

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**“MAGÍSTER EN ENSEÑANZA DE LA FÍSICA”**

**TEMA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO AUTOINSTRUCCIONAL PARA LA  
RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CAÍDA LIBRE DE LOS CUERPOS”**

**AUTOR**

**VICTOR HUGO VELASCO GALARZA**

**Guayaquil - Ecuador**

**AÑO**

**2015**

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Lissette e hijas Génesis, Samantha y Sofía.

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas que saben que han aportado en mi formación como Magister en la Enseñanza de La Física. A mi Director de Tesis, M.Sc. Jaime Vásquez Tito y a mi colega Ing. Mayken Espinoza Andaluz, por arengarme a la culminación de esta nueva etapa profesional. A mis estudiantes fuente de inspiración para mejorar en mi labor como docente día a día. Al PhD. Peter Iza Toapanta que con sus exigencias fortalecieron este trabajo de investigación y que formaron en mí un aprendizaje duradero.

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual de la misma a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas**, de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

---

**VICTOR HUGO VELASCO GALARZA**

## **TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

**M.Sc. Carlos Moreno Medina**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**M.Sc. Jaime Vásquez Tito**  
**DIRECTOR DE LA TESIS**

---

**PhD. Peter Iza Toapanta**  
**VOCAL DEL TRIBUNAL**

**AUTOR**

---

**VICTOR HUGO VELASCO GALARZA**

## RESUMEN

El presente trabajo de Investigación Basada en Diseño propone como alternativa para mejorar el rendimiento de los estudiantes en el t3pico de Ca3da Libre de los Cuerpos, a un M3dulo Autoinstruccional Computarizado, el cual fue realizado en Excel siguiendo la metodolog3a de ense1anza del instruccinismo desarrollada por Robert Gagn3 con el prop3sito de mejorar la habilidad cognitiva de resoluci3n de problemas. Este M3dulo Autoinstruccional se verific3 en dos intervenciones; en la primera, colegas y ex alumnos del autor lo revisaron y dieron sus aportaciones al mismo; en la segunda intervenci3n participaron 40 alumnos de un curso de nivelaci3n de F3sica para el ingreso a la universidad sede de la investigaci3n, de los cuales 20 ejecutaron el m3dulo en un laboratorio de computaci3n, y los otros 20 alumnos conformaron el grupo de control recibiendo la clase en el aula de forma tradicional.

Para medir los rendimientos de los estudiantes que participaron en la investigaci3n se dise1n3 una prueba de entrada/salida, la cual fue realizada por ambos grupos antes y despu3s de ejecutar el M3dulo Autoinstruccional y de recibir la clase de resoluci3n de problemas en forma tradicional, respectivamente. Adem3s, para corroborar la validez de la intervenci3n del M3dulo Autoinstruccional en la mejora del rendimiento de los estudiantes que lo ejecutaron, se sometieron los resultados de las pruebas de entrada y de salida de los mismos a un an3lisis por medio del estad3stico “t pareada de Student” con un grado de significancia de  $\alpha = 0.05$ . Finalmente, los resultados de las pruebas de entrada y de salida de ambos grupos se les realizaron un an3lisis por medio de “La Ganancia Normalizada de Hake”, obteni3ndose una ganancia normalizada promedio de Hake de 0.61 para el grupo que ejecut3 el M3dulo Autoinstruccional, lo cual corresponde a una ganancia media.

TABLA DE CONTENIDO	PÁG.
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DECLARACIÓN EXPRESA.....	IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.....	V
AUTOR.....	VI
RESUMEN.....	VII
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. CONTEXTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. DECLARACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	4
2.1 MÉTODO DE ENSEÑANZA.....	5
2.1.1 TEORÍA INSTRUCCIONAL DE ROBERT GAGNÉ.....	5
2.2 HABILIDAD COGNITIVA.....	10
2.2.1 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	10
2.3 CONCEPCIONES ALTERNATIVAS.....	12
2.4 MATERIALES EDUCATIVOS COMPUTARIZADOS.....	13
2.4.1 EXCEL.....	13



2.5	INVESTIGACIÓN BASADA EN DISEÑO.....	14
2.6	PRUEBA DE T PAREADA DE STUDENT.....	15
2.7	GANANCIA NORMALIZADA DE HAKE.....	16
2.8	CAÍDA LIBRE.....	17
CAPÍTULO III .....		23
MÉTODO.....		23
3.1	PRIMERA INTERVENCIÓN.....	23
3.1.1	SUJETOS.....	23
3.1.2	TAREA INSTRUCCIONAL.....	23
3.1.3	DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO COMPUTACIONAL APLICADO.....	24
3.1.4	PROCEDIMIENTO.....	27
3.2	SEGUNDA INTERVENCIÓN .....	27
3.2.1	SUJETOS.....	27
3.2.2	TAREA INSTRUCCIONAL.....	28
3.2.3	PROCEDIMIENTO.....	28
CAPÍTULO IV.....		30
RESULTADOS .....		30
4.1	TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	30
4.2	RESULTADOS DE LA T DE STUDENT .....	32
4.3	RESULTADOS DE LA GANANCIA NORMALIZADA DE HAKE.....	33
4.4	RESULTADOS DE GRUPO DE CONTROL.....	36
4.4.1	TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	36

4.4.2 RESULTADOS DE LA GANANCIA NORMALIZADA DE HAKE .....	38
CAPÍTULO V .....	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
5.1 CONCLUSIONES .....	42
5.2 RECOMENDACIONES.....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

CONTENIDO DE FIGURAS	Pág.
Figura 1.1. Factores Externos e Internos que afectan a un acontecimiento didáctico.....	06
Figura 1.2. Relación entre las fases del aprendizaje con los eventos de la instrucción.....	10
Figura 2.1. Análisis de un objeto ascendiendo y descendiendo por efectos de la gravedad.....	20
Figura 3.1. Imagen del primer problema expuesto en el Módulo Autoinstruccional.....	24
Figura 3.2. Imagen en la que se visualiza la instrucción dada por el módulo para la resolución del primer literal propuesto en el primer problema. ....	25
Figura 3.3. Imagen de pantalla que presenta el desarrollo de uno de los literales del primer problema.....	26
Figura 3.4. Imagen de pantalla de final del problema 1.....	26
Figura. 4.1. Comparación de los resultados de las pruebas de entrada y salida de los estudiantes que realizaron el Módulo Autoinstruccional. ....	31
Figura 4.2. Ganancia normalizada de Hake de cada estudiante que ejecutó el Módulo Autoinstruccional.....	35
Figura. 4.3. Comparación de los resultados de las pruebas de entrada y salida de los estudiantes que recibieron la clase tradicional.....	38
Figura 4.4. Ganancia normalizada de Hake de cada estudiante que recibió la clase tradicional.....	40
Figura 4.5. Ganancia normalizada promedio de Hake versus el promedio de la prueba de entrada.....	41

CONTENIDO DE TABLAS	Pág.
Tabla 2.1. Aceleración de la gravedad de acuerdo al sistema de referencia.....	19
Tabla 4.1. Aciertos de los estudiantes que realizaron el Módulo Autoinstruccional.....	30
Tabla 4.2. Datos necesarios para calcular la t de Student.....	32
Tabla 4.3. Valores calculados y determinados para la prueba t de Student.....	33
Tabla 4.4. Resultados para la ganancia normalizada individual y promedio de Hake.....	34
Tabla 4.5. Aciertos de los estudiantes que recibieron la clase tradicional.....	37
Tabla 4.6. Resultados para la ganancia normalizada individual y promedio de Hake en los estudiantes que recibieron clase tradicional.....	39

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

El falso criterio de los estudiantes de Física de nivel medio es que la resolución de problemas se limita al uso de innumerables fórmulas, sin darse cuenta que realmente para poder resolver un problema se debe dominar los conceptos que rigen al tópico que se revisa y en algunos casos los de su predecesor, y así poder razonar los problemas de aplicación y el cómo se abordará la solución del mismo antes de tomar la decisión de cual(es) ecuación(es), que rijan al fenómeno analizado, puede(n) ser aplicada(s).

A lo largo del desarrollo de la Maestría en Enseñanza de la Física se ha aprendido a reconocer las Concepciones Alternativas de los estudiantes, que no son más que ideas previas acerca de los tópicos que se vayan a desarrollar y que en algunos casos distan de ser del todo correctas, o incluso puede tratarse de conceptos incompletos, lo que lleva al estudiante a resolver problemas en forma incorrecta y en ocasiones hasta con procedimientos innecesariamente extensos.

Es así que considerando a la Cinemática como un pilar fundamental de la Mecánica, se realizó el estudio de Las Concepciones Alternativas en el tópico de la Caída Libre de los Cuerpos, ya que este tópico marca la culminación del entendimiento de la cinemática en una dimensión y el inicio del aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones. El estudio de dichas Concepciones Alternativas permitió realizar esta Investigación Basada en Diseño; en la que se desarrolló un procedimiento para resolver problemas de Caída Libre de los Cuerpos, como aporte al mejoramiento del rendimiento de los estudiantes,

basado en el uso de los conceptos adquiridos en el estudio de la cinemática en una dimensión y a través de una herramienta computacional.

En este trabajo se plantea el Diseño de un Módulo Autoinstruccional, el cual se desarrolló en Excel y que sigue un procedimiento ordenado y sistemático que encamina al estudiante a la correcta resolución de dos problemas básicos de Caída Libre de los Cuerpos, haciendo que escoja un sistema de referencia y compare el mismo con todas las cantidades vectoriales involucradas en el problema, antes de seleccionar la o las ecuaciones adecuadas según los datos e interrogantes a determinar.

## **1.1. CONTEXTO DEL PROBLEMA**

Es recurrente el observar que en la unidad de cinemática uno de los principales inconvenientes del estudiante es el de prescindir de un sistema de referencia, lo que hace que las cantidades físicas vectoriales como: el desplazamiento, la velocidad y la aceleración, sean tratados como simples números a ser reemplazados en una fórmula.

Además, se ha observado también que los estudiantes poseen el preconcepto errado de que la Física es un conjunto de “*fórmulas*” que deben ser aprendidas de memoria dependiendo del tema que estén desarrollando en sus clases; lo que ocasiona que el estudiante no utilice de forma alguna el razonamiento lógico al momento de resolver problemas de aplicación en la Física, lo que deriva en un bajo aprovechamiento.

Los estudiantes llegan al tópico de Caída Libre de los Cuerpos y divorcian a este tema con la cinemática en una dimensión recientemente estudiada, por lo que es necesario

que se realice una introducción a este tópico como un caso particular del movimiento rectilíneo uniformemente variado (M.R.U.V) con una aceleración de igual valor al de la gravedad; indicándoles a los estudiantes que por lo tanto las ecuaciones a utilizar seguirán siendo las mismas del M.R.U.V y que debe aplicarse un sistema de referencia para resolver problemas al respecto.

## **1.2. DECLARACIÓN DEL PROBLEMA**

De acuerdo con lo antes expuesto, se ha podido identificar que el problema radica en el bajo rendimiento de los estudiantes en la resolución de problemas relacionados con la Caída Libre de los Cuerpos, debido a la falta de conceptualización de los parámetros vectoriales como desplazamiento, velocidad y aceleración, lo que hace que al momento de resolver problemas no utilicen un sistema de referencia.

## **1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

Para este estudio se establece la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo afecta en el rendimiento de los estudiantes la resolución de problemas utilizando la Teoría Instruccional de Robert Gagné en el tópico de Caída Libre de los Cuerpos, con la ayuda de un material educativo computarizado desarrollado en Excel?

## **1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

En la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Diseñar una prueba de entrada/salida para evaluar el nivel de conceptualización y de resolución de problemas de los estudiantes.

- Diseñar un material educativo computarizado para promover en los estudiantes la conceptualización, durante la resolución de problemas de caída libre de los cuerpos.
- Aplicar la prueba de entrada/salida, así como implementar el uso del material educativo computarizado.
- Analizar los rendimientos de los estudiantes antes y después del uso del material educativo computarizado.

## **1.5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

Considerando el problema de investigación declarado, se plantea la hipótesis nula  $H_0$  y la hipótesis alterna  $H_1$ , que se detallan a continuación:

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** No existe diferencia significativa entre la media de los resultados obtenidos en la prueba de salida ( $\mu_2$ ) y la media de los resultados obtenidos en la prueba de entrada ( $\mu_1$ ) en un grupo de estudiantes del curso de nivelación en Física de una Universidad de Guayaquil, en el tópico de Caída Libre de los Cuerpos, luego de la intervención con el módulo computarizado. Por tanto, considerando la definición de la hipótesis nula, esta queda expresada como  $H_0: \mu_2 - \mu_1 = 0$ .

**Hipótesis Alterna ( $H_1$ ):** La media de los resultados obtenidos en la prueba de salida ( $\mu_2$ ) que se realizó a un grupo de estudiantes del curso de nivelación en Física de una Universidad de Guayaquil, en el tópico de Caída Libre de los cuerpos, es mayor a la media de los resultados obtenidos en la prueba de entrada ( $\mu_1$ ), luego de la intervención con el módulo computarizado. Por tanto, considerando la definición de la hipótesis alterna, esta queda expresada como  $H_1: \mu_2 - \mu_1 > 0$ .





## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LA LITERATURA**

#### **2.1 MÉTODO DE ENSEÑANZA**

##### **2.1.1 TEORÍA INSTRUCCIONAL DE ROBERT GAGNÉ**

El aprendizaje según Gagné consiste en la permanencia de un cambio en la capacidad o disposición humana por cierto periodo de tiempo, que no ha sido producido por procesos madurativos. De tal forma que, la teoría del aprendizaje de Gagné y sus procesos pueden explicarse como el ingreso de información a un sistema que la modificará y reorganizará al pasar por algunas estructuras hipotéticas, dando lugar a la emisión de una respuesta. [1].

Las condiciones del aprendizaje, entendidos como factores que facilitan el proceso de aprendizaje, pueden considerarse externos e internos:

Los factores externos encaminados por el docente a través de la enseñanza, tales como: la contigüidad de los contenidos, es decir que los contenidos sean secuenciales y en un orden tal que el aprendizaje del estudiante sea sistemático; la repetición, cada vez que sea necesario el traer a mención un tópico que se lo haya visto antes y que sea de fundamental relevancia para el desarrollo de uno nuevo; y el reforzamiento, con lo cual se asegura el aprendizaje por parte del estudiante ya que en éste se hace hincapié sobre cuáles son los puntos de primordial significancia para el desarrollo del conocimiento.

Los factores internos, considerados como las capacidades del individuo previo a un nuevo proceso de aprendizaje; pueden ser: la información o conocimiento previo, las habilidades intelectuales propias del individuo y las estrategias que éste aplique para aprender y recordar.

La siguiente figura 1.1 muestra en resumen a los factores externos e internos que afectan un acontecimiento didáctico [2]:



Figura 1.1. Factores Externos e Internos que afectan a un acontecimiento didáctico.  
Fuente: Adaptada de Gutiérrez,R., (1989). Psicología y Aprendizaje de las Ciencias. El Modelo de Gagné. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), (p.153)

Para Gagné, el cambio de una capacidad o disposición humana ocurre cuando la conducta del individuo cambia como consecuencia del aprendizaje. Se habla del aprendizaje como un procesamiento de información que persiste en el tiempo, cuando ésta pasa a la memoria de largo alcance, quedando fija y pudiendo ser recuperada en el futuro [3].

De acuerdo con este planteamiento, Gagné elabora otro esquema de los mecanismos internos involucrados en el proceso de aprendizaje, denominados fases o etapas en el acto de aprender, las cuales, como establece Meza y Lazarte [4] son:

- Fase de motivación: Motivación externa o interna, que impulse al estudiante a alcanzar un objetivo.
- Fase de comprensión: Fase en la que se direcciona la atención del estudiante hacia el elemento que debe ser aprendido.
- Fase de adquisición: Fase en que la información recibida se codifica para ser llevada desde la memoria de corto plazo a la memoria de largo plazo.
- Fase de retención: Lo aprendido pasa a formar parte de la memoria a largo plazo de forma indefinida o con desvanecimiento paulatino.
- Fase de recordación de la información: La información puede ser recuperada desde la memoria de largo plazo por acción de estímulos externos.
- Fase de generalización: Fase en la que lo aprendido puede ser aplicado en un sinnúmero de situaciones diversas.
- Fase de desempeño: La información ya recuperada y generalizada puede ser verificada en situaciones determinadas mediante las respuestas de desempeño que el estudiante muestre.
- Fase de retroalimentación: fase en la que se fortalece lo aprendido mediante la confirmación de los logros al verificarse que se ha dado la respuesta correcta.

Para que las fases del acto de aprender se puedan desarrollar, Gagné establece **nueve eventos de instrucción**, de acuerdo como lo indican Guerrero y Flores [5], los cuales son:

- Atraer la atención: evento en el cual se captura la atención del estudiante, pudiéndose lograr esto, por ejemplo, mediante preguntas concernientes al tema, presentando algún hecho concerniente al tema o mostrando alguna secuencia animada o multimedia.
- Informar el objetivo a conseguir: evento en el que se da a conocer de manera motivante al estudiante las expectativas específicas que será capaz de hacer cuando el aprendizaje se haya completado.
- Estimular el recuerdo de conocimientos previos: evento en el que se asocia los conocimientos previos con la nueva información, a fin de promover la codificación y el posterior almacenamiento en la memoria de largo plazo.
- Presentar el material estímulo: evento en el que el material se presenta al estudiante como un nuevo contenido, de una forma desglosada y organizada utilizando para ello todas las variedades de medios de comunicación como el texto, la narración, los gráficos, elementos de audio y videos entre otros.
- Guiar el aprendizaje: evento en el que el docente proporciona instigaciones directas e indirectas que favorecen a la codificación del nuevo contenido, realizando para ello ejemplos, contraejemplos, representaciones gráficas, analogías entre otros. Además, el docente tiene como rol el de guiar y verificar que los contenidos sean interpretados en forma adecuada al entablar comunicación directa con sus estudiantes, existiendo la posibilidad de que sean ellos mismos los que guíen su propio aprendizaje.
- Producir la actuación o conducta: evento en el que el estudiante pone en práctica la nueva habilidad aprendida, incrementando así la probabilidad de retención

confirmando el aprendizaje establecido como objetivo. Se evidencia el aprendizaje como un cambio manifestado en una conducta.

- Proporcionar retroalimentación: evento en el que se proporciona ayuda específica e inmediata con respecto al desempeño del estudiante, asistiendo al mismo en la resolución de ejercicios para efectos de su comprensión y codificación.
- Valorar la actuación: evaluación formativa en la que se pide al estudiante un desempeño adicional para confirmar la competencia adquirida, sin discontinuar una retroalimentación.
- Promover la retención y fomentar la transferencia: evento en el que se le brinda al alumno una mirada más amplia de su nuevo conocimiento hacia otros contextos, reteniendo así la información obtenida y fomentando la transferencia empleando lo aprendido en otras situaciones.

En la siguiente figura 1.2 se pone de manifiesto la relación entre las fases del aprendizaje, ejecutadas por los estudiantes, y los eventos de la instrucción para la consecución del aprendizaje, de los cuales son responsables los instructores. En la figura 1.2 no aparece la fase de retención porque ésta es exclusividad del estudiante.



Figura 1.2. Relación entre las fases del aprendizaje con los eventos de la instrucción  
Fuente: Elaborado por el autor.

## **2.2 HABILIDAD COGNITIVA**

### **2.2.1 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

El aprendizaje de la Física requiere el empleo de las operaciones mentales de mayor complejidad, por lo tanto debe evidenciarse con procedimientos tales como la resolución de problemas. [6]

Para Gaulin [7], los problemas o situaciones problemas son situaciones que demandan reflexión, búsqueda e investigación, además de una planeación de estrategia para poder llegar a una solución, la cual no necesariamente debe ser rápida o inmediata.

De acuerdo con Concari [8]: “La resolución de problemas implica una situación de transferencia de conocimientos, ocupando un lugar relevante en el proceso educativo universitario como estrategia de enseñanza, como actividad de aprendizaje y como instrumento de evaluación”.

El principal problema de los estudiantes de física básica en la enseñanza superior consiste en la resolución de problemas que se les plantea. Los estudiantes suponen que existe una receta o fórmula magistral que les permitirá resolver cualquier problema de Física... ¡y ya está! [9].

Para resolver problemas se debe establecer la relación entre las características de la situación y el conocimiento disponible, lo cual no es fácil de lograr. Cuando se define el problema se identifican las magnitudes físicas involucradas, así como también se define el sistema con el cual trabajar; pero su modelización se pone de manifiesto al momento de formular suposiciones e identificar las leyes que intervienen en el problema, es esto lo que finalmente permite aplicar en forma específica las leyes y ecuaciones constitutivas a cada situación [8].



### **2.3 CONCEPCIONES ALTERNATIVAS**

Las concepciones alternativas son un conjunto de ideas científicas que el alumno posee antes del inicio de un aprendizaje, también denominadas: ideas previas, estructura conceptual, error conceptual, ciencia de los alumnos, miniteorías, entre otras [10].

Considerar el conocimiento previo como errores, concepciones ingenuas o concepciones alternativas, en relación a las concepciones científicas; supone a los alumnos como incompletos, imperfectos o deficientes en comparación con los especialistas; lo cual es inadecuado para las cuestiones de desarrollo cognitivo allí involucradas. Es más fructífero considerar a los alumnos como un sistema dinámico con mecanismos regulatorios capaces de asegurar su progreso cognitivo [11].

Siempre que se cuestiona a los estudiantes y se obtienen respuestas erradas de alguna aplicación conceptual de un tópico en específico, se dice que el estudiante comete errores conceptuales; sin embargo, son las ideas que llevan a cometer tales errores las denominadas concepciones alternativas, pues responden a la existencia de ideas muy diferentes a las ideas científicas que se quiere enseñar [12].

Las concepciones alternativas forman verdaderos esquemas conceptuales dentro de la mente que incluso poseen cierta coherencia interna, a tal punto de no ser visto como errores o como algo negativo, sino más bien como una estructura cognitiva que interacciona con la información del exterior y además juega un papel muy importante en el aprendizaje [13].

Las preguntas que se realizan al iniciar o finalizar un tema son diseñadas para recabar información de las posibles ideas alternativas que posean los estudiantes; antes de un tema para detectar las concepciones alternativas, o al finalizar el mismo para comprobar si dichas concepciones ya fueron superadas y cambiadas por los conceptos correctos que hemos tratado de enseñar. En definitiva las cuestiones sobre ideas alternativas deben ser parte del modelo enseñanza-aprendizaje [14].

## **2.4 MATERIALES EDUCATIVOS COMPUTARIZADOS**

### **2.4.1 EXCEL**

Según Anaya, Hernández y Corchuelo [15], el uso del computador y otros tipos de tecnologías dentro del salón de clases se ha ido masificando con miras a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje; sin embargo no se han utilizado en forma contundente como una estrategia didáctica, es decir, más allá de usar un software para crear presentaciones.

En Excel, no se necesita tener un conocimiento profundo sobre programación y por lo tanto es de fácil uso para el profesor y para el estudiante. Casi todo computador posee el paquete utilitario OFFICE, con lo cual Excel resulta de muy fácil accesibilidad [16].

En definitiva la herramienta informática Excel es de gran utilidad ya que nos permite optimizar la realización de proyectos y desarrollar en forma sistemática el procesamiento de datos, a fin de dar una solución rápida y confiable a la problemática planteada en cualquiera que sea el caso de aplicación. Además, Excel nos permite manipular las variables de algún fenómeno estudiado, es decir variando datos podemos

observar lo que ocurriría con los resultados y así también ayudaría al correcto entendimiento del tópico o fenómeno analizado [17].

## **2.5 INVESTIGACIÓN BASADA EN DISEÑO**

El diseño en educación, busca que el diseño instruccional y la investigación sean interdependientes, en donde la investigación incluya tanto el diseño como la experimentación en contextos de clase, así como la evaluación de resultados [18].

Las fases del “estudio de diseño” de acuerdo con Garello, Reinaudo y Donolo [19] son:

- La preparación del diseño: abarca la definición de metas de aprendizaje, el describir las condiciones iniciales, definir intenciones teóricas del experimento y por supuesto el desarrollar el diseño instructivo que deseamos nos lleve al aprendizaje deseado.
- La implementación: aquí se desarrolla una secuencia iterativa de microciclos de diseño y mejoras del mismo, lo que son llamados como intervenciones del diseño.
- Análisis retrospectivo: al finalizar la implementación del diseño, se analizan los resultados recabados a fin de construir una nueva teoría instructiva en un futuro estudio de diseño.

En definitiva en la investigación basada en diseño se realizan experimentos muy próximos a la práctica habitual del docente, que consiste en el diseño, implementación y análisis de un conjunto de intervenciones que persiguen finalmente el aprendizaje por parte del alumno [20].

## **2.6 PRUEBA DE t PAREADA DE STUDENT**

En esta investigación el estadístico de prueba que se ha decidido aplicar para tomar la decisión de rechazar o no la hipótesis nula es la t pareada de Student, ya que el tamaño de la muestra es considerada pequeña ( $N < 30$ ) y porque además los datos se los presentan como observaciones pareadas, es decir existe una observación antes (calificaciones de la prueba de entrada) y una observación después de una determinada intervención (calificaciones de la prueba de salida) para un mismo sujeto.

“La Prueba t para dos muestras relacionadas compara las medias de dos variables de un solo grupo. Calcula las diferencias entre los valores de las dos variables y contrasta si la media difiere de cero. Se requieren al menos dos variables que representen valores para los dos miembros del par, por ejemplo, medidas pre-test y post-test”. [21].

Los pasos a seguir para la determinación de una decisión en cuanto a aceptar o rechazar una hipótesis mediante la aplicación de la Prueba de t – Student son [22]:

1. Ordenar los datos de acuerdo a los instantes antes y después de aplicado el diseño
2. Calcular la media aritmética de las diferencias

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{N}$$

3. Calcular la desviación estándar de la diferencias

$$sd = \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{N - 1}}$$

4. Calcular el valor t

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{sd}{\sqrt{N}}}$$

5. Calcular los grados de libertad

$$gl = N - 1$$

6. Obtener la probabilidad, comparando el valor t y de grados de libertad con la tabla respectiva ( ver ANEXO III)
7. Tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis

En esta investigación la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula, a favor de la hipótesis alterna, será determinada de acuerdo con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

## **2.7 GANANCIA NORMALIZADA DE HAKE**

“La ganancia normalizada de Hake es un parámetro que da cuenta de la evolución del aprendizaje del estudiante y evita el problema de comparar entre estudiantes de que inician un curso mejor preparados que otros, además permite determinar si una metodología de enseñanza es eficiente respecto del conocimiento inicial del estudiante” [23].

Para calcular la ganancia normalizada individual de Hake, se determina el aumento entre la prueba de entrada (P.E) y la prueba de salida (P.S) de cada uno de los estudiantes, y se le contrasta con respecto al máximo aumento posible, es decir [24]:

$$g = \frac{P.S - P.E}{\text{Máxima Calificación Posible} - P.E}$$

Para calcular la ganancia normalizada promedio de Hake, se confrontan los resultados promedios de la prueba de entrada ( $\overline{P.E}$ ) y los promedios de la prueba de salida ( $\overline{P.S}$ ), y se le contrasta con respecto al máximo aumento posible del promedio, es decir [25]:

$$\langle g \rangle = \frac{\overline{P.S} - \overline{P.E}}{\text{Máxima Calificación Posible} - \overline{P.E}}$$

La ganancia normalizada de Hake tiene como valor máximo la unidad, la cual se daría si en la prueba de salida se logra el puntaje máximo posible; y como valor mínimo cero, que se daría si en la prueba de salida se obtiene igual puntaje que en la prueba de entrada; es decir  $0 \leq \langle g \rangle \leq 1$ .

Para cotejar ambas pruebas se categorizan los resultados en tres niveles de logro [26]:

- a) “*Baja-g*”. Cuando el resultado obtenido para  $\langle g \rangle$  es  $< 0.3$
- b) “*Media-g*”. Cuando el resultado obtenido para  $g$  está en el rango,  $0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$
- c) “*Alta-g*”. Cuando el resultado obtenido para  $\langle g \rangle$  es  $\geq 0.7$ .

## **2.8 CAÍDA LIBRE**

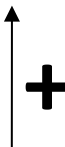

El movimiento vertical de un objeto dentro del campo gravitacional de la Tierra corresponde a uno de los ejemplos más comunes y de gran importancia práctica del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. La atracción gravitacional actúa sobre los cuerpos no soportados, en ausencia del rozamiento con el aire, provocando una aceleración hacia abajo de magnitud igual a  $9.8 \text{ m/s}^2$ . [27].

El término “Caída libre”, no debe ser tomado gramaticalmente, es decir no debe ser sólo empleado para objetos que se dirigen hacia abajo, sino que también encierra el análisis del movimiento de objetos que se mueven hacia arriba, siempre que estén influenciados por la aceleración de la gravedad y en ausencia de rozamiento con el aire [28]. Además, para fines de ser tratado como un movimiento rectilíneo uniformemente variado, debe considerarse a la aceleración de la gravedad como constante, aunque ésta no sea así ya que depende de la altura, sin embargo es bien sabido que en distancias cercanas a la superficie de la Tierra (unos cientos de metros) la misma no varía apreciablemente y mantiene su valor aproximado de  $9.8 \text{ m/s}^2$  y en unidades inglesas de  $32 \text{ pies/s}^2$  [29].

Los autores Alonso y Finn [30] tratan a la Caída Libre de los Cuerpos como “Movimiento vertical libre bajo la acción de la gravedad”, y nos indican que se puede tomar hacia arriba o hacia abajo como positivo, lo que definiría al sistema de referencia a ser utilizado, el mismo que debe ser definido primero para darles el signo correspondiente a las cantidades vectoriales involucradas en el problema a resolver.

Basado en lo anterior, la siguiente tabla muestra cómo debe tomarse a la gravedad de acuerdo con el sistema de referencia seleccionado.

Tabla 2.1. Aceleración de la gravedad de acuerdo al sistema de referencia seleccionado

<b>Aceleración de la gravedad de acuerdo al sistema de referencia escogido</b>	
Sistema de referencia:  Hacia Arriba Positivo	Sistema de referencia:  Hacia Abajo Positivo
$\vec{g} = (-9,8 \hat{j}) \text{ m/s}^2$	$\vec{g} = (+9,8 \hat{j}) \text{ m/s}^2$

Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla 2.1 se observa que cuando escogemos como sistema de referencia hacia arriba como positivo, y ya que la gravedad es un vector dirigido hacia abajo, la aceleración (gravedad) está en dirección contraria al sistema de referencia y por lo tanto, habría que considerarla como negativa. Escogiendo el sistema de referencia hacia abajo como positivo, la gravedad en este caso estaría a favor del mismo y por lo tanto, se le colocaría signo positivo.

Como la aceleración de la gravedad es tomada como constante, debe quedar claro que no va a cambiar ni en magnitud ni en dirección, y en el momento en que se escoge el sistema de referencia, éste deberá mantenerse durante toda la resolución del problema. Sin embargo, como nos dice Carrascosa [12], aún existen textos que no especifican el sistema de referencia a utilizar y que descomponen el análisis de un movimiento en otros dos, haciendo que los estudiantes no adopten con facilidad un único análisis sin descomposición.



En el análisis del movimiento de un objeto bajo la influencia de la gravedad; cuando éste se mueve hacia arriba estará desacelerando ya que la aceleración de la gravedad (vertical hacia el centro de la Tierra) está contraria al movimiento, por lo que en algún instante se detendrá (velocidad cero). Inmediatamente después de detenerse el objeto descenderá esta vez en forma acelerada, ya que en descenso la aceleración (la gravedad) seguirá constante hacia abajo, es decir en la misma dirección del movimiento, como lo muestra la figura 2.1.

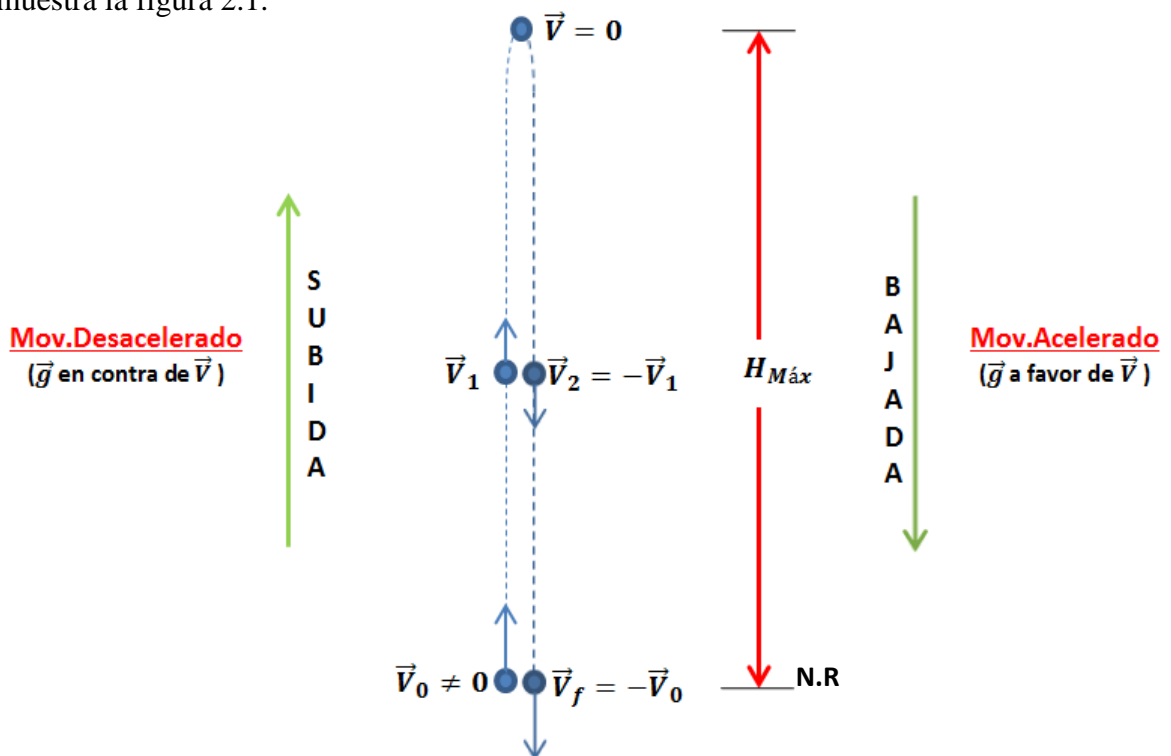


Figura 2.1. Análisis de un objeto ascendiendo y descendiendo por efectos de la gravedad  
Fuente: Elaborado por el autor

En esta figura se observa que los movimientos hacia arriba y hacia abajo son análogos, por tal razón las velocidades a un mismo nivel ( $\vec{V}_1$  y  $\vec{V}_2$  ó  $\vec{V}_0$  y  $\vec{V}_f$ ), la una en ascenso y la otra en descenso, son iguales en magnitudes (rapideces iguales) pero en direcciones opuestas, lo que se traduce o interpreta como velocidades de signos contrarios. En la misma figura, se observa además identificada la altura máxima ( $H_{Máx}$ ), que corresponde a la altura en donde su velocidad se hace cero ( $\vec{V} = 0$ ).

Teniendo en consideración que para la resolución de cualquier ejercicio o problema, la lectura del mismo es fundamental para el correcto entendimiento, se sugiere siempre que primero se realice una lectura completa del enunciado, sin nada más que sólo leer el enunciado; después de esta primera lectura que nos acerca a una completa idea del problema, recién ahí ejecutar el inicio de la resolución como tal del problema.

Para la resolución de problemas de Caída libre, en general, se puede proponer un procedimiento a seguir por parte de los estudiantes, y por ello es posible preparar un Módulo Autoinstruccional Computarizado, siempre con la guía del profesor. A continuación se detalla dicho conjunto de pasos procedimentales:

1. Realizar una gráfica de la situación descrita en el problema. El estudiante debe de bosquejar lo mejor posible el movimiento del objeto bajo la influencia de la gravedad, complementándolo con los datos que puedan obtenerse del enunciado.
2. Identificar los parámetros vectoriales de la cinemática de la partícula analizada. Dibujar los vectores: desplazamiento, velocidad y aceleración de la gravedad, en la gráfica del problema.
3. Seleccionar el sistema de referencia a utilizar. Decidir cuál sistema de referencia se va a utilizar a lo largo de toda la resolución del problema, es decir: hacia arriba o hacia abajo como positivo.
4. Comparar todos los parámetros vectoriales con el sistema de referencia escogido. A fin de colocar el signo correspondiente al desplazamiento, velocidades y aceleración de la gravedad, deben compararse sus direcciones con el sistema de referencia escogido y colocarles signo positivo si están a favor del sistema de referencia o negativo en caso de estar en contra del sistema de referencia.

5. Seleccionar la(s) ecuación(es) de la cinemática que mejor se adapte a los datos e interrogante(s) planteada(s) en el problema. A continuación se muestran las ecuaciones de la cinemática en la forma usualmente utilizada en el estudio de la Caída Libre de los Cuerpos:

a.  $\Delta\vec{y} = \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$

b.  $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g} t$

c.  $v^2 = v_0^2 + 2g\Delta y$

d.  $\Delta\vec{y} = \left(\frac{\vec{v}_0 + \vec{v}}{2}\right) t$

Donde se observa que corresponde a las mismas ecuaciones utilizadas en el estudio del movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV), lo cual no es de extrañar, teniendo en cuenta que la Caída Libre de los Cuerpos es un caso especial del MRUV, con una aceleración no solo constante sino universal como lo es la aceleración de la gravedad; y un desplazamiento ya no horizontal como se acostumbraba a estudiar en los movimientos rectilíneos predecesores a éste, sino que ahora es vertical y por ello se utiliza  $\Delta\vec{y}$  en vez de  $\Delta\vec{x}$ .

6. Evaluar la(s) ecuación(es) seleccionada(s) y resolver. Reemplazar los datos en la(s) ecuación(es) seleccionada(s) y despejar o resolver el sistema de ecuaciones en caso de ser necesario.

Como se puede apreciar, el procedimiento es el mismo que se debería de seguir en cualquier otro ejercicio de movimiento rectilíneo con aceleración constante.

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1 PRIMERA INTERVENCIÓN**

##### **3.1.1 SUJETOS**

En esta primera intervención participaron cuatro profesores de Física, a quienes nos referiremos en adelante como profesores revisores. Además, participaron también cuatro estudiantes de ingenierías que previamente ya habían aprobado los cursos de Física impartidos en la misma universidad sede de esta investigación, a quienes nos referiremos como estudiantes revisores. Los sujetos antes mencionados se encargaron de revisar la prueba de entrada/salida y el Módulo Autoinstruccional, dando opiniones favorables y no favorables, así como de aportaciones individuales.

##### **3.1.2 TAREA INSTRUCCIONAL**

La Tarea Instruccional consiste en un Módulo Autoinstruccional Computarizado elaborado en Excel sobre la resolución de problemas de Caída Libre de los Cuerpos. En este Módulo Autoinstruccional se detalla un procedimiento generalizado en dos ejercicios tipos que se resuelven a lo largo del mismo.

Esta tarea instruccional fue examinada en un tiempo promedio para los profesores revisores de una hora y para los estudiantes revisores en un tiempo promedio de una hora y veinte minutos.

### **3.1.3 DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO COMPUTACIONAL APLICADO**

El Módulo Autoinstruccional Computarizado se elaboró en Excel y se desarrolló proponiendo la resolución de dos problemas tradicionales en caída libre, los cuales se describen a continuación, así como también se redacta el detalle de las bondades de la tarea instruccional.

En la figura 3.1 se presenta parte de la primera pestaña, en donde se expone el primer problema y se presenta el desarrollo autoinstruccional del primer literal propuesto para resolver. Además, se observa en blanco el casillero de la rapidez del objeto, puesto que es el estudiante quien lo colocará en común acuerdo con el profesor y compañeros.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<b>PROBLEMA No.1</b>									
2	Desde el suelo se lanza un objeto verticalmente hacia arriba con una rapidez de <input type="text"/> m/s.									
3	Se desea determinar:									
4	a) La altura máxima alcanzada									
5	b) El tiempo empleado en subir (tiempo de subida)									
6	c) El tiempo empleado en ir y regresar al suelo									
7	d) La velocidad del objeto cuando regresa al suelo									
8										

Figura 3.1. Imagen del primer problema expuesto en el Módulo Autoinstruccional  
Fuente: Módulo Autoinstruccional elaborado por el autor

La figura 3.2 muestra la continuación de la primera pestaña, en donde se muestra las instrucciones que el módulo le presenta al estudiante para que desarrolle la solución del primer literal propuesto como incógnita en el problema, en donde nuevamente se observa los recuadros que deben ser llenados por los estudiantes, los cuales reciben una guía adicional a través de los comentarios que se incluyeron en las celdas.

9 **Literal a) Determinar la altura máxima alcanzada por el objeto**

10

11 I) Bosqueje una gráfica correspondiente al problema

12 II) Identifique datos e interrogantes en su gráfica

13 III) Dibuje el vector desplazamiento

14 IV) Seleccione un Sistema de Referencia:

15       Hacia arriba o hacia abajo positivo:

16

17 V) Compare todo parámetro vectorial con el Sistema de Referencia

18       Gravedad:         m/s<sup>2</sup>

19       Velocidad Inicial:  m/s

20       Desplazamiento:  m

21

22 Recuerda que cuando un objeto alcanza su altura máxima, en ese momento su velocidad es 0 m/s

23

24 VI) Seleccione la Ecuación de la Cinemática a aplicar:

25

26       Ecuación:

27

28 VII) Reemplace valores, despeje y calcule

29

30 VIII) Verifique su respuesta:

31       Verificación:  m

32

Figura 3.2. Imagen en la que se visualiza la instrucción dada por el módulo para la resolución del primer literal propuesto en el primer problema  
Fuente: Módulo Autoinstruccional elaborado por el autor

Cada literal es desarrollado en una pestaña a la vez, y el estudiante debe seguir las instrucciones dadas por el módulo, en donde para poder avanzar a la siguiente celda de interacción debe antes el módulo indicarle que está “Bien!”. Adicionalmente, como lo muestra la figura 3.3, al final del desarrollo de cada literal el módulo le da sus correspondientes “FELICITACIONES!”, lo que evidentemente motivará al estudiante a continuar con el desafío de seguir resolviendo el siguiente literal del problema.

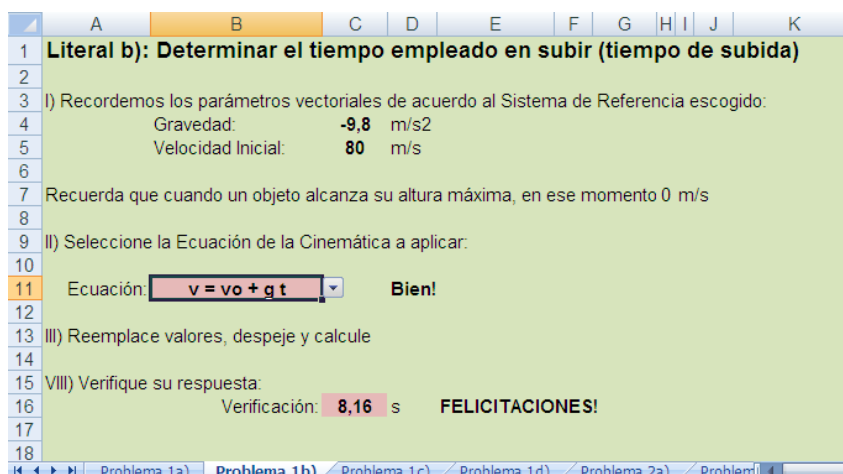


Figura 3.3. Imagen de pantalla que presenta el desarrollo de uno de los literales del primer problema  
 Fuente: Módulo Autoinstruccional elaborado por el autor

Finalmente, ya sea en el primero o segundo problema, al terminar el desarrollo de los mismos se presenta una gráfica con todo los valores calculados de acuerdo con el sistema de referencia escogido en principio, tal como lo muestra la figura 3.4.

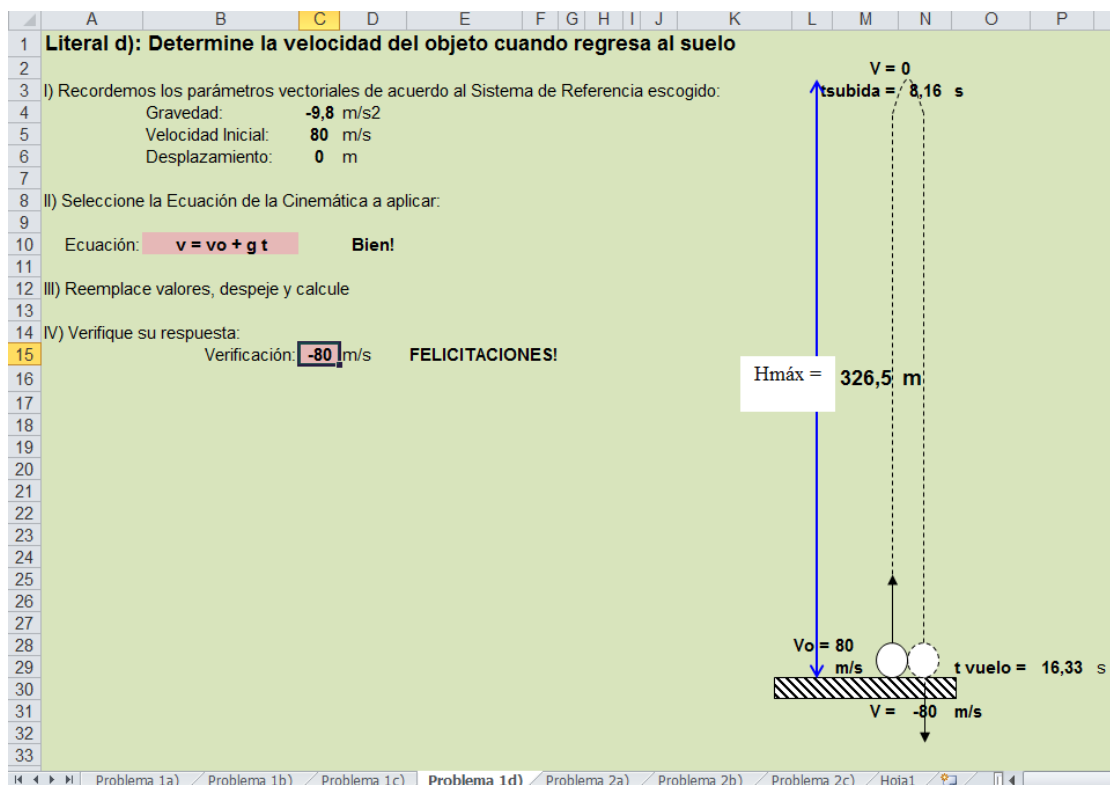


Figura 3.4. Imagen de pantalla de final del problema 1  
 Fuente: Módulo Autoinstruccional elaborado por el autor

### **3.1.4 PROCEDIMIENTO**

En la primera intervención se realizaron los siguientes pasos:

- a) Presentar la Prueba de entrada/salida a los profesores revisores.
- b) Presentar la Prueba de entrada/salida a los estudiantes revisores.
- c) Presentar el Módulo Autoinstruccional a los profesores revisores.
- d) Presentar el Módulo Autoinstruccional a los estudiantes revisores.
- e) Recoger la Prueba de entrada/salida tanto a profesores como a estudiantes revisores con sus respectivas aportaciones.
- f) Recoger el Módulo Autoinstruccional tanto a profesores como a estudiantes revisores con sus respectivas aportaciones.
- g) Acoger las aportaciones de los profesores y estudiantes revisores y aplicarlas en la mejora tanto de la Prueba de entrada/salida como del Módulo Autoinstruccional.

## **3.2 SEGUNDA INTERVENCIÓN**

### **3.2.1 SUJETOS**

En esta segunda intervención participaron un total de cuarenta estudiantes de un curso de nivelación de Física para el ingreso a una prestigiosa Universidad de la ciudad de Guayaquil, de ambos géneros y cuyas edades oscilaban entre los 17 y 19 años. Además, se contó con la colaboración activa de uno de los profesores revisores del módulo, el cual estuvo a cargo de asesorar a los estudiantes en el uso del Módulo Autoinstruccional.



Los cuarenta estudiantes fueron divididos en dos grupos cada uno de veinte estudiantes; un grupo ejecutó el Módulo Autoinstruccional en un laboratorio de computación, mientras que el segundo grupo recibió la clase de resolución de problemas de Caída Libre de los Cuerpos en su misma aula en forma tradicional.

### **3.2.2 TAREA INSTRUCCIONAL**

La tarea instruccional consiste en el Módulo Autoinstruccional Computarizado elaborado en Excel, aplicado a la resolución de problemas en la unidad de Caída Libre de los Cuerpos, al cual se le realizaron las mejoras y correcciones que fueron establecidas como adecuadas en la primera intervención. El tiempo que tomó la puesta en práctica del Módulo Autoinstruccional, la inducción teórica previa del profesor, la recepción de la prueba de entrada y de la prueba de salida fue de dos horas en total.

### **3.2.3 PROCEDIMIENTO**

Para la segunda intervención se ejecutaron los siguientes pasos, en donde se requirió la colaboración de uno de los profesores revisores del Módulo Autoinstruccional y que en todo momento estuvo presente para dar el asesoramiento correspondiente durante la ejecución del mismo:

- a) A los cuarenta estudiantes se les impartió una introducción teórica acerca de la Caída Libre de los Cuerpos, en la que se los encaminó a verla como una aplicación particular del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado. Al final de la misma se realizó la prueba de entrada a todos los estudiantes.
- b) Se dividió a los cuarenta estudiantes en dos grupos de veinte, de los cuales un grupo se quedó en el aula y el profesor investigador les impartió la clase sobre

resolución de problemas de caída libre de la forma tradicional; es decir en forma magistral en la pizarra. Luego de esto, se aplica la prueba de salida a este grupo de control.

- c) El segundo grupo fueron trasladados al laboratorio multimedia del edificio de admisión de la Universidad sede de la investigación, siendo el profesor colaborador el encargado de dar las instrucciones acerca del uso del Módulo Autoinstruccional.
- d) Se procedió a la ejecución del Módulo Autoinstruccional por parte de los estudiantes en el laboratorio multimedia, contando siempre con la asesoría del profesor colaborador, ante cualquier duda en el uso o interpretación del material educativo computarizado.
- e) Después de que los veinte estudiantes terminaron de ejecutar el Módulo Autoinstruccional se procedió a realizar la prueba de salida.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS**

En la siguiente tabla 4.1 se presentan tabulados los aciertos que tuvieron los estudiantes que realizaron el Módulo Autoinstruccional, tanto en la prueba de entrada como la de salida, la misma que contó con diez preguntas de opción múltiple, de entre dos a cuatro alternativas y en donde solo una opción era la correcta.

Tabla 4.1. Aciertos de los estudiantes que realizaron el Módulo Autoinstruccional

<b>Estudiante</b>	<b>Número de aciertos por estudiantes que realizaron el Módulo Autoinstruccional</b>	
	<b>Prueba de Entrada</b>	<b>Prueba de Salida</b>
01	8	8
02	3	9
03	3	6
04	3	8
05	8	9
06	3	7
07	2	8
08	7	7
09	7	7
10	2	9
11	2	7
12	7	8
13	3	7
14	4	8
15	6	9
16	2	8
17	3	7
18	6	9
19	4	7
20	5	8
<b>Medias</b>	<b>4.40</b>	<b>7.80</b>

Fuente: Elaborado por el autor

El valor máximo de aciertos posibles es de diez, lo que automáticamente se convierte en la nota máxima admisible que un estudiante puede obtener. Los estudiantes están codificados de la forma 01 en adelante hasta el 20. El promedio de aciertos en los estudiantes que realizaron el Módulo Autoinstruccional en la prueba de entrada fue de 4.40 y el de la prueba de salida fue de 7.80.

En la siguiente figura 4.1 se presenta los aciertos obtenidos en las pruebas de entrada en contraste con los aciertos obtenidos en la prueba de salida por parte de los estudiantes que realizaron el Módulo Autoinstruccional. El eje horizontal corresponde a la codificación de los estudiantes y el eje vertical al número de aciertos de los mismos. Como se puede observar en la mayoría de los estudiantes se observa una mejoría en sus aciertos, exceptuando en tres de ellos en donde el número de aciertos no cambió, es el caso de los estudiantes 1, 8 y 9.

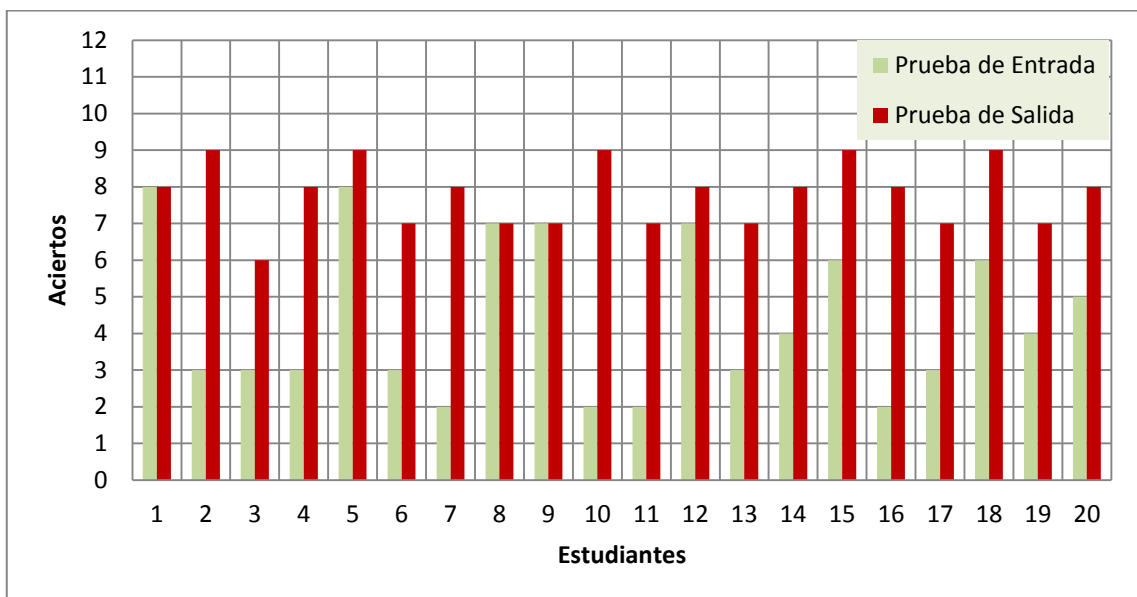


Figura. 4.1. Comparación de los resultados de las pruebas de entrada y salida de los estudiantes que realizaron el Módulo Autoinstruccional.

Fuente: elaborado por el autor

## 4.2 RESULTADOS DE LA t DE STUDENT

De acuerdo con los pasos establecidos en la sección 2.6, para determinar la t de Student para valores pareados, requerimos de las diferencias entre los aciertos obtenidos en la prueba de entrada y la prueba de salida, la media de dichas diferencias y la desviación estándar de las diferencias. En la tabla 4.2 se muestran los resultados de las pruebas de entrada y salida, así como también los valores necesarios para el cálculo de la t pareada.

Tabla 4.2. Datos necesarios para calcular la t de Student

Estudiantes	Prueba de Entrada	Prueba de Salida	Diferencia d	$(d - \bar{d})^2$
01	8	8	0	11.56
02	3	9	6	6.76
03	3	6	3	0.16
04	3	8	5	2.56
05	8	9	1	5.76
06	3	7	4	0.36
07	2	8	6	6.76
08	7	7	0	11.56
09	7	7	0	11.56
10	2	9	7	12.96
11	2	7	5	2.56
12	7	8	1	5.76
13	3	7	4	0.36
14	4	8	4	0.36
15	6	9	3	0.16
16	2	8	6	6.76
17	3	7	4	0.36
18	6	9	3	0.16
19	4	7	3	0.16
20	5	8	3	0.16
<b>Media de d</b>			$\bar{d} = 3.40$	

Fuente: Elaborado por el autor

Para rechazar o aceptar la hipótesis nula se debe calcular el valor del estadístico t de Student ( $t_0$ ) para el conjunto de resultados obtenidos en las pruebas de entrada y de

salida y luego compararlo con el valor de t determinado de la tabla “t de Student” ( $t_t$ ) (ver ANEXO III). La siguiente tabla 4.3 muestra los valores calculados y determinados en tabla según el procedimiento descrito en la sección 2.6.

Tabla 4.3. Valores calculados y determinados para la prueba t de Student

$\sum (d - \bar{d})^2$	86.80
$\bar{d}$	3.40
Sd	2.14
$\alpha$	0.05
Gl	19
$t_0$	<b>7.11</b>
$t_t$	<b>1.73</b>

Fuente: Elaborado por el autor

### **4.3 RESULTADOS DE LA GANANCIA NORMALIZADA DE HAKE**

La siguiente tabla 4.4 muestra la ganancia normalizada individual de Hake (última columna), además de presentar los resultados de las prueba de entrada (P.E), prueba de salida (P.S), la diferencia entre ellas (P.S – P.E) y la diferencia máxima posible entre el valor máximo de la prueba que es 10 y la prueba de entrada (10 –P.E). La ganancia normalizada individual de Hake se calculó de la forma en que se describió en la sección 2.7, como la razón entre la diferencia de las pruebas (P.S – P.E) y la diferencia máxima posible (10 –P.E).

Tabla 4.4. Resultados para la ganancia normalizada individual y promedio de Hake

Estudiante	P.E	P.S	P.S - P.E	10 - P.E	g	
01	8	8	0	2	0.00	
02	3	9	6	7	0.86	
03	3	6	3	7	0.43	
04	3	8	5	7	0.71	
05	8	9	1	2	0.50	
06	3	7	4	7	0.57	
07	2	8	6	8	0.75	
08	7	7	0	3	0.00	
09	7	7	0	3	0.00	
10	2	9	7	8	0.88	
11	2	7	5	8	0.63	
12	7	8	1	3	0.33	
13	3	7	4	7	0.57	
14	4	8	4	6	0.67	
15	6	9	3	4	0.75	
16	2	8	6	8	0.75	
17	3	7	4	7	0.57	
18	6	9	3	4	0.75	
19	4	7	3	6	0.50	
20	5	8	3	5	0.60	
<b>Valor Medio</b>	<b>4.40</b>	<b>7.80</b>				
					<b>Ganancia Normalizada Promedio de Hake <math>\langle g \rangle</math></b>	<b>0.61</b>

Fuente: Elaborado por el autor

De los valores presentados en la tabla 4.4 se observa que la ganancia normalizada promedio de Hake para toda la muestra es de 0.61, mientras que por otro lado las ganancias normalizadas individuales son todas positivas. En la siguiente figura 4.2 se presenta las ganancias normalizadas de Hake de cada uno de los estudiantes.

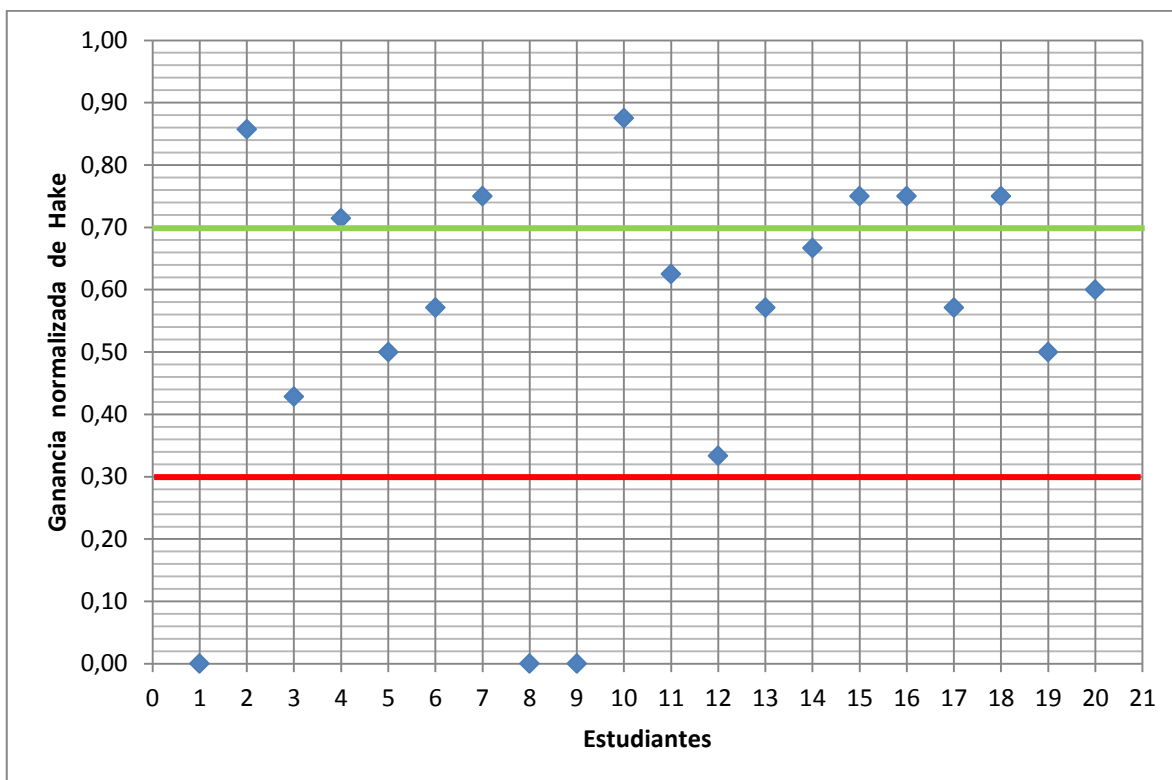


Figura 4.2. Ganancia normalizada de Hake de cada estudiante que ejecutó el Módulo Autoinstruccional  
Fuente: Elaborado por el autor

Como se puede observar en la figura 4.2 cada uno de los puntos representa a un estudiante, y su lugar con respecto al eje de las ordenadas nos indica cuál fue su correspondiente ganancia normalizada individual de Hake. En la gráfica también podemos notar, de acuerdo con los criterios establecidos en la sección 2.7, que 7 estudiantes obtuvieron una ganancia alta, 10 una ganancia media y 3 no obtuvieron ganancia alguna, concentrándose en definitiva la mayoría de los estudiantes en una ganancia media y alta, lo cual concuerda con la ganancia normalizada promedio de Hake que es de 0.61.



#### **4.4 RESULTADOS DE GRUPO DE CONTROL**

Como se describió en la sección 3.2.1, del total de 40 estudiantes del curso de nivelación de Física en el que se realizó la investigación basada en diseño se dividió en dos grupos cada uno de 20 estudiantes, de los cuales un grupo hizo uso del material educativo computarizado, mientras que el otro grupo recibió la clase tradicional de resolución de problemas de Caída Libre de los Cuerpos con el profesor investigador. A continuación se presenta las tablas y figuras correspondientes a los resultados obtenidos con este último grupo, es decir aquellos que no utilizaron el Módulo Autoinstruccional.

##### **4.4.1 TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS**

La tabla 4.5 que a continuación se presenta, muestra los aciertos que tuvieron tanto en la prueba de entrada como en la prueba de salida los estudiantes que recibieron la clase tradicional, es decir en forma magistral. Cabe destacar que la prueba de entrada/salida fue exactamente la misma a la que fueron sometidos el grupo que si realizó el Módulo Autoinstruccional.

Tabla 4.5. Aciertos de los estudiantes que recibieron la clase tradicional

Estudiante	Número de aciertos por estudiantes que recibieron la clase tradicional	
	Prueba de Entrada	Prueba de Salida
01	2	7
02	4	7
03	5	10
04	7	7
05	7	10
06	6	6
07	3	7
08	6	7
09	4	5
10	3	5
11	9	9
12	9	9
13	6	8
14	6	6
15	5	6
16	1	5
17	5	8
18	1	4
19	7	8
20	6	8
<b>Medias</b>	<b>5.10</b>	<b>7.10</b>

Fuente: Elaborado por el autor

Al igual que para los estudiantes que realizaron el Módulo Autoinstruccional, el valor máximo de aciertos posibles es de diez, lo que automáticamente se convierte en la nota máxima admisible que un estudiante puede obtener. Los estudiantes están codificados de la forma 01 en adelante hasta el 20. El promedio de aciertos en la prueba de entrada fue de 5.10, mientras que para la prueba de salida fue de 7.10. En la figura 4.3 que se presenta a continuación, se compara los aciertos obtenidos en las pruebas de entrada con los resultados obtenidos en la prueba de salida.

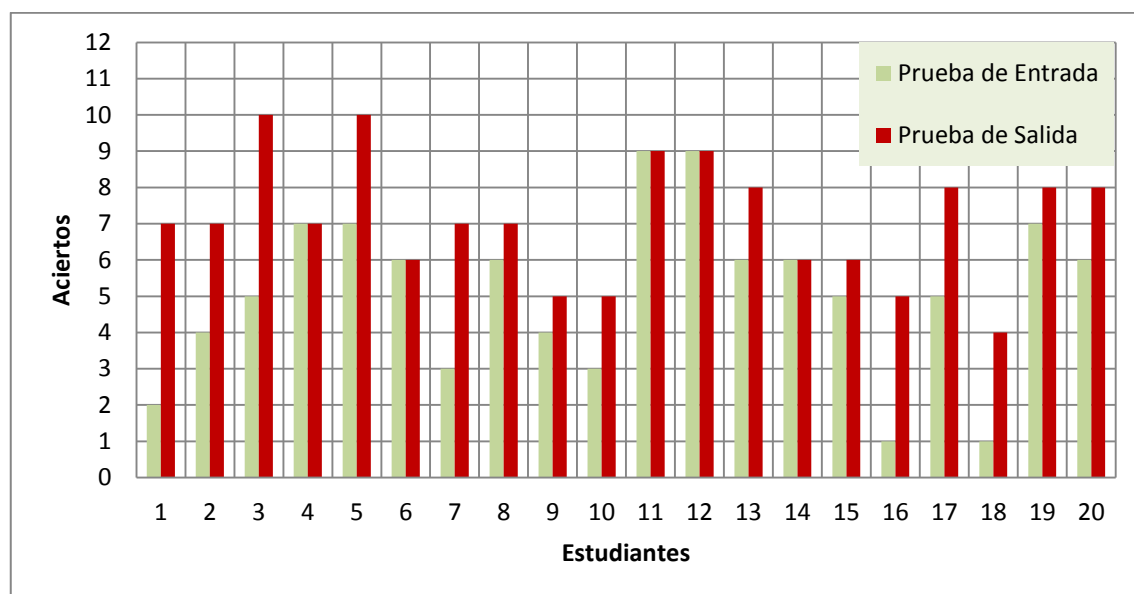


Figura. 4.3. Comparación de los resultados de las pruebas de entrada y salida de los estudiantes que recibieron la clase tradicional.  
Fuente: Elaborado por el autor

Como se puede observar no existe cambio en el número de aciertos en cinco de los estudiantes (4, 6, 11, 12 y 14), en todos los demás se evidencian cambios pequeños en su mayoría con la excepción de dos estudiantes que alcanzaron la nota máxima luego de la clase magistral, que es el caso de los estudiantes 3 y 5.

#### **4.4.2 RESULTADOS DE LA GANANCIA NORMALIZADA DE HAKE**

En concordancia con la sección 2.7, la tabla 4.6 muestra la ganancia normalizada individual de Hake (última columna), además de presentar los resultados de las prueba de entrada (P.E), prueba de salida (P.S), la diferencia entre ellas (P.S – P.E) y la diferencia máxima posible entre el valor máximo de la prueba que es 10 y la prueba de entrada (10 – P.E), todo esto para los estudiante que no realizaron el Módulo Autoinstruccional.

Tabla 4.6. Resultados para la ganancia normalizada individual y promedio de Hake en los estudiantes que recibieron clase tradicional

<b>Estudiante</b>	<b>P.E</b>	<b>P.S</b>	<b>P.S - P.E</b>	<b>10 - P.E</b>	<b>g</b>
01	2	7	5	8	0.63
02	4	7	3	6	0.50
03	5	10	5	5	1.00
04	7	7	0	3	0.00
05	7	10	3	3	1.00
06	6	6	0	4	0.00
07	3	7	4	7	0.57
08	6	7	1	4	0.25
09	4	5	1	6	0.17
10	3	5	2	7	0.29
11	9	9	0	1	0.00
12	9	9	0	1	0.00
13	6	8	2	4	0.50
14	6	6	0	4	0.00
15	5	6	1	5	0.20
16	1	5	4	9	0.44
17	5	8	3	5	0.60
18	1	4	3	9	0.33
19	7	8	1	3	0.33
20	6	8	2	4	0.50
<b>Medias</b>	<b>5.10</b>	<b>7.10</b>			
<b>Ganancia Normalizada Promedio de Hake <math>\langle g \rangle</math></b>					<b>0.41</b>

Fuente: Elaborado por el autor

De acuerdo con la tabla anterior, los estudiantes que no recibieron el Módulo Autoinstruccional sino que recibieron la clase de resolución de problemas del tópico de Caída Libre de los Cuerpos en forma tradicional, obtuvieron una ganancia normalizada promedio de Hake de 0.41, y asimismo se destaca que las ganancias normalizadas individuales fueron todas positivas. La figura 4.4 muestra las ganancias normalizadas de Hake de cada uno de los estudiantes.

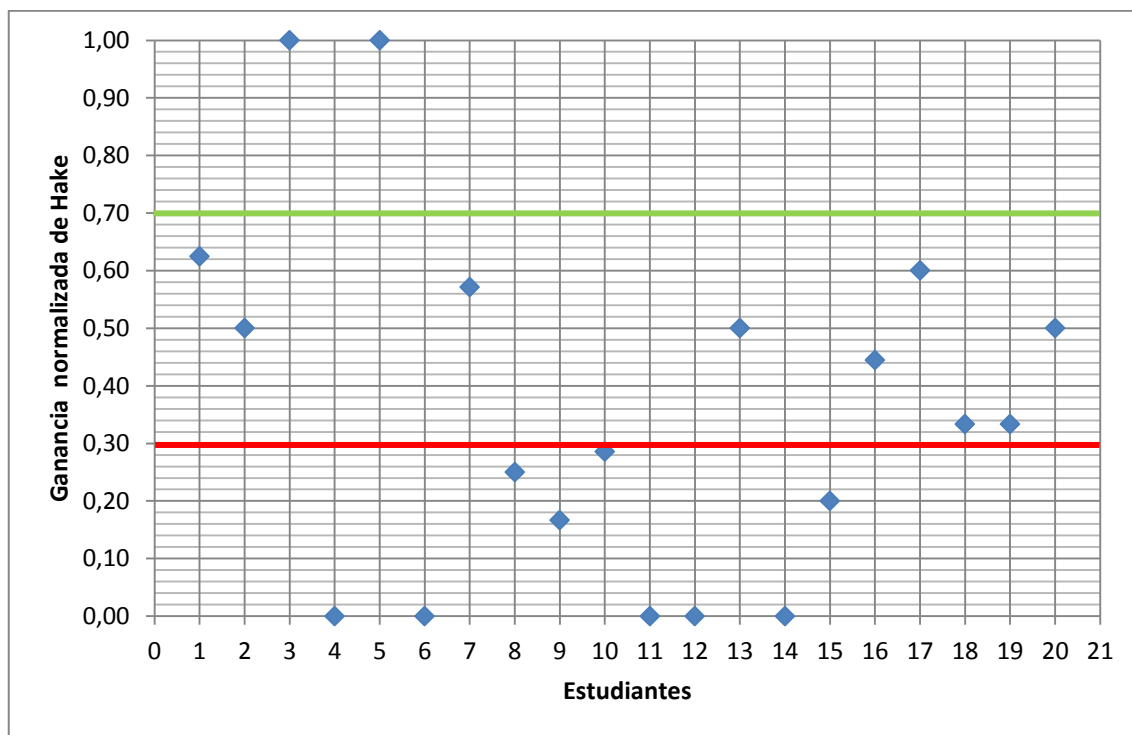


Figura 4.4. Ganancia normalizada de Hake de cada estudiante que recibió la clase tradicional  
Fuente: Elaborado por el autor

Como se puede observar en la figura 4.4 cada uno de los puntos representa a un estudiante, y su lugar con respecto al eje de las ordenadas nos indica cuál fue su correspondiente ganancia normalizada individual de Hake. En la gráfica también podemos notar, de acuerdo con los criterios establecidos en la sección 2.7, que sólo 2 estudiantes obtuvieron una ganancia alta, 9 una ganancia media, 4 una ganancia baja y 5 no obtuvieron ganancia alguna, concentrándose en definitiva la mayoría de los estudiantes en una ganancia baja y media, lo cual concuerda con la ganancia normalizada promedio que es de 0.41.

En general, se han presentado los resultados tanto para el grupo que recibió la clase apoyada con el Módulo Autoinstruccional, así como el grupo de control que recibió la clase en forma tradicional y en ambos grupos se han dado muestras de ganancia

normalizada promedio de Hake medias, sin embargo aquellos que recibieron el Módulo Autoinstruccional muestran una ganancia normalizada promedio más cercana hacia la alta (0.61), mientras que aquellos que recibieron la clase tradicional muestran una ganancia normalizada promedio de Hake ligeramente mayor al límite correspondiente al rango de ganancia baja (0.41), como lo muestra la figura 4.5.

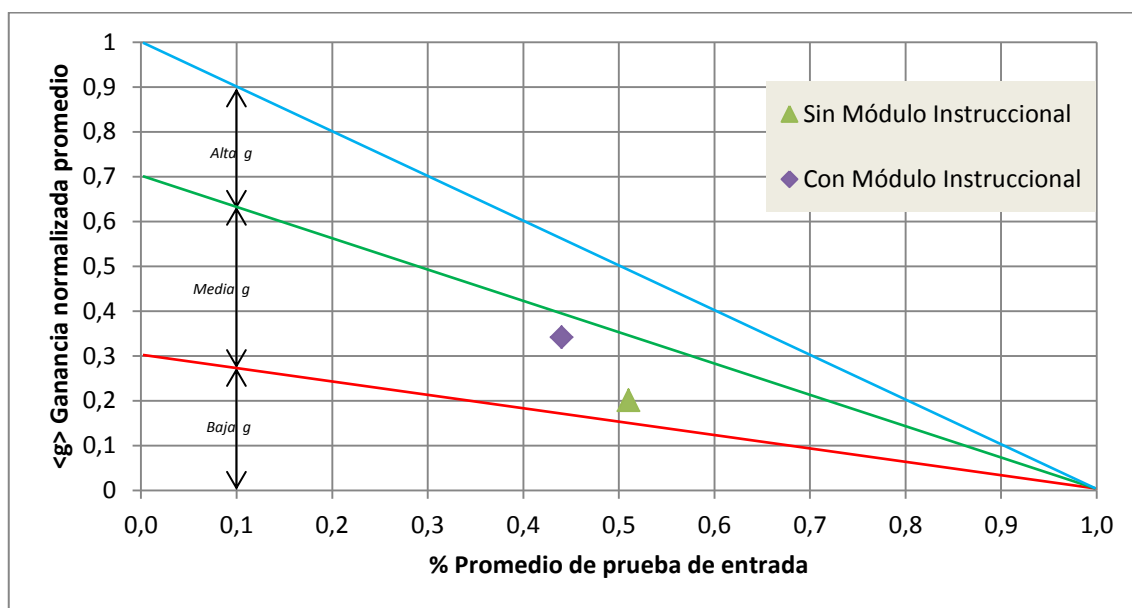


Figura 4.5. Ganancia normalizada promedio de Hake versus el promedio de la prueba de entrada  
Fuente: Elaborado por el autor

En la figura 4.5 se puede visualizar que el grupo que no recibió el Módulo Autoinstruccional ( $\blacktriangle$ ) empezó con un promedio de prueba de entrada mayor al del grupo que si recibió el Módulo Autoinstruccional ( $\blacklozenge$ ), sin embargo es éste último grupo quien obtuvo una mayor ganancia normalizada promedio de Hake. Los valores de ganancia promedio de Hake para cada grupo se pueden leer de la intersección con el eje de la ordenada, al trazar una recta desde el punto en la abscisa  $X = 1,0$  y que pase por cada grupo.



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

A lo largo del desarrollo de esta investigación se ha expuesto los argumentos teóricos que permitieron realizar el análisis de los resultados obtenidos en la misma, y que permiten llegar a este capítulo con el conocimiento necesario para emitir diferentes criterios a manera de conclusiones:

1. Se cumplieron los objetivos trazados al inicio de la investigación, es decir, se diseñó la prueba de entrada/salida, la cual fue revisada y complementada en una primera intervención, previo a su implementación propiamente registrada en una segunda intervención, esta vez por parte del grupo de cuarenta estudiantes sometidos a la investigación. Esta prueba de entrada/salida se presenta en el Anexo II.
2. Se diseñó y se sometió a dos intervenciones el material educativo computarizado, de la misma manera en que se realizaron las intervenciones a la prueba de entrada/salida. El material instruccional se desarrolló en Excel y se diseñó basado en las Concepciones Alternativas de los estudiantes en el tema de la Caída libre de los cuerpos, así como en la experiencia del autor en el dictado del tema, llegando a realizar un Módulo Autoinstruccional para la resolución de problemas de Caída libre de los cuerpos (CD adjunto a la Tesis), el cual fue implementado a uno de los grupos de veinte estudiantes que participaron de esta investigación.



3. Cumpliendo con el registro y análisis de los resultados obtenidos antes y después del uso del material educativo computarizado, y con base en el parámetro estadístico  $t$  de Student cuyo valor calculado para el grupo que realizó el Módulo Autoinstruccional fue de 7.11, el cual es mayor que el tabulado para un nivel de confianza  $\alpha = 0.05$  y con grado de libertad de 19, que es de 1.73; con lo cual tenemos suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula a favor de la alterna. Por lo que se concluye que la aplicación del material educativo computarizado estableció una diferencia significativa entre la media de los resultados obtenidos en la prueba de salida respecto de la media de los resultados obtenidos en la prueba de entrada.
  
4. Lo anterior fue nuevamente corroborado al calcularse la ganancia normalizada de Hake, tanto individual como promedio, realizada al grupo que se sometió al Módulo Autoinstruccional, en donde se observaron ganancias individuales de hasta el 88% y en promedio del 61%.
  
5. Esta investigación se realizó con un grupo de control al cual se lo instruyó en forma tradicional, es decir sin el uso de material educativo computarizado, registrándose ganancias normalizadas individuales de Hake de hasta un 100%, y en promedio se alcanzó un 41 %. Por lo que se puede concluir, que aquellos estudiantes que fueron sometidos al Módulo Autoinstruccional mejoraron su rendimiento significativamente en comparación con aquellos que sólo fueron sometido a una instrucción tradicional, pues, las ganancias normalizadas promedio de Hake fueron de 61 % y 41 % respectivamente para cada grupo.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

1. Enfatizar el uso de un sistema de referencia para la resolución de problemas de cinemática, y por tanto en el caso particular del tópico de esta investigación que es el de Caída Libre de los Cuerpos; haciendo que todo los parámetros vectoriales como desplazamiento, velocidad y aceleración reciban el signo que le corresponde.
2. Insistir en el estudiante que debe analizar siempre cada ejercicio o problema de una forma razonada y no mecánica, con la finalidad de que desarrolle un razonamiento crítico y le sea menos complejo el estudio de otros tópicos más avanzados de Física.
3. Utilizar, en la medida de lo posible, materiales educativos computarizados que permitan interactuar al estudiante con el aprendizaje, es decir que sea el corresponsable directo del proceso enseñanza – aprendizaje, sin prescindir del asesoramiento del profesor. Es decir el docente deberá estar siempre pendiente del correcto uso del material educativo computarizado.
4. Además, en el caso particular del Módulo Autoinstruccional desarrollado en esta investigación, posee la bondad de haber sido desarrollado en Excel, un programa de fácil acceso, no solo en hogares sino en instituciones educativas. Por lo que se recomienda que se utilicen programas que estén al alcance de todos, así como del uso de software de aplicación libre.
5. A pesar de que los resultados de la ganancia normalizada de Hake, que se dieron en esta investigación, evidencian la relevancia del Módulo Autoinstruccional, se

recomienda que se lo siga mejorando, es decir continuar realizando intervenciones al mismo capaz de obtener un nuevo y mejorado módulo educativo computarizado.

6. Finalmente, se recomienda realizar futuras investigaciones de acuerdo con el modelo de Investigación Basado en Diseño, puesto que se pone en práctica real una posible solución, haciendo que ésta se fortalezca cada vez que sea intervenida y aporte de mejor manera a la búsqueda definitiva de una solución a un problema educativo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Esteller,V., & Medina,E., (2009). Evaluación de cuatro Modelos Instruccionales para la aplicación de una estrategia didáctica en el contexto de la tecnología. *Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación*, 3(1), 57 – 70.
- [2] Gutiérrez,R., (1989). Psicología y Aprendizaje de las Ciencias. El Modelo de Gagné. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 147-157.
- [3] Galvis,A., (1992). *Ingeniería de Software Educativo*. Santafé de Bogotá, Colombia: Ediciones Uniandes.
- [4] Meza,A., & Lazarte,C., (1993). Análisis epistemológico del modelo de aprendizaje acumulativo de Robert Gagné. *Psicología*, XI(2), 127 – 145.
- [5] Guerrero, Z., & Flores, H. (2009). Teoría del aprendizaje y la instrucción en el diseño de materiales didácticos informáticos. *EDUCERE*, 13(45), 317 - 329.
- [6] Sánchez, I., Moreira, M., & Caballero C. (2009). Implementación de una propuesta de aprendizaje significativo de la cinemática a través de la resolución de problemas. *Revista chilena de ingeniería*, 17(1), 27 - 41.
- [7] Gaulin, C. (2001): Tendencias actuales en la resolución de problemas. *Revista Sigma*, 19, 51-63.
- [8] Concari, S. (2000). *El modelado y la resolución de problemas: ejes para la enseñanza de la física para ingenieros*. Recuperado el 13 de Junio de 2013, de <http://www.unrc.edu.ar/publicar/cde/05/Concari.htm>
- [9] González, A. (2009). La resolución de problemas en los cursos de mecánica básica. *Lat.Am.J.Phys.Educ.*,3(2), 402 - 405.

- [10] Pintó, R., Aliberas, J., & Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre Concepciones Alternativas. *Enseñanza de las ciencias*,14(2), 221 - 232.
- [11] Moreira, M. (2002). La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área. *Investigaciones en enseñanza de las Ciencias*,7(1), 1 - 28.
- [12] Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte i). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*,2(2), 183 – 208.
- [13] Carrascosa J. (2005). El Problema de las Concepciones Alternativas en La Actualidad (Parte II). El Cambio de Concepciones Alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 388 – 402.
- [14] Carrascosa J. (2005). El Problema de las Concepciones Alternativas en La Actualidad (Parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), 77 – 88.
- [15] Anaya, S., Hernández, U., & Corchuelo, M. (2007). *Materiales Educativos Computarizados (MEC) y contexto: otra mirada para la educación en ingeniería*. Recuperado el 26 de Febrero del 2011, de [http://www.iered.org/archivos/Grupo\\_GEC/Ponencias/2007-10\\_CTS\\_mec-y-contexto\\_texto.pdf](http://www.iered.org/archivos/Grupo_GEC/Ponencias/2007-10_CTS_mec-y-contexto_texto.pdf).
- [16] Buzzo, R. (2007). Estrategia EE (Excel-Euler) en la enseñanza de la Física. *Lat.Am.J.Phys.Educ.*,1(1), 19 – 23.
- [17] Espinoza, M., Velasco, V. (2011). *Excel aplicado a la Física*. Recuperado el 13 de Junio de 2013, de <http://es.scribd.com/doc/62708321/Excel-aplicado-a-la-Fisica-por-M-Espinoza-Andaluz-y-V-Velasco-Galarza>.

- [18] Godino, J., Batanero, C., Contreras, A., Estepa, A., Lacasta, E., & Wilhelmi, M. (2013). *La ingeniería didáctica como investigación basada en el diseño*. Recuperado el 29 de Marzo de 2014, de [http://www.ugr.es/~jgodino/eos/JDGodino%20et%20al\\_2013%20Ingenieria%20didactica.pdf](http://www.ugr.es/~jgodino/eos/JDGodino%20et%20al_2013%20Ingenieria%20didactica.pdf).
- [19] Garello, M., Rinaudo, M., & Donolo, D. (2011). Valoración de los estudios de diseño como metodología innovadora en una investigación acerca de la construcción del conocimiento en la universidad. *RED-DUSC*, 5, 1 – 34.
- [20] Molina, M., Castro, E., & Molina, J. (2011). Un Acercamiento a la Investigación de Diseño a través de los experimentos de enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 29(1), 75 – 88.
- [21] Rubio, M., & Berlanga, V. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *REIRE*, 5(2), 83 – 100.
- [22] Scheaffer, R., & McClave, J. (1993). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería*. México D.F., México: Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V..
- [23] Barbosa, L., Mora, C., Talero, P., & Organista, J. (2011). El Soplador mágico: un experimento discrepante en el aprendizaje de la ley de presión hidrodinámica de Bernoulli. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(4), 1 – 7.
- [24] Benítez, Y., & Mora, C. (2010). Enseñanza tradicional vs aprendizaje activo para alumnos de ingeniería. *Revista Cubana de Física*, 27(2A), 175 – 179.
- [25] Pérez, M., Otero, J., Macías, A., Pandiella, S., Nappa, N., Godoy, P., & Grupo ACEM. (2010). Estudio de las dificultades a las que se enfrentan los estudiantes de ciencias e ingenierías en los cursos introductorios de física en la universidad. *Revista Electrónica Iberoamericana de Educación en Ciencias y Tecnología*. 2(1), 31 – 55.

- [26] Hake, 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.
- [27] Blatt, F. (1991). *Fundamentos de Física*. Estado de México, México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- [28] Young, H. & Freedman, R. (2009). *Sears.Zemansky Física Universitaria Vol.1*. Estado de México, México: Pearson Educación.
- [29] Giancoli, D. (1997). *FÍSICA, Principios con aplicaciones*. Estado de México, México: Pearson Educación.
- [30] Alonso, M. & Finn, E.J. (1995). *FÍSICA*. Wilmington, Delaware, E.U.A: Addison – Wesley Iberoamericana S.A.

## **ANEXOS**