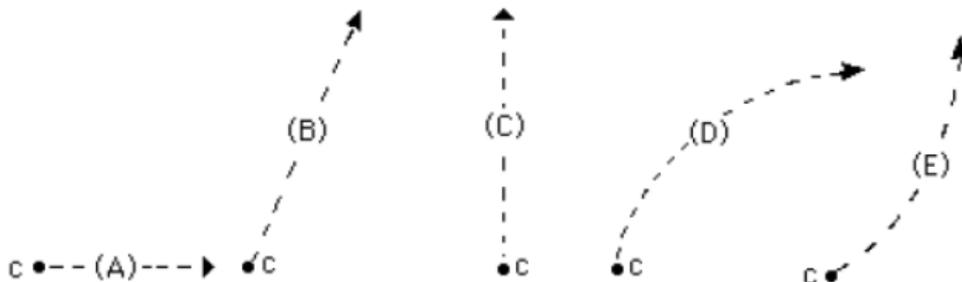
21. ¿Cuál de los siguientes caminos representa mejor la trayectoria del cohete entre los puntos "b" y "c"?



22. Mientras el cohete se mueve desde la posición "b" hasta la posición "c" la magnitud de su velocidad es:

- (A) constante.
- (B) continuamente creciente.
- (C) continuamente decreciente.
- (D) creciente durante un rato y después constante.
- (E) constante durante un rato y después decreciente.

23. En el punto "c" el motor del cohete se para y el empuje se anula inmediatamente. ¿Cuál de los siguientes caminos seguirá el cohete después del punto "c"?

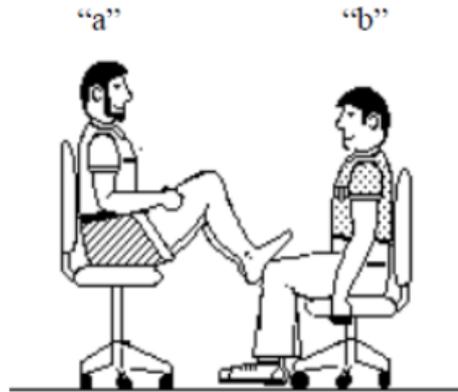


24. A partir de la posición "c" la velocidad del cohete es:
- (A) constante.
 - (B) continuamente creciente.
 - (C) continuamente decreciente.
 - (D) creciente durante un rato y después constante.
 - (E) constante durante un rato y después decreciente.
25. Una mujer ejerce una fuerza horizontal constante sobre una caja grande. Como resultado, la caja se mueve sobre un piso horizontal a velocidad constante " v_0 ". La fuerza horizontal constante aplicada por la mujer:
- (A) tiene la misma magnitud que el peso de la caja.
 - (B) es mayor que el peso de la caja.
 - (C) tiene la misma magnitud que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
 - (D) es mayor que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
 - (E) es mayor que el peso de la caja y también que la fuerza total que se opone a su movimiento.
26. Si la mujer de la pregunta anterior duplica la fuerza horizontal constante que ejerce sobre la caja para empujarla sobre el mismo piso horizontal, la caja se moverá:
- (A) con una velocidad constante que es el doble de la velocidad " v_0 " de la pregunta anterior.
 - (B) con una velocidad constante que es mayor que la velocidad " v_0 " de la pregunta anterior, pero no necesariamente el doble.
 - (C) con una velocidad que es constante y mayor que la velocidad " v_0 " de la pregunta anterior durante un rato, y después con una velocidad que aumenta progresivamente.
 - (D) con una velocidad creciente durante un rato, y después con una velocidad constante.
 - (E) con una velocidad continuamente creciente.
27. Si la mujer de la pregunta 25 deja de aplicar de repente la fuerza horizontal sobre la caja, ésta:
- (A) se parará inmediatamente.
 - (B) continuará moviéndose a una velocidad constante durante un rato y después frenará hasta pararse.
 - (C) comenzará inmediatamente a frenar hasta pararse.
 - (D) continuará a velocidad constante.
 - (E) aumentará su velocidad durante un rato y después comenzará a frenar hasta pararse.

28. En la figura adjunta, el estudiante "a" tiene una masa de 95 Kg y el estudiante "b" tiene una masa de 77 Kg. Ambos se sientan en idénticas sillas de oficina cara a cara.

El estudiante "a" coloca sus pies descalzos sobre las rodillas del estudiante "b", tal como se muestra. Seguidamente el estudiante "a" empuja súbitamente con sus pies hacia adelante, haciendo que ambas sillas se muevan.

Durante el empuje, mientras los estudiantes están aún en contacto:



- (A) ninguno de los estudiantes ejerce una fuerza sobre el otro.
(B) el estudiante "a" ejerce una fuerza sobre el estudiante "b", pero "b" no ejerce ninguna fuerza sobre "a".
(C) ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero "b" ejerce una fuerza mayor.
(D) ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero "a" ejerce una fuerza mayor.
(E) ambos estudiantes ejercen la misma cantidad de fuerza sobre el otro.

29. Una silla de oficina vacía está en reposo sobre el suelo. Considérense las siguientes fuerzas:

1. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
2. Una fuerza hacia arriba ejercida por el suelo.
3. Una fuerza neta hacia abajo ejercida por el aire.

¿Cuál(es) de estas fuerzas actúa(n) sobre la silla de oficina?

- (A) sólo la 1.
(B) 1 y 2.
(C) 2 y 3.
(D) 1, 2 y 3.
(E) ninguna de las fuerzas. (Puesto que la silla está en reposo no hay ninguna fuerza actuando sobre ella).

30. A pesar de que hace un viento muy fuerte, una tenista consigue golpear una pelota de tenis con su raqueta de modo que la pelota pasa por encima de la red y cae sobre el campo de su oponente. Considérense las siguientes fuerzas:

1. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
2. Una fuerza por el "golpe".
3. Una fuerza ejercida por el aire.

¿Cuál(es) de estas fuerzas actúa(n) sobre la pelota después de que ésta deja de estar en contacto con la raqueta y antes de que toque el suelo?

- (A) sólo la 1.
- (B) 1 y 2.
- (C) 1 y 3.
- (D) 2 y 3.
- (E) 1, 2 y 3.

ITEMS AGREGADOS

31. Una cubeta se deja caer desde la azotea de un edificio hasta la superficie de la tierra, su velocidad inicial:

- (A) alcanza un máximo de velocidad al ser soltada y desde entonces cae con una velocidad constante.
- (B) aumenta su velocidad al ser soltada porque la atracción gravitatoria se hace considerablemente mayor cuanto más se acerca a la tierra.
- (C) es cero, ya que parte del reposo.
- (D) aumenta aproximadamente a la mitad de su trayectoria.
- (E) disminuye aproximadamente a la mitad de su trayectoria.

32. Una moneda y una hoja de papel extendida se dejan caer desde la misma altura y en el mismo instante. El tiempo que tardan en llegar al suelo es:

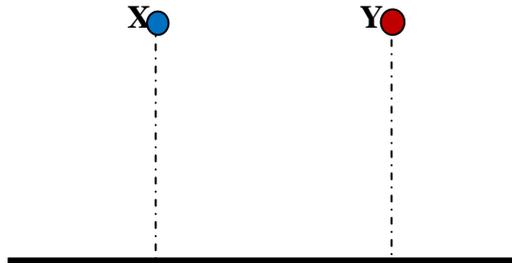
- (A) mayor para la moneda comparada con la hoja de papel extendida.
- (B) menor para la moneda comparada con la hoja de papel extendida.
- (C) igual para los dos cuerpos.
- (D) aproximadamente la mitad para la moneda comparada con la hoja de papel extendida.
- (E) aproximadamente la cuarta parte para la moneda comparada con la hoja de papel extendida.

33. Una pelota de ping pon que se deja caer desde el techo de un edificio de dos pisos hasta la superficie de la tierra:

- (A) al ser soltada mantiene su aceleración casi constante.
- (B) aumenta su aceleración mientras cae porque la atracción gravitatoria se hace considerablemente mayor cuanto más se acerca la piedra a la tierra.
- (C) aumenta su aceleración porque una fuerza de gravedad casi constante actúa sobre ella.
- (D) disminuye su aceleración debido a la tendencia natural de todos los objetos al caer.
- (E) disminuye su aceleración debido a que la fuerza de gravedad actúa sobre ella.

USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS CUATRO PREGUNTAS SIGUIENTES (34 a 37).

Al mismo tiempo, se deja caer una pelota X y desde la misma altura, una bola Y idéntica a la bola X es liberada para caer verticalmente hacia abajo.



34. Cuando la pelota Y vaya descendiendo ¿dónde estará la pelota X?

- (A) a la misma altura que la pelota Y.
- (B) encima de la pelota Y.
- (C) debajo de la pelota Y.
- (D) a la mitad de la altura de la pelota Y.
- (E) en la posición inicial.

35. ¿Cuál pelota alcanza el piso primero?

- (A) la pelota X por su velocidad
- (B) las dos pelotas alcanza el piso al mismo tiempo
- (C) la pelota X
- (D) la pelota Y
- (E) Ninguna de las anteriores

36. ¿Qué pelota alcanza el piso con mayor velocidad?

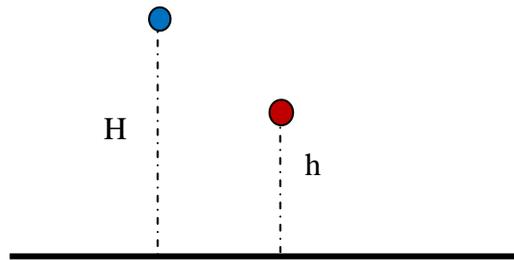
- (A) la pelota X.
- (B) la pelota Y.
- (C) las dos pelotas alcanzan el piso a la misma velocidad.
- (D) la pelota Y por su aceleración.
- (E) Ninguna de las anteriores

37. Durante la caída, la velocidad en cada una de las pelotas

- (A) Aumenta siendo mayor en Y y menor en X.
- (B) Aumenta y adquiere el mismo valor tanto en X como en Y.**
- (C) Aumenta siendo mayor en X y menor en Y.
- (D) Aumenta para X y es constante para Y.
- (E) Aumenta para Y y es constante para X

USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS CUATRO PREGUNTAS SIGUIENTES (38 a 40).

Una moneda se deja verticalmente hacia abajo desde dos alturas distintas (H y h). Considerando que la altura H es exactamente el doble de la altura h .



38. ¿Cómo es la aceleración de la moneda al final de su recorrido?

- (A) mayor al caer de la altura H .
- (B) menor al caer de la altura H .
- (C) igual en las alturas.
- (D) justamente la mitad de la altura H , en la altura h .
- (E) ninguna de las anteriores.

39. ¿Cómo es el tiempo que tarda la moneda en llegar al piso?

- (A) mayor si cae de la altura h
- (B) menor si cae de la altura H
- (C) igual en la altura H que en la altura h
- (D) mayor si cae de la altura H
- (E) ninguna de las anteriores

40. Cuando la moneda se deja caer, su velocidad:

- (A) adquiere distinto valor en cada punto de su trayectoria
- (B) presenta el mismo valor en cada punto de su trayectoria
- (C) se comporta inversamente proporcional a su aceleración
- (D) es igual a su aceleración
- (E) Ninguna de las anteriores

Anexo 2. Serie de CDI's

CDI 1

Nombre: _____ Boleta: _____ Grupo: _____
CLASES DEMOSTRATIVAS E INTERACTIVAS Hoja de Predicción - CAÍDA LIBRE
Instrucciones: Esta hoja se recogerá. Escriba su nombre en la parte superior para registrar su presencia y la participación en estas demostraciones. Siga las instrucciones de su instructor. Puede escribir lo que desee sobre la Hoja de Resultados adjunto y llevarla con usted.

Realiza las tres actividades que te mostrará tu profesor.

- Antes de realizar cada experimento anota tu predicción de lo que sucederá en cada caso.
- Realiza el experimento y anota tu resultado. Compara tu predicción con tu resultado.
- Comenta con tus compañeros tu resultado y elaboren una conclusión de lo sucedido para cada caso.

Demostración 1. Dejar caer dos monedas que sean de diferente peso.

Predicción:	Resultado:
Conclusión:	

Demostración 2. Dejar caer dos objetos de diferente material y diferente peso (una moneda y una hoja de papel extendida).

Predicción:	Resultado:
Conclusión:	

Demostración 3. Dejar caer una moneda y una hoja de papel hecha bola.

Predicción:	Resultado:
Conclusión:	

CDI 1

Nombre: _____ Boleta: _____ Grupo: _____
CLASES DEMOSTRATIVAS E INTERACTIVAS Hoja de Resultado - CAÍDA LIBRE
Instrucciones: Puede escribir lo que desee sobre la Hoja de Resultados adjunto y llevarla con usted.

Realiza las tres actividades que te mostrará tu profesor.

- Antes de realizar cada experimento anota tu predicción de lo que sucederá en cada caso.
- Realiza el experimento y anota tu resultado. Compara tu predicción con tu resultado.
- Comenta con tus compañeros tu resultado y elaboren una conclusión de lo sucedido para cada caso.

Demostración 1. Dejar caer dos monedas que sean de diferente peso.

Predicción:	Resultado:
Conclusión:	

Demostración 2. Dejar caer dos objetos de diferente material y diferente peso (una moneda y una hoja de papel extendida).

Predicción:	Resultado:
Conclusión:	

Demostración 3. Dejar caer una moneda y una hoja de papel hecha bola.

Predicción:	Resultado:
Conclusión:	

CDI 3

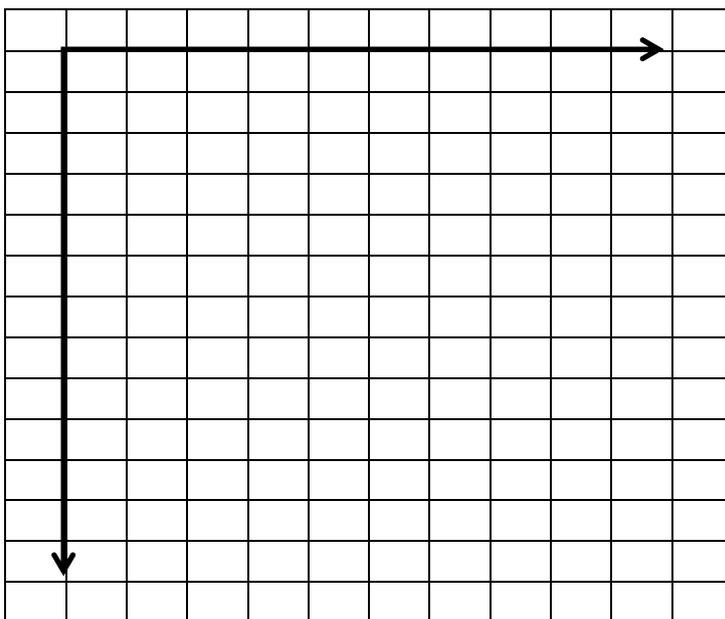
Nombre: _____ Boleta: _____ Grupo: _____ CLASES DEMOSTRATIVAS E INTERACTIVAS Hoja de Predicción - CAÍDA LIBRE Instrucciones: Esta hoja se recogerá. Escriba su nombre en la parte superior para registrar su presencia y la participación en estas demostraciones. Siga las instrucciones de su instructor. Puede escribir lo que desee sobre la Hoja de Resultados adjunto y llevarla con usted.
--

Demostración 1: Realiza 5 mediciones y registre los datos.

Tabla 1

s (m)	t (s)	k ()	$a = \frac{2(s - v_0)}{t^2}$ ()	v = v ₀ + a t ()

A. Grafica desplazamiento-tiempo (s - t).

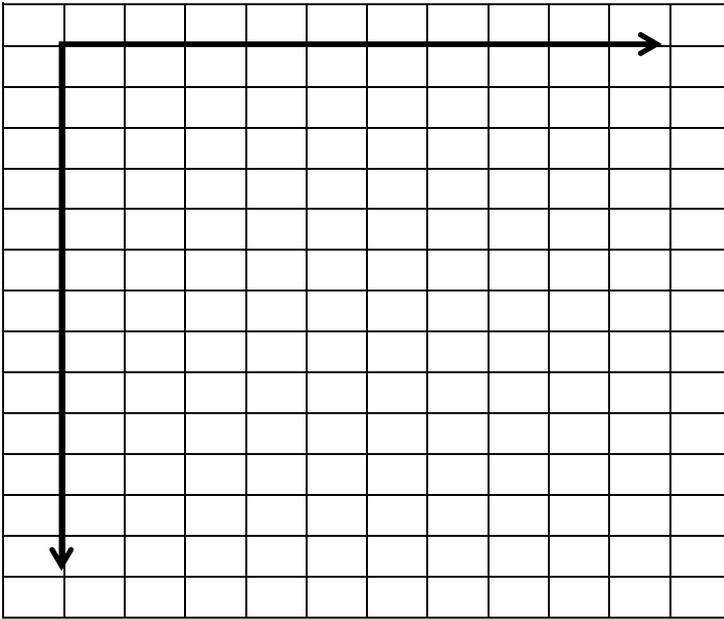


Tipo de relación.

Modelo matemático.

Interpretación

B. Ya calculada la velocidad, elabora la gráfica velocidad-tiempo ($v - t$). Analiza y concluye.

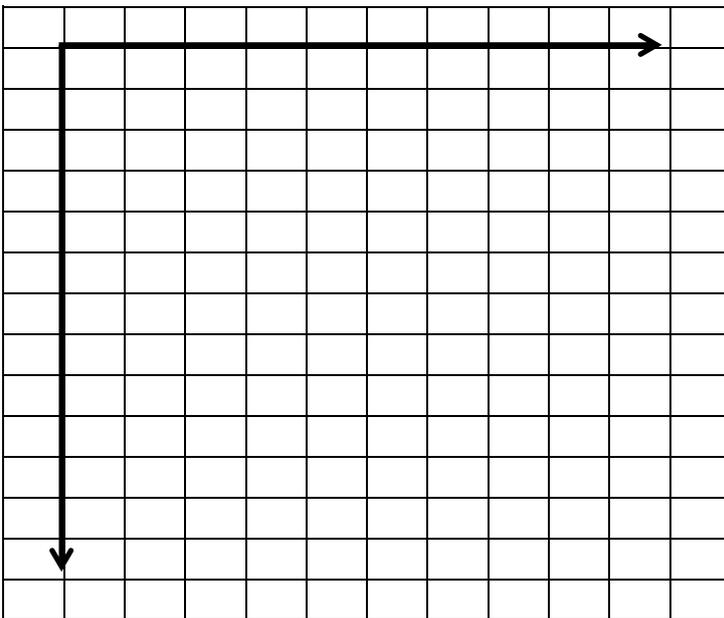


Tipo de relación.

Modelo matemático.

Interpretación

C. Realiza la gráfica aceleración-tiempo ($a - t$). Analiza y concluye.



Tipo de relación.

Modelo matemático.

Interpretación

CONCLUSIÓN:

CDI 3

Nombre: _____
Boleta: _____ **Grupo:** _____

CLASES DEMOSTRATIVAS E INTERACTIVAS
Hoja de Resultado - CAÍDA LIBRE

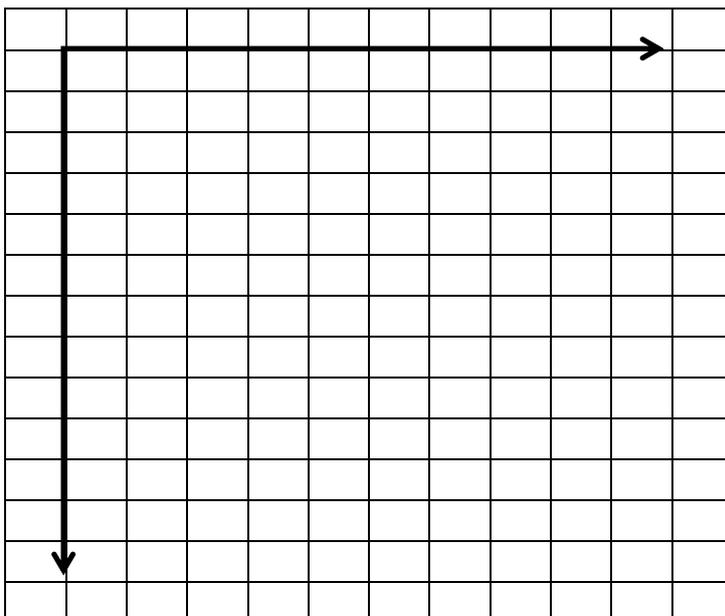
Instrucciones: Puede escribir lo que desee sobre la Hoja de Resultados adjunto y llevarla con usted.

Demostración 1: Realiza 5 mediciones y registre los datos.

Tabla 1

s (m)	t (s)	k ()	$a = \frac{2(s - v_0)}{t^2}$ ()	$v = v_0 + a t$ ()

A. Grafica desplazamiento-tiempo (s - t).

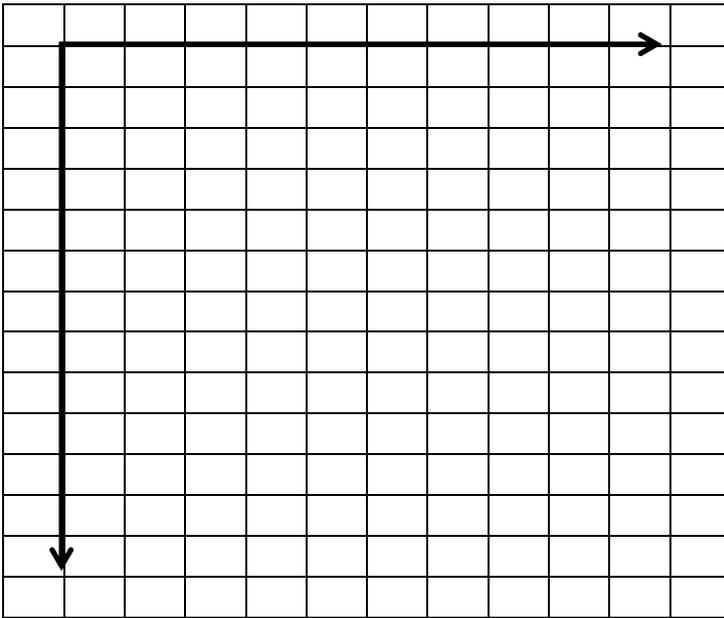


Tipo de relación.

Modelo matemático.

Interpretación

B. Ya calculada la velocidad, elabora la gráfica velocidad-tiempo ($v - t$). Analiza y concluye.

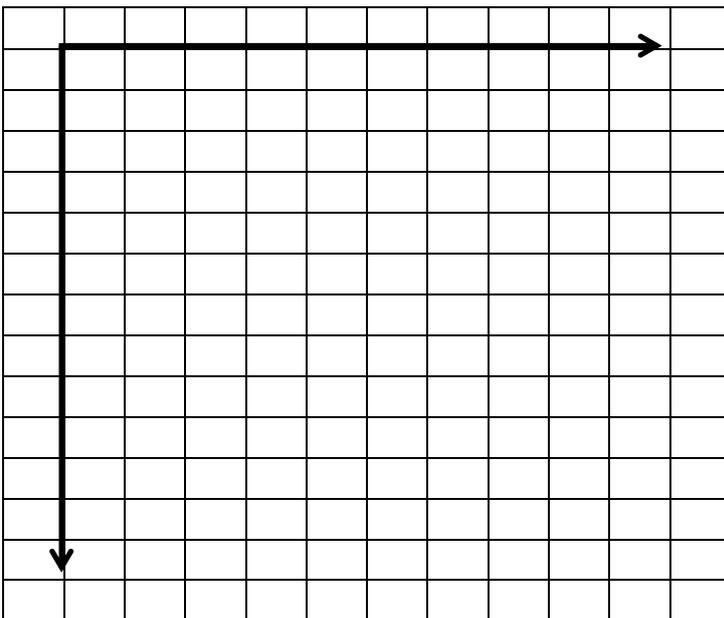


Tipo de relación.

Modelo matemático.

Interpretación

C. Realiza la gráfica aceleración-tiempo ($a - t$). Analiza y concluye.



Tipo de relación.

Modelo matemático.

Interpretación

CONCLUSIÓN:

CDI 4

Nombre: _____

Boleta: _____ Grupo: _____

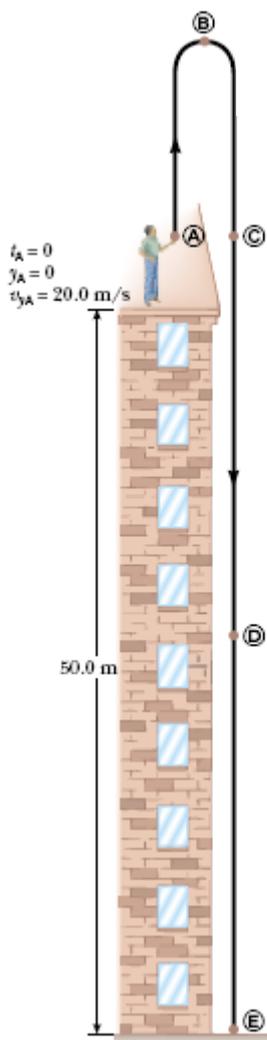
CLASES DEMOSTRATIVAS E INTERACTIVAS

Hoja de Predicción - CAÍDA LIBRE

Instrucciones: Esta hoja se recogerá. Escriba su nombre en la parte superior para registrar su presencia y la participación en estas demostraciones. Siga las instrucciones de su instructor. Puede escribir lo que desee sobre la Hoja de Resultados adjunto y llevarla con usted.

Demostración 1: Una piedra es lanzada desde lo alto de un edificio con una velocidad inicial de 20 m/s verticalmente hacia arriba. El edificio es 50 m de alto, al alcanzar su altura máxima, la piedra baja librando el borde del techo en su camino hacia abajo, como se muestra en la figura. Analiza la figura y determina lo que se te pide explicando en cada caso:

- El tiempo en que la piedra alcanza su altura máxima
- La altura máxima.
- El tiempo en que la piedra vuelve a la altura de la que fue arrojada.
- La velocidad y la posición de la piedra en un tiempo de 5 segundos.
- La velocidad de la piedra en el instante de chocar con el piso.



a)

b)

c)

d)

CDI 4

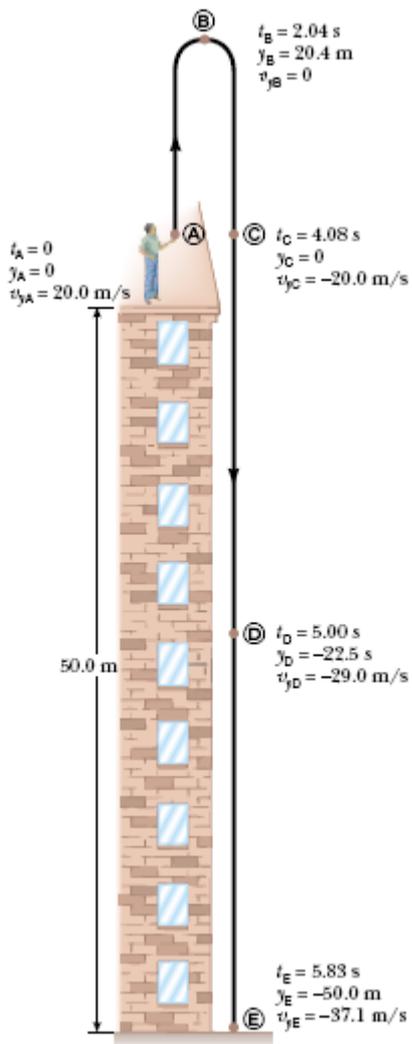
Nombre: _____
Boleta: _____ Grupo: _____

CLASES DEMOSTRATIVAS E INTERACTIVAS Hoja de Resultado - CAÍDA LIBRE

Instrucciones: Puede escribir lo que desee sobre la Hoja de Resultados adjunto y llevarla con usted.

Demostración 1: Una piedra es lanzada desde lo alto de un edificio con una velocidad inicial de 20 m/s verticalmente hacia arriba. El edificio es 50 m de alto, al alcanzar su altura máxima, la piedra baja librando el borde del techo en su camino hacia abajo, como se muestra en la figura. Analiza la figura y determina lo que se te pide explicando en cada caso:

- El tiempo en que la piedra alcanza su altura máxima
- La altura máxima.
- El tiempo en que la piedra vuelve a la altura de la que fue arrojada.
- La velocidad y la posición de la piedra en un tiempo de 5 segundos.
- La velocidad de la piedra en el instante de chocar con el piso.



a)

b)

c)

d)

Anexo 3. Cuestionario de evaluación de la instrucción recibida con CDI's

Grupo: _____

No. de Boleta: _____

El siguiente cuestionario no cuenta para tu calificación, su objetivo es evaluar la implementación de las actividades realizadas y tu opinión acerca de su desarrollo, esto con el propósito lograr una mejora en la enseñanza de la física, por lo cual te pido tu colaboración contestando de una manera breve, clara y sincera.

Marca con una X la opción de tu respuesta

1. ¿Cuál fue tu grado de satisfacción en la realización de las actividades para el tema de caída libre.

- BAJO
- MEDIO
- ALTO
- MUY ALTO

2. ¿Cuál de las actividades te gusto más? Y ¿por qué?

3. ¿Cómo calificarías tu nivel de comprensión en el tema de Movimiento en Caída Libre que fue desarrollado con la metodología de CDI's?

- BAJO
- MEDIO
- ALTO
- MUY ALTO

4. ¿Cómo calificarías tu nivel de comprensión en el tema de Movimiento Circular Uniforme (MCU) desarrollado en una clase teórica?

- BAJO
- MEDIO
- ALTO
- MUY ALTO

5. Si pudieras hacer una comparación de los temas desarrollados en una clase teórica con el tema de caída libre desarrollado con la metodología de CDI's, ¿En cuál crees haber obtenido un mejor nivel de comprensión del tema?

- MOVIMIENTO EN CAÍDA LIBRE
- MOVIMIENTO CÍRCULAR UNIFORME

6. ¿Cómo calificarías la frecuencia de tu participación en el desarrollo de las actividades realizadas para el tema Movimiento en Caída Libre?

- BAJO
- MEDIO
- ALTO
- MUY ALTO

7. ¿Cómo es la interacción con tus compañeros en los temas Caída Libre y MCU?

- | | | | |
|--------------------|--|------------|--|
| CAÍDA LIBRE | <input type="checkbox"/> PERMANENTE | MCU | <input type="checkbox"/> PERMANENTE |
| | <input type="checkbox"/> ESPORÁDICA | | <input type="checkbox"/> ESPORÁDICA |
| | <input type="checkbox"/> AL INICIO DE SESIÓN | | <input type="checkbox"/> AL INICIO DE SESIÓN |
| | <input type="checkbox"/> NULA | | <input type="checkbox"/> NULA |

8. ¿Cómo te gusta que sea el trabajo en tu clase: individual o en equipo? ¿Por qué?

9. ¿Cómo se comportaron tus compañeros contigo durante el trabajo en equipo?

10. Al realizar las actividades del Tema Movimiento en Caída Libre, ¿Crees que sea de utilidad escribir las predicciones y tus resultados finales? ¿Por qué?

11. De acuerdo a tu experiencia, comparte por lo menos una diferencia entre una clase con la metodología de CDI's y una clase tradicional.

12. Por último, te pido que menciones y expliques un fenómeno o suceso de tu vida diaria donde se aplican los conocimientos que aprendiste sobre el movimiento en caída libre
