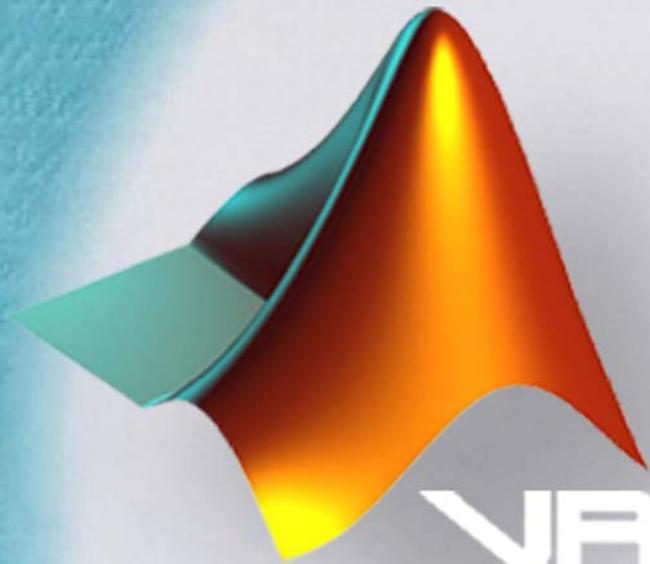


MAT
lab
física



VRML

Laboratorio Virtual de Física
en Matlab/Simulink con
Tecnología VRML

Grettel Visansay Fernández



UNIVERSIDAD
CIENFUEGOS
Carlos Rafael Rodríguez

FACULTAD DE INFORMÁTICA

2008

Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”
Facultad de Informática
Carrera de Ingeniería Informática

**LABORATORIO VIRTUAL DE FÍSICA EN
MATLAB/SIMULINK CON TECNOLOGÍA VRML**

Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniería en Informática

Autora:
Grettel Visanzay Fernández

Tutor(es):
MSc. Boris G. Vega Lara
Dr. Henry Herrera Marrero

Consultante:
Roy Reyes Calvo

Cienfuegos, Cuba
Curso 2007 - 2008

Declaración de autoría

Declaro que soy la única autora de este trabajo y autorizo al Departamento de Física de la Facultad de Mecánica y al Departamento de Informática de la Facultad de Informática en la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, para que hagan el uso que estimen pertinente con el trabajo de diploma.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de ____ del ____.

Grettel Visanzay Fernández

Nombre completo del primer autor

Boris Vega Lara

Nombre completo del primer tutor

Henry Herrera Marrero

Nombre completo del segundo tutor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referente a la temática señalada.

Mcs. Boris Vega Lara

Firma Tutor

Dr. Henry Herrera Marrero

Firma Tutor

Firma ICT

Firma Vicedecano

Opinión del usuario

El Trabajo de Diploma, titulado <Título del Trabajo de Diploma>, fue realizado en nuestra entidad <Nombre de la Entidad que utilizará el sistema>. Se considera que, en correspondencia con los objetivos trazados, el trabajo realizado nos satisface:

- Totalmente
- Parcialmente en un ____ %

Los resultados de este Trabajo de Diploma le reportan a nuestra entidad los beneficios siguientes (cuantificar):

Como resultado de la implantación de este trabajo se reporta un efecto económico que asciende a <valor> MN y/o <valor> CUC. (Este valor debe ser REAL, no indica lo que se reportará, sino lo que reporta a la entidad. Puede desglosarse por conceptos, tales como: cuanto cuesta un software análogo en el mercado internacional, valor de los materiales que se ahorran por la existencia del software, valor anual del (de los) salario(s) equivalente al tiempo que se ahorra por la existencia del software).

Y para que así conste, se firma la presente a los __ días del mes de ____ del año ____.

Nombre del representante de la entidad

Cargo

Firma

Cuño

Opinión del tutor

Título: <Título del trabajo de diploma>

Autor(es): <Nombres y apellidos del autor o los autores>

El(Los) tutor(es) del presente Trabajo de Diploma considera(mos) que durante su ejecución el(los) estudiante(s) mostró(aron) las cualidades que a continuación se detallan.

<El tutor debe expresar cualitativamente su opinión y medir (usando la escala: muy alta, alta, adecuada) entre otras las cualidades siguientes: Independencia, Originalidad, Creatividad, Laboriosidad y Responsabilidad>

<Además, debe evaluar la calidad científico-técnica del trabajo realizado (resultados y documento) y expresar su opinión sobre el valor de los resultados obtenidos (aplicación y beneficios)>.

Por todo lo anteriormente expresado considero que el estudiante está (no) apto para ejercer como Ingeniero Informático; y propongo que se le otorgue al Trabajo de Diploma la calificación de <2 – Desaprobado, 3 – Aprobado, 4 – Bien, 5 – Excelente>.

<Si considera que los resultados poseen valor para ser publicados, debe expresarlo también>

Y para que así conste, se firma la presente a los ___ días del mes de _____ del año ____.

(Si procede)

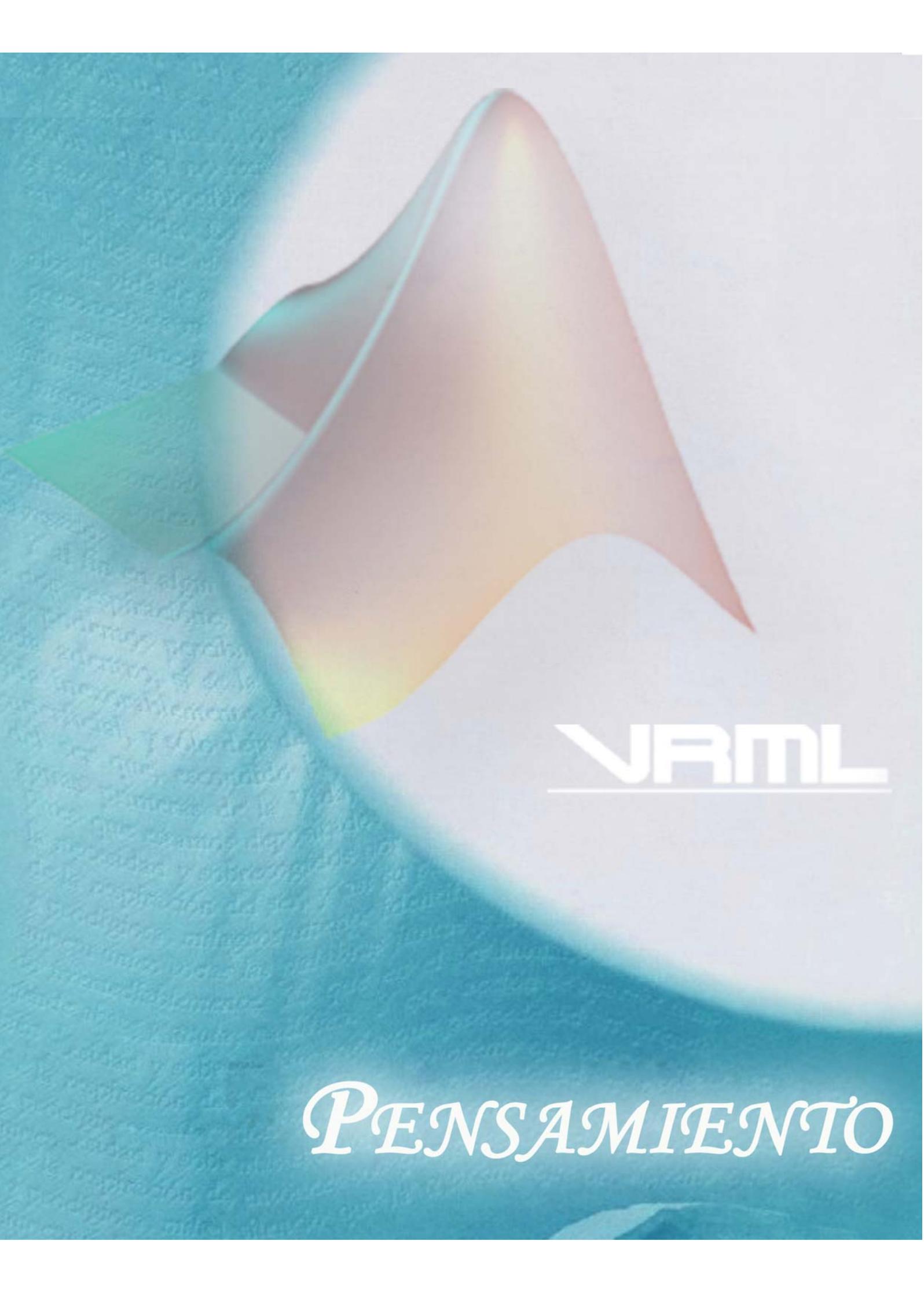
Nombre completo del primer tutor

Nombre completo del segundo tutor

<Grado científico, Categoría docente y/o investigativa>

<Grado científico, Categoría docente y/o investigativa>

Fecha: _____

An abstract graphic design featuring a large, curved, multi-colored shape (ranging from green to red) on a blue background. The shape is partially cut off by the right edge of the frame. The background has a subtle, embossed texture of faint, illegible text.

VRML

PENSAMIENTO

Pensamiento

"Un hombre formado solo en valores se toma por un tonto, uno formado solo en la ciencia acaba siendo un tirano, un hombre formado sobre estas dos bases llega a ser útil a sí mismo, a los demás y a la humanidad."

Anónimo



VRML

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos

Mencionar a todas aquellas personas que una forma u otra ayudaron a la realización de este trabajo sería algo imposible, son muchas, y todas importantes. Durante estos 5 años siempre hubo una mano dispuesta a ayudar. Deseo agradecer a todas aquellas personas que de una forma u otra han contribuido con su ayuda a la realización de este trabajo, en especial:

- A Boris Vega Lara y a Henry Herrera Marrero, tutores de esta investigación, por su preocupación, por el tiempo dedicado, por ser comprensibles y comunicativos, por ser ante todo unos magníficos profesores y unos excelentes amigos.*
- A Roy Reyes Calvo por su ayuda incondicional, paciencia, optimismo y dedicación.*
- A mis familiares por estar siempre a mi lado y apoyarme en todo.*
- A Ana Ramona Gonzáles por todo su amor, ayuda y apoyo.*
- A Adilson y Grisell por todo su amor, apoyo y dedicación en estos años.*
- A mis amigas, por toda su entrega e incondicionalidad.*
- A la profesora Daimarelys por haberme transmitido sus conocimientos, por su colaboración y sus consejos.*
- A todos los profesores de la Facultad por su dedicación y valores que permitieron mi formación profesional.*
- A mis compañeros de grupo, por todo su apoyo y ayuda en estos años compartidos.*

A todos, Muchísimas Gracias.

Grettel



VRML

DEDICATORIA

Dedicatoria

A todos mis seres queridos:

A ti abuela por darme todo tu apoyo, ternura y amor, por estar siempre a mi lado,

A mi hermano por brindarme su ayuda en todo momento,

A mi mamá y papá por dedicar todo su sacrificio a mi educación, por su amor incondicional siempre, por todo su apoyo, por ser mi fuerza, mi inspiración y mi vida.



VRML

RESUMEN

Resumen

El Departamento de Física localizado en la Facultad de Mecánica de la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” presta servicios impartiendo la asignatura de Física a las carreras de Ingeniería Informática, Mecánica e Industrial. Dentro de la especialidad de Física tiene un valor fundamental la realización de las prácticas de laboratorio, debido a que estas constituyen una herramienta importante para una mejor comprensión de los fenómenos físicos estudiados. Los laboratorios que se realizan actualmente se ubican dentro de la categoría de Laboratorio Tradicional (LT), donde el estudiante interactúa directamente con el equipamiento físico. La realización de esta variante de práctica de laboratorio se ve limitada en muchas ocasiones por el tiempo disponible para su ejecución, puesto que son varias carreras y para los mismos locales.

Una alternativa a estas dificultades es el uso de Laboratorios Virtuales (LV), los cuales constituyen una simulación del LT reducida a la pantalla de la computadora. Los Laboratorios Virtuales reportados en la bibliografía consultada presentan algunas imprecisiones ya que en muchos de sus modelos se desprecian magnitudes que alejan la simulación del mundo real.

El presente trabajo se proyecta hacia el desarrollo de un Laboratorio Virtual de Física, que permita a los usuarios realizar prácticas de laboratorio de Física de forma virtual, en un ambiente interactivo y mucho más próximo a la realidad que los LVs disponibles en la Universidad.

Para la realización de este trabajo se utilizó el programa MATLAB con su componente Simulink por ser una fuerte herramienta en el campo de la simulación, así como tecnología VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) para la representación de las simulaciones.



VRML

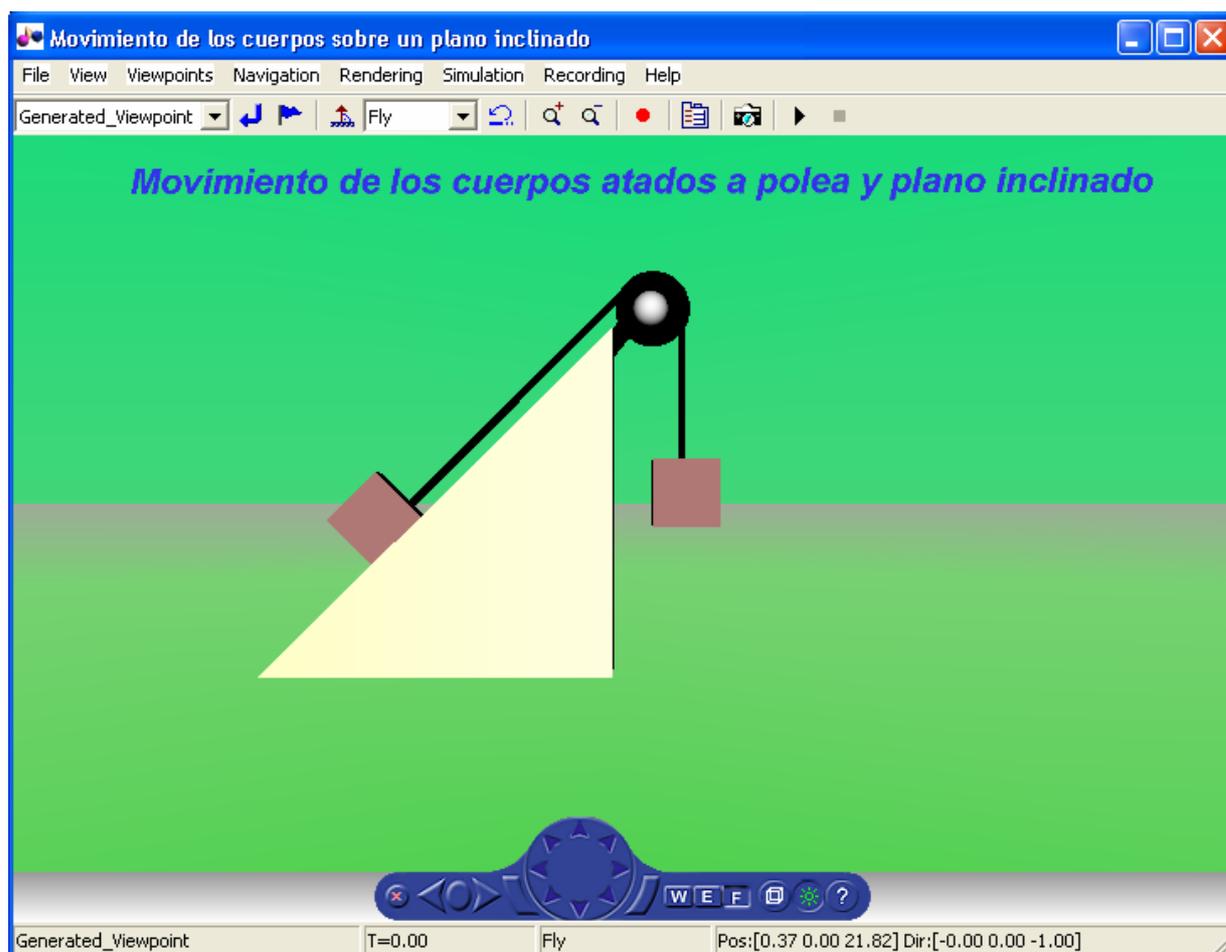
INDICE

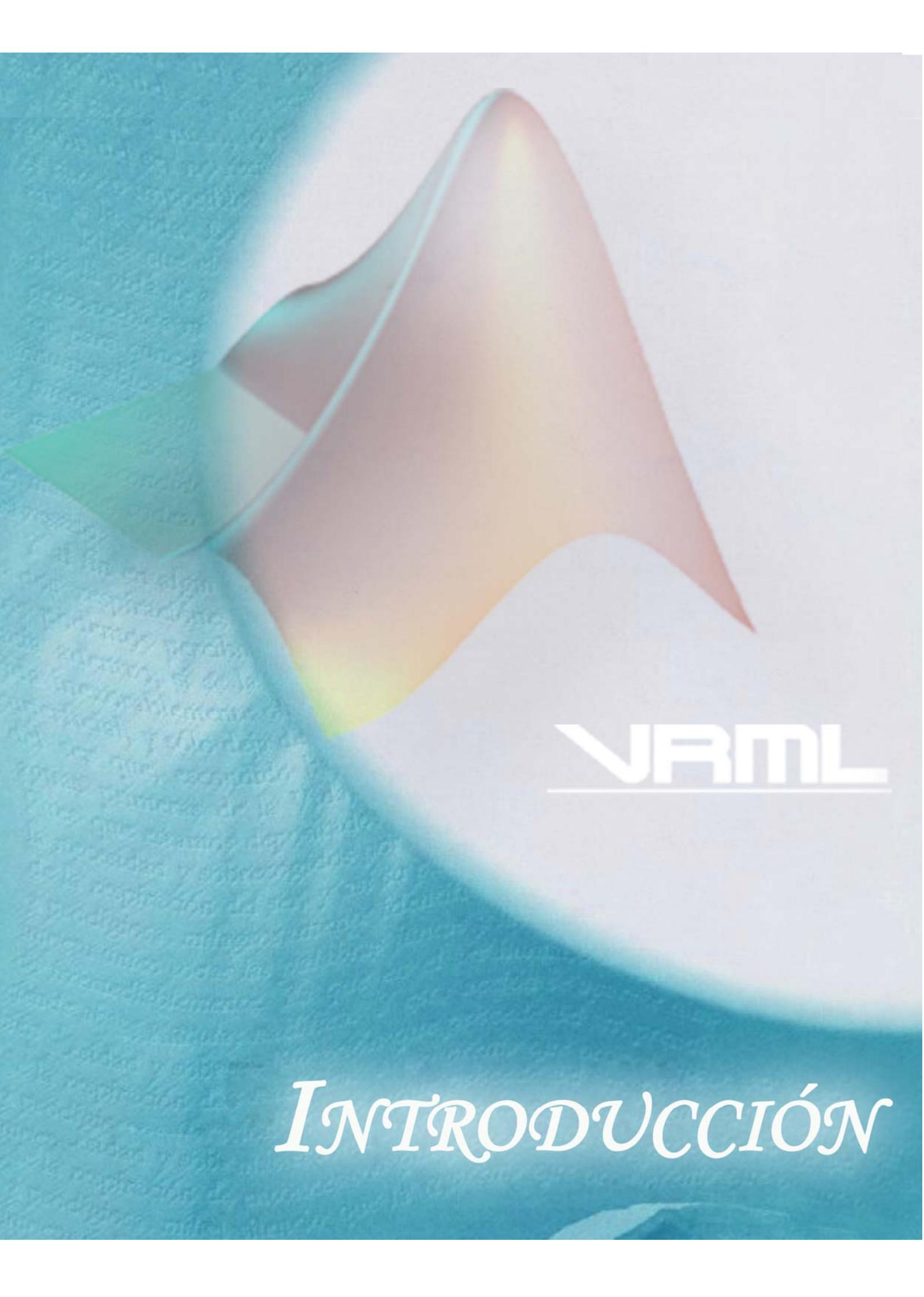
Índice

Introducción	1
Capítulo 1 – Estado del arte de los Laboratorios Virtuales	8
1.1 – Introducción	8
1.2 – Concepción, razón de existencia y definición de la práctica de laboratorio.	8
1.3 - Las prácticas de laboratorio de física en la enseñanza universitaria.	10
1.4 - Estructura organizativa de una práctica de laboratorio.	11
1.5 - Tipos de laboratorios	12
1.5.1 - Laboratorio Tradicional (LT)	12
1.5.2 - Laboratorio Virtual (LV)	13
1.6 - Historia de los laboratorios virtuales	13
1.7 - Requisitos de los laboratorios virtuales	14
1.8 - Cuando se deben usar los laboratorios virtuales	14
1.9 - Laboratorios virtuales: ventajas e inconvenientes	15
1.10 – Descripción de los sistemas existentes	16
1.11 – Conclusiones	19
Capítulo 2 – MATLAB, Simulink y la tecnología VRML	21
2.1 – Introducción	21
2.2 – MATLAB	21
2.3 – Interfaces de usuario en MATLAB	22
2.3.1 – Archivos generados por GUIDE	23
2.3.2 –Pasos para crear una GUI	24
2.4 – Elementos básicos de Simulink	24
2.4.1 – Simulación y análisis	24
2.4.2 – Documentación gráfica y operabilidad	27
2.5– Realidad Virtual	28
2.5.1 – Origen de la tecnología	29
2.6– VRML como herramienta	31

2.6.1– Requerimientos para el uso de VRML	32
2.6.2– MATLAB y VRML	33
2.6.3 – Toolbox de Realidad Virtual en MATLAB	34
2.7– VRML con Simulink	34
2.8 – Conclusiones	35
Capítulo 3 – Laboratorio Virtual de Física en Matlab/Simulink con tecnología VRML.	38
3.1 – Introducción	38
3.2 – Descripción del sistema propuesto	38
3.2.1 – Concepción general del sistema	38
3.2.2 – Requerimientos funcionales	39
3.2.3 – Requerimientos no funcionales	41
3.3 – Descripción de la solución implementada	44
3.3.1 – Lanzamiento del proyectil	45
3.3.2 – Movimiento de los cuerpos atados a polea y plano inclinado.	47
3.3.3 – Péndulo Balístico	49
3.3.4 – Oscilaciones Amortiguadas	51
3.4– Principios del diseño del sistema	53
3.4.1– Diseño de la interfaz de entrada, salidas y menús del sistema.	53
3.4.2– Tratamiento de errores	54
3.4.3– Concepción general de la ayuda.	54
3.5– Conclusiones	55
Capitulo 4 – Estudio de Factibilidad	57
4.1 – Introducción	57
4.2 – Planificación por puntos de función	57
4.3 – Determinación de los costos	61
4.4 – Beneficios tangibles e intangibles	64
4.5 – Análisis de costos y beneficios	64
5.6 – Conclusiones	64
Conclusiones	67

<i>Recomendaciones</i>	69
<i>Referencias bibliográficas</i>	71
<i>Bibliografía</i>	76
<i>Glosario de términos</i>	82
<i>Anexos</i>	84





VRML

INTRODUCCIÓN

Introducción

El fin último de la enseñanza es el aprendizaje de la persona, para lo cual se considera que el profesor y el educando deben utilizar todos los elementos, herramientas y tecnologías que puedan facilitarles este proceso de aprendizaje, y aunque el acto educativo se da entre el alumno y su intención de aprendizaje, es evidente que el quehacer educativo actual está influenciado en gran medida por los avances en las Tecnologías de la Información y por los ambientes de aprendizaje que se generan a su alrededor [1].

El papel del profesor debe ser el de auxiliar al alumno como un facilitador o mediador entre éste, el conocimiento y las TICs [1], a través de la adecuada generación de métodos y ambientes de aprendizaje.

Para todo tipo de aplicaciones educativas, las TIC son medios y no fines. Es decir, son herramientas y materiales de construcción que facilitan el aprendizaje, el desarrollo de habilidades y distintas formas de aprender, estilos y ritmos de los aprendices [1]. Del mismo modo, la tecnología es utilizada tanto para acercar al estudiante al mundo, como el mundo al estudiante.

Un ambiente de aprendizaje consiste en un conjunto de elementos, entre los cuales están: el contenido, la interacción, la evaluación, el seguimiento y las ayudas de navegación, organizados en el tiempo y en el espacio para el logro de una intencionalidad formativa [1].

Los Laboratorios Presenciales (Laboratorio tradicional) y los Laboratorios Virtuales, pueden llegar a ser ambientes óptimos de aprendizaje. En estos ambientes es recomendable que el alumno utilice el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje colaborativo, su capacidad de observación y análisis [1], para que, a través de una reflexión seria y la experimentación, entre lo que sabe y lo que está aprendiendo, pueda apropiarse del conocimiento e interiorizarlo.

Se considera al laboratorio como el lugar idóneo para que el alumno compruebe de forma física o práctica, los conceptos o principios adquiridos de forma teórica en el

salón, ya que cuenta con los medios necesarios para que realice investigaciones, experimentos y trabajos de carácter científico o técnico.

En la actualidad y fundamentalmente en las carreras técnicas como las ingenierías, es necesario realizar, como complemento del estudio, un elevado número de prácticas de forma que el estudiante adquiera los conocimientos prácticos suficientes sobre los conocimientos teóricos que se le suministran, y así poder comprobar estos sobre sistemas físicos reales.

En el laboratorio tradicional (LT) los recursos en personas y espacios son restringidos debido a su masificación y a problemas presupuestarios y se requiere la presencia física del estudiante y la supervisión del profesor [2]. Una alternativa para la solución a estos problemas es la aplicación de los avances tecnológicos a la docencia e investigación universitaria, y concretamente al uso de laboratorios virtuales (LV).

El Laboratorio Virtual, en la enseñanza a distancia, se define como “simulaciones de prácticas manipulativas que pueden ser hechas por el estudiante lejos de la universidad y el docente” [3]. Son imitaciones digitales de prácticas de laboratorio real o de campo, reducidas a la pantalla de la computadora donde la persona realiza las simulaciones interactuando con instrumentos virtuales.

En los últimos años la educación en nuestro país ha ido presentando un cambio radical debido principalmente a la aplicación de las tecnologías de la información. La estandarización del uso de las computadoras, el acceso a Internet, la enseñanza basada en Web, la bibliografía electrónica y el empleo de modernos programas tanto en la esfera educacional como en la industria, juegan un papel cada vez más importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El Departamento de Física, localizado en la Facultad de Mecánica de la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, presta servicios impartiendo la asignatura de Física a las carreras de Ingeniería Informática, Mecánica e Industrial, así como a los cursos de CPT correspondientes. Dentro de la especialidad de Física tiene un valor fundamental la realización de las prácticas de laboratorio, debido a que estas

constituyen una herramienta importante para el desarrollo de habilidades, así como para una mejor comprensión de los fenómenos físicos estudiados. En estos laboratorios de tipo tradicional el estudiante interactúa directamente con el equipamiento físico y su realización se ve limitada en muchas ocasiones por el tiempo y los equipos disponibles, ya que son varias carreras y los mismos locales. Una alternativa de apoyo a estas limitaciones es el uso en la universidad de los Laboratorios Virtuales (LV).

Dentro de la bibliografía consultada, se destacan trabajos como:

- Laboratorio Virtual de Física, ENCIGA, Asociación de Profesores de Ciencia de Galicia [4].
- Óptica y didáctica de la Física, Grupo de investigación Orión, España [5].
- Laboratorio Virtual de Física, Universidad de Valencia [6].
- Laboratorio Virtual, Centro de información y comunicación educativa, España [7].
- Laboratorios virtuales en la Universidad Virtual del CITMA, desarrollado por CITMATEL [8].
- El Laboratorio de Física desde su PC, confeccionado en el Departamento de Física de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. [9].
- Sistemas de Laboratorios a distancia (SLD), Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas [10].
- VisualLab, del Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Nucleares de Cuba [11].
- Laboratorios Virtuales de la CUJAE [12].

Los trabajos anteriormente mencionados presentan gran importancia pues constituyen una herramienta de apoyo para la realización de las prácticas de laboratorio en la asignatura de Física en el centro. A pesar de las ventajas que estos ofrecen es

necesario destacar que en muchas de las simulaciones propuestas se desprecian magnitudes de importancia que alejan la simulación del proceso físico del mundo real.

Problema a resolver

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado se define como problema a resolver: Carencia de un sistema que permita satisfacer las necesidades de prácticas de laboratorio de Física en la Universidad de Cienfuegos.

Según el problema planteado se define como **objeto de estudio** la enseñanza de la Física en la Universidad.

El sistema propuesto presenta como **campo de acción:** para las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la Física, tanto en cursos diurnos, para trabajadores, como para las sedes universitarias.

Hipótesis:

Si se dispone de un sistema que permita la realización de prácticas de laboratorio de Física de forma virtual, entonces el estudiante podría contar con una herramienta que le garantice, en un ambiente interactivo, un conjunto de simulaciones virtuales de Física con mayor proximidad a la realidad.

Objetivos:

General:

Elaborar una aplicación que permita realizar las prácticas de laboratorios de física de forma virtual para satisfacer la demanda creciente de estas prácticas en la UCF.

Específicos:

Elaborar una aplicación que permita:

Contar con una introducción teórica en la cual se adquirieran los conocimientos básicos e imprescindibles para entender el cuadro de leyes generales de la Física de cada laboratorio.

- Realizar la simulación correspondiente a cada laboratorio.
- Realizar un análisis de los resultados de cada laboratorio a modo de conclusión.

Tareas científicas a realizar para dar cumplimiento a los objetivos

- Para alcanzar los objetivos propuestos se desarrollaron las siguientes tareas:
- Revisión bibliográfica del estado actual y aplicación de los laboratorios virtuales.
- Revisión bibliográfica del estado del arte y análisis de los sistemas de laboratorios virtuales ya implementados.
- Elaboración de una propuesta del Sistema de Laboratorio Virtual de Física, utilizando el paquete MATLAB.
- Comparación del Sistema de Laboratorio Virtual de Física desarrollado con los sistemas reportados en la literatura.
- Elaboración del informe final.

Aporte práctico

Desarrollo de un Sistema de Laboratorios Virtuales en la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” que permita realizar las prácticas de laboratorio correspondiente a la especialidad de Física, de forma virtual logrando una mayor aproximación a la realidad en un ambiente interactivo.

Estructura de la Tesis

El presente trabajo está estructurado de la siguiente manera:

Introducción, cuatro capítulos, conclusiones y recomendaciones.

En el primer capítulo se describe el estado del arte de los laboratorios virtuales, su evolución e importancia, con vistas de ofrecer una situación panorámica del tema y sus aplicaciones.

En el segundo capítulo se aborda la tecnología y herramientas utilizadas en la realización de la aplicación.

En el tercer capítulo se aborda la solución implementada para cada práctica de laboratorio según la tecnología utilizada.

En el cuarto capítulo se realiza un análisis de factibilidad, utilizando la metodología COCOMO, nivel II.



VRML

CAPÍTULO I

Capítulo 1 – Estado del arte de los Laboratorios Virtuales

1.1 – Introducción

En este capítulo se hace un análisis crítico del estado del arte de los Laboratorios Virtuales. Se detalla en la necesidad y surgimiento de las prácticas de laboratorio, su evolución y desarrollo hasta la creación del Laboratorio Virtual. Se exponen las tendencias actuales de los Laboratorios Virtuales así como sus características, tecnología utilizada en su confección y dificultades que los acompañan. Se realiza un análisis de los laboratorios reportados en la literatura frente a la propuesta presentada por este trabajo.

1.2 – Concepción, razón de existencia y definición de la práctica de laboratorio.

La práctica de laboratorio se introduce en la educación a propuesta de John Locke, al entender la necesidad de realización de trabajos prácticos experimentales en la formación de los alumnos. A finales del siglo XIX ya formaba parte integral del currículo de las ciencias en Estados Unidos, extendiéndose con posterioridad a los sistemas educacionales del resto de los países Inglaterra [13].

En la literatura especializada sobre el tema [13] se pueden encontrar diversos términos para identificar a la actividad práctica en el laboratorio docente. Por ejemplo: "*Trabajo de Laboratorio*", expresión usada en América del Norte, "*Trabajo Práctico*", en Europa, Australia y Asia y el de "*Experiencias Prácticas*", todos son utilizadas prácticamente como sinónimos. En este trabajo se utilizará el término "*Práctica de Laboratorio*", que es de uso común en los centros de enseñanza de Cuba y Latinoamérica [13].

La práctica de laboratorio es una actividad que se organiza y se imparte en tres partes o momentos esenciales: Introducción, Desarrollo y Conclusiones, razón para considerarlas una forma de organizar el proceso para enseñar y para aprender. Constituyen en sí un proceso de enseñanza-aprendizaje en el cual se manifiesta todos

los componentes no personales del proceso: problema, objeto, objetivos, forma, métodos, contenido, medios y evaluación [13].

Así se obtiene que una práctica de laboratorio es un:

"Proceso de enseñanza-aprendizaje facilitado y regulado por el profesor, que organiza temporal y espacialmente para ejecutar etapas estrechamente relacionadas, en un ambiente donde los alumnos pueden realizar acciones psicomotoras, sociales y de práctica de la ciencia, a través de la interacción con equipos e instrumentos de medición, el trabajo colaborativo, la comunicación entre las diversas fuentes de información y la solución de problemas con un enfoque Interdisciplinar-Profesional" [13].

En la actualidad se ha generalizado y defiende el criterio entre muchos docentes de ciencias [13] que este tipo de actividad práctica, de experiencias prácticas, son parte esencial del proceso de enseñanza-aprendizaje y, por tanto, nunca podrán ser excluidas de la formación integral de los alumnos, fundamentalmente, alumnos de ciencias e ingeniería.

El desarrollo histórico del perfeccionamiento de la enseñanza de la Física en la educación superior en Cuba, desde la reforma universitaria en enero 1962 hasta los dos últimos períodos, es una pequeña muestra de esa atribuible significación, al observar un incremento en las horas dedicadas, como una consecuencia de la comprensión generalizada entre los docentes, de que las actividades prácticas en el laboratorio son parte esencial en la enseñanza de las ciencias y no podrán ser excluidas de su aprendizaje [13].

Sin embargo, es la forma de enseñanza que no ha resultado objeto de muchas transformaciones didácticas en el país, manteniendo formatos metodológicos conocidos como tradicionales desde su incorporación al proceso. En la educación superior se hacen grandes esfuerzos metodológicos y de recursos para modificar la actuación de los docentes y de los alumnos durante el proceso de formación, con el objetivo de lograr un aprendizaje significativo de la Física y de las ciencias en sentido general [13].

1.3 - Las prácticas de laboratorio de física en la enseñanza universitaria.

Es innegable que la concepción de una práctica de laboratorio estará en función, entre otras cosas, del nivel escolar que se trate en la organización de la enseñanza en cada sistema de educación, y desde luego, dirigida a los fines u objetivos a los que corresponde tal organización, lo cual no significa que puedan extrapolarse funciones entre los diferentes niveles, como resulta la de facilitar un proceso de investigación científica [13].

La enseñanza superior prioriza los contenidos en correspondencia a las exigencias locales, nacionales e internacionales que se le imponen, a modo de encargo social al profesional que se está formando. Razón que aduce a la práctica de laboratorio de Física a completar la formación del alumno, en cuanto a la observación, la experimentación y la investigación científica para poder enfrentar los retos sociales en cuya base se encuentren fenómenos físicos, tanto en la práctica laboral como social [13].

La estadística que se emplea en las prácticas de laboratorio del nivel superior, es discutida desde el punto de vista metodológico en el seno del colectivo de la disciplina, por cuanto debe responder, al sistemas de habilidades y capacidades exigidas en el currículo de cada profesión respecto al modo de actuación y modelo del profesional que se forma en este nivel, y la Física deberá ponerse en función de tales intereses, a través de sus propios métodos físicos, matemáticos y de investigación con el apoyo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [13].

En la universidad, de acuerdo a las exigencias formuladas en los Planes de Estudio de las diferentes carreras, se explotan mucho más las potencialidades de las gráficas y su diversidad, de acuerdo a la complejidad de las ecuaciones de trabajo y el comportamiento de las magnitudes físicas que intervienen en el proceso que se analiza en el laboratorio, exigiéndole a los alumnos su construcción tanto manual como en computadora, orientando para este caso el razonamiento y explicación de los resultados

que se obtienen de la gráfica, pues solamente introducen los datos experimentales, selecciona la variable o función para cada eje y el software hace lo demás [13].

1.4 - Estructura organizativa de una práctica de laboratorio.

A continuación se muestran y describen las fases, partes o etapas más comunes, que prácticamente constituyen regularidades en la estructura metodológica para la práctica de laboratorio de Física, diseñadas por la nombrada Metodología Tradicional [13]:

Título: Nombre de la práctica; coincidente en ocasiones con el objetivo y el método para su realización: Determinación de la aceleración de la gravedad por el Método del Péndulo Simple, Determinación de la viscosidad de un líquido por el Método de Stokes, Comprobación experimental de las leyes de Ohm y Pouillet en un circuito de C.C.

Objetivo(s): Incluyen reflexiones sobre lo que se pretende conseguir y cómo obtenerlo, en ocasiones expresados en función de conocimientos y no de habilidades: Comprobación experimental de las leyes de Ohm y Pouillet en un circuito de corriente continua.

Fundamentación Teórica: Toda la información teórica exclusiva y suficiente del contenido de la práctica, con las ecuaciones de trabajo, esquemas, imágenes, etc. El alumno no necesita consultar otras fuentes de información, solo estudiar, memorizar el texto y reproducir las orientaciones.

Materiales e Instrumentos: Todos los recursos materiales para cumplimentar la experimentación (equipos, accesorios e instrumentos), incluyendo diseños gráficos del montaje experimental, circuitos eléctricos e ilustraciones explicativas, etc.

Instrucciones (Técnica Operatoria): Constituyen las normas del comportamiento en el laboratorio, durante la experimentación: las manipulaciones, tipos y cantidad de mediciones, procedimientos, es decir, cada acción y operación. Se incluyen las medidas de seguridad y protección.

Conclusiones: Se establecen los aspectos esenciales y el orden de la información a presentar por escrito, es decir, el cómo procesar y expresar los resultados experimentales en un orden predeterminado, la tabulación de los datos (se propone el formato de las tablas) y la realización de los gráficos, incluyendo el método para la aplicación e interpretación de la Teoría de Errores.

Preguntas de Control: Conjunto de cuestiones previamente concebidas por el profesor, cuyas respuestas presupone la adecuada autopreparación de los alumnos, extraídas del documento puesto en sus manos. El profesor queda satisfecho al escuchar o leer la respuesta "correcta" expresada, absolutamente reproducida textualmente de memoria.

Con la creciente evolución que ha presentado esta actividad, las prácticas de laboratorios han evolucionado desde los llamados Laboratorios Tradicionales (LT) hasta los Laboratorios Virtuales (LV).

1.5 - Tipos de laboratorios

1.5.1 - Laboratorio Tradicional (LT)

El laboratorio tradicional (LT), ha sido el único lugar de experimentación, durante mucho tiempo, tanto de estudiantes como de profesores. Está comprobado en el ámbito académico, la enorme importancia que tiene para el aprendizaje, la experimentación directa del alumno en el LT. En el aula, el profesor transmite al alumno gran cantidad de información en poco tiempo. El LT es lento en la transmisión de información, sin embargo, facilita el planteamiento de problemas que permitan al estudiante aplicar sus conocimientos sobre la naturaleza, entrenándose en la aplicación del método científico. La principal ventaja del LT es su alta interactividad, al tomar contacto el alumno con el experimento real, aumenta la motivación que supone observar el experimento y el desarrollo de habilidades que se ponen en práctica [2].

En el laboratorio tradicional (LT), los recursos en personas y espacios son restringidos, debido a su masificación y a problemas presupuestarios; se requiere la presencia física del estudiante y la supervisión del profesor [2]. Una solución a estos problemas la

encontramos en la aplicación de los avances tecnológicos a la docencia e investigación universitaria y concretamente al uso de laboratorios virtuales (LV).

1.5.2 - Laboratorio Virtual (LV)

En el surgimiento de los laboratorios virtuales juegan un papel fundamental las TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), debido a que son el soporte de este tipo de práctica.

Existen innumerables conceptos para referirse a las TICs, consultando las diferentes definiciones podemos resumir que las nuevas tecnologías de la Información y las Comunicaciones son aquellas herramientas computacionales e informáticas que procesan, almacenan, sintetizan, recuperan y presentan la información en la más variada forma [14]. Constituyen nuevos soportes y canales para dar forma, registrar, almacenar y difundir información, propiciando que se pierdan las fronteras entre un sistema de información y otro.

Hoy en día los educadores que deciden emplear la computación como medio de enseñanza tienen a su disposición un amplio universo de programas que pueden ser empleados por ellos como herramientas de soporte y extensión a los medios tradicionales.

Una de las definiciones de “laboratorios virtuales” que se ha aplicado a la enseñanza a distancia es la de Monge-Nájera (1999) [13], que las definen como “simulaciones de prácticas manipulativas que pueden ser hechas por la/el estudiante lejos de la universidad y el docente”. Los laboratorios virtuales son imitaciones digitales de prácticas de laboratorio o de campo, reducidas a la pantalla de la computadora (simulación bidimensional).

1.6 - Historia de los laboratorios virtuales

Estos laboratorios comenzaron a desarrollarse en 1997 en el Centro de Investigación Académica de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. Si se juzga con base en la información disponible en Internet, fueron de los primeros laboratorios virtuales

para enseñanza a distancia a nivel mundial. Cuatro años después, había un proyecto comercial similar, el *Virtual Frog Dissection Kit 1.0*, y tres académicos: *Diffusion Processes*, *Virtual Laboratory*, *The Virtual Microscope*. Había también dos proyectos con nivel de realidad virtual, nivel que requiere cascos tipo VR (realidad virtual), en Estados Unidos y Canadá. El objetivo básico no ha cambiado desde entonces: lograr un producto tan bueno como los de los países más avanzados en docencia electrónica, a un costo muy inferior al de ellos, que funcionara casi en cualquier computadora y que solo requiriera programas que son gratuitos en todo el mundo [3].

1.7 - Requisitos de los laboratorios virtuales

Algunos de los requisitos de los laboratorios virtuales son [3]:

- 1-Ser autocontenido
- 2-Ser interactivo
- 3-Combinar imágenes bidimensionales y tridimensionales
- 4-Tener animación tridimensional, video y sonido
- 5-Pueden incluir ejercicios (cuya calificación puede ser enviada automáticamente al docente)
- 6-Que la navegación no sea necesariamente lineal

1.8 - Cuando se deben usar los laboratorios virtuales

Si se parte de un prejuicio negativo contra los laboratorios virtuales, puede decirse que las simulaciones o "laboratorios virtuales" son incapaces de reemplazar a la vida real. Obviamente ello es cierto, pero si el laboratorio real no es posible o conveniente, el laboratorio virtual es bueno como sustituto o al menos para entrenamiento antes de realizar prácticas peligrosas, especialmente si se cuenta con simuladores mecánicos o realidad virtual en lugar de una simple pantalla. Como hacen automáticamente algunos cálculos rutinarios y presentan los cambios de manera gráfica liberan tiempo para una mejor comprensión y facilitan el aprendizaje [3].

1.9 - Laboratorios virtuales: ventajas e inconvenientes

A continuación, se destacan algunas ventajas importantes de los LV [2]:

- Acerca y facilita a un mayor número de alumnos la realización de experiencias, aunque alumno y laboratorio no coincidan en el espacio. El estudiante accede a los equipos del laboratorio a través de un navegador, pudiendo experimentar sin riesgo alguno, y además se flexibiliza el horario de prácticas y evita la saturación por el solapamiento con otras asignaturas.
- Reducen el coste del montaje y mantenimiento de los LT, siendo una alternativa barata y eficiente, donde el estudiante simula los fenómenos a estudiar como si los observase en el LT.
- Es una herramienta de autoaprendizaje, donde el alumno altera las variables de entrada, configura nuevos experimentos, aprende el manejo de instrumentos, personaliza el experimento, etc. La simulación en el LV, permite obtener una visión más intuitiva de aquellos fenómenos que en su realización manual no aportan suficiente claridad gráfica. El uso de LV da lugar a cambios fundamentales en el proceso habitual de enseñanza, en el que se suele comenzar por el modelo matemático. La simulación interactiva de forma aislada posee poco valor didáctico, ésta debe ser incluida dentro de un conjunto de elementos multimedia que guíen al alumno eficazmente en el proceso de aprendizaje.
- Los estudiantes aprenden mediante prueba y error, sin miedo a sufrir o provocar un accidente, sin avergonzarse de realizar varias veces la misma práctica, ya que pueden repetirlas sin límite; sin temor a dañar alguna herramienta o equipo. Pueden asistir al laboratorio cuando ellos quieran, y elegir las áreas del laboratorio más significativas para realizar prácticas sobre su trabajo.
- En Internet encontramos multitud de simulaciones de procesos físicos (en forma de *applets* de Java y/o Flash). Con estos objetos dinámicos, el docente puede

preparar actividades de aprendizaje que los alumnos han de ejecutar, contestando al mismo tiempo las cuestiones que se les plantean.

No todo son ventajas en los LV, también existen inconvenientes. A continuación se muestran los más destacados [2].

- El LV no puede sustituir la experiencia práctica altamente enriquecedora del LT. Ha de ser una herramienta complementaria para formar a la persona y obtener un mayor rendimiento.
- En el LV se corre el riesgo de que el alumno se comporte como un mero espectador. Es importante que las actividades en el LV, vengan acompañadas de un guión que explique el concepto a estudiar, así como las ecuaciones del modelo utilizado. Es necesario que el estudiante realice una actividad ordenada y progresiva, conducente a alcanzar objetivos básicos concretos.
- El alumno no utiliza elementos reales en el LV, lo que provoca una pérdida parcial de la visión de la realidad. Además, no siempre se dispone de la simulación adecuada para el tema que el profesor desea trabajar.

1.10 – Descripción de los sistemas existentes

Una búsqueda en Internet realizada en junio 2002 [3], indicó que ha aumentado mucho el número de laboratorios virtuales y que la mayoría se refieren al área de la física, aunque también los hay de química y biología.

La mayoría de los laboratorios virtuales de física son pequeñas simulaciones escritas en JAVA, el cual es un lenguaje de programación interactivo [3].

Dentro de la bibliografía consultada, se destacan trabajos como:

- Laboratorio Virtual de Física, ENCIGA, Asociación de Profesores de Ciencia de Galicia.
- Óptica y didáctica de la Física, Grupo de investigación Orión, España.

- Laboratorio Virtual de Física, Universidad de Valencia.
- Laboratorio Virtual, Centro de información y comunicación educativa, España.
- Laboratorios virtuales en la Universidad Virtual del CITMA, desarrollado por CITMATEL.
- El Laboratorio de Física desde su PC, confeccionado en el Departamento de Física de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.
- Sistemas de Laboratorios a distancia (SLD), Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.
- VisualLab, del Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Nucleares de Cuba.
- Laboratorios Virtuales de la CUJAE.

Los trabajos mencionados tienen como soporte una plataforma Web, son hechos en lenguaje de programación Java (applets de java), que incorporan además elementos multimedia, videos etc.

Un Applet de Java es un componente de una aplicación que se ejecuta en el contexto de otro programa, por ejemplo un navegador web. El applet debe ejecutarse en un contenedor, que lo proporciona un programa anfitrión, mediante un plugin, o en aplicaciones como teléfonos móviles que soportan el modelo de programación por applets [15].

Un Java *applet* es un código Java que carece de un método main, por eso se utiliza principalmente para el trabajo de páginas Web, ya que es un subprograma o pequeño programa que es utilizado en una página HTML y representado por una pequeña pantalla gráfica dentro de ésta [15].

Los applets de Java son más lentos de procesar y tienen espacio muy delimitado en la página donde se ejecutan, es decir, no se mezclan con todos los componentes de la

página ni tienen acceso a ellos, es por ello que no podremos hacer directamente cosas como abrir ventanas secundarias y formularios, capas, etc.

Los trabajos anteriormente mencionados permiten:

- Aprovechar los recursos, tanto humanos como materiales en los LT.
- Al integrar, en un único ordenador, los instrumentos necesarios para la ejecución de las prácticas, el ahorro en material de laboratorio es considerable.
- Amplía la oferta horaria del alumno en su formación.
- Puede disponer, en cualquier momento, de las mismas versiones del software.
- Generalmente no necesita tener un ordenador con la suficiente memoria para ejecutar el software.

A pesar de las ventajas antes mencionadas existen algunos aspectos en los cuales se puede potenciar. A continuación se mencionan a manera de problemas.

- Son simulaciones muy concretas y “cerradas” de una determinada experiencia física.
- Capacidades limitadas para la creación de nuevas prácticas de laboratorios.
- En numerosas ocasiones los ambientes virtuales tienen imprecisiones con respecto a la realidad.
- Ambientes ya poco atractivos ante la brecha dejada por el surgimiento de las nuevas tecnologías de la Informática.

El presente trabajo propone el desarrollo de un Laboratorio Virtual de Física, que permita a los usuarios realizar prácticas de laboratorio de Física de forma virtual, en un ambiente interactivo y mucho más próximo a la realidad que los LVs disponibles en la Universidad.

1.11 – Conclusiones

Existe un gran número de Laboratorios virtuales reportados en la literatura tanto en el extranjero como en el país. Estos juegan un papel fundamental en la formación de los estudiantes como herramienta de apoyo en la enseñanza. Los laboratorios disponibles están implementados en lenguaje de programación Java, por lo que fueron desarrollados sin la posibilidad de ser mejorados o extendidos por el usuario. Por otra parte presentan algunas imprecisiones respecto a la realidad, ya que en varias de las simulaciones propuestas se desprecian magnitudes importantes como fuerza de rozamiento y momento de inercia de la polea.

Lo anterior demuestra la necesidad de mejorar los trabajos actuales y justifica el problema científico planteado en este trabajo.



VRML

CAPÍTULO II

Capítulo 2 – MATLAB, Simulink y la tecnología VRML

2.1 – Introducción

MATLAB se ha convertido en una herramienta muy popular en diversos campos de la ingeniería y la ciencia en nuestros días. Es un lenguaje de alta potencia para el cálculo técnico, la visualización y programación en un entorno de fácil utilización donde los problemas y las soluciones son expresadas en una notación matemática familiar.

Dentro de sus componentes fundamentales se encuentran: el Simulink, el cual es un entorno muy potente para la simulación de sistemas dinámicos, y la herramienta GUIDE para el desarrollo de interfaces de usuarios.

En el presente capítulo se abordará todo lo relacionado con el programa MATLAB y sus potencialidades. Se hará un estudio de las herramientas: *Simulink* y *Virtual Reality* así como del entorno *GUIDE* utilizados en la implementación de la aplicación en cuestión.

2.2 – MATLAB

MATLAB es la abreviatura de *Matrix Laboratory* (laboratorio de matrices). Es un entorno de computación y desarrollo de aplicaciones totalmente integrado, orientado para llevar a cabo proyectos donde se encuentren implicados elevados cálculos matemáticos y la visualización gráfica de los mismos. Integra análisis numérico, cálculo matricial, procesamiento de señales y visualización gráfica en un entorno completo donde los problemas y sus soluciones son expresados del mismo modo en que se escribirían tradicionalmente, sin necesidad de hacer uso de la programación tradicional [16].

MATLAB dispone también en la actualidad de un amplio universo de programas de apoyo especializados, denominados *Toolboxes*, que extienden significativamente el número de funciones incorporadas en el programa principal. Estos *Toolboxes* cubren en la actualidad prácticamente casi todas las áreas principales en el mundo de la ingeniería y la simulación, destacando entre ellos el '*toolbox*' de procesamiento de imágenes, señal, control robusto, estadística, análisis financiero, matemáticas simbólicas, redes neuronales, lógica difusa, identificación de sistemas, simulación de

sistemas dinámicos, etcétera. Es un entorno de cálculo técnico, que se ha convertido en estándar de la industria, con capacidades no superadas en computación y visualización numérica [16].

De forma coherente y sin ningún tipo de fisuras, integra los requisitos claves de un sistema de computación técnico: cálculo numérico, gráficos, herramientas para aplicaciones específicas y capacidad de ejecución en múltiples plataformas [16]. Esta familia de productos le brinda al estudiante un medio de carácter único, para resolver los problemas más complejos y difíciles.

MATLAB fue originalmente escrito para proveer acceso fácil al software matricial desarrollado por los proyectos LINPACK y EISPACK, que juntos representan el estado del arte del software para la computación matricial. Su arquitectura abierta facilita su uso y el de los productos que lo acompañan para explorar datos y crear herramientas personalizadas que ofrecen ventajas competitivas [16].

El lenguaje flexible e interactivo de MATLAB permite a ingenieros y científicos expresar sus ideas técnicas con simplicidad. Los poderosos y amplios métodos de cómputo numérico y graficación permiten la prueba y exploración de ideas alternativas con facilidad, mientras que el ambiente de desarrollo integrado facilita producir resultados prácticos fácilmente [16].

Posee un amplio rango de herramientas para modelar sistemas de control, análisis, simulación y procesamiento de prototipos [16], lo que lo convierte en una fuerte herramienta para desarrollar sistemas avanzados de control.

2.3 – Interfaces de usuario en MATLAB

MATLAB facilita las herramientas para que el usuario ejecute los códigos construidos para la solución de un modelo matemático mediante el accionar de los objetos gráficos incluidos en una interfaz de usuario gráfica (*GUI*). Los objetos son los componentes del *GUI*, que se elabora en el denominado Ambiente para el desarrollo de interfaces de usuarios gráficas (*Graphical User Interface development environment o GUIDE*) [17].

Una *GUI* es una interfaz de usuario construida con objetos gráficos, como botones, campos de texto, cursores y menús. Las aplicaciones con *GUI* son más fáciles de aprender y usar porque no es necesario conocer comandos [18].

MATLAB implementa la *GUI* como una ventana de figura que contiene varios objetos llamados *uicontrol*. Cada objeto se debe programar para realizar la acción que se intenta hacer cuando se activa el componente. La creación de *GUIs* se simplifica usando *GUIDE*, el ambiente de desarrollo de interfaces de usuario gráficas de MATLAB [18].

La creación de una *GUI* involucra dos tareas básicas:

- La colocación de los componentes en la *GUI*
- La programación de esos componentes

GUIDE es un conjunto de herramientas de disposición de componentes, y genera los archivos de código para manejar la inicialización y el lanzamiento de la *GUI* [18].

2.3.1 – Archivos generados por *GUIDE*

MATLAB genera siempre que se construye una *GUI* dos tipos de ficheros [18] :

- Archivo FIG (.fig) contiene la descripción completa de la figura GUI y de todos sus hijos (*uicontrols* y *ejes*), así como los valores de las propiedades de todos los objetos.
- Archivo M (.m) contiene las funciones que corren y controlan la *GUI* y *callbacks* (funciones).

GUIDE genera *callbacks* para cada componente en la *GUI* que lo requiera.

GUIDE genera sólo una línea de definición de función para cada *callback*, a la que se debe agregar el código para que realice la operación deseada.

2.3.2 –Pasos para crear una GUI

Para diseñar una interfaz en MATLAB se pueden seguir los siguientes pasos [18]:

1. Diseñar la GUI: Diseñar la GUI antes de crearla en GUIDE
2. Colocación de la GUI: Use el Editor Layout de GUIDE para arreglar los componentes de la GUI.
3. Programación de la GUI: Use el editor de archivos M para programar la GUI
4. Salvar y correr: Corra la GUI desde el Layout Editor.

2.4 – Elementos básicos de Simulink

Simulink es un ambiente interactivo para modelar una amplia variedad de sistemas dinámicos, pudiendo ser estos lineales, no lineales, discretos, de tiempo continuo y sistemas mixtos. Permite realizar diagramas de bloques con operaciones *click-and-drag*, cambiar parámetros del modelo y visualizar resultados durante una simulación.

Es también un sistema abierto, que permite al usuario escoger, adaptar y crear componentes o subsistemas. Simulink se apoya en el ambiente Técnico Computacional de MATLAB. MATLAB y su grupo de *Toolboxes* ofrecen un conjunto amplio de herramientas de ingeniería y matemática para definir algoritmos, analizando datos y visualizando resultados. Juntos, SIMULINK y MATLAB proveen un entorno integrado para construir y simular modelos dinámicos, diseñando y probando ideas nuevas [19].

2.4.1 – Simulación y análisis

Simulink y los *Toolboxes* de MATLAB permiten moverse sobre varios niveles de modelado diseño y simulación. Se pueden utilizar los modelos *Simulink* para simulación, linealización del modelo, determinación de los puntos de equilibrio, optimización de parámetros y análisis.

Simulación

Los diagramas de bloques *Simulink* facilitan un entorno interactivo para la simulación de sistemas lineales, no lineales y discretos. La simulación se puede realizar desde menús descolgables o desde la línea de comandos de MATLAB. Los resultados pueden ser vistos durante la simulación usando osciloscopios (*Scopes*) o bloques gráficos (*Graph blocks*); y grabados en un archivo o transferidos al espacio de trabajo de MATLAB para su posterior análisis o procesamiento.

Simulink permite realizar el análisis de modelos cambiando los parámetros del mismo mientras se lleva a cabo la simulación [19].

Librería de bloques

La Librería de Bloques de *Simulink* contiene centenares de componentes agrupados de la siguiente manera:

- Sources (fuentes),
- Sinks (visualizadores / salidas),
- Discrete (discreto),
- Linear (lineal),
- Nonlinear (no lineales),
- Blocksets & Toolboxes (herramientas extras).

Los bloques de entradas y de salidas se usan para intercambiar vectores entrada-salida de simulación con el entorno MATLAB y archivos de datos. Los bloques de tiempo discreto permiten modelar y simular subsistemas con datos muestreados tales como sistemas de control digital y procesamiento de señales [19].

Otros bloques utilizan comandos de MATLAB por sus posibilidades adicionales de análisis. Usando *Simulink* se pueden modelar sistemas complejos y grandes tan fácilmente como los sistemas simples, sin límites sobre la cantidad de bloques o

conexiones. Los modelos complejos se crean agrupando bloques en subsistemas. Para trabajar con subsistemas, se pueden construir los modelos usando enfoques *top-down* y *bottom-up* [19].

Creación de un modelo en el Simulink

Para simular un sistema se debe insertar en las ventanas de simulación los distintos componentes con los que se va a construir el modelo. Para confeccionar el modelo se pueden seguir los siguientes pasos [20].

1. Crear un nuevo modelo: abrir una nueva ventana de simulación se debe pulsar el botón “nuevo modelo”.
2. Buscar un bloque: Se puede buscar un bloque expandiendo el árbol de la biblioteca o buscándolo directamente por su nombre en la ventana de búsqueda. En este caso si hay más de un bloque que pueda corresponder a ese nombre irán apareciendo a medida que se pulse la letra “*enter*” (retorno).
3. Situar un bloque: Para situar un bloque se mantiene pulsado el botón izquierdo del ratón sobre el icono con forma de rombo que hay junto al nombre del bloque y se arrastra hacia la posición deseada en la ventana de simulación.
4. Conectar bloques: En cada bloque, los puntos de salida vienen indicados por una flecha saliente del bloque “|>”, mientras que los puertos de entrada a cada bloque se indican con una flecha entrante al mismo “>|”. Se conecta la entrada de un bloque a la salida de otro, manteniendo el botón pulsado del ratón mientras se arrastra desde una de las entradas de un bloque hasta la salida de otro, y viceversa.
5. Crear una bifurcación: Si se desea llevar la salida de un bloque a la entrada de más de uno se necesita crear una bifurcación en la conexión. Para hacerlo, se arrastra con el ratón desde la entrada del nuevo bloque a conectar hasta la línea de la conexión que se va a bifurcar.

6. Modificar los bloques: Se puede rotar aplicar simetría a los bloques utilizados, según convenga la colocación de entradas y salidas para el esquema que se esté realizando, pulsando sobre él el botón derecho del ratón y utilizando los menús desplegables o mediante la opción “Formar” del menú principal. También mediante los menús o haciendo doble clic sobre el bloque, se pueden modificar sus parámetros.
7. Inserción de textos: Se puede incluir un texto aclaratorio o aclarativo en cualquier parte de la ventana del modelo, haciendo clic en una zona libre y escribiendo el texto.
8. También se pueden cambiar los nombres y posiciones de los bloques que se empleen para la simulación antes o después de conectarlos. Así mismo los enlaces de las conexiones pueden moverse o modificarse. Para eliminar cualquier elemento basta con seleccionarlo con un clic y eliminarlo con la tecla “sup” o “delete”, o utilizar alguno de los menús. El anexo 1 muestra un modelo realizado en el Simulink.
9. Conviene guardar periódicamente (“File/ Save as”) el modelo, incluso antes de terminarlo, para evitar perder el trabajo realizado [20].

2.4.2 – Documentación gráfica y operabilidad

Documentación gráfica

Simulink permite capturar y llevar al portapapeles de Windows sus pantallas (diagramas de bloques, gráficos) en dos formas posibles (*Mat files* o *Bitmap*). Estas pueden ser manipuladas por cualquier procesador de textos o imágenes.

Los atributos de todos los bloques pueden personalizarse incluyendo parámetros internos, orientación, tamaño, color, título y fuente [19].

Operabilidad sobre distintas plataformas

Simulink corre sobre MS-Windows, plataformas Macintosh, estaciones de trabajo UNIX, y plataformas VMS [19], los cuales son sistemas operativos estándar usados en la industria.

Los modelos de Simulink pueden transferirse de una plataforma a otra conservando sus características y funcionalidades. Además estos son compatibles con los software de control estándar [19].

2.5– Realidad Virtual

En el nombre en sí hay una gran contradicción: Realidad Virtual, algo que es, pero no es. La realidad virtual es una representación de las cosas a través de medios electrónicos, que nos da la sensación de estar en una situación real en la que podemos interactuar con lo que nos rodea [21].

La realidad virtual puede ser de dos tipos: inmersiva y no inmersiva. Los métodos inmersivos de realidad virtual con frecuencia se ligan a un ambiente tridimensional creado por computadora el cual se manipula a través de cascos, guantes u otros dispositivos que capturan la posición y rotación de diferentes partes del cuerpo humano. La realidad virtual no inmersiva utiliza medios como el que actualmente nos ofrece Internet en el cual podemos interactuar en tiempo real con diferentes personas en espacios y ambientes que en realidad no existen sin la necesidad de dispositivos adicionales a la computadora [21].

La realidad virtual no inmersiva ofrece un nuevo mundo a través de una ventana de escritorio. Este enfoque no inmersivo tiene varias ventajas sobre el enfoque inmersivo como: bajo costo y fácil y rápida aceptación de los usuarios. Los dispositivos inmersivos son de alto costo y generalmente el usuario prefiere manipular el ambiente virtual por medio de dispositivos familiares como son el teclado y el ratón que por medio de cascos pesados o guantes [21].

Actualmente Internet nos provee con medios para reunirnos con diferentes personas en el mismo espacio virtual. En este sentido Internet tiende a ser un mecanismo de

telepresencia. Este medio brinda espacios o realidades que físicamente no existen pero que sin embargo forman parte de nuestras formas de vida. Es a través de Internet como nace *VRML*, que es un estándar para la creación de mundos virtuales no inmersivos [21].

VRML es un acrónimo para *Virtual Reality Modeling Language* (Lenguaje para Modelado de Realidad Virtual). Técnicamente hablando, VRML no es un lenguaje para programar realidad virtual inmersiva ni tampoco un lenguaje de modelado. La realidad virtual inmersiva implica una experiencia tridimensional inmersiva y dispositivos externos como cascos o guantes digitales para lograr capturar otros sentidos diferentes al oído y a la vista. VRML no requiere una inmersión sensorial total. Provee un conjunto básico de primitivas para el modelaje geométrico tridimensional y tiene la capacidad de dar comportamiento a los objetos y asignar diferentes animaciones que pueden ser activadas por eventos generados por diferentes usuarios [21].

2.5.1 – Origen de la tecnología

En 1989, Rikk Carey y Paul Strauss de Silicon Graphics Inc, iniciaron un nuevo proyecto con el fin de diseñar y construir una infraestructura para aplicaciones interactivas con gráficos tridimensionales. Los dos objetivos originales eran [21]:

Construir un ambiente de desarrollo que permitiera la creación de una extensa variedad de aplicaciones interactivas con gráficos tridimensionales distribuidos.

Utilizar este ambiente de desarrollo para construir una nueva interfaz de usuario tridimensional.

En 1992 se liberó el Iris Inventor 3D toolkit que fue el primer producto de dichos esfuerzos. Iris Inventor definía gran parte de la semántica que hoy en día conforma a VRML. Una parte importante del Iris Inventor era que el formato del archivo utilizado para guardar los objetos de la aplicación era de poco tamaño y fácil utilizar. En 1994 se liberó la segunda gran versión de Inventor llamada *Open Inventor*, esta era portable para diferentes plataformas y basada en OpenGL de Silicon Graphics. El manual de

referencia que describe los objetos y el formato de archivo de Open Inventor fueron después utilizados por Gavin Bell para escribir la primera propuesta para la especificación de VRML 1.0 [21].

En 1994, Mark Pesce y Brian Dehlendorf crearon el VRML *mailing list* o lista de discusión "WWW-VRML" donde se hizo un llamado abierto al todo el público para dar propuestas para una especificación formal de 3D en el WWW. Dada la magnitud del trabajo se decidió avanzar por etapas y adoptar estándares existentes donde fuera posible. En este mismo año Mark Pesce y Tony Parisi crearon un prototipo de visor de 3D para el WWW [21].

Durante la primer mitad de 1995 la especificación de VRML 1.0 sufrió un gran número de clarificaciones y reparaciones, pero funcionalmente quedó igual. En Agosto de 1995 hubo mucha discusión dentro del grupo de discusión WWW-VRML en cuanto a la creación de VRML 1.1 o de VRML 2.0. El nuevo estándar consistió en permitir el movimiento de la geometría estática definida en VRML 1.0. Se hizo un llamado a presentar propuestas públicamente y se estableció una página de Web para votar. Hubo propuestas de más de 50 compañías como Silicon Graphics, Sony, Netscape, Apple, IBM, Microsoft, entre otras [21].

En VRML 2.0 se agrega la posibilidad de interpolar o programar movimientos. Los lenguajes sugeridos son Java y JavaScript, aunque se piensa permitir otros lenguajes en el futuro.

En VRML 3.0: Socialización, como último paso se trabaja en definir interfaces para especificar interacción multiusuario [21].

Hay estándares usados en otros dominios para simulación gráfica distribuida. En particular DIS (*Distributed Interactive Simulation*), un estándar usado en el área de simulación militar. Aunque DIS, por su origen militar no es directamente aplicable a VRML, contiene varios conceptos que seguramente acabarán por ser parte de VRML [21].

2.6– VRML como herramienta

Se habla de VRML como la siguiente tecnología predominante en la Web y frecuentemente es visto como una herramienta para la construcción de ambientes totalmente inmersivos. Esta concepción de VRML es bastante limitada, porque existen miles de usos para esta poderosa tecnología. El objetivo de esta sección es presentar los alcances de VRML y los usos y enfoques que actualmente se le dan.

Algunas de las aplicaciones de VRML son [21]:

- demostración de productos
- anuncios publicitarios (banners)
- arquitectura
- visualización organizada de datos
- comercio electrónico
- laboratorios virtuales y visualización científica (simulaciones para la investigación)
- arte
- entretenimiento

Laboratorios virtuales y visualización científica

VRML puede ser un medio sencillo y barato para simular muchos tipos de procesos, o para hacer demostraciones visuales muy variadas. Si se añade interacción con otros usuarios de cualquier parte del mundo, se puede tener un laboratorio virtual muy valioso y un excelente medio de comunicación para mostrar sus resultados [22].

2.6.1– Requerimientos para el uso de VRML

Debido a que VRML fue desarrollado para que millones de personas puedan interactuar, casi cualquier usuario puede acceder sitios producidos en VRML. Contrario a lo que se piensa, los mundos de realidad virtual se descargan muy rápidamente del Web, reduciendo el tiempo de espera enormemente comparado con su contraparte el HTML (Lenguaje utilizado para el desarrollo de páginas convencionales [22]).

Los Navegadores actuales ya tienen instaladas diferentes versiones de Accesorios para VRML, por lo que si se tiene un Navegador actualizado se podrá observar escenarios VRML sin la necesidad de descargar ningún complemento especial

Accesorios para navegar en VRML

Para los navegadores antiguos (menos del 20% de los usuarios) existen varios tipos de accesorios para la navegación en VRML e incluso hay algunos navegadores diseñados únicamente para navegar mundos virtuales. Los accesorios son instalables en el navegador existente y por lo general son gratuitos. Se recomienda ampliamente el uso del *CosmoPlayer* de *Silicon Graphics* [22].

Conexión a Internet

VRML fue diseñado precisamente para ser usado a través de Internet, usando el menor ancho de banda (o la menor conexión) posible y aprovechando al máximo los recursos del equipo cliente (del usuario). En realidad VRML puede desplegar más datos en menos tiempo, utilizando conexiones limitadas. Por eso una conexión telefónica con un módem de 14.4 Kbps es más que suficiente para visitar mundos VRML [22].

Requerimientos del equipo visor

Las computadoras comerciales usualmente son suficientes para navegar escenarios hechos en VRML. Lógicamente una computadora rápida permite una visualización más real y con mayor detalle. También influye el diseño del escenario virtual tanto en el tiempo de carga como en la visualización en tiempo real. El número de polígonos utilizados en el modelaje de los objetos virtuales, y la cantidad de gráficas o sonidos

que se empleen en dichos mundos son directamente proporcionales al tiempo de cálculo y de carga respectivamente [22].

Los requerimientos mínimos están cercanos a un procesador Pentium a 75MHz con 32 MB en RAM o su equivalente en otras plataformas.

Algunos de los navegadores de VRML más importantes son: *Cosmo Player*, *Live3D*, *Liquid Reality* y *Community Place* [23].

2.6.2– MATLAB y VRML

MATLAB incluye dentro de sus toolboxes un toolbox de Realidad Virtual, mediante el cual se puede hacer uso de esta tecnología. La instalación de MATLAB permite además el uso de una herramienta “*V-Realm Builder*”, la cual es un constructor de escenarios virtuales. Estas escenas virtuales son utilizadas posteriormente desde una Interfaz Gráfica de Usuario (*GUI*) o desde un modelo implementado en el *Simulink*. El anexo 2 muestra la interfaz de la herramienta “*V-Realm Builder*”:

En la parte superior se observa la paleta de componentes, en la cual se encuentran todos los objetos necesarios para la construcción de la escena virtual, así como las acciones que se pueden aplicar. En la parte izquierda se observa un árbol jerárquico donde aparecen todos los componentes añadidos a la escena, y en el centro se observa la escena que se está construyendo.

MATLAB le ofrece a VRML

- La implementación de avanzados algoritmos matemáticos.
- La operación con proyectos científicos y de ingeniería.
- Grandes capacidades para la programación.
- Entorno multiusuario.

VRML le ofrece a MATLAB

- La creación de objetos en 3D optimizados.
- La publicación en Web.
- Creación de complejas escenas virtuales en 3D.
- Interacción con el usuario.

2.6.3 – Toolbox de Realidad Virtual en MATLAB

Para acceder al *toolbox* de Realidad Virtual se despliega la librería del Simulink y se selecciona la opción de Realidad Virtual. Al escoger esta opción se obtiene la vista mostrada en el anexo 3, en la cual se muestran los diferentes bloques de Realidad Virtual que se pueden seleccionar.

El bloque *VR Sink* se utiliza para conectar un modelo de Realidad Virtual construido en la herramienta “VRealm” con un modelo implementado en la herramienta “Simulink”.

Al acceder al bloque de Realidad Virtual se despliega una interfaz para configurar las propiedades de l mundo virtual. Esta interfaz sigue una estructura de árbol jerárquica, formada por los objetos y las acciones implementadas en el escenario virtual conectado con el bloque, mostrado en el anexo 4.

2.7– VRML con Simulink

VRML se puede combinar en el entorno de MATLAB con modelos implementados en el Simulink o directamente con interfaces de usuario.

El trabajo realizado para desarrollar un modelo en el Simulink y mostrar su simulación en una ventana de Realidad Virtual se puede resumir en 7 pasos:

1. Crear el modelo de la simulación del sistema dinámico en el Simulink.
2. Crear el escenario virtual asociado al modelo.
3. Incluir el bloque de realidad virtual (RV) en el modelo del Simulink.

4. Asignar la escena virtual correspondiente en el bloque de realidad virtual.
5. Conectar las entradas y salidas del bloque de RV con las correspondientes señales del modelo de Simulink.
6. Reproducir el mundo de RV en un visor.
7. Ejecutar la aplicación completa desde una interfaz de usuario o desde el mismo modelo Simulink.

El anexo 5 muestra un modelo en el Simulink conectado con un bloque de Realidad Virtual, el cual a su vez ya tiene asignado una escena virtual construida en el “*V-Realm Builder*”.

El anexo 6 muestra el visor de una escena virtual asignada en el bloque de Realidad Virtual que está conectado con el modelo implementado en el Simulink.

2.8 – Conclusiones

MATLAB es el estándar mundial en la computación técnica, simulación y diseño de software basado en modelos, con más de 500 000 usuarios en todo el mundo. Su estandarización se debe a que contiene una amplia gama de componentes llamados *Toolboxes* que abarcan prácticamente todas las áreas de la ingeniería.

Uno de sus componentes más utilizados es el *Simulink* el cual es una herramienta para la simulación de cualquier sistema que se pueda representar por un modelo matemático independientemente de la complejidad que este presente. Otra de las potencialidades de este programa es el *toolbox Virtual Reality* el cual permite la utilización de la tecnología de Realidad Virtual

La tecnología de VRML constituye un estándar muy utilizado en la actualidad para la construcción de mundos virtuales, los que ofrecen una vista más cercana a la realidad de la modelación deseada.

El uso del *Simulink*, para el modelado de sistemas, combinado con tecnología VRML e interfaces de usuarios desarrolladas con GUIDE para facilitar la operabilidad de la implementación realizada, constituye una importante solución ante la necesidad de simular sistemas dinámicos a cualquier escala, obteniendo como resultado un ambiente sencillo, fácil y atractivo.



VRML

CAPÍTULO III

Capítulo 3 – Laboratorio Virtual de Física en Matlab/Simulink con tecnología VRML.

3.1 – Introducción

En el presente capítulo se describe y analiza el sistema propuesto según las herramientas utilizadas. Se identifican los requerimientos funcionales y no funcionales del mismo. Se explica el análisis físico-matemático derivado de cada laboratorio implementado, la modelación de los mismos en la herramienta Simulink así como su representación con tecnología VRML.

Se plantean y detallan una serie de diagramas que ayudan y guían en la implementación de cada modelo, como son: el diagrama en Simulink y el escenario de realidad virtual de cada práctica.

Además se realiza un análisis de los principios seguidos para el diseño del sistema, haciendo referencia tanto a la interfaz de usuario desarrollada como a los elementos que la conforman.

3.2 – Descripción del sistema propuesto

3.2.1 – Concepción general del sistema

La aplicación propuesta se titula “Laboratorio Virtual de Física Mecánica” y consiste en un laboratorio virtual interactivo de Física. El sistema es una aplicación de escritorio cuya interfaz de usuario fue desarrollada con la componente GUIDE de MATLAB. Las simulaciones de los laboratorios fueron hechas con la herramienta *Simulink* de MATLAB y la representación de la simulación se hizo con el *toolbox* de realidad virtual de MATLAB. La aplicación cuenta con una introducción general a la Física Mecánica, con la simulación de cuatro prácticas de laboratorios y con una ventana de ayuda como explicación del sistema. Cada laboratorio implementado cuenta con una introducción, una simulación y unas conclusiones. La introducción de estos laboratorios responde a la explicación del fenómeno físico en cuestión, la simulación presenta una ventana que le permite al usuario entrar los datos deseados para la simulación y las conclusiones

muestran el análisis físico-matemático del modelo simulado. Las salidas mostradas tras la ejecución de cada laboratorio son: un diagrama del modelo implementado en el Simulink y una ventana de realidad virtual en el que se muestra el fenómeno físico simulado.

3.2.2 – Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales son declaraciones de los servicios o funciones que proveerá el sistema, de la manera en que éste reaccionará a entradas particulares.

Estos dependen del tipo de software y del sistema que se desarrolle y de los posibles usuarios del software. Los requerimientos funcionales del sistema describen con detalle la función de éste, sus entradas y salidas, excepciones, etc.

En algunos casos, los requerimientos funcionales de los sistemas también declaran explícitamente lo que el sistema no debe hacer [24].

La aplicación propuesta debe permitir:

1. Mostrar introducción a la Física Mecánica.
2. Mostrar los laboratorios implementados.
3. Mostrar la introducción de cada laboratorio.
4. Introducir los datos para la simulación de cada laboratorio.
5. Mostrar la simulación de cada laboratorio.
6. Mostrar las conclusiones de cada laboratorio.
7. Mostrar los diagramas realizados en el Simulink de cada laboratorio.
8. Calcular la velocidad del proyectil a partir de la aceleración en el modelo Simulink.
9. Calcular la posición del proyectil a partir de la velocidad en el modelo Simulink.

10. Asignar el sonido al disparo en el Simulink.
11. Asignar la posición del proyectil al parámetro *translation* del objeto "Bala" en el bloque de realidad virtual.
12. Calcular la velocidad de cada cuerpo a partir de la aceleración en el modelo Simulink.
13. Calcular la posición de cada cuerpo a partir de la velocidad en el modelo Simulink.
14. Calcular la deformación de cada sostén de los cuerpos a partir del movimiento seguido por los cuerpos en el modelo Simulink.
15. Asignar la posición de los cuerpos al parámetro *translation* de los objetos "Cuerpo 1" y "Cuerpo 2" en el bloque de realidad virtual.
16. Asignar la deformación de los cables al parámetro *rotation* de los objetos "Sostén 1" y "Sostén 2" en el bloque de realidad virtual.
17. Calcular la posición del proyectil a partir de la velocidad en el modelo Simulink.
18. Calcular la deformación del cuerpo después del impacto de la bala en el modelo Simulink.
19. Calcular la deformación de los cables que sostienen el cuerpo a partir del movimiento del cuerpo en el modelo Simulink.
20. Asignar la posición del proyectil al parámetro *translation* del objeto "Bala" en el bloque de realidad virtual.
21. Asignar la deformación del cuerpo al parámetro *rotation* del objeto "Bloque" en el bloque de realidad virtual.
22. Asignar la deformación de los cables que sostienen el cuerpo al parámetro *rotation* de los objetos "Sostén 1" y "Sostén 2" en el bloque de realidad virtual.

23. Calcular la velocidad de la esfera a partir de la aceleración de la gravedad en el modelo Simulink.
24. Calcular la posición de la esfera a partir de la velocidad en el modelo Simulink.
25. Calcular la deformación del muelle a partir del movimiento de la esfera en el modelo Simulink.
26. Asignar la posición de la esfera al parámetro *translation* del objeto “Pelota” en el bloque de realidad virtual.
27. Asignar la deformación del muelle al parámetro *rotation* del objeto “Muelle” en el bloque de realidad virtual.
28. Mostrar el escenario virtual de cada laboratorio implementado.
29. Mostrar la ayuda del sistema.

3.2.3 – Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales describen las restricciones del sistema o del proceso de desarrollo; no se refieren directamente a las funciones específicas que entrega el sistema, sino a las propiedades emergentes de éste como la fiabilidad, la respuesta en el tiempo y la capacidad de almacenamiento. De forma alternativa, definen las restricciones del sistema como la capacidad de los dispositivos de entrada/salida, en cuanto a prestaciones, atributos de calidad y la representación de datos que se utiliza en la interfaz del sistema [24].

Listado de los requerimientos no funcionales del sistema

Apariencia o interfaz externa.

- La interfaz del sistema debe ser a través de una aplicación de escritorio.
- La interfaz estará diseñada de modo tal que el usuario pueda tener en todo momento el control de la aplicación, lo que le permitirá ir de un punto a otro

dentro de ella con gran facilidad. Se cuidará porque la aplicación sea lo más interactiva posible. La interfaz será uniforme logrando identificar todos los módulos como un mismo sistema.

Requisitos de Usabilidad

- Los usuarios del sistema quedan definidos por los estudiantes de la UCF y sedes universitarias, que estudian las carreras de ingeniería.
- El sistema propuesto, al simular prácticas de laboratorios de Física, contribuye al desarrollo de la Asignatura de Física en las carreras de ingeniería; y logra con ello un mejoramiento del aprendizaje individual de cada estudiante. Es por ello que el sistema tendrá un buen nivel de uso una vez instalado en cualquier institución de educación superior.

Requisitos de Rendimiento

- El sistema deberá estar disponible las 24 horas del día y la aplicación deberá recuperarse en un corto período de tiempo ante una falla existente.

Requisitos de Soporte

- Las pruebas del sistema se realizarán en la Universidad de Cienfuegos. Dichas pruebas permitirán evaluar en la práctica la funcionalidad y las ventajas de este nuevo producto.
- El sistema debe propiciar su mejoramiento y la anexión de otras opciones que se le incorporen en un futuro.

Requisitos de Portabilidad.

- La plataforma seleccionada para desarrollar la aplicación fue Windows, pero puede ser ejecutada desde otras plataformas como Linux, que sean compatibles con el programa MATLAB.

Políticos-culturales

- El nivel social, cultural o étnico; no determinarán una prioridad o limitante a la hora de brindar los servicios que ofrece el producto.

Requisitos Legales

- La herramienta propuesta responderá a los intereses del Departamento de Física de la Universidad de Cienfuegos y de la Constitución de la República de Cuba.
- El producto no podrá ser comercializado pues, la aplicación fue diseñada con una finalidad socio-educativa.

Requisitos de Confiabilidad

- El sistema en casos de fallos debe garantizar que las pérdidas de información sean mínimas.

Requisitos de Ayuda y Documentación en Línea

- El sistema tendrá una ayuda y una documentación básica que comprenda los aspectos generales a tener en cuenta para realizar las simulaciones propuestas.
- Dispondrá de una ayuda bien detallada sobre las principales opciones del sistema.

Requerimiento de Software

- Se debe disponer de un sistema operativo compatible, y debe ser instalado el programa MATLAB para la ejecución de la aplicación.

Requerimiento de Hardware

- Para el desarrollo y puesta en práctica del proyecto se requieren máquinas con los siguientes requisitos:
- Procesador PENTIUM 4 o superior.

- 256 MB de RAM como mínimo y 512 MB recomendado.
- 5 GB de HDD.
- UPS o fuente de corriente ininterrumpida.
- Tarjeta Gráfica de 32 MB mínimo.

Requisitos de Seguridad

- Para la seguridad del sistema desarrollado se asegurará que el usuario solo tenga acceso a la interfaz del sistema con el objetivo de que el código no sea accesible a todos, sino solamente a la persona encargada de administrar el mismo.

3.3 – Descripción de la solución implementada

En este epígrafe se describe detalladamente la solución implementada para cada práctica de laboratorio. El análisis está estructurado de la siguiente forma:

- Se explica de forma general en que consiste la práctica de laboratorio. Además de realiza un análisis físico y matemático del laboratorio con el objetivo de obtener el sistema de ecuaciones que justifica el fenómeno físico.
- Se analiza la implementación del modelo obtenido en el paso 1 en la herramienta *Simulink*.
- Se analiza el escenario virtual desarrollado para cada laboratorio.

Este análisis consta de cuatro subepígrafes, uno para cada práctica de laboratorio. Los laboratorios se identifican por el título de los subepígrafes.

3.3.1 – Lanzamiento del proyectil

3.3.1.1 – Análisis físico-matemático del laboratorio.

El movimiento producido por el lanzamiento de un proyectil es un ejemplo de movimiento en un plano de una partícula lanzada oblicuamente en el aire. El movimiento ideal de una pelota de béisbol o de una pelota de golf es un ejemplo del movimiento de un proyectil.

Para analizar la trayectoria del proyectil se tiene en cuenta la fricción que ejerce el aire sobre el proyectil y se toma el sistema de coordenadas con el eje y positivo verticalmente hacia arriba y el eje x positivo horizontalmente hacia la derecha, por lo que el análisis se realiza en un plano xy. El origen de nuestro sistema de coordenadas es el punto en el cual el proyectil comienza su vuelo. Por lo tanto, el origen es el punto en el cual la bala deja la boca del cañón, por ejemplo. Esta elección del origen implica que $x_0 = y_0 = 0$.

Para el presente laboratorio se analiza el movimiento de un proyectil que es lanzado con:

- Velocidad inicial V_0 ;
- Ángulo de inclinación θ ;
- Coeficiente de rozamiento del aire γ .

Se desea obtener la distancia máxima recorrida por el proyectil en los ejes x, y.

Para dar solución al sistema planteado se tienen las siguientes ecuaciones:

Eje x:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\gamma \frac{dx}{dt}$$

(1)

Eje y:

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -g - \gamma \frac{dy}{dt}$$

(2)

$$\frac{dx}{dt} = u = V_0 \cos \alpha e^{-\gamma t} \quad (3) \quad \frac{dy}{dt} = v = V_0 \operatorname{sen} \alpha e^{-\gamma t} - \hat{v}(1 - e^{-\gamma t}) \quad (4)$$

$$x = x_\infty (1 - e^{-\gamma t}) \quad (5) \quad \text{donde} \quad \hat{v} = \frac{g}{\gamma} \quad (6)$$

$$\text{Donde} \quad x_\infty = \frac{V_0 \cos \alpha}{\gamma} \quad (7) \quad y = \frac{1}{\gamma} (V_0 \operatorname{sen} \alpha + \hat{v})(1 - e^{-\gamma t}) - \hat{v}t \quad (8)$$

Las ecuaciones resultantes describen la trayectoria a seguir por el proyectil.

3.3.1.2 – Análisis del modelo implementado en el Simulink del laboratorio.

La herramienta Simulink trabaja a través de la implementación de diagramas de bloques, los cuales describen el proceso simulado.

Para el desarrollo del modelo resultante en el epígrafe anterior en la herramienta Simulink se tomó como punto de partida el vector (en tres dimensiones) aceleración en el eje x, y y en el eje z alcanzada por la bala.

El vector aceleración se asigna como entrada a un bloque funcional de tipo integral para obtener la velocidad, con la cual se realiza la misma operación para obtener la posición del proyectil en cada instante de tiempo.

Como se aprecia en la ecuación 2 la aceleración depende de la aceleración de la gravedad y de la velocidad en cada instante de tiempo. Esto en el Simulink se resuelve retroalimentando el valor de la velocidad multiplicado por la ganancia γ como se muestra en el anexo 7.

Esta posición es asignada como el parámetro *translation* al objeto “BALA” (proyectil), que se encuentra en el bloque de realidad virtual conectado al modelo con el objetivo de que el proyectil describa la trayectoria calculada. EL anexo 7 muestra el diagrama en Simulink correspondiente.

3.3.1.3 – Análisis del modelo desarrollado en realidad virtual del laboratorio.

El escenario virtual desarrollado para este laboratorio fue construido en el “V-Realm Builder” de MATLAB. Esta escena virtual cuenta con un cañón y un proyectil que se denomina “BALA”. Para la representación de la simulación se asignó al parámetro *translation* del objeto “BALA”, la posición obtenida como salida en el diagrama de bloque del modelo Simulink correspondiente. EL anexo 8 muestra el diagrama el escenario virtual desarrollado:

3.3.2 – Movimiento de los cuerpos atados a polea y plano inclinado.

3.3.2.1 – Análisis físico-matemático del laboratorio.

Este laboratorio consiste en el desplazamiento de dos cuerpos de diferentes masas por la superficie de un plano inclinado, donde se tiene en cuenta el momento de inercia de la polea y la fuerza de fricción (rozamiento) en el plano inclinado.

Considerando un sistema mecánico formado por dos cuerpos de masa m_1 y m_2 , ángulo de inclinación del plano inclinado $\alpha = 45$ grados, masa de la polea m_p , radio de la polea r y coeficiente de rozamiento μ . Se desea describir el movimiento al salir el sistema del reposo para obtener las posiciones finales de ambos cuerpos.

Para dar solución al ejercicio planteado se tiene las siguientes ecuaciones:

$$\vec{T}_1 + m_1 g + fr + N = m_1 a; \quad (9) \quad \text{para el cuerpo 1}$$

$$\vec{T}_2 + m_2 g = m_2 a; \quad (10) \quad \text{para el cuerpo 2}$$

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 = I \alpha \quad (11)$$

$$a = \alpha R \quad (12)$$

Sustituyendo en 9:

$$T_1 m_1 g \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha = m_1 a \quad (13) \quad \text{para el cuerpo 1}$$

Sustituyendo en 10:

$$m_2 g - T_2 = m_2 a \quad (14) \quad \text{para el cuerpo 2}$$

$$-(RT_1 - RT_2) = Ia/R \quad (15) \Rightarrow -R(T_1 - T_2) = Ia/R \quad (16)$$

Sumando 13 y 14:

$$T_1 - T_2 + m_2 g - m_2 g \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha = m_1 a + m_2 a \quad (17)$$

Sustituyendo las tensiones:

$$I/R^2 a + m_2 g - m_1 g \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha = (m_1 + m_2) a \quad (18)$$

Despejando la aceleración:

$$m_2 g - m_1 g \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha = (m_1 + m_2 + I/R^2) a \quad (19)$$

A través del trabajo con estas ecuaciones se llega a la siguiente fórmula de la aceleración alcanzada por el cuerpo 1, tomándose como punto de partida para el modelo del Simulink. Para el cuerpo 2 se toma como inicio la aceleración de la gravedad.

$$a = \frac{m_2 g - m_1 g \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha}{(m_1 + m_2 + I/R^2)} \quad (20)$$

El modelo implementado en el Simulink utiliza como punto de partida la aceleración calculada.

3.3.2.2 – Análisis del modelo implementado en el Simulink del laboratorio.

El vector aceleración correspondiente a cada cuerpo se asigna como entrada a un bloque funcional de tipo integral para obtener la velocidad, con la cual se realiza la misma operación para obtener la posición de los cuerpos en cada instante de tiempo.

La posición de los cuerpos es asignada en el parámetro *translation* a los objetos “Cuerpo 1” y “Cuerpo 2”, que se encuentran en el bloque de realidad virtual conectado al

modelo, con el objetivo de que los cuerpos describan la trayectoria calculada. El anexo 9 muestra el diagrama en Simulink correspondiente:

3.3.2.3– Análisis del modelo desarrollado en realidad virtual del laboratorio.

El escenario virtual desarrollado para este laboratorio fue construido en el “V-Realm Builder” de MATLAB. Esta escena virtual cuenta con una elevación con forma de plano inclinado con cuarenta y cinco grados de inclinación, dos cuerpos, un sostén para cada cuerpo en forma de cable y la polea a través de la cual se mueve el sistema. Para la representación de la simulación se asignó al parámetro *translation* de cada cuerpo, la posición obtenida como salida en el diagrama de bloque del modelo Simulink correspondiente. El anexo 10 muestra el diagrama el escenario virtual desarrollado.

3.3.3 – Péndulo Balístico

3.3.3.1 – Análisis físico-matemático del laboratorio.

Un péndulo balístico es un dispositivo que se empleaba para medir la velocidad de las balas antes de que se dispusiera de dispositivos electrónicos para medir el tiempo. Consta de un gran bloque de madera de masa M , colgados de dos pares largos de cuerdas. Se dispara una bala de masa m contra el bloque, dentro del cual llega rápidamente al reposo. La combinación bloque + bala oscila, elevándose su centro de masa a una distancia vertical h antes de que el péndulo llegue momentáneamente al reposo en el extremo de su arco.

Tomando la masa del bloque como M y la masa de la bala como m . Se desea determinar cuál sería la velocidad inicial de la bala si el bloque se eleva a una altura h .

Cuando la bala choca contra el bloque tenemos, por la conservación del ímpetu en la dirección horizontal,

$$mv=(M+m)V, \tag{21}$$

Donde v es la velocidad de la bala antes del impacto y V es la velocidad de la combinación después del impacto. Aunque la energía mecánica ciertamente no se

conserva durante la colisión de la bala con el bloque, sí se conserva en el péndulo al oscilar después del impacto. La energía cinética del sistema cuando el bloque está en el fondo de su arco debe, entonces ser igual a la energía potencial del sistema cuando el bloque está en la parte superior, o sea

$$\frac{1}{2}(M + m)V^2 = (M + m)gh \quad (22)$$

Eliminando a V entre estas dos ecuaciones llegamos a:

$$v = \left(M + \frac{m}{m}\right)\sqrt{2gh} \quad (23)$$

Podemos ver al péndulo balístico como una clase de transformador, intercambiando la alta velocidad de un objeto ligero (la bala) con la baja velocidad y por lo tanto más fácilmente medible, de un objeto masivo (el bloque).

Para dar solución al problema planteado se tienen las siguientes ecuaciones:

$$mv = (M + m)V, \quad (24),$$

al chocar la bala contra el bloque

$$\frac{1}{2}(M + m)V^2 = (M + m)gh \quad (25),$$

energía cinética del sistema igual a la energía potencial

Eliminando a V entre estas dos ecuaciones llegamos a:

$$v = \left(M + \frac{m}{m}\right)\sqrt{2gh} \quad (26)$$

La velocidad calculada se toma como punto de partida para el modelo implementado en el Simulink.

3.3.3.2 – Análisis del modelo implementado en el Simulink del laboratorio.

Para la modelación de este laboratorio se tomó la velocidad calculada en el epígrafe anterior. Esta velocidad se asigna como entrada a un bloque funcional de tipo integral

para obtener la posición de la bala en cada instante de tiempo. Al objeto “Bala” se le aplica una condición para que esta quede incrustada en el bloque. Para el movimiento del bloque donde se incrusta la bala se calcula, a partir del dato de altura entrado por el usuario desde la interfaz de la aplicación, la deformación a sufrir por este. La posición calculada para la bala se asigna al parámetro *translation* del objeto “Bala” y la deformación del bloque es asignada al parámetro *translation* del objeto “Bloque”, que se encuentran en el bloque de realidad virtual conectado al modelo, con el objetivo de que los cuerpos describan la trayectoria calculada. Además se calcula la deformación sufrida por los dos cables que son sostén del bloque, esta deformación es asignada al parámetro *rotation* de los objetos “Sostén 1” y “Sostén 2”. El anexo 11 muestra el diagrama en el Simulink correspondiente:

3.3.3.3– Análisis del modelo desarrollado en realidad virtual del laboratorio.

El escenario virtual desarrollado para este laboratorio fue construido en el “V-Realm Builder” de MATLAB. Esta escena virtual cuenta con un cañón, una bala en forma de esfera, y un cuerpo en forma de bloque, que está suspendido por dos cables sujetos a una base. Para la representación de la simulación se asignó al parámetro *translation* de cada cuerpo, Bala y Bloque, la posición obtenida respectivamente como salida en el diagrama de bloque del modelo Simulink correspondiente, y al parámetro *rotation*, la deformación calculada para cada cable que sujeta al bloque. El anexo 12 muestra el diagrama el escenario virtual desarrollado:

3.3.4 – Oscilaciones Amortiguadas

3.3.4.1 – Análisis físico-matemático del laboratorio.

Este laboratorio consiste en un sistema compuesto por un cuerpo de masa m unida a un resorte. Teniendo en cuenta que actúan fuerzas de fricción sobre el oscilador la amplitud de las oscilaciones disminuye de forma gradual hasta cero. Debido a esto se dice que el movimiento está amortiguado por la fricción y se le llama movimiento armónico amortiguado. A menudo la fuerza de fricción surge de la resistencia del aire o

de fuerzas internas. En la mayoría de los casos la fuerza de fricción es proporcional a la velocidad del cuerpo pero directamente opuesta a él.

Para el presente laboratorio se tiene un sistema formado por un cuerpo (una esfera) de masa m y un resorte de constante elástica K . El sistema se mueve bajo un coeficiente de rozamiento b .

Se desea obtener la posición mínima alcanzada por el cuerpo.

Para dar solución al problema planteado se tienen las siguientes ecuaciones:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (27);$$

Segunda ley de Newton para el sistema

$$-mg - Kx - b \frac{dx}{dt} = m \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (28);$$

Para la esfera

$$-g - \frac{Kx}{m} - \frac{b}{m} \frac{dx}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (29);$$

Tomando como punto de partida g , la aceleración de la gravedad se implementa el modelo de este laboratorio en el Simulink.

3.3.4.2 – Análisis del modelo implementado en el Simulink del laboratorio.

Para la modelación de este laboratorio se tomó la aceleración de la gravedad y los datos entrados por el usuario desde la interfaz correspondiente, como punto de partida. Esta aceleración se asigna como entrada a un bloque funcional de tipo integral para obtener velocidad, con la cual se realiza la misma operación para obtener la posición de los cuerpos en cada instante de tiempo. La posición calculada para la esfera se asigna al parámetro *translation* del objeto “Pelota” y la deformación del muelle que sostiene la esfera se asigna al parámetro *rotation* del objeto “Muelle”, que se encuentran en el bloque de realidad virtual conectado al modelo, con el objetivo de que los cuerpos describan la trayectoria calculada. El anexo 13 muestra el diagrama en Simulink correspondiente:

3.3.4.3– Análisis del modelo desarrollado en realidad virtual del laboratorio.

El escenario virtual desarrollado para este laboratorio fue construido en el “*V-Realm Builder*” de MATLAB. Esta escena virtual cuenta con una esfera y un resorte que se deforma cuando la esfera sale de su posición inicial. Para la representación de la simulación se asignó al parámetro *traslation* de la esfera, la posición calculada en el modelo Simulink, y al parámetro *rotation* del muelle, la deformación calculada. El anexo 14 muestra el diagrama el escenario virtual desarrollado:

3.4– Principios del diseño del sistema

3.4.1– Diseño de la interfaz de entrada, salidas y menús del sistema.

La interfaz de la aplicación fue desarrollada en el programa MATLAB utilizando su herramienta GUIDE. La interfaz propuesta representa un modelo mental permanente, es decir una idea fija que el usuario hace del sistema. A fin de que este modelo se mantenga a lo largo del programa ha de tener una consistencia, es decir, debe mantener su coherencia de principio a fin.

Por ello se han de mantener las reglas, los criterios en la operatividad, la imagen parcial o total, etc.; pues una incoherencia de diseño puede aportar pérdidas de eficacia del propio contenido que se quiera transmitir.

La interfaz diseñada para el sistema presenta las siguientes características:

- El tipo de letra utilizada es Bold asignada a la propiedad Fontweith para texto. Esta letra es de estilo regular y tamaño variado según el contexto.
- Información legible.
- No presenta una alta carga visual.
- Facilidad de aprendizaje, navegabilidad y uso.

- Representación permanente de un contexto de acción, es decir, la estructura y el acceso a los servicios es mantenida para todas las páginas del sistema.
- La entrada de información por parte de los usuarios se realiza a través de los componentes del formulario.
- El objeto de interés siempre es fácil de identificar.
- Las interacciones se basan en selecciones de tipo menú y en acciones físicas sobre elementos de código visual botones y mensajes.
- Las salidas emitidas por el sistema después de la simulación de un laboratorio está estructurado por: un diagrama en el Simulink y una ventana de realidad virtual.

3.4.2– Tratamiento de errores

Las situaciones que pueden provocar fallos en la ejecución normal de un programa se denominan excepciones. El sistema propuesto presenta una interfaz diseñada, implementada y dirigida a evitar tales situaciones y errores. El sistema es capaz de mantener un nivel de validación que restrinja la introducción de información errónea al sistema y aclare al usuario el tipo de información que debe manipular. Todo ello a través, de una serie de mensajes de error de fácil comprensión para los usuarios.

3.4.3– Concepción general de la ayuda.

Dentro del mundo de las aplicaciones de escritorio en general, la ayuda constituye una parte importante del sistema. Las tendencias actuales apuntan a que estas no deben ser muy detallistas o extensas, sino simplemente explicaciones sencillas y aclaraciones del producto y de las operaciones que puede realizar el usuario sobre el mismo. En el sistema se concibió una ayuda amigable y práctica, que facilita una mejor navegación y comprensión de las acciones que el usuario puede realizar con determinado objetivo.

3.5– Conclusiones

Después de haber desarrollado el presente capítulo se puede concluir que:

- Se ha presentado una descripción detallada del sistema propuesto.
- Se logró identificar los requisitos funcionales y no funcionales.
- Se abordó detalladamente la solución implementada para cada práctica de laboratorio.
- Se mostraron para cada práctica de laboratorio los diagramas en el Simulink y la ventana de realidad virtual.
- Se definieron además, los principios de diseño del sistema que abarcan: el diseño de la interfaz de entrada, salida y menús del sistema; el tratamiento de los errores, la concepción general de la ayuda y la concepción del sistema de seguridad y protección.

Todo esto propició un análisis completo y claro del modelo del sistema y marcó una guía para el desarrollo del software propuesto.



VRML

CAPÍTULO IV

Capítulo 4 – Estudio de Factibilidad

4.1 – Introducción

“Para llevar a cabo un buen proyecto de desarrollo de software, se debe comprender el ámbito del trabajo a realizar, los recursos requeridos, las tareas a ejecutar, las referencias a tener en cuenta, el esfuerzo (COSTE) a emplear y la agenda a seguir” [25].

Para determinar si la construcción de un software es factible o no, se han introducido en la Ingeniería del Software una serie de técnicas utilizadas dentro de las tareas de planificación, que ayudan a planificar y controlar el esfuerzo y el tiempo necesario de desarrollo:

- Técnicas de estimación del esfuerzo (costo) de desarrollo. Dentro de las cuales se sitúa el Modelo Constructivo de Costes (Constructive Cost Model (COCOMO)).
- Técnicas de planificación y seguimiento de proyectos [26].

“La estimación es una de las primeras actividades de la gestión de proyectos informáticos. Se le define como la predicción del personal, del esfuerzo, de los costos y del tiempo que se requerirán para realizar todas las actividades y construir todos los productos asociados con el proyecto. Su objetivo es conocer en etapas tempranas y de manera aproximada, el costo, la duración y los recursos necesarios para el desarrollo de proyectos de software. Se trata de una apreciación del futuro y la exactitud con la que ésta se realice, depende la mayoría de las veces de una buena herramienta de estimación, de la experiencia del estimador y del acceso a una base de información histórica de los proyectos” [27].

En el presente capítulo se realiza un estudio de la factibilidad de la aplicación propuesta utilizando la planificación por punto de función.

4.2 – Planificación por puntos de función

Tabla 1. Planificación: Entradas externas

Nombre de la entrada externa	Cantidad de ficheros	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Insertar los datos para el laboratorio Lanzamiento del proyectil.	1	4	Bajo
Insertar los datos para el laboratorio Movimiento de los cuerpos atados a polea y plano inclinado.	1	5	Bajo
Insertar los datos para el laboratorio Péndulo balístico.	1	3	Bajo
Insertar los datos para el laboratorio Oscilaciones amortiguadas..	1	3	Bajo
Modificar los datos del laboratorio Lanzamiento del proyectil.	1	4	Bajo
Modificar los datos del laboratorio Movimiento de los cuerpos atados a polea y plano inclinado.	1	5	Bajo
Modificar los datos del laboratorio Péndulo balístico.	1	3	Bajo
Modificar los datos del laboratorio Oscilaciones amortiguadas..	1	3	Bajo
Modificar el tiempo de simulación en el diagrama del Simulink del laboratorio Lanzamiento del proyectil.	1	4	Bajo
Modificar el tiempo de simulación en el diagrama del Simulink del laboratorio Movimiento de los cuerpos atados a polea y plano inclinado.	1	5	Bajo
Modificar el tiempo de simulación en el diagrama del Simulink del laboratorio Péndulo balístico.	1	3	Bajo
Modificar el tiempo de	1	3	Bajo

simulación en el diagrama del Simulink del laboratorio Oscilaciones amortiguadas..			
--	--	--	--

Tabla 2. Planificación: Salidas externas

Nombre de la salida externa	Cantidad de ficheros	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Mostrar diagrama en el Simulink del laboratorio Lanzamiento del proyectil.	1	1	Bajo
Mostrar diagrama en el Simulink del laboratorio Movimiento de los cuerpos atados a polea y plano inclinado.	1	1	Bajo
Mostrar diagrama en el Simulink del laboratorio Péndulo balístico.	1	1	Bajo
Mostrar diagrama en el Simulink del laboratorio Oscilaciones amortiguadas..	1	1	Bajo
Mostrar los resultados de la simulación del laboratorio Lanzamiento del proyectil (magnitudes).	1	2	Bajo
Mostrar los resultados de la simulación del laboratorio Movimiento de los cuerpos atados a polea y plano inclinado. (Magnitudes).	1	2	Bajo
Mostrar los resultados de la simulación del laboratorio Péndulo balístico (magnitudes).	1	1	Bajo
Mostrar la representación en Realidad Virtual del laboratorio Lanzamiento del proyectil.	1	1	Bajo

Mostrar la representación en Realidad Virtual del laboratorio Movimiento de los cuerpos atados a polea y plano inclinado.	1	1	Bajo
Mostrar la representación en Realidad Virtual del laboratorio Péndulo balístico.	1	1	Bajo
Mostrar la representación en Realidad Virtual del laboratorio Oscilaciones amortiguadas..	1	1	Bajo

Tabla 3. Planificación: Peticiones

Nombre de la petición	Cantidad de ficheros	Cantidad Elementos de datos	de de	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Obtener la Ayuda del sistema.	1	1		Bajo

Tabla 4. Planificación: Punto de función

Elementos	Bajos	X Peso	Medios	X Peso	Altos	X Peso	Subtotal de puntos de función
Entradas externas	12	7	0	10	0	15	84
Salidas externas	11	4	0	5	0	7	44
Peticiones	1	3	0	4	0	16	3
Total							131

Tabla 5. Planificación: Miles de instrucciones fuentes

Características	Valor
Puntos de función desajustados	131
Lenguaje	MATLAB
Instrucciones fuentes por puntos de función	29
Por ciento de la aplicación en cuanto a requerimientos	100%

funcionales		
Instrucciones fuentes	3799	
Total de Instrucciones fuentes		3799

4.3 – Determinación de los costos

Determinación de los valores de las variables de costos utilizadas en el cálculo de costos en la producción de software, como el cálculo del esfuerzo, el tiempo de desarrollo, la cantidad de hombres y el costo total del sistema.

Tabla 6. Costos: Factores de escalas

Cálculo de:	Valor	Justificación
RCPX	1.3	Después de un estudio realizado se llegó a la conclusión que la complejidad del sistema es alta, debido a que la tecnología utilizada es totalmente nueva. (Alta)
RUSE	1.07	Se implementa código reutilizable para el aprovechamiento de este en toda la aplicación. (Alta)
PDIF	1	No tiene grandes restricciones en cuanto al tiempo de ejecución ya que la aplicación podrá estar trabajando cuanto tiempo se desee. La aplicación tiene gran estabilidad. (Nominal)
PERS	0,63	Hay poco movimiento del personal. (Alta)
PREX	1.59	El personal no tenía experiencia del trabajo realizado. (muy bajo).
FCIL	1	Se utilizan herramientas de programación como: MATLAB. (Nominal)
SCED	1	Se realizaron reuniones frecuentes con los tutores durante el desarrollo del sistema. (Alta)
PREC	6.2	El equipo de desarrollo posee una comprensión considerable de los objetivos del producto, pero no tiene experiencia en la realización de software de este tipo (muy bajo)
FLEX	3.04	El sistema cuenta con alguna flexibilidad en relación con las especificaciones de los requerimientos preestablecidos y a las especificaciones de interfaz externa. (Nominal)
TEAM	3.29	Para la realización del sistema se necesitó de alguna ayuda la cual fue realizada de forma cooperativa.

		(Nominal)
RESL	4.24	Existen algunos factores de riesgo. (Nominal)
PMAT	3.12	El sistema puede ser desarrollado más adelante, ampliando su alcance hasta hacerlo accesible a través de la Web. (Alta)

Multiplicador de esfuerzos

$$EM = \prod E_{mi} = RCPX * RUSE * PDIF * PERS * PREX * FCIL * SCED \quad i=1$$

$$EM = \prod E_{mi} = 1,3 * 1,07 * 1,00 * 0,63 * 1,59 * 1,00 * 1,00 = 1,39336 \approx \mathbf{1,40} \quad i=1$$

Factores de escala

$$SF = \sum SFi = PREC + FLEX + RESL + TEAM + PMAT$$

$$SF = \sum SFi = 6.2 + 3.04 + 4.24 + 3.29 + 3.12 = 19.89$$

Valores de los coeficientes

$$A = 2,94; B = 0,91; C = 3,67; D = 0,24$$

$$E = B + 0,01 * SF$$

$$F = D + 0,2 * (E - B)$$

$$E = 0,91 + 0,01 * 19,89$$

$$F = 0,24 + 0,2 * (1,1089 - 0,91)$$

$$E = 1,1089$$

$$F = 0,27978$$

Esfuerzo

$$PM = A * (MF)^E * EM$$

$$PM = 2,94 * (3,799)^{1,1089} * 1,40$$

$$PM = 18,083 \text{ (personas meses)}$$

Cálculo del tiempo de desarrollo

$$TDEV = C * PM^F$$

$$TDEV = 3,67 * 18,083^{0,27978}$$

$$TDEV = 8,2494$$

Cálculo de la cantidad de hombres

$$CH = PM / TDEV$$

$$CH = 18,083 / 8,2494$$

$$CH = 2.192$$

Recalculando

$$CH = PM / TDEV$$

$$2 = 18,083 / TDEV$$

$$TDEV = 9,0415 \approx 9 \text{ meses}$$

Costo

Se asume como salario promedio mensual 275\$

$$CHM = 2 * \text{Salario Promedio}$$

$$CHM = 2 * 275$$

$$CHM = 550 \text{ \$/mes}$$

$$\text{Costo} = CHM * PM$$

$$\text{Costo} = \$550 * 9$$

$$\text{Costo} = \$4950$$

Los costos en los que se incurriría de desarrollarse el sistema serían:

Tabla 7 Costos totales

Cálculo de:	Valor
Esfuerzo(PM)	18,083
Tiempo de desarrollo	9 meses
Cantidad de hombres	2
Costo	\$4950
Salario medio	\$275
RCPX	1,3

RUSE	1,07
PDIF	1
PREX	1,59
FCIL	1
SCED	1

4.4 – Beneficios tangibles e intangibles

Los beneficios obtenidos con el desarrollo del software son fundamentalmente intangibles, pues esta herramienta le permite al estudiante realizar las prácticas de laboratorio sin necesidad de tener un horario fijo y la presencia del profesor. Estos laboratorios contribuyen a la preparación de los estudiantes antes de la realización de los laboratorios reales. Por otra parte el sistema estimulará su uso ya que se diseñó con tecnologías de punta teniendo en cuenta el empleo de las nuevas tecnologías de informática y las comunicaciones aplicadas a la educación.

4.5 – Análisis de costos y beneficios

Descripción textual del análisis de la relación entre lo costos y los beneficios tangibles e intangibles de la implementación del objeto de automatización.

Al desarrollo de todo producto informático va asociado a un costo, el justificarlo depende de los beneficios tangibles e intangibles que produce. En el caso de la aplicación a desarrollar se llegó a la conclusión que se logra aproximadamente en 9 meses con una fuerza de trabajo de 2 personas con salario promedio de \$275 pesos por trabajador para un costo total de \$4 950.

5.6 – Conclusiones

La aplicación propuesta dispone de una serie de beneficios y posibilidades, sobre todo intangibles, ya que su utilización le propicia una mayor preparación a los estudiantes

antes de ir al LT, lo cual contribuirá al desarrollo y perfeccionamiento de la enseñanza de la Física en la Universidad. Debido a esto se considera factible implementar la herramienta propuesta.



VRML

CONCLUSIONES

Conclusiones

1) Los laboratorios virtuales le permiten al alumno realizar las prácticas de una forma lo más similar posible a como si estuviese en el laboratorio tradicional (LT), lo que ayuda a comprender el fenómeno estudiado antes de su realización práctica.

2) Se desarrolló una aplicación que permite realizar prácticas de laboratorio de Física Mecánica de forma virtual, logrando un ambiente interactivo, abierto y con mayor aproximación al laboratorio tradicional que los reportados en la literatura. Este permite:

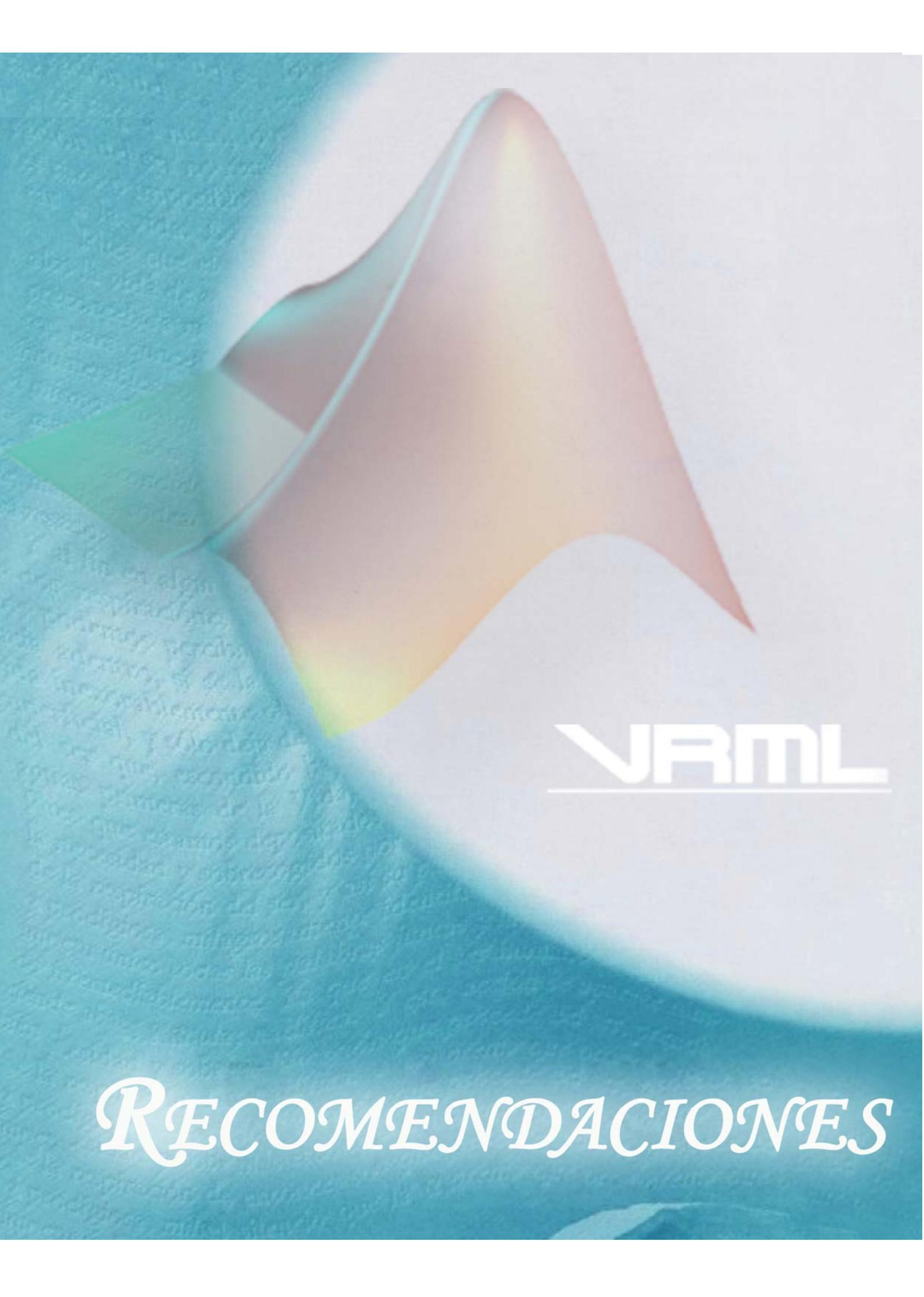
Obtener una introducción teórica de los laboratorios implementados.

Desarrollar las simulaciones del fenómeno físico.

Mostrar el fundamento matemático y físico de cada laboratorio como conclusión del mismo.

3) La implementación de este software en MATLAB permite la simulación de cualquier modelo matemático independientemente del nivel de complejidad que pueda tener e insertarlo en un ambiente de realidad virtual de forma natural.

4) El trabajo realizado constituye una herramienta de apoyo en la enseñanza de la Física en carreras de ingeniería.



VRML

RECOMENDACIONES

Recomendaciones

- 1) Publicación y divulgación del sistema desarrollado en el centro.
- 2) Incorporar nuevos elementos que enriquezcan la aplicación como prácticas de laboratorio de electricidad y magnetismo, óptica, etc.
- 3) Ampliar el alcance del sistema utilizando tecnología Web.
- 4) Utilizar otros programas que sean compatible con el software Matlab para la elaboración de la interfaz gráfica.



VRML

*REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS*

Referencias bibliográficas

- [1] Rodríguez Ibáñez, Obsidiana. Análisis Comparativo Entre el uso de los Laboratorios Virtuales y de los Laboratorios Presenciales en el Aprendizaje. Tomado De: <http://www.cibersociedad.net/congres2006/gts/comunicacio.php?id=1004&llengu a=es>, 15 de Marzo del 2008.
- [2] Rosado, L. Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física. Tomado De: <http://www.formatex.org/micte2005/286.pdf>, 15 de Enero del 2008.
- [3] Monge-Nájera, Julián. La evolución de los laboratorios virtuales durante una experiencia de cuatro años con estudiantes a distancia. Tomado De: <http://rbt.biologia.ucr.ac.cr/public/evollab4.doc>, 15 de Enero del 2008.
- [4] Asociación de Ensinantes de Ciencias de Galicia. Laboratorio Virtual de Física. Tomado De: <http://www.enciga.org/taylor/lv.htm>, 16 de Enero del 2008.
- [5] Orión. Grupo de Investigación de Óptica y didáctica de la Física. Óptica y didáctica de la Física. Tomado de: <http://www1.universia.net/CatalogaXXI/C10052PPCLII1/E125772/index.html>, 16 de Enero del 2008.
- [6] Universidad de Valencia. Laboratorio Virtual. Tomado De: <http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-/Enlaces/FQ.htm#Física>, 20 de Enero del 2008.

- [7] Centro de información y comunicación educativa, España. Laboratorio Virtual. Tomado De: <http://www.oei.es/innovamedia/fis.htm>, 20 de Enero del 2008.
- [8] CITMATEL. Laboratorios virtuales en la Universidad Virtual del CITMA. Tomado De: Formato de CD, 2003.
- [9] Departamento de Física, Universidad Central "Marta Abreu", Las Villas, Cuba. Prácticas de laboratorio virtual de Física. Tomado De: http://www.mfc.uclv.edu.cu/dvf/sefisac/sefisac/P.V.de%20F/prácticas_virtuales.htm, 22 de Enero del 2008.
- [10] Departamento de Automática y Sistemas Computacionales, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Prácticas de laboratorio virtual de Física. Tomado De: http://www.mfc.uclv.edu.cu/dvf/sefisac/sefisac/P.V.de%20F/prácticas_virtuales.htm, 22 de Enero del 2008.
- [11] García, C. Simulación de prácticas de laboratorios (VisualLab). Tomado De: <http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie96/VisualLab.html>, 22 de Enero del 2008.
- [12] Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (CUJAE). Laboratorios virtuales. Tomado De: <http://www.cujae.edu.cu/eventos/convencion/Sitios/sichgeo/Memorias%20del%20II%20Seminario%20Internacional%20de%20Ingenieria%20Civil,%20Hidraulica%20y%20Geociencias.pdf>, 22 de Enero del 2008.

- [13] Monografías. Las prácticas de Laboratorio Docentes en la enseñanza de la Física. Tomado De: <http://www.monografias.com/trabajos29/practicas-laboratorio/practicas-laboratorio.shtml>, 6 de Febrero del 2008.
- [14] Tecnologías de la información y la comunicación. Tomado De: <http://diplomado.constructivista.googlepages.com/TecnologiasDeLaInformacionYLaComunic.pdf>, 6 de Febrero del 2008.
- [15] Programación Web y Tecnologías Informáticas, Tecnologías del lado del cliente: Applet. Tomado De: <http://zenkius.blogspot.com/2008/02/tecnologas-del-lado-del-cliente-applet.html>, 6 de Febrero del 2008.
- [16] Monografías. Matlab. Tomado De: <http://www.monografias.com/trabajos5/matlab/matlab.shtml>, 6 de Febrero del 2008.
- [17] GUI: Interfaz de Usuario Gráfica. Tomado De: <http://www.galeon.com/ingprocesos/GUIDE/1INTERFAZ.pdf>, 6 de Febrero del 2008.
- [18] Mathwork. Guía de usuario/Matlab. Tomado De: <http://sumannual.com/marcas-instrucciones-guias-manuales/MATLAB>, 6 de Febrero del 2008.
- [19] Departamento de Electrónica Cátedra D.S.F, Dinámica de los Sistemas Físicos. TP de Introducción a MATLAB / SIMULINK. Tomado De: http://www.fceia.unr.edu.ar/dsf/files/TP_Introd.PDF, 15 de Febrero del 2008.
- [20] Universidad de Oviedo. Simulación de sistemas de control continuos con MATLAB y SIMULINK. Tomado De: <http://isa.uniovi.es/docencia/dscc/matlabysimulink.pdf..1>, 15 de Febrero del 2008.

[21] VRML - Realidad Virtual.Tomado De:

<http://www.activamente.com.mx/vrml/>,15 de Febrero del 2008.

[22] VRML - Aplicaciones.Tomado De:

<http://www.activamente.com.mx/vrml/aplicaciones.html>,15 de Febrero del 2008.

[23] VRML - Requerimientos.Tomado De:

<http://www.activamente.com.mx/vrml/requerimientos.html>,15 de Febrero del 2008.

[24] Mi Tecnológico. Especificaciones De Requerimientos.Tomado De:

<http://mitecnologico.com/Main/EspecificacionesDeRequerimientos>,15 de Febrero del 2008.

[25] COCOMO II.Tomado de:

http://sunset.usc.edu/research/COCOMOII/cocomo_main.html, (15/05/08).

[26] Ibídem.

[27] Ibídem.



VRML

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

Asociación de Ensinantes de Ciencias de Galicia. Laboratorio Virtual de Física. Tomado De: <http://www.enciga.org/taylor/lv.htm>, 16 de Enero del 2008.

BUJA, ANDREAS. Calibration for Simultaneity:

(Re)Sampling Methods for Simultaneous Inference with Applications to Function Estimation and Functional Data. Tomado De: <http://charma.uprm.edu/~rolke/simulinf.pdf>, 20 de Febrero.

Centro de información y comunicación educativa, España. Laboratorio

Virtual. Tomado De: <http://www.oei.es/innovamedia/fis.htm>, 20 de Enero del 2008.

CITMATEL. Laboratorios virtuales en la Universidad Virtual del

CITMA. Tomado De: Formato de CD, 2003.

COCOMO II. Tomado de: http://sunset.usc.edu/research/COCOMOII/cocomo_main.html, (15/05/08).

Matlab Summary and Tutorial. Tomado De: <http://www.math.ufl.edu/help/matlab-tutorial>, 20 de Febrero del 2008.

Departamento de Automática y Sistemas Computacionales, Universidad

Central "Marta Abreu" de las Villas. Prácticas de laboratorio virtual de Física. Tomado De: http://www.mfc.uclv.edu.cu/dvf/sefisac/sefisac/P.V.de%20F/prácticas_virtuales.htm, 22 de Enero del 2008.

Departamento de Electrónica Cátedra D.S.F, Dinámica de los Sistemas

Físicos. TP de Introducción a MATLAB / SIMULINK. Tomado De: http://www.fceia.unr.edu.ar/dsf/files/TP_Introd.PDF, 15 de Febrero del 2008.

Departamento de Física, Universidad Central "Marta Abreu", Las Villas,

Cuba. Prácticas de laboratorio virtual de Física. Tomado De:
http://www.mfc.uclv.edu.cu/dvf/sefisac/sefisac/P.V.de%20F/prácticas_virtuales.htm, 22
de Enero del 2008.

Brutzman, Don. The Virtual Reality Modeling Language and

Java. Tomado De:
http://www2.imm.dtu.dk/pubdb/views/edoc_download.php/1231/pdf/imm1231.pdf, 3 de
Marzo.

García, C. Simulación de prácticas de laboratorios (VisualLab). Tomado De:
<http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie96/VisualLab.html>, 22 de Enero del 2008.

GUI: Interfaz de Usuario Gráfica. Tomado De:

<http://www.galeon.com/ingprocesos/GUIDE/1INTERFAZ.pdf>, 6 de Febrero del 2008.

Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (CUJAE).

Laboratorios virtuales. Tomado De:
<http://www.cujae.edu.cu/eventos/convencion/Sitios/sichgeo/Memorias%20del%20II%20Seminario%20Internacional%20de%20Ingenieria%20Civil,%20Hidraulica%20y%20Geociencias.pdf>, 22 de Enero del 2008.

Intro to SIMULINK. Tomado De:
<http://cobweb.ecn.purdue.edu/~cheq/SIMULINK/simulink.html>, 20 de Febrero.

Mathwork. Guía de usuario/Matlab. Tomado De:

<http://sumanual.com/marcas-instrucciones-guias-manuales/MATLAB>, 6 de Febrero del
2008.

Matlab Code. Tomado De:
http://www.dcs.gla.ac.uk/~mc/1stYearReport/4.3_MatlabCode.htm, 3 de Marzo.

Mi Tecnológico. Especificaciones De Requerimientos. Tomado De:

<http://mitecnologico.com/Main/EspecificacionesDeRequerimientos>, 15 de Febrero del 2008.

Monge-Nájera, Julián. La evolución de los laboratorios virtuales durante una experiencia de cuatro años con estudiantes a distancia. Tomado De: <http://rbt.biologia.ucr.ac.cr/public/evollab4.doc>, 15 de Enero del 2008.

Monografías. Las prácticas de Laboratorio Docentes en la enseñanza de la Física. Tomado De: <http://www.monografias.com/trabajos29/practicas-laboratorio/practicas-laboratorio.shtml>, 6 de Febrero del 2008.

Monografías. Matlab. Tomado De: <http://www.monografias.com/trabajos5/matlab/matlab.shtml>, 6 de Febrero del 2008.

Orión. Grupo de Investigación de Óptica y didáctica de la Física. Óptica y didáctica de la Física. Tomado De: <http://www1.universia.net/CatalogaXXI/C10052PPCLII1/E125772/index.html>, 16 de Enero del 2008.

Programación Web y Tecnologías Informáticas, Tecnologías del lado del cliente: Applet. Tomado De: <http://zenkius.blogspot.com/2008/02/tecnologas-del-lado-del-cliente-applet.html>, 6 de Febrero del 2008.

Rosado, L. Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y

remotos en la enseñanza de la Física. Tomado De:

<http://www.formatex.org/micte2005/286.pdf>, 15 de Enero del 2008.

Rodríguez Ibáñez, Obsidiana. Análisis Comparativo entre el uso de los

Laboratorios Virtuales y de los Laboratorios Presenciales en el Aprendizaje. Tomado De:

<http://www.cibersociedad.net/congres2006/gts/comunicacio.php?id=1004&llengua=es>,
15 de Marzo del 2008.

Simulink, LabView, ASCET, and C. Tomado De: <http://www.carsim.com/products/simulink/>,
20 de Febrero.

Technical University of Denmark. Experiences with Matlab and VRML in

Functional Neuroimaging Visualizations. Tomado De:
http://www2.imm.dtu.dk/pubdb/views/edoc_download.php/1231/pdf/imm1231.pdf, 3 de
Marzo.

Technical University of Denmark. Experiences with Matlab and VRML in Functional
Neuroimaging Visualizations. Tomado De:
http://www2.imm.dtu.dk/pubdb/views/edoc_download.php/1231/pdf/imm1231.pdf, 3 de
Marzo.

Tecnologías de la información y la comunicación. Tomado De:

<http://diplomado.constructivista.googlepages.com/TecnologiasDeLaInformacionYLaComunic.pdf>, 6 de Febrero del 2008.

Universidad de Oviedo. Simulación de sistemas de control continuos con

MATLAB y SIMULINK. Tomado De:
<http://isa.uniovi.es/docencia/dscc/matlabysimulink.pdf..1>, 15 de Febrero del 2008.

Universidad de Valencia. Laboratorio Virtual. Tomado De:

<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-/Enlaces/FQ.htm#Física>, 20 de
Enero del 2008.

University of Cambridge. Matlab. Tomado De:<http://www-h.eng.am.ac.uk/help/tpl/programs/matlab.html>, 20 de Febrero.

VRML - Aplicaciones. Tomado De:

<http://www.activamente.com.mx/vrml/aplicaciones.html>, 15 de Febrero del 2008.

VRML - Realidad Virtual. Tomado De:

<http://www.activamente.com.mx/vrml/>, 15 de Febrero del 2008.

VRML - Requerimientos. Tomado De:

<http://www.activamente.com.mx/vrml/requerimientos.html>, 15 de Febrero del 2008.



VRML

*GLOSARIO DE
TÉRMINOS*

Glosario de términos

Applet: Pequeña porción de código generalmente escrito en Java.

Callback: Término que se utiliza en el programa MATLAB para asignar la función de un componente.

GUIDE: Graphical User Interface development environment, entorno para el desarrollo de interfaces de usuario.

LT: laboratorio Tradicional.

LV: Laboratorio Virtual.

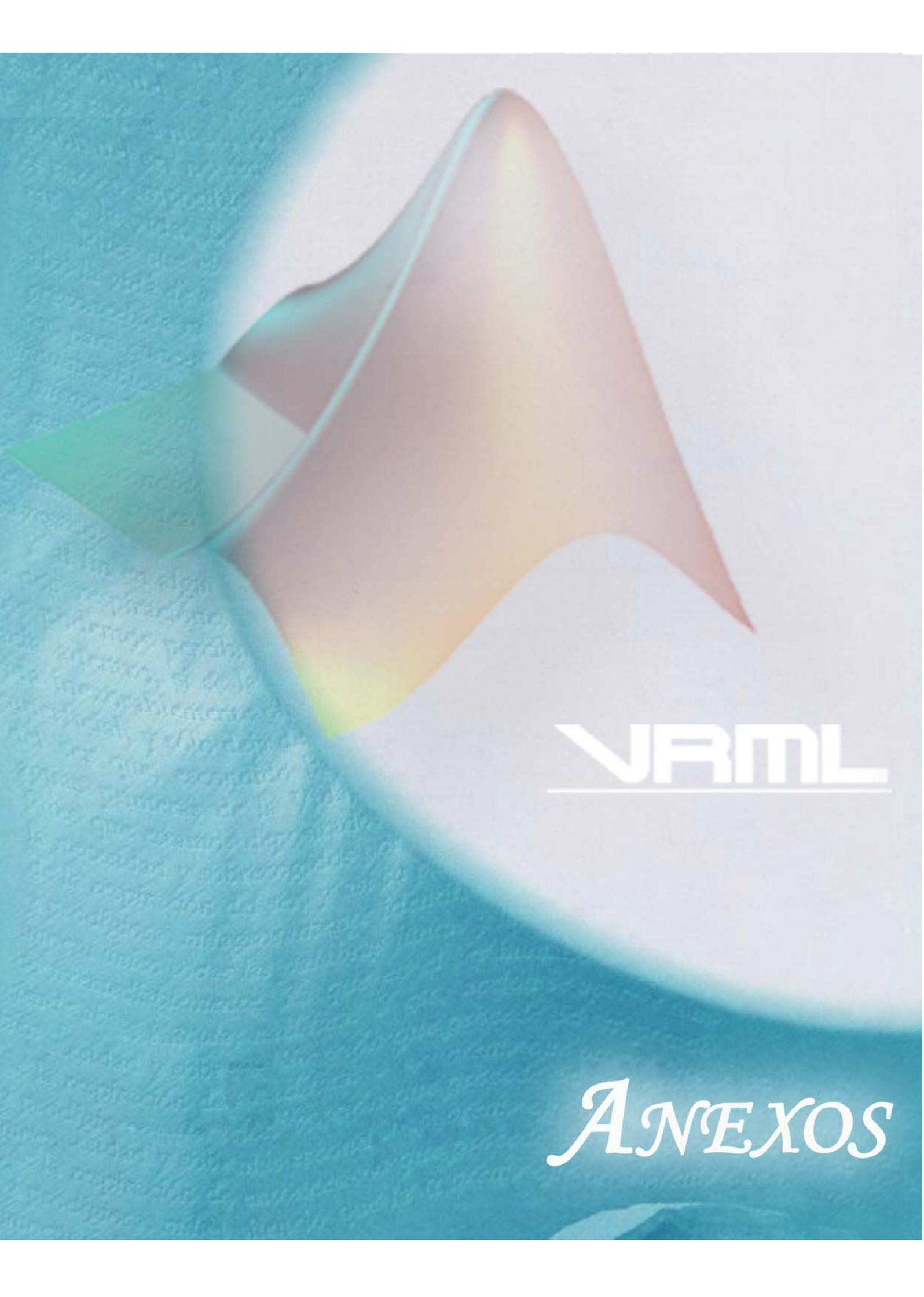
MATLAB: Matrix Laboratory, laboratorio de matrices.

Simulink: Nombre del componente para la simulación del programa MATLAB.

Toolbox: En MATLAB es un conjunto de funciones para aplicar en una determinada rama del conocimiento.

V-Realm Builder: Nombre de la herramienta para la construcción de escenarios virtuales del programa MATLAB.

VRML: Virtual Reality Modeling Language, Lenguaje para Modelado de Realidad Virtual.

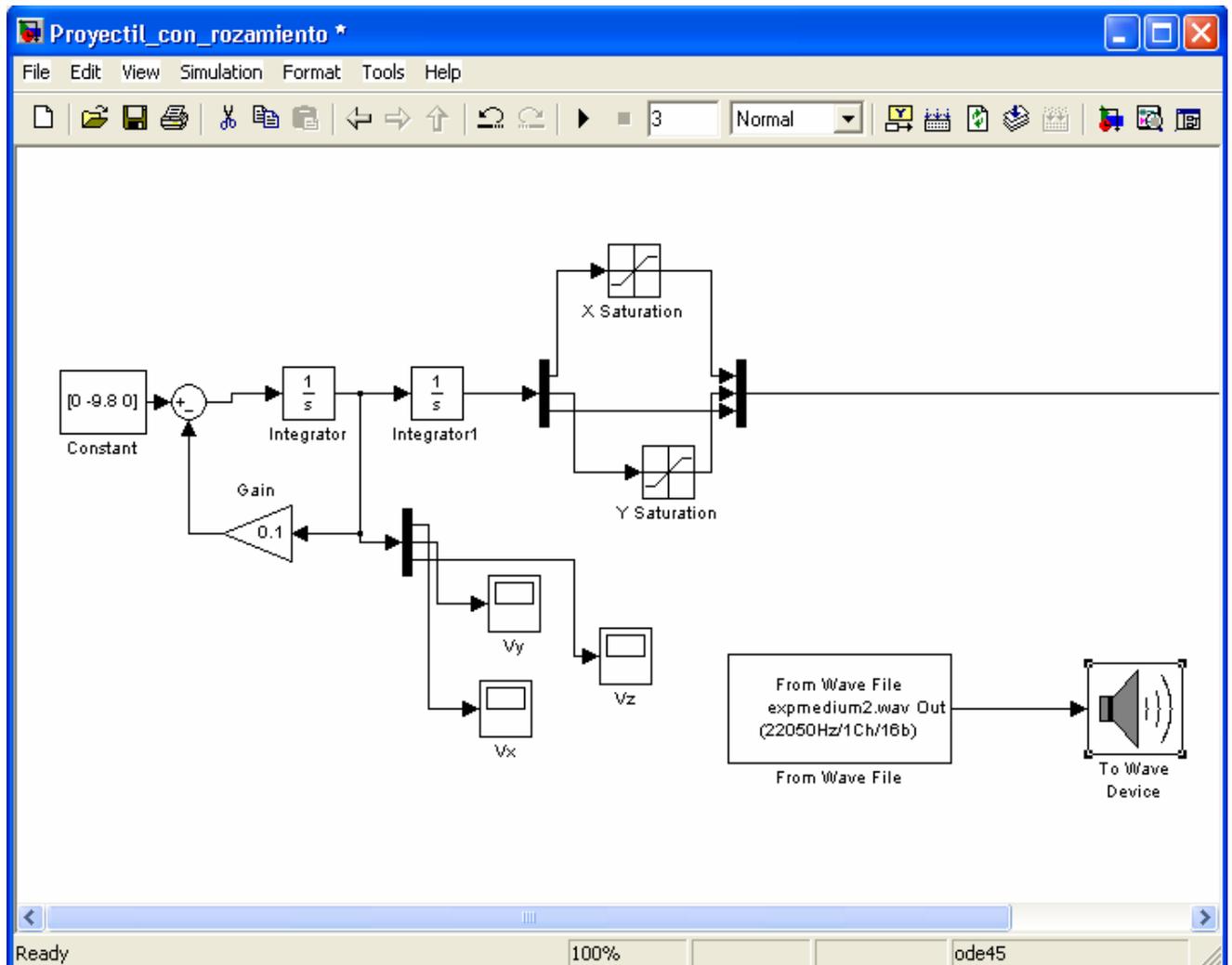
An abstract graphic design featuring a large, faceted, geometric shape in shades of green, yellow, and orange, set against a teal background. The shape has a sharp peak and a curved base, resembling a stylized mountain or a modern architectural element. The overall aesthetic is clean and modern.

VRML

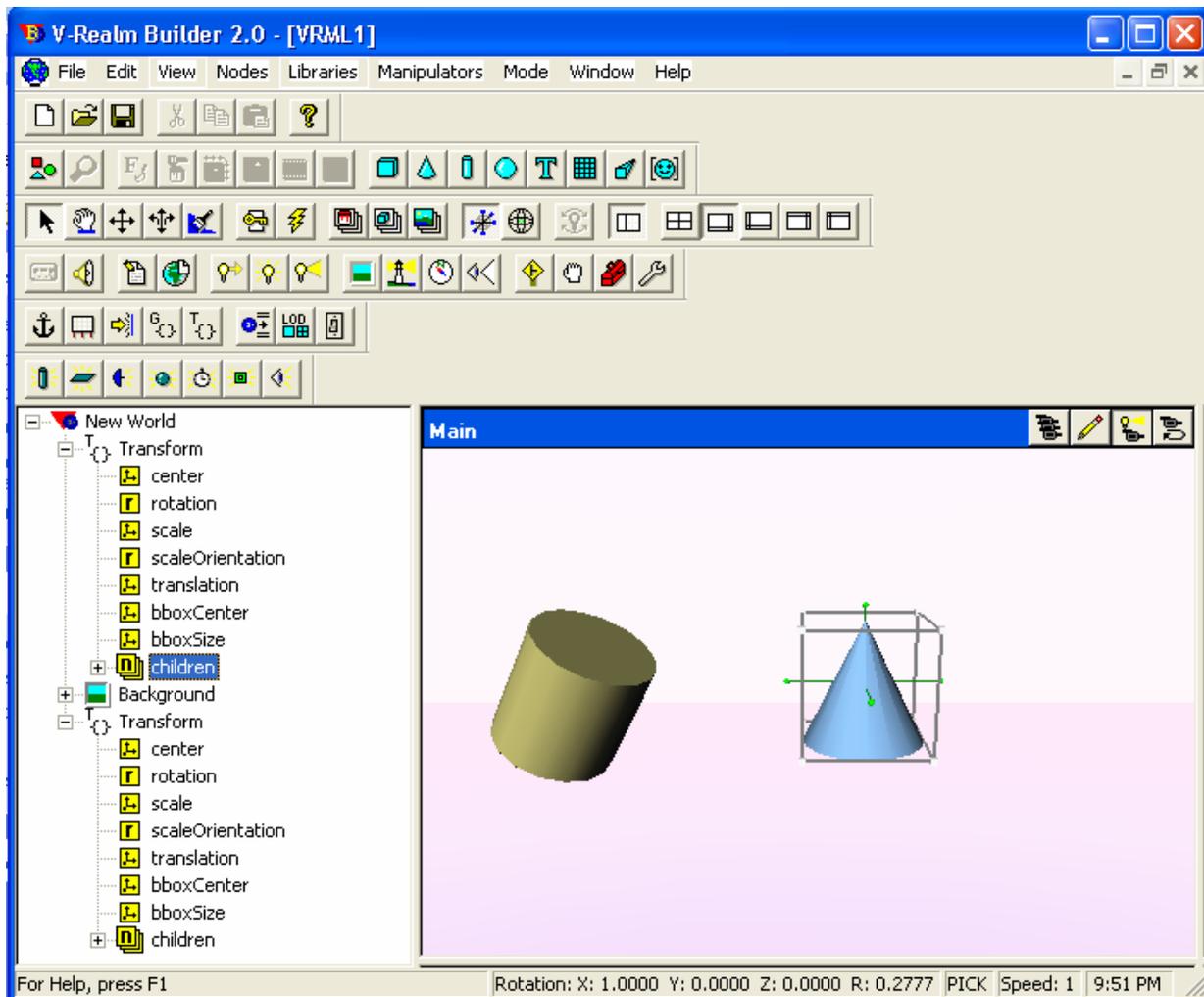
ANEXOS

Anexos

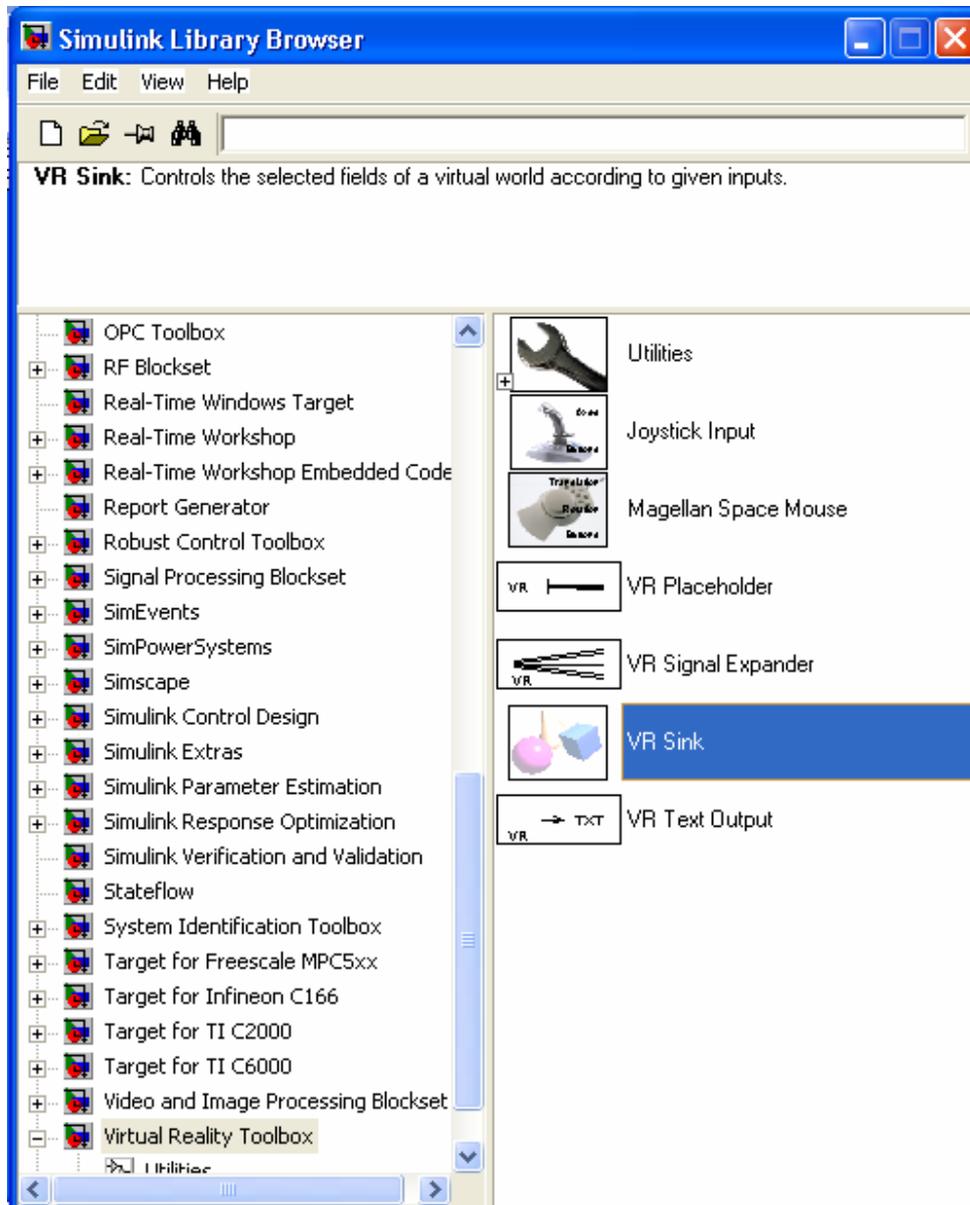
Anexo 1: Modelo implementado en el Simulink.



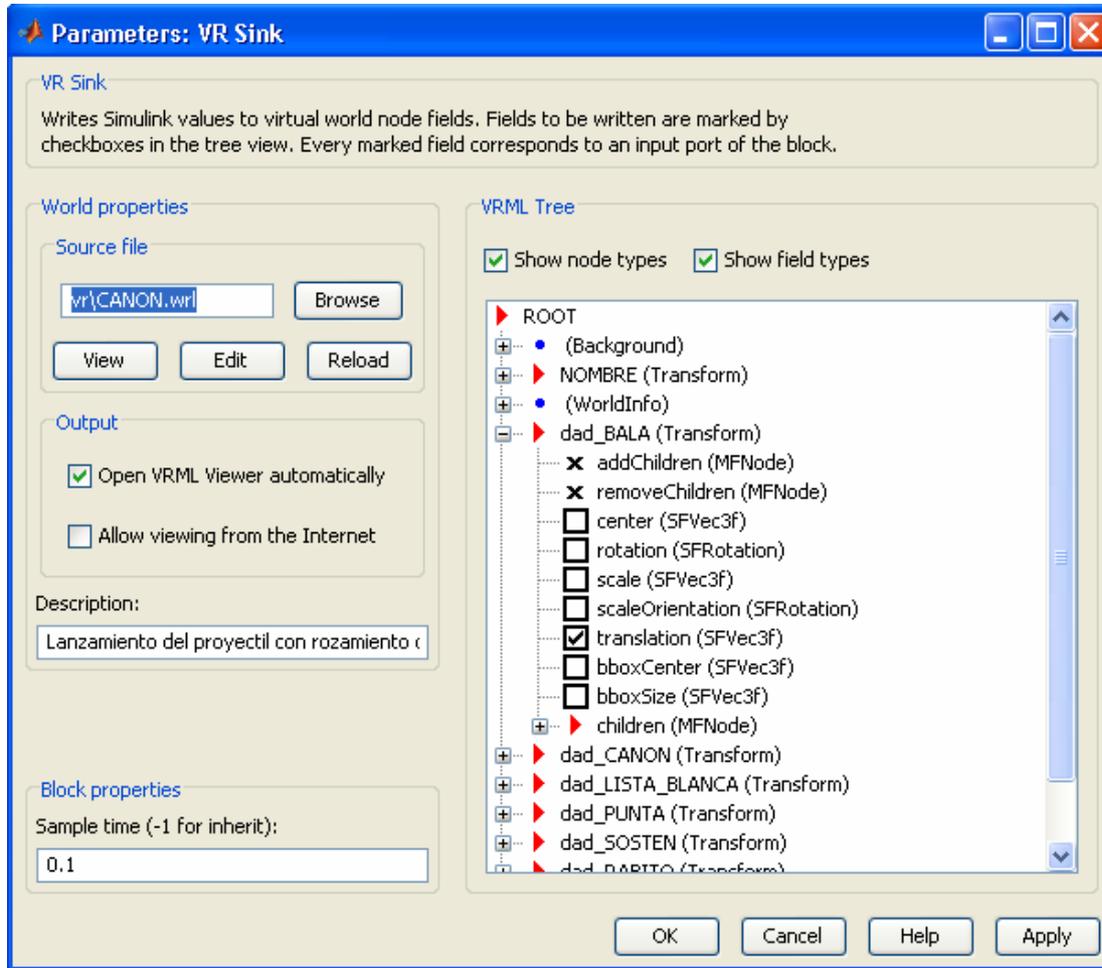
Anexo 2: Herramienta "V-Realm Builder".



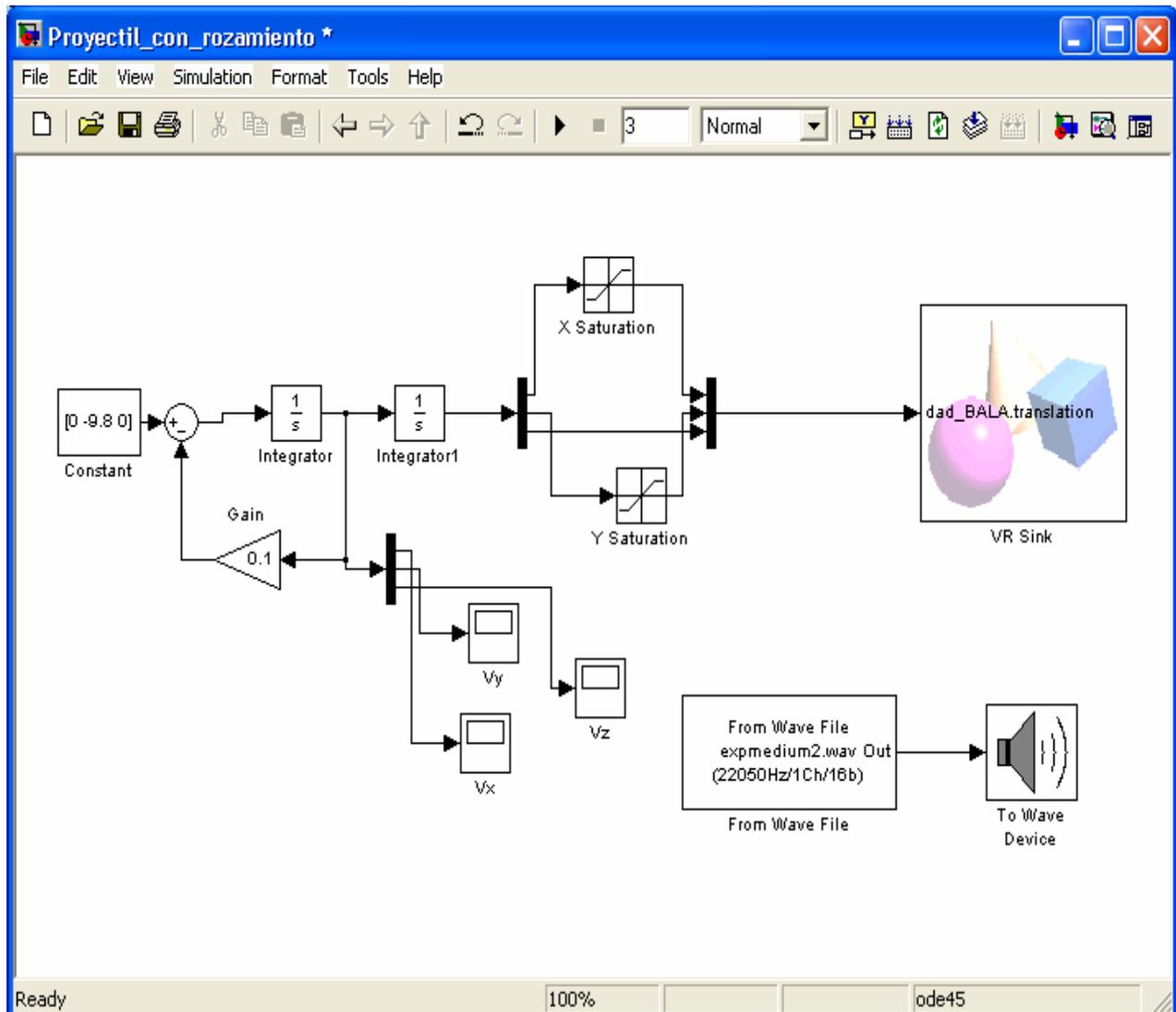
Anexo 3: Herramienta de realidad virtual en la librería de Simulink.



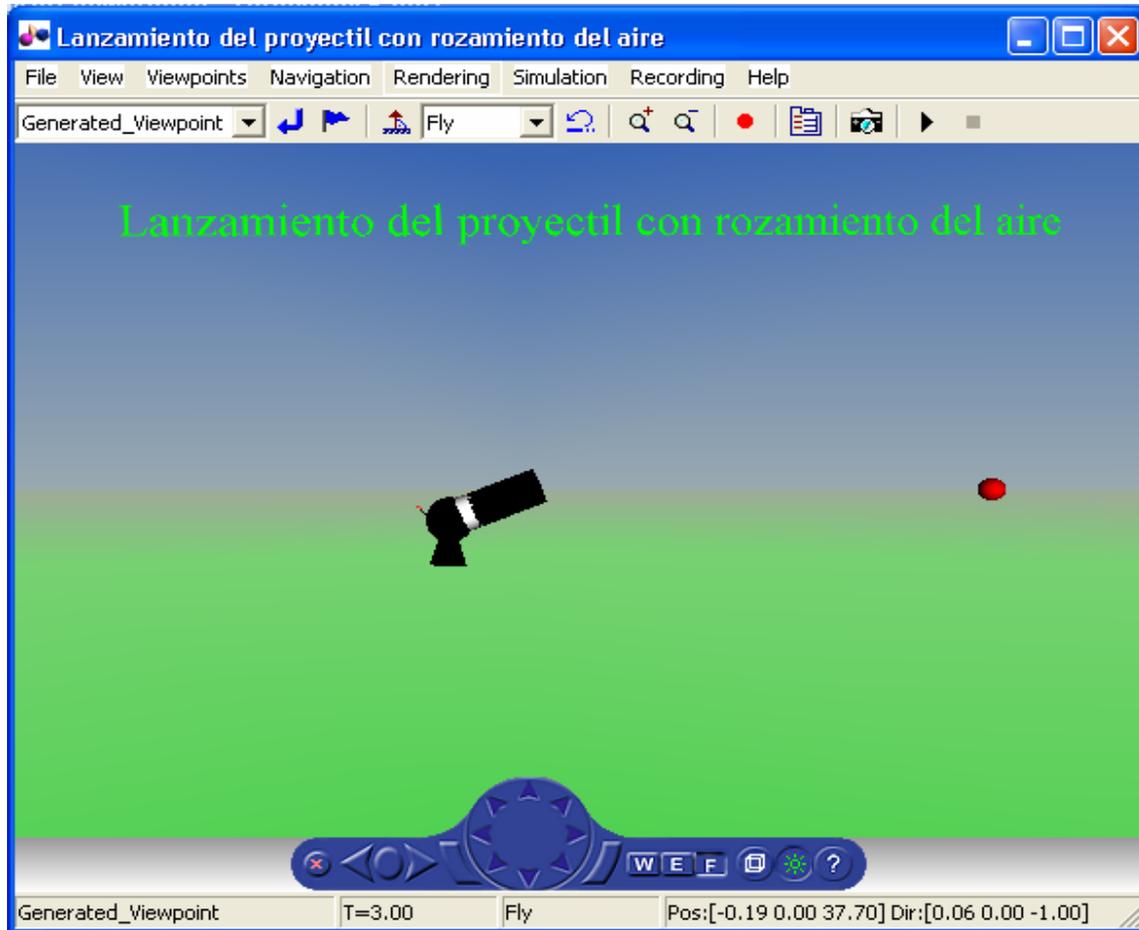
Anexo 4: Interfaz para configurar las propiedades del mundo virtual.



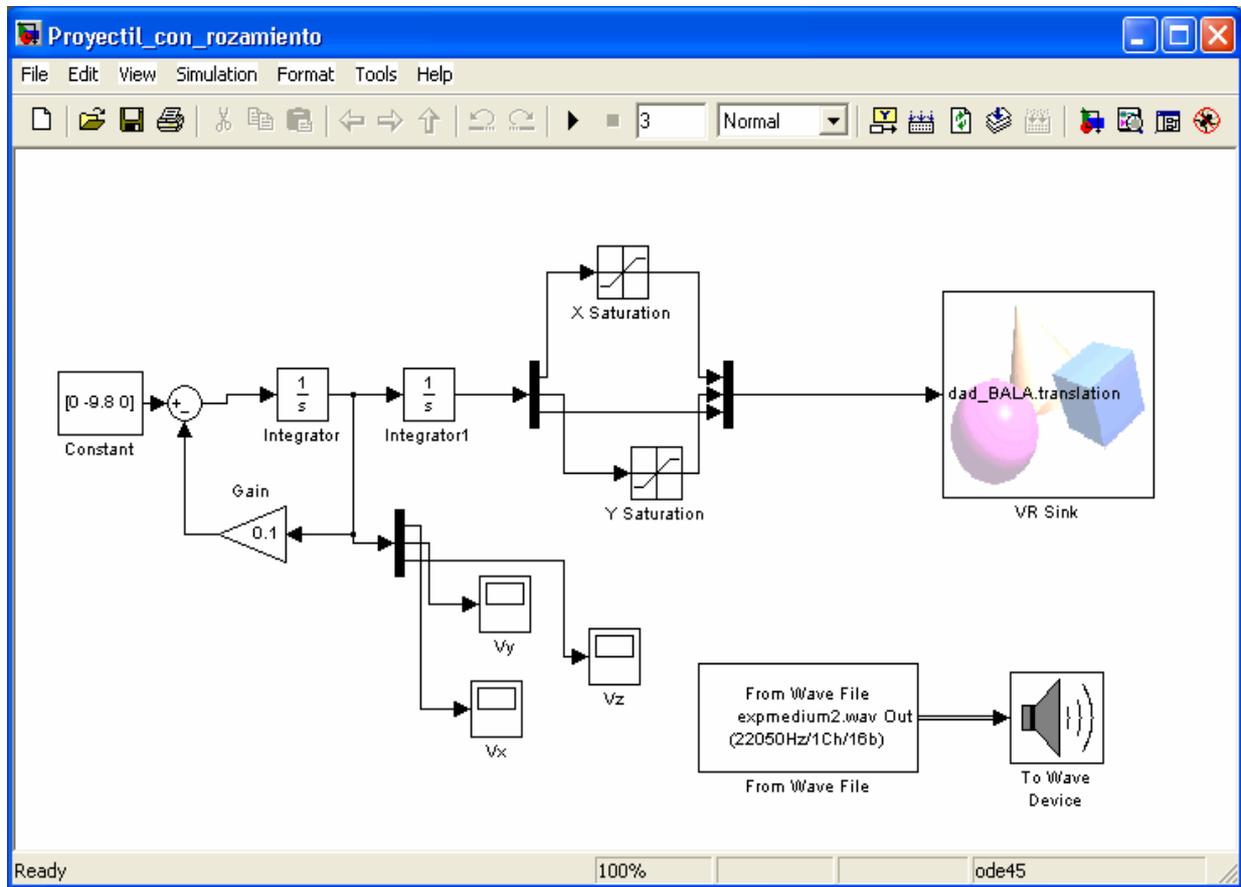
Anexo 5: Modelo en el Simulink con un bloque de realidad virtual asignado.



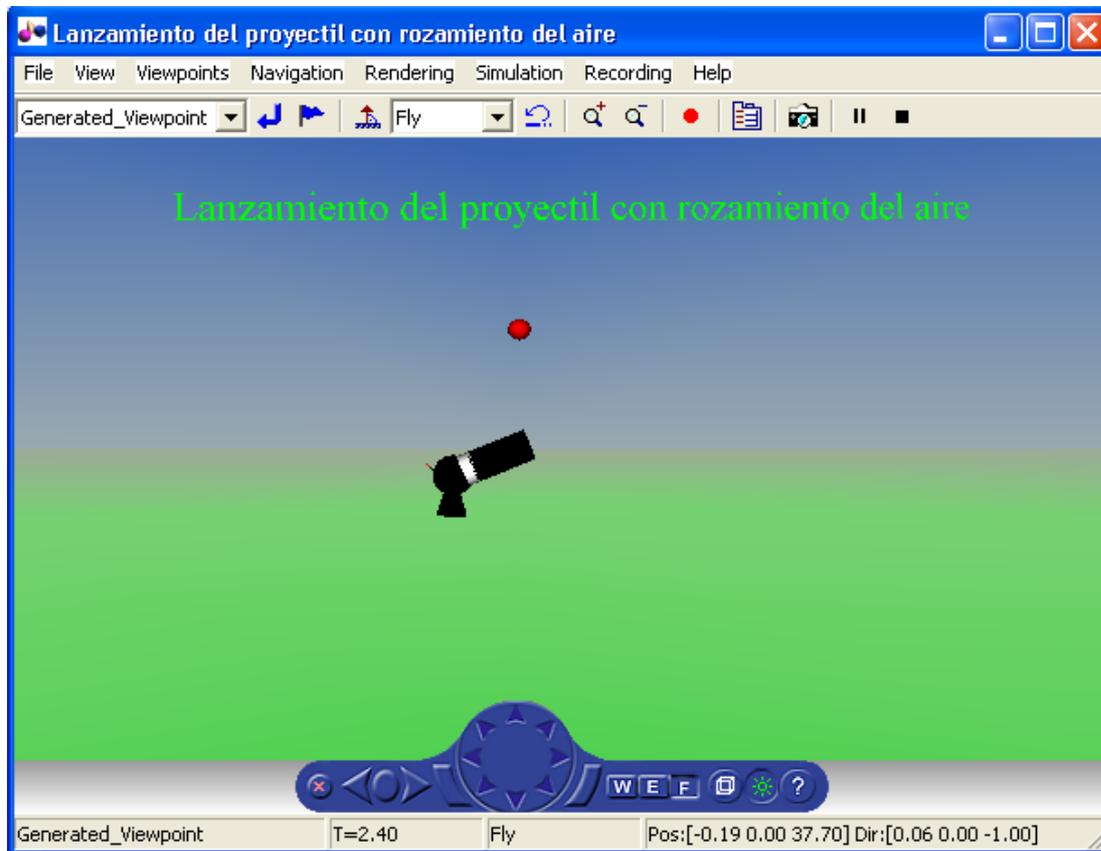
Anexo 6: Escenario construido en Realidad Virtual en MATLAB.



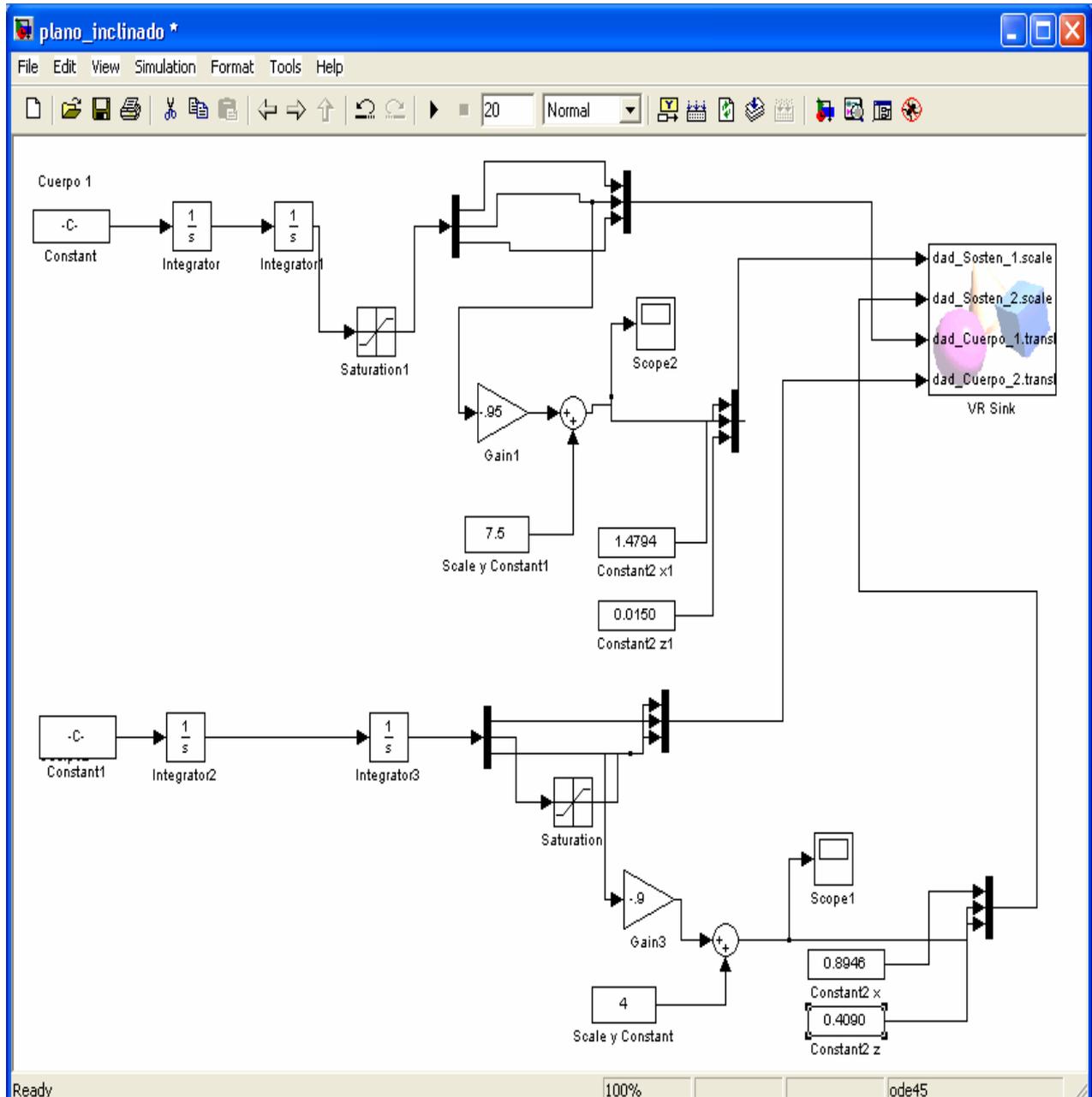
Anexo 7: Diagrama en el Simulink del Laboratorio Lanzamiento del Proyectoil.



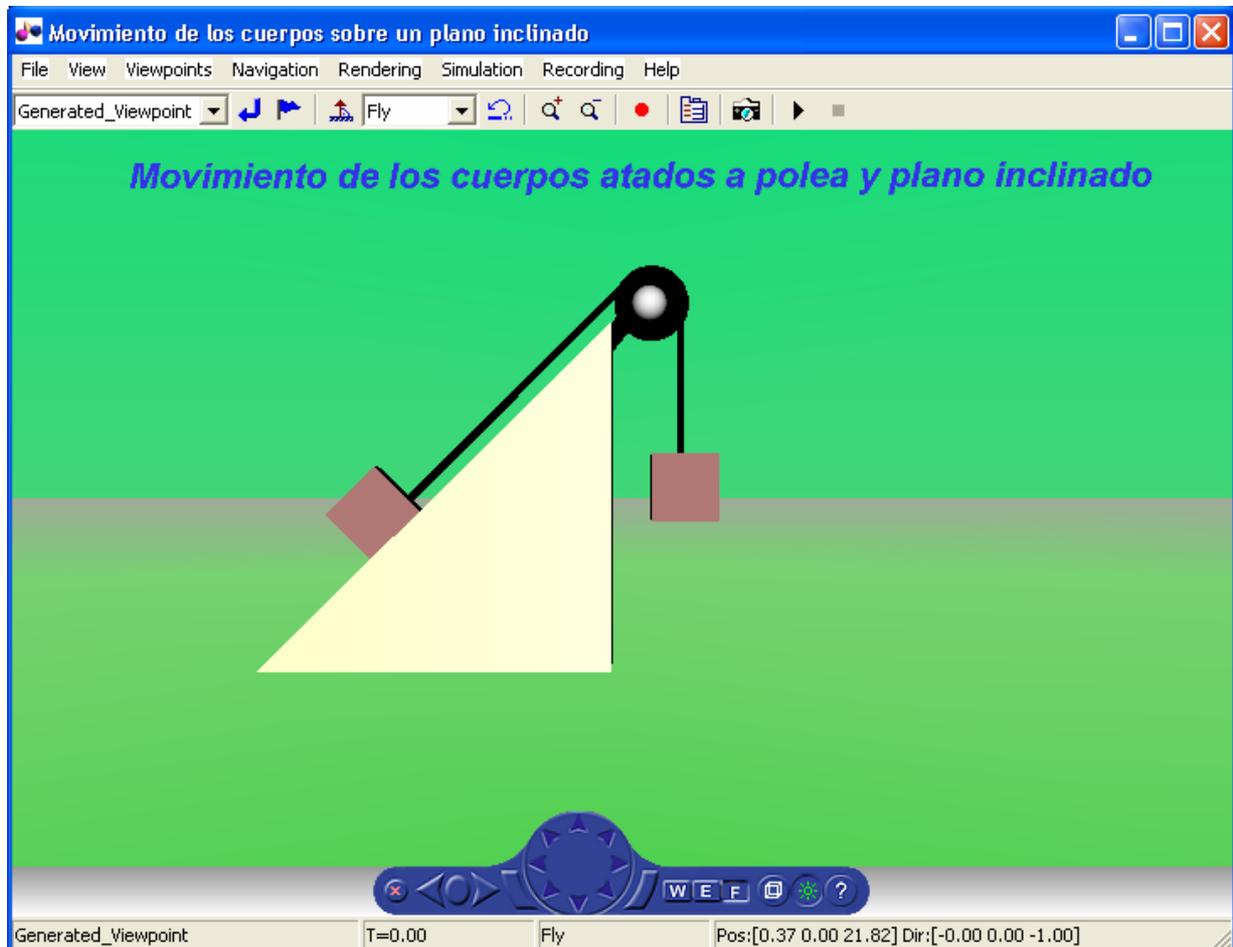
Anexo 8: Escenario virtual del Laboratorio Lanzamiento del Proyectoil.



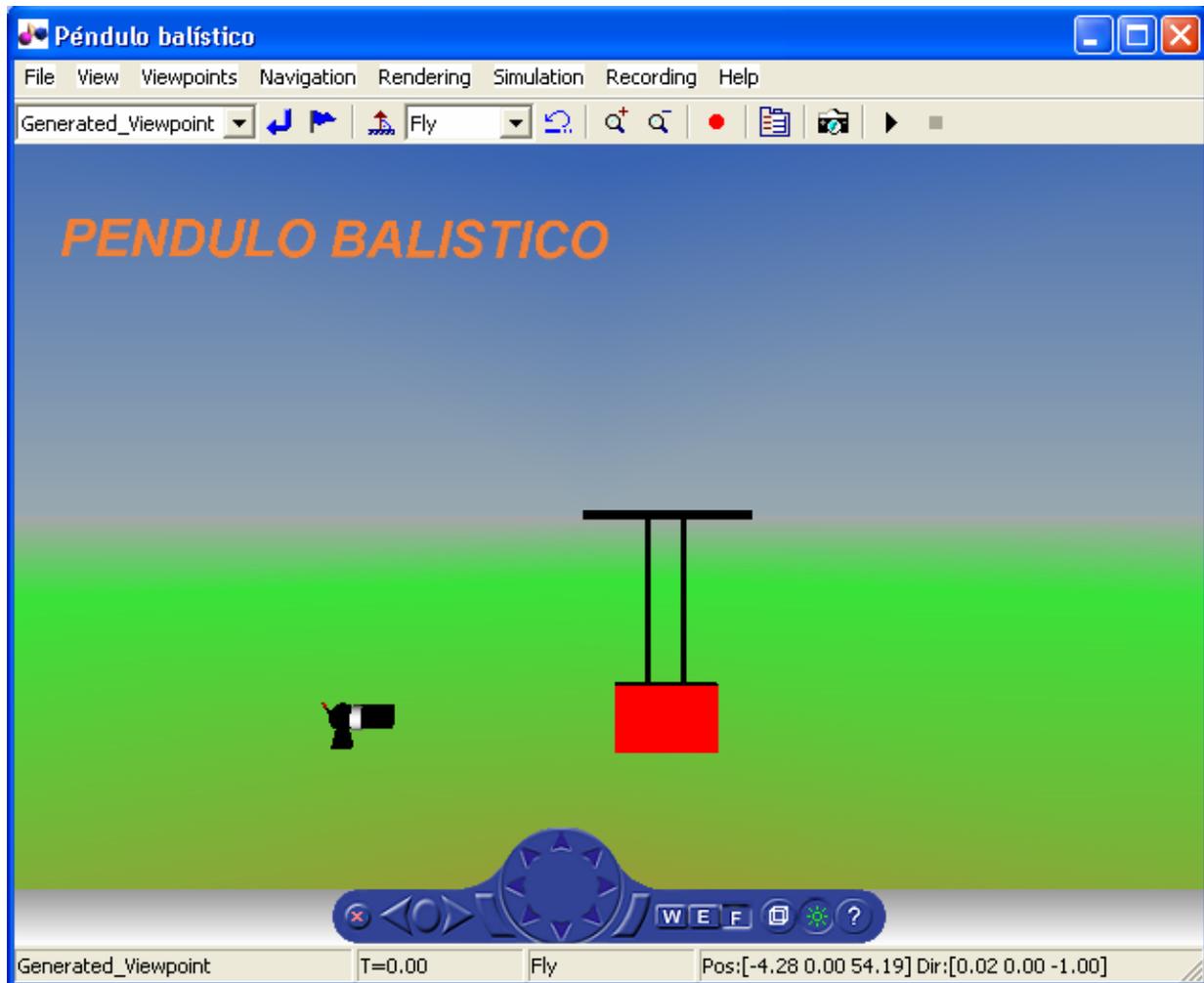
Anexo 9: Diagrama en el Simulink del Laboratorio Movimiento de los cuerpos atados a polea y plano inclinado.



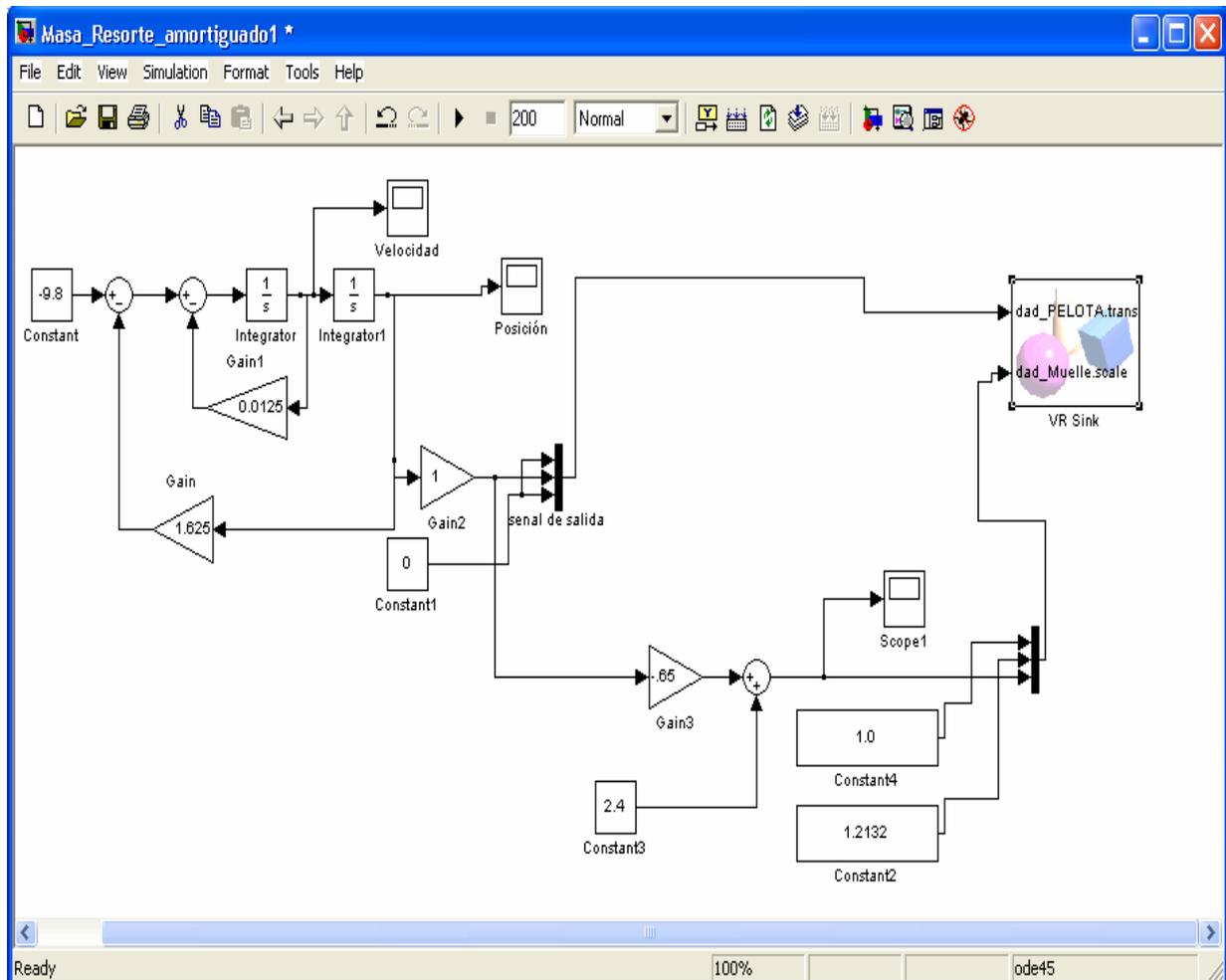
Anexo 10: Escenario virtual del laboratorio Movimiento de los cuerpos atados a polea y plano inclinado.



Anexo 12: Escenario virtual del laboratorio Péndulo Balístico.



Anexo 13: Diagrama en el Simulink del Laboratorio Oscilaciones Amortiguadas.



Anexo 14: Escenario virtual del laboratorio Oscilaciones Amortiguadas.

