

I. Título de la Ponencia:

INTEGRACIÓN DEL SOFTWARE *MODELLUS* A LA METODOLOGÍA DE MODELAMIENTO MENTAL PARA EL APRENDIZAJE DE FÍSICA¹.

II. Autores:

JAIME TELLO GALLARDO²
CLAUDIO PÉREZ MATZEN³

III. Resumen:

Ante la vertiginosa creación de software y recursos digitales con fines didácticos, se hace imprescindible la investigación de éstos para comprobar su eficacia y definir su rol específico en los diversos procesos comprometidos en el aprendizaje efectivo. La ponencia describe un estudio experimental y exploratorio, que consistió en aplicar y validar en un colegio de Santiago, la metodología de enseñanza de la Física denominada Modelamiento Mental, creada por David Hestenes en la Universidad Estatal de Arizona. La intervención estuvo apoyada por un laboratorio digital que, gracias al software Data Studio, permite obtener datos de experimentos en forma más rápida que con recursos tradicionales, para desarrollar los procesos que la metodología considera.

Para que el proceso de aprendizaje basado en dicha Metodología resultase más efectivo y rápido, se integró en el grupo experimental el software *Modellus* y se sometió a prueba la hipótesis de que esta herramienta, con su posibilidad de generar animaciones; permitiría al alumno comprobar la formulación matemática de sus modelos.

Los resultados permitieron concluir que efectivamente, los estudiantes que usaron *Modellus* lograron mejores resultados y en menor tiempo.

IV. Tres Términos Claves:

Modelamiento Mental, *Modellus*, Integración Metodológica de Recursos.

V. Objetivos de la Investigación:

1. Establecer la efectividad del uso de *Modellus* como herramienta complementaria de mediación en el desarrollo del enfoque metodológico del modelamiento mental para el aprendizaje de conceptos de Física.
2. Formular un conjunto de recomendaciones metodológicas para orientar y optimizar el uso del software *Modellus*, con alumnos de similares características a los del estudio.
3. Promover el desarrollo de experiencias investigativas posteriores que aporten mayor conocimiento sobre este tipo de procedimiento metodológico y el rol de los recursos informáticos disponibles.

¹ El estudio fue desarrollado por el profesor Jaime Tello Gallardo, como Tesis para el Grado de Magíster en Educación con Mención en Informática Educativa, en la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile, 2006; con la colaboración de Claudio Pérez Matzen, Director Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Física, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación

² Dirección Postal: Mar del Norte 1927, La Florida, Santiago, Chile. Correo electrónico: jaimetell@gmail.com

³ Dirección Postal: Avenida José Pedro Alessandri 774, Ñuñoa, Santiago. Correo electrónico: cpmatzen@gmail.com

VI. Descripción del Trabajo

Introducción:

De acuerdo a la investigación sobre enseñanza y aprendizaje de las ciencias, se considera al modelamiento como una estrategia adecuada y fundamental para alcanzar el dominio de los conceptos y fenómenos de la física, pero se advierte que los alumnos están más acostumbrados al consumo pasivo de recursos que los profesores usan con fines demostrativos e ilustrativos en sus clases, que a la construcción de modelos mentales y al empleo de las herramientas tecnológicas como medios de comprobación o de verificación de sus hipótesis o configuraciones mentales (Hestenes, 2005).

En los entornos tradicionales de aprendizaje, la construcción de estos tipos de modelos es difícil de dominar por muchos estudiantes y las dificultades se basan en el hecho que las escuelas no poseen herramientas con las cuales se puedan explorar objetos formales para experimentar (Teodoro, 1998).

Ahora bien, al examinar los atributos técnicos y conocer el procedimiento de utilización del software *Modellus*, se advierte que éste solo funciona a partir del modelo matemático que se le indique en su primera interfaz, es decir, el software no modela por sí mismo sino que, a partir de las ecuaciones o funciones que le suministre el usuario, permitiendo visualizar representaciones alternativas del modelo en forma de simulaciones analógicas con animaciones, gráficos y tablas de datos exportables a planillas de cálculo. En muchas situaciones experimentales, particularmente acerca de movimientos, estos atributos del software permiten comprobar si el modelo administrado como input era o no correcto.

Este desafío pedagógico de desarrollar una metodología de modelamiento mental con estudiantes en formación, empleando el modelo desarrollado por David Hestenes del Departamento de Física, de la Arizona State University, Tempe, Arizona ((Hestenes, 1985), ha llevado a considerar una probable utilidad efectiva del **software *Modellus*, como recurso auto-evaluativo del estudiante, durante el proceso de modelamiento**; es decir, en la medida que el estudiante vaya elaborando sus modelos mentales y expresándolos en ecuaciones, tiene la posibilidad de comprobar su validez y exactitud a través del software *Modellus*, especialmente con su herramienta de animaciones, permitiéndole así corregir posibles errores o avanzar ante la verificación de su correcta ecuación.

Sin un recurso auto-verificador como *Modellus*, el estudiante tendría que comparar sus ecuaciones construidas sólo con las propuestas por el profesor, sin los procesos intermedios de reflexión crítica, búsqueda y ajuste que le lleven a una verificación más autónoma de sus propias construcciones, procesos que pueden darle una verdadera funcionalidad significativa a su aprendizaje (Ausubel, 2002).

El software computacional *Modellus*, además de cumplir con los atributos funcionales de generar condiciones para el desarrollo del rol antes descrito cuando se trabaja con la en la metodología de aprendizaje científico, es de disponibilidad gratuita. Ello motivó a los autores de este estudio a desarrollar una experiencia investigativa que los ayudará a comprobar su eficacia y a determinar de qué manera se debe utilizar con mayores posibilidades de éxito, en términos de aprendizaje.

La experiencia se realizó en el segundo semestre del año 2006 en un contenido de Mecánica: “el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado”, con una muestra de estudiantes de 1er año de Enseñanza Media del Liceo Saint Gabriel’s School, que reunía las condiciones para la investigación: no conocían el tema de Física que se aplicaría en el experimento y habían elegido el área de las Matemáticas y de la Física como preferencias.

Marco Teórico:

MODELAMIENTO

Uno de los conceptos básicos en la investigación es el de Modelamiento o Creación de Modelos en Ciencias Físicas.

Según el autor del software *Modellus* (Teodoro,1998), las “Ciencias Físicas son las ciencias de la construcción de modelos, como descripciones o explicaciones simplificadas acerca del mundo físico”. Los Modelos basados en funciones, ecuaciones diferenciales y ecuaciones de diferencias pueden describir muchos patrones del mundo físico. En los entornos tradicionales de aprendizaje, estos tipos de modelos son difíciles de dominar por muchos estudiantes.

“Los modelos están constituidos por *objetos* empíricos o teóricos, así como por los *procesos* en los que tales objetos participan. Su valor científico se pondera en términos de su capacidad para explicar y predecir fenómenos naturales, y de su utilidad como guía para nuevas investigaciones” (Pérez, 2003).

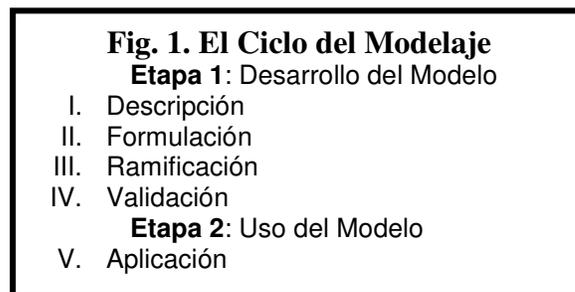
PROCESO DE MODELAMIENTO MENTAL(Hestenes, 1985)

La principal recomendación del autor, en su documento conceptual acerca del Modelamiento Mental (Hestenes, 1987) es que “*el modelamiento matemático debe ser el tema central en la instrucción de la física*”. Esto significa que la enseñanza de hechos y teorías físicas deben ser subordinada a la enseñanza de principios y técnicas de modelamiento matemático. El autor llama a esto “un modelo centrado en la estrategia instruccional”(Hestenes,1987, pág. 25)

Al considerar los Modelos como unidades básicas del conocimiento, el énfasis se pone en identificar la estructura del sistema; así los estudiantes identifican o crean un modelo para producir una solución. En el proceso de aprendizaje de este nuevo enfoque, continuamente se usan sólo unos pocos modelos con modificaciones pequeñas.

LA METODOLOGÍA DEL MODELAMIENTO MENTAL

El autor propone la estrategia del modelamiento esquematizada en la Fig.1. Con ese objetivo, se plantea un ciclo de 2 Etapas del Modelamiento con 5 Procesos: **1.** Etapa de Desarrollo del Modelo: (I) la Descripción, (II) la Formulación, (III) la Ramificación, (IV) la Validación y **2.** Etapa de Uso del Modelo: (V) Aplicación del Modelo-en el orden de su implementación (Hestenes, 2005).



La **Fig. 1** puede ser considerada como un resumen de *pasos esenciales* en el proceso de modelamiento. Cada paso es esencial para modelar y la estrategia prescrita se debe seguir, aunque hay algún margen en el orden en que los pasos pueden ser tomados, y donde volver hacia atrás es a menudo necesario (Hestenes, 1987).

- **Descripción del Desarrollo del Modelo.-**

Los estudiantes describen sus observaciones de la situación experimental real, tomando en cuenta las intuiciones de los estudiantes. El instructor es un moderador que no juzga y se guía a los estudiantes a identificar las variables medibles. Luego se determinan las variables dependientes e independientes.

- **Formulación del Desarrollo del Modelo.-**

Los estudiantes llegan a un acuerdo de la relación deseada entre las variables; produciéndose discusiones acerca del diseño del experimento. Luego, los estudiantes desarrollan los detalles de los procesos, con una intrusión mínima del instructor.

- **Ramificación del Desarrollo del Modelo.-**

Los estudiantes en grupo construyen representaciones gráficas y matemáticas preparando y presentando resúmenes de sus resultados en los pizarrones o telones de proyección, proponiendo un modelo.

- **Validación del Desarrollo del Modelo.-**

Los estudiantes defienden el diseño, resultado, e interpretación del experimento. Se escogen otros grupos para refutar o corroborar los resultados. La discusión socrática tiende hacia el consenso de una representación exacta del modelo.

- **Uso y aplicación del Modelo.-**

En las actividades de despliegue, los estudiantes aprenden a aplicar el modelo a una variedad de situaciones relacionadas, a identificar la composición del modelo y a representar la estructura del modelo. También, comunican su comprensión por presentaciones orales guiándose con las preguntas del instructor: ¿Por qué hiciste eso? ¿Cómo sabes eso?

En síntesis, utilizando el Método de Modelamiento para la comprensión del estudiante, éstos diseñan sus propios procesos para el experimento, luego tienen que justificar sus interpretaciones de datos en diálogos guiados por el instructor socrático. Los Modelos creados de interpretaciones experimentales son usados en problemas cuidadosamente escogidos por el instructor, que ilustran aspectos del modelo y las soluciones se comparten entre los estudiantes, para su discusión y enriquecimiento.

EL SOFTWARE *MODELLUS*

Modellus es un software de modelamiento para uso en enseñanza-aprendizaje de Ciencias y Matemáticas, producido por el Dr. Vitor Duarte Teodoro, de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nueva de Lisboa, Portugal, junto a un equipo de colaboradores.

Al ingresar al sitio de descarga del software *Modellus* en español, <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/> (Teodoro, 2004) se encuentra con un índice que incluye, entre otros campos, elementos de hipertexto denominado Ayudas. Al ingresar a la Introducción de estas Ayudas, se leen párrafos descriptivos, entre los cuales se explica que “*Modellus* es un software para el modelado interactivo con matemáticas. Maestros y estudiantes pueden usar *Modellus* para construir modelos matemáticos y explorarlos mediante animaciones, gráficos y tablas. A través de expresiones algebraicas, ecuaciones diferenciales, y ecuaciones iterativas, los usuarios de *Modellus* pueden experimentar visualmente e iterativamente (o recursivamente), con modelos y animaciones para entender bien los fenómenos y modelos así como sus distintas representaciones”.

Metodología del Estudio:

HIPÓTESIS:

Para operacionalizar el estudio, se formularon las siguientes Hipótesis Alternativas:

H₁

Los estudiantes que durante el proceso de modelamiento mental aplicado para aprender conceptos de física, hayan utilizado el software *Modellus* como herramienta de apoyo a dicho proceso, alcanzan un resultado significativamente superior a los estudiantes que no lo hayan hecho.

H₂

Los estudiantes que durante el proceso de modelamiento mental aplicado para aprender conceptos de física, hayan utilizado el software *Modellus* como herramienta de apoyo a dicho proceso, alcanzan un resultado significativamente más rápido que los estudiantes que no lo hayan hecho.

DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES

Independiente:

- **Metodología de enseñanza:** método experimental con base en el modelamiento mental y variación en el grado de apoyo informático puesto a disposición de los estudiantes de los grupos control y experimental.

Durante el proceso de modelamiento mental, los alumnos del grupo experimental utilizan el software *Modellus* para evaluar sus modelos matemáticos. Se postula que ello dará más seguridad al estudiante, en su procesamiento y decisiones; permitiéndole llegar más rápido y con éxito a los resultados esperados.

El grupo control no tiene acceso al software *Modellus* en apoyo a su enseñanza, durante el proceso de modelamiento del mismo fenómeno.

Dependientes:

- **Rendimiento académico de los alumnos:** En una sesión especial de evaluación sumativa, después de la etapa de aprendizaje basada en el método experimental con modelamiento mental, se verifica el grado de logro de los objetivos de aprendizaje prefijados para el estudio del tema y que implica una transferencia a un problema de jerarquía inmediatamente superior a los estudiados o un problema que exige combinar aprendizajes anteriores, como es en este caso.

El rendimiento tiene como indicador el puntaje por ítem y total de la prueba.

- **Tiempo de logro de resultado eficaz:** Tiempo cronológico que demora el estudiante en alcanzar la respuesta final esperada, en la prueba final sumativa de la evaluación por objetivos logrados.

DOCIMACIA

La comparación entre los grupos experimental y control, se realizará en base a sus resultados, su uso del software y los promedios de tiempo utilizado. Para ello se aplica la prueba estadística *t de Student*, pudiendo con ello determinar si las diferencias encontradas son significativas o no y con ello si son atribuibles al tratamiento o a otra variable.

DEFINICIÓN DE LA MUESTRA

El estudio fue realizado con 30 alumnos de los primeros años de Enseñanza Media del

Colegio Saint Gabriel's School, de la Comuna de Providencia, seleccionados por sus profesores entre los que tenían más afinidad con el área de la Matemática y la Física.

Una de las principales ventajas de esta muestra era poder trabajar con alumnos que no tenían ningún conocimiento del tópico de Cinemática que se iba a abordar en la experiencia. Esto conllevaba, sin embargo, una desventaja en términos del nivel de matemática que poseían estos estudiantes, ya que sólo se manejan con ecuaciones simples, de 1er grado. Luego de asumir el riesgo de las diferencias advertidas inicialmente en este grupo, se organizó el traslado del laboratorio virtual a los computadores del colegio y se reorganizó el desarrollo de las actividades en los 11 días disponibles para la experiencia.

Durante la primera sesión, dedicada al Pre Test, se determinó quienes participarían del Grupo Experimental y del Grupo Control respectivamente, a través de un sorteo. Así, el experimento se realizaría con 15 estudiantes y el Grupo de Control contaría con un número igual de estudiantes de características similares; en base a una distribución aleatoria simple.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para comparar dos grupos semejantes elegidos aleatoriamente, donde a ambos se aplicaría la metodología de modelamiento de Hestenes, pero solamente el grupo experimental usaría la herramienta computacional “*Modellus*”; se empleó el modelo experimental, con pre y post-test:

El Diseño del Estudio, a pesar de haber cambiado la muestra original, se mantuvo intacto, dándole solamente el carácter de Exploratorio, debido a los ajustes que hubo que realizar ante la diferencia de características en la muestra empleada (conocimientos matemáticos previos), que conllevaba una incertidumbre sobre los resultados; y debido al tamaño de la muestra, que no permite extraer conclusiones generalizables, sino más bien recomendaciones para posteriores réplicas de la experiencia.

Modelo de Diseño:

Grupo Control

Grupo Experimental

| | | | | | |
|-----------|----------|----------|-----------|----------------------|----------|
| Rc | O | A | | X₀ | O |
| Re | O | A | CM | X₁ | O |

Siendo: **R** = Grupos equivalentes o semejantes, escogidos al azar (**R**andom)

A = Apresto sobre conceptos y ecuaciones pre-requisitos

CM= Capacitación del Grupo Experimental en manejo del software *Modellus*

X₀= Modelamiento mental sin uso de *Modellus*

X₁= Modelamiento mental con uso de *Modellus*

O = Evaluación Previa y Final común para ambos grupos.

(Ver en **Anexo**: el Plan de Trabajo Desarrollado en la experiencia)

Resultados del Estudio:

ANÁLISIS DE DATOS

Los datos que se obtuvieron de la experiencia para contrastar estadísticamente y lograr coeficientes de significatividad que hagan refutar o aceptar la H_0 , están distribuidos en las siguientes tablas, separando los del Grupo Control y los del Grupo Experimental⁴.

Grupo Control

| Nº Orden | Sexo | PreTest | Post Test | minutos | modellus |
|----------|------|---------|-----------|---------|----------|
| 1 | 2 | 3,00 | 4,50 | 60 | 0 |
| 2 | 2 | 1,00 | 4,00 | 50 | 0 |
| 3 | 2 | 1,00 | 5,00 | 75 | 0 |
| 4 | 2 | 1,00 | 7,00 | 68 | 0 |
| 5 | 2 | 2,00 | 4,70 | 65 | 0 |
| 6 | 2 | 1,00 | 4,50 | 60 | 0 |
| 7 | 2 | 1,00 | 2,50 | 52 | 0 |
| 8 | 2 | 1,00 | 3,50 | 62 | 0 |
| 9 | 1 | 1,00 | 3,70 | 70 | 0 |
| 10 | 1 | 2,00 | 4,00 | 50 | 0 |
| 11 | 1 | 1,00 | 6,50 | 65 | 0 |
| 12 | 1 | 1,00 | 3,00 | 58 | 0 |
| 13 | 1 | 1,00 | 2,00 | 55 | 0 |
| 14 | 1 | 1,00 | 3,80 | 80 | 0 |

Grupo Experimental

| Nº Orden | Sexo | PreTest | Post Test | minutos | modellus |
|----------|------|---------|-----------|---------|----------|
| 15 | 2 | 1,00 | 4,00 | 61 | 1 |
| 16 | 2 | 1,00 | 4,50 | 70 | 1 |
| 17 | 2 | 1,00 | 4,50 | 60 | 1 |
| 18 | 2 | 1,00 | 7,00 | 63 | 2 |
| 19 | 2 | 1,00 | 5,00 | 56 | 1 |
| 20 | 1 | 1,00 | 6,00 | 30 | 2 |
| 21 | 1 | 1,00 | 3,00 | 55 | 1 |
| 22 | 2 | 2,00 | 7,00 | 50 | 2 |
| 23 | 2 | 2,00 | 6,00 | 45 | 2 |
| 24 | 1 | 2,00 | 6,00 | 53 | 2 |
| 25 | 1 | 1,00 | 6,00 | 35 | 2 |

Análisis de la Hipótesis 1 (H_1):

Al considerar que dentro del Grupo Experimental hubo quienes usaron *Modellus* sólo durante el proceso instruccional y quienes usaron *Modellus* siempre, en el proceso instruccional y durante el Post Test, donde era optativa su utilización, surge **una nueva variable** que obliga a realizar un análisis comparativo de Medias (***t* de Student**) entre:

- **Gc** (sin *Modellus*) v/s **Ge** (con *Modellus* sólo en la instrucción);
- **Gc** (sin *Modellus*) v/s **Ge** (con *Modellus* en la instrucción y en el Post Test); y
- **Ge** (con *Modellus* sólo en la instrucción) v/s **Ge** (con *Modellus* en la instrucción y en el Post Test). Todos tratados como grupos independientes

Entonces:

| Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales | | |
|--|--------------------|---------------------|
| | <i>GeModellus1</i> | <i>Gcs/Modellus</i> |
| Media | 4,2 | 4,192857143 |
| Observaciones | 5 | 14 |
| Estadístico t | 0,010950296 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,991390584 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,109815559 | |

Al comparar las Medias entre **Gc** (sin *Modellus*) v/s **GeModellus1** (con *Modellus* sólo en la instrucción); se observa un valor ***t*** inferior al valor crítico de referencia, lo que se considera estadísticamente no significativo por lo que no se puede atribuir sólo a *Modellus* la diferencia de puntajes obtenidos en los grupos. Esto hace inicialmente aceptar la H_0 , en esta relación de estos 2 grupos.

⁴ Sexo **1** son varones y **2** son damas; Minutos es el **tiempo** de demora en responder el **Post Test**; **modellus 0**: alumnos que no usaron *Modellus* nunca; **1** usaron *Modellus* sólo en el proceso pero no en el post test; **2** usaron *Modellus* siempre.

Luego, al comparar las Medias entre **Gc** sin *Modellus* v/s **GeModellus2** (con *Modellus* en la instrucción y en el Post Test); se observa un valor *t* superior al valor crítico de referencia, lo que es estadísticamente significativo, con un valor **P** muy inferior a 0.05, lo que hace muy improbable que la diferencia se deba a otra variable que no sea al uso de *Modellus*.

| Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales | | |
|---|-------------|--------------|
| | GeModellus2 | Gcs/Modellus |
| Media | 6,333333333 | 4,192857143 |
| Observaciones | 6 | 14 |
| Estadístico t | 3,672414083 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,001742479 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,100922037 | |

Este resultado nos hace aceptar la H_1 en relación a estos 2 grupos.

| Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales | | |
|---|-------------|-------------|
| | GeModellus2 | GeModellus1 |
| Media | 6,333333333 | 4,2 |
| Observaciones | 6 | 5 |
| Estadístico t | 5,54487343 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,00035879 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157158 | |

Al comparar ahora las Medias entre los dos subgrupos que se formaron dentro del Grupo Experimental (**Ge** con *Modellus1* sólo en la Instrucción y **Ge** con *Modellus2* en la Instrucción y en el Post Test); se observa un valor *t* muy superior al valor crítico de referencia, lo que se considera estadísticamente significativo, con un valor **P** muy inferior a 0.05 lo que hace muy improbable que la

diferencia se deba a otra variable que no sea al uso de *Modellus*.

Este resultado nos hace aceptar la H_1 en relación a estos 2 grupos independientes.

Análisis de la H_2 :

Al analizar la diferencia de Medias del tiempo demorado en contestar la prueba, expresado en minutos, dentro del Grupo Experimental, separando como grupos independientes a los que usaron *Modellus* sólo durante la Instrucción (**Gec/Modellus1**) y a los que usaron *Modellus* en la Instrucción y en el Post Test (**Gec/Modellus2**).

| Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales | | |
|---|--------------------|--------------------|
| | minutosGeModellus1 | minutosGeModellus2 |
| Media | 60,4 | 46 |
| Observaciones | 5 | 6 |
| Estadístico t | 2,414299631 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,038973263 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157158 | |

Se aprecia un valor *t* superior al valor crítico; y un valor **P** menor a 0.05, lo que es considerado estadísticamente significativo, pudiendo por ello rechazarse la H_0 y aceptarse la H_2 respectiva. Aquí no se puede atribuir la disminución del tiempo de respuesta a otra cosa que no sea el uso de *Modellus* durante el desarrollo de la experiencia.

Al comparar la Media de los minutos que el **Gc** demoró en realizar el Post Test con la Media de la demora del **GeModellus1** -que no usó *Modellus* en la Prueba Final- se observa un valor *t* inferior al valor crítico de la tabla y un valor **P** superior al 0.05, lo que estadísticamente no es significativo.

| Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales | | |
|---|-------------|---------------------|
| | minutos Gc | minutos GeModellus1 |
| Media | 62,14285714 | 60,4 |
| Observaciones | 14 | 5 |
| Estadístico t | 0,396043979 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,696999138 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,109818524 | |

Ello hace atribuir, con una probabilidad del 69,7%, que la diferencia de tiempo no sea causada por el uso o no uso de *Modellus* durante la experiencia; haciendo aceptar la H_0 y refutar la H_2 respectiva.

| Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales | | |
|--|--------------------|----------------------------|
| | <i>minutos Gc</i> | <i>minutos GeModellus2</i> |
| Media | 62,14285714 | 46 |
| Observaciones | 14 | 6 |
| Estadístico t | 3,304893194 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,003938532 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,100923666 | |

Al analizar ahora las Medias del tiempo ocupado en responder el Post Test, entre el Gc y el Ge que utilizó siempre *Modellus*, arroja un valor *t* superior al valor crítico, con una probabilidad muy por debajo del **P** = 0.05 estimado para esta prueba estadística. Por lo tanto, esta diferencia es considerada estadísticamente significativa.

Este resultado puede interpretarse como que existe una alta probabilidad que la disminución de tiempo para responder una prueba de modelamiento matemático en un problema de física, en un grupo que usa *Modellus* durante su desarrollo, se deba a esta condición o variable y no a otra.

VII. Conclusiones generales de la investigación:

La **Hipótesis 1** había sido formulada sin prever que un grupo de alumnos del Grupo Experimental no iba a utilizar en la prueba final el software *Modellus*, obteniendo por ello un resultado promedio muy similar al promedio logrado por el Grupo Control. Por ello, y proyectando el mejoramiento de una próxima experiencia es que se consideró importante dicho resultado en la desestimación de la hipótesis alternativa.

Esta situación, reforzada con los resultados de una encuesta de opinión aplicada al término de la experiencia a los estudiantes, hace generar una importante conclusión: Los alumnos que usaron *Modellus* siempre, incluso durante la prueba final, lo hicieron porque consideraron su efectiva utilidad, pero **no todos lograron apreciar esa fortaleza o pueden haber sido incapaces, en el poco tiempo, de integrarla en la tarea de análisis y desarrollo del proceso de modelamiento** y por ello no haberla aprovechado en el momento de mostrar sus logros.

Lo importante en estos primeros estudios exploratorios y experienciales es advertir estos resultados y enriquecer así futuras experiencias.

En el análisis de la **Hipótesis 2**, sin embargo, aún resultando uno de los valores en la contrastación como no significativo, se estimó válida la hipótesis alternativa, rechazando la H_0 respectiva, por las razones que a continuación se indican:

Siempre hubo una diferencia favorable en los promedios de los tiempos empleados para resolver el Post Test, en los dos grupos que usaron *Modellus*. Aún con valores no significativos. Sin embargo, la extremada diferencia en el promedio del Grupo Experimental que usó siempre *Modellus*, comparado con los otros grupos analizados, hace presumir que su empleo ayuda a disminuir los promedios de tiempo con efectivos resultados.

Se debe considerar un aspecto relevante al momento de hacer esta conclusión: el estudiante que **usa una herramienta más** durante una experiencia, debe **ocupar un tiempo adicional** al agregar una función extra a su actividad; pero **aún así, sus tiempos resultan menores**, lo que da cuenta de la “garantía” que le aporta poder verificar de una vez la ecuación que produzca, a diferencia de quien no usa la herramienta de comprobación, pudiendo ante una duda estar mucho más tiempo revisando sus procesos y hasta “sentirse” seguro de su producción.

Recomendaciones:

- A partir del conocimiento y expertise adquiridos con esta investigación, se sugiere replicar la experiencia en condiciones más favorables, principalmente de tiempo, ya que los recursos y materiales elaborados ya cuentan con una validación bastante rigurosa y consistente
- Se sugiere realizar una investigación más minuciosa que contemple los aspectos que no permitieron un éxito mayor en este estudio, formulando hipótesis más específicas que permitan incluir el máximo de variables que puedan tener relevancia, estudiando las funciones que los softwares puedan favorecer los resultados esperados.
- Integrar a más profesores que, junto con participar en estudios similares, aprendan este tipo de metodología y favorezcan con ello el aprendizaje de los estudiantes, generando información provechosa de estas prácticas para contribuir con la necesaria innovación en la enseñanza.
- Comunicar, tanto a los autores de las metodologías y de los recursos, como a los colegas profesores acerca de estas prácticas e investigaciones, para avanzar en el ámbito de la información, de la investigación y de la innovación, a partir de actitudes colaborativas y de las experiencias exitosas alcanzadas.
- Finalmente se recomienda, no perder el contacto con el colegio que favoreció esta experiencia, sobre todo en una continuidad o seguimiento con los estudiantes que demostraron mucho interés en aprender de esta manera, ya que ellos fueron la siembra de un estilo de aprender que pudiera llegar a cultivar frutos muy interesantes en un futuro próximo.

VIII. Bibliografía:

- Araujo, Ives Solano (2002) "Un estudio sobre el desempeño de alumnos de Física, usuarios de la herramienta computacional *Modellus* en la interpretación de gráficos en Cinemática" Porto Alegre, Brasil, págs. 51-52.
- Pérez Matzen, Claudio (2003) "Modelamiento y Simulación Computacional en la Enseñanza y Aprendizaje de la Física"; ponencia en el Congreso Nacional Formación Inicial de Docentes en Chile" UMCE, 9-10 de enero de 2003; Santiago, Chile.
- Teodoro, Vitor Duarte; Vieira, J. P., & Clérigo, F. C. (1997). *Modellus, interactive modeling with mathematics*. San Mateo, CA: Knowledge Revolution.
- Informe del Grupo de Trabajo 2: «Inquiries into European Higher Education in Physics», Actas del V Foro General de EUPEN 2001, Colonia (Alemania), septiembre de 2001, publicadas por H. Ferdinande & E. Valcke, Tomo 6, Universiteit Gent, Gante 2002.
- Teodoro, Vitor Duarte, (1998). From formulae to conceptual experiments: interactive modeling in the physical sciences and in mathematics. Invited paper presented at the International CoLos Conference New Network-Based Media in Education, Maribor, Slovenia.
- Otero, Maria Rita; Greca, I. M. y Lang da Silveira, Fernando (2003) "Imágenes visuales en el aula y rendimiento escolar en Física: Un estudio comparativo" publicado en la *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 2, N° 1*
- Hestenes, David and collaborators. Modeling Theory of Physics Instruction, focus of educational research; Implemented through Modeling Instruction Program, in Arizona State University from 1985 to 2005: <http://modeling.asu.edu/> .Traduced by Carl J. Wenning.
- The Oxford Concise Dictionary (1996). Oxford University Press.
- Sitio Web EDUTEKA: Noviembre 02 de 2002. Última modificación de este documento: Octubre 18 de 2003. URL: <http://www.eduteka.org/instalables.php3>

- Cartier, N.; Rudolph, J.; Stewart, J. (2001). "The nature and structure of scientific models". The national Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science. Wisconsin Center for Education Research. Madison.
- El Mercurio, Santiago de Chile, martes 5 de julio de 2005, actualizado a las 6:23 hrs.
- URL: www.impactoprofundo.cl
- De la Jara, Antonio (Reuters) ENFOQUE-Norte de Chile, ojos del mundo para ver impacto espacial. 01/07/05 18:13
- Ausubel, David. (2002). Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva. Ed. Paidós. Barcelona, España.
- Hestenes, David. (1987). "Hacia una teoría del modelamiento de la instrucción de la física" Publicado en: American Journal Physics. 55 (5), el 1987 de mayo, pp. 440-454 (traducción personal con <http://ets.freetranslation.com/>)
- Teodoro, Vitor Duarte; Vieira, J. P., Sitio de descarga de software Modellus: <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/> Last update: 29-Jan-2004
- Rodríguez Palmero, María Luz. (2004) La Teoría del Aprendizaje Significativo. Centro de Educación a Distancia (C. E. A. D.). Pedro Suárez Hernández, s/n. C. P. n° 38009 Santa Cruz de Tenerife.
- Johnson-Laird, P. N. (1996). Images, Models and Propositional Representations. En Models of Visuospatial Cognition. Oxford. University Press. pp. 90-127.

IX. Anexo: PLAN DE TRABAJO

| Etapa/sesión | Descripción de la Actividad/Contenido |
|-----------------------------------|--|
| 1 viernes 17 noviembre | <p>Grupo total, 1er Bloque (09:15 a 10:15)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pre test 2. Pre test sobre conocimientos básicos de cinemática; 3. Apresto vía estudio de Guía sobre conceptos básicos de cinemática de 1 Dimensión: posición, velocidad, aceleración, durante el fin de semana; 4. Re-aplicación de test sobre conocimientos básicos de cinemática, durante el domingo; 5. Comparación de resultados con plantilla de corrección, enviada por E-mail, el domingo en la tarde; 6. Selección aleatoria de Grupos Experimental y Control; <p>Grupo Experimental, 2° Bloque (10:15 a 11:30)</p> <p>Objetivo: Aprender el uso de <i>Modellus</i> (<i>aprendizaje de uso de Modellus con demostración a partir de ecuaciones del movimiento circunferencial uniforme, dadas en una Guía por el profesor, incluyendo sintaxis, gráficos y animaciones con vectores y Auto-evaluaciones.</i>)</p> |
| 2 lunes 20 noviembre (*) | <p>Los 15 minutos iniciales de ambos grupos se usaron para explicar el desarrollo de la evaluación diagnóstica, a modo de refuerzo y preparación para el trabajo experimental, dado el nivel de conocimientos de Física y Matemática de los dos grupos de primer año medio.</p> <p>Sólo Grupo Control: (07:45 a 09:15)</p> <p>Objetivo Experiencia 1: Aprender la Cinemática 1 Dimensión vía Modelamiento Mental, Metodología del Modelamiento Mental de Hestenes, sobre movimiento rectilíneo horizontal del carro con una fuerza impulsiva; Sesión de trabajo en el laboratorio con herramienta computacional Data Studio (sólo para adquisición rápida de datos y confección de gráficos): Desarrollo de metodología de modelamiento en base preguntas de Guía, sobre experiencia 1: obtención de datos experimentales, con presentación de gráficos y sus ajustes, y derivación de coeficientes de las expresiones algebraicas que relacionan las variables a estudiar: velocidad, posición y tiempo.</p> <p>Sólo Grupo Experimental: (09:15 a 10:45)</p> <p>Ídem a lo anterior, sólo que por falta de tiempo, no alcanzaron a usar <i>Modellus</i>, quedando para sesión posterior</p> |
| 3 jueves 23 noviembre | <p>Los 15 minutos iniciales de ambos grupos por separado, se usaron para presentar un resumen y aclarar conceptos a través de ejemplos, de lo avanzado en la Sesión anterior, en consideración al limitado nivel de conocimientos de Física y Matemática de los alumnos; destacándose principalmente el significado físico de los coeficientes de las ecuaciones del modelo cinemático. Se uso una presentación .ppt con inclusión de significado de uso de <i>Modellus</i>, en grupo Experimental. A ambos grupos se le envió la presentación por E-Mail.</p> <p>Ambos Grupos en sus respectivos horarios:</p> <p>Terminaron la Guía de la Experiencia 1 con datos guardados de sesión anterior y con nuevas tomas de datos.</p> <p>Sólo Grupo Experimental: Las expresiones las transfieren al <i>Software Modellus</i> para reproducir animación y para explotar los conceptos obtenidos.</p> |
| 4 viernes 24 noviembre | <p>Sólo Grupo Control: (07:45 a 09:15)</p> <p>Objetivo Experiencia 2: Aprender la Cinemática 1 Dimensión vía Modelamiento Mental, Metodología del Modelamiento Mental de Hestenes, sobre movimiento rectilíneo horizontal de un carrito al que se pone en marcha mediante la fuerza constante de tracción proporcionada por la caída de unas pesas unidas al carrito mediante un hilo;</p> <p>Sesión de trabajo en el laboratorio con herramienta computacional Data Studio (sólo para adquisición rápida de datos y confección de gráficos): Desarrollo de metodología de modelamiento en base preguntas de Guía, sobre experiencia 1: obtención de datos experimentales, con presentación de gráficos y sus ajustes, y derivación de coeficientes de las expresiones algebraicas que relacionan las variables a estudiar: velocidad, posición y tiempo. Se incluye transferencia en experimento en el que se agrega un impulso al carrito en sentido opuesto a la fuerza de las pesas que cuelgan de la polea.</p> <p>Sólo Grupo Experimental: (09:15 a 10:45)</p> <p>Ídem a Grupo anterior, sólo que las expresiones algebraicas las transfieren al <i>Software Modellus</i> para reproducir animación y para explotar los conceptos obtenidos.</p> |
| 5 martes 28 noviembre | <p>Ambos Grupos en sus respectivos horarios acordados: Gc 09:00 hrs. Ge 10:30 hrs.</p> <p>Evaluación Sumativa de Modelamiento Mental sobre Lanzamiento Vertical hacia arriba + Caída Libre, con el problema descrito y una serie de preguntas sobre resultados, con papel y lápiz para ambos grupos, pero con acceso voluntario a <i>Modellus</i> en el grupo experimental.</p> |