



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS**

**TESIS**

**Diseño y Evaluación de una Teoría de Diseño de Sistemas de Información  
para un Sistema Multimedia Interactivo**

**Que para obtener el grado de  
Doctor en Ciencias Exactas, Sistemas y de la Información**

**PRESENTA**

**M.I.T.C Estela Lizbeth Muñoz Andrade**

**ASESORES**

**Dr. Juan Manuel Gómez Reynoso  
Dra. Alma Elena Figueroa Rubalcava  
Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez**

**Aguascalientes, Ags., Junio 2010.**

**CARTA DE LIBERACION**

---





**M. I.T.C. ESTELA LIZBETH MUÑOZ ANDRADE  
PASANTE DEL DOCTORADO EN CIENCIAS EXACTAS,  
SISTEMAS Y DE LA INFORMACIÓN  
P R E S E N T E .**

Estimado (a) Alumno (a) Muñoz:

Por medio de este conducto me permito comunicar a Usted que habiendo recibido los votos aprobatorios de los revisores de su trabajo de tesis titulado: **“Estudio Experimental del Impacto de una Teoría de Diseño de Sistemas de Información para un Sistema Multimedia Interactivo en la Enseñanza de Temas Complejos”**, hago de su conocimiento que puede imprimir dicho documento y continuar con los trámites para la presentación de su examen de grado.

Sin otro particular me permito saludarle muy afectuosamente.

A T E N T A M E N T E  
Aguascalientes, Ags., 8 de junio de 2010  
“LUMEN PROFERRE”  
EL DECANO

DR. FRANCISCO JAVIER ÁLVAREZ RODRÍGUEZ



c.c.p.- Archivo



**Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez:**  
Decano del Centro de Ciencias Básicas


Por medio de este conducto, autorizo a la tesista:

**M.I.T.C. ESTELA LIZBETH MUÑOZ ANDRADE**

la impresión de su documento de tesis con título "**Estudio Experimental del Impacto de una Teoría de Diseño de Sistemas de Información para un Sistema Multimedia Interactivo en la Enseñanza de Temas Complejos**", ya que cumple con los requisitos de contenido y forma exigidas en la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración al respecto.

ATENTAMENTE

  
Dr. Juan Manuel Gómez Reynoso  
Director de Tesis

Aguascalientes, Ags. a 2 de Junio del 2010

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez:  
Decano del Centro de Ciencias Básicas

Por medio de este conducto, autorizo a la tesista:

**M.I.T.C. ESTELA LIZBETH MUÑOZ ANDRADE**

la impresión de su documento de tesis con título **“Estudio Experimental del Impacto de una Teoría de Diseño de Sistemas de Información para un Sistema Multimedia Interactivo en la Enseñanza de Temas Complejos”**, ya que cumple con los requisitos de contenido y forma exigidas en la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración al respecto.

ATENTAMENTE



Dra. Alma Elena Figueroa Rubalcava  
Asesor

Aguascalientes, Ags. a 2 de Junio del 2010

Centro de Ciencias Básicas

**DR. FRANCISCO JAVIER ÁLVAREZ RODRÍGUEZ**  
**DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS**  
**P R E S E N T E .**

Estimado Dr. Álvarez:

Por medio de este conducto, autorizo a la tesista:

**M.I.T.C. ESTELA LIZBETH MUÑOZ ANDRADE**

La impresión de su documento de tesis con título “Estudio Experimental del Impacto de una Teoría de Diseño de Sistemas de Información para un Sistema Multimedia Interactivo en la Enseñanza de Temas Complejos”, ya que cumple con los requisitos de contenido y forma exigidas en la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración al respecto.

ATENTAMENTE  
Aguascalientes, Ags., 2 de junio de 2010

DR. FRANCISCO JAVIER ÁLVAREZ RODRÍGUEZ  
ASESOR



c.c.p.- Archivo.

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez:  
Decano del Centro de Ciencias Básicas

Por medio de este conducto, autorizo a la tesista:

**M.I.T.C. ESTELA LIZBETH MUÑOZ ANDRADE**

la impresión de su documento de tesis con título “**Estudio Experimental del Impacto de una Teoría de Diseño de Sistemas de Información para un Sistema Multimedia Interactivo en la Enseñanza de Temas Complejos**”, ya que cumple con los requisitos de contenido y forma exigidas en la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración al respecto.

ATENTAMENTE



Dr. Jorge Eduardo Macías Díaz  
Asesor

Aguascalientes, Ags. a 2 de Junio del 2010

**Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez**  
Decano del Centro de Ciencias Básicas

Por medio de este conducto, autorizo a la tesista:

**M.I.T.C. ESTELA LIZBETH MUÑOZ ANDRADE**

la impresión de su documento de tesis con título **“Estudio Experimental del Impacto de una Teoría de Diseño de Sistemas de Información para un Sistema Multimedia Interactivo en la Enseñanza de Temas Complejos”**, ya que cumple con los requisitos de contenido y forma exigidas en la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración al respecto.

ATENTAMENTE



Dr. Julio César Macías Ponce  
Asesor

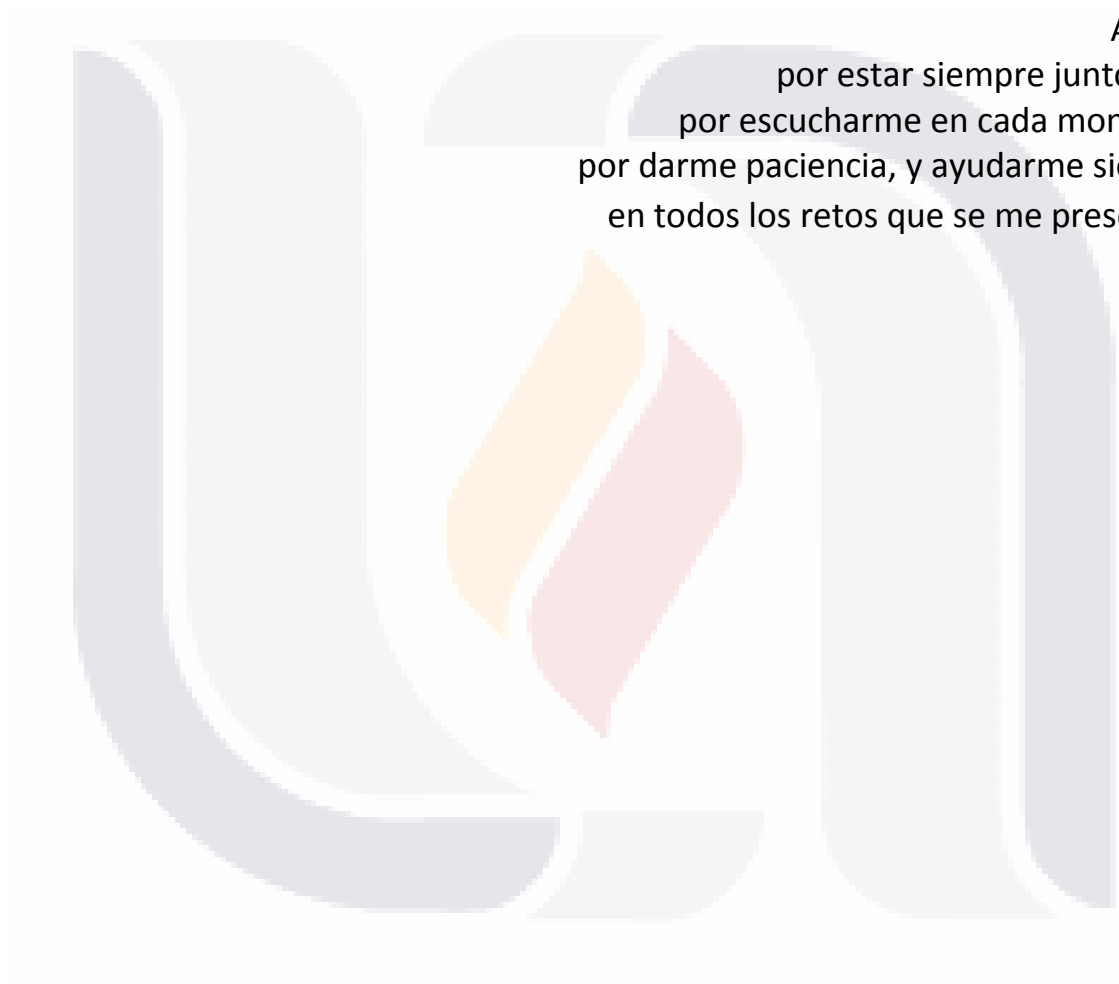
Aguascalientes, Ags., a 10 de Junio de 2010



**AGRADECIMIENTO**

---



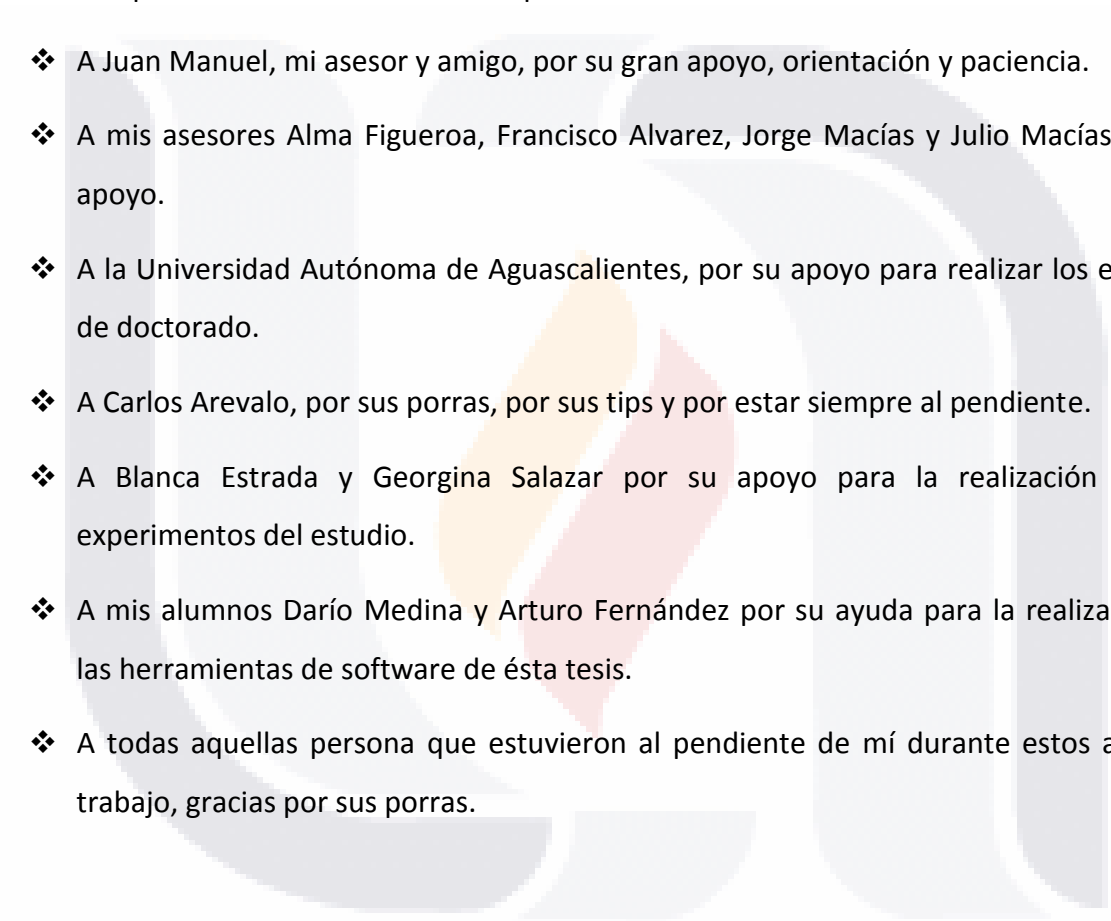


A Dios,  
por estar siempre junto a mí,  
por escucharme en cada momento,  
por darme paciencia, y ayudarme siempre  
en todos los retos que se me presentan.

**DEDICATORIA**

---



- 
- ❖ A Carlos por estar siempre a mi lado, por su amor, paciencia y apoyo. Corazón muchas gracias por animarme día a día a seguir adelante.
  - ❖ A mis papás Estela y José, y mis hermanos Ángeles y Gonzalo, por su apoyo y comprensión durante todo el tiempo de desarrollo de ésta tesis.
  - ❖ A Juan Manuel, mi asesor y amigo, por su gran apoyo, orientación y paciencia.
  - ❖ A mis asesores Alma Figueroa, Francisco Alvarez, Jorge Macías y Julio Macías por su apoyo.
  - ❖ A la Universidad Autónoma de Aguascalientes, por su apoyo para realizar los estudios de doctorado.
  - ❖ A Carlos Arevalo, por sus porras, por sus tips y por estar siempre al pendiente.
  - ❖ A Blanca Estrada y Georgina Salazar por su apoyo para la realización de los experimentos del estudio.
  - ❖ A mis alumnos Darío Medina y Arturo Fernández por su ayuda para la realización de las herramientas de software de ésta tesis.
  - ❖ A todas aquellas persona que estuvieron al pendiente de mí durante estos años de trabajo, gracias por sus porras.

**RESUMEN**

---



## Resumen

En los últimos años las Tecnologías de Información y Comunicación han tenido un fuerte impacto en los sistemas educativos, los cuales se enfrentan día a día con el desafío de proveer a los estudiantes herramientas y conocimientos necesarios para la mejora del aprendizaje (Díaz-Barriga, 2003).

Esta investigación describe el diseño de una Teoría de Diseño de Sistemas de Información para un Sistema Multimedia Interactivo. La Teoría fue diseñada, desarrollada y probada empíricamente mediante un estudio que se llevó a cabo en la Universidad Autónoma de Aguascalientes, México, con la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. El estudio identificó cómo el uso de un sistema multimedia interactivo, especialmente diseñada para la enseñanza de temas complejos, particularmente estructuras de datos, permite mejorar el desempeño de los estudiantes, comparado con la enseñanza tradicional o la apoyada con el uso de páginas Web.

Para determinar si el sistema multimedia interactivo puede ser utilizado por la población a la cual está dirigida, se aplicó una encuesta para evaluar la calidad de la herramienta. Además, se aplicó un experimento con tres grupos de estudiantes a quienes se les impartió el tema de árboles binarios. Al final de la clase se les aplicó un examen para evaluar los conocimientos adquiridos.

Los resultados del estudio muestran que el sistema permite al estudiante tener un mejor desempeño cuando se hace uso del sistema multimedia interactivo especialmente diseñado para temas complejos tales como estructuras de datos, comparado con los resultados obtenidos a través del método tradicional de enseñanza y a través de páginas Web.

**INDICE DE CONTENIDO**



# Contenido

**INTRODUCCION .....1**

**CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....5**

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....6

1.2 JUSTIFICACIÓN .....9

1.3 OBJETIVOS .....10

1.4 HIPÓTESIS .....11

**CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....11**

2.1 INTRODUCCIÓN.....13

2.2 EL CONOCIMIENTO.....16

2.3 RECURSOS PARA LA ENSEÑANZA.....19

    2.3.1 EL ENFOQUE TRADICIONAL.....20

    2.3.2 EL ENFOQUE EMERGENTE .....24

        2.3.2.1 PÁGINAS WEB .....27

        2.3.2.2 SISTEMAS MULTIMEDIA .....31

2.4 LA ENSEÑANZA DE ESTRUCTURA DE DATOS.....39

    2.4.1 HERRAMIENTAS PARA LA ENSEÑANZA DE ESTRUCTURA DE DATOS .....41

2.5 TEORÍA DE DISEÑO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN (ISDT) .....50

    2.5.1 COMPONENTES DE UN ISDT .....51

    2.5.2 LITERATURA PREVIA SOBRE LA APLICACIÓN DE ISDT .....52

**CAPÍTULO III. TEORIA DE DISEÑO DE SISTEMAS DE INFORMACION PARA UN SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO.....59**

3.1 INTRODUCCIÓN.....60

3.2 DISEÑO DEL PRODUCTO .....60

    3.2.1 TEORÍAS NÚCLEO .....60

    3.2.2 META-REQUERIMIENTOS .....63

    3.2.3 META-DISEÑO.....64

    3.2.4 HIPÓTESIS DEL DISEÑO DEL PRODUCTO .....65



- 3.3 DISEÑO DEL PROCESO .....65
  - 3.3.1 TEORÍAS NÚCLEO .....66
  - 3.3.2 MÉTODO DE DISEÑO .....68
  - 3.3.3 HIPÓTESIS DEL DISEÑO DEL PROCESO .....69
  
- CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO .....70**
  - 4.1 INTRODUCCIÓN.....71
  - 4.2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO .....71
  - 4.3 MODELO DE DESARROLLO DE UN SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO .....72
  - 4.4 DESARROLLO DEL SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO .....73
    - 4.4.1 DISEÑO INSTRUCCIONAL .....74
    - 4.4.2 ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE .....77
    - 4.4.3 DISEÑO INTERACTIVO .....78
  
- CAPÍTULO V. PRUEBAS DEL SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO .....83**
  - 5.1 INTRODUCCIÓN.....84
  - 5.2 ESTUDIO PILOTO .....84
    - 5.2.1 PRUEBA CON EXPERTOS .....84
    - 5.2.2 PRUEBA DE CALIDAD DEL ARTEFACTO.....86
    - 5.2.3 PRUEBA DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE APRENDIZAJE ..... ¡Error!  
Marcador no definido.
  
- CAPÍTULO VI. PRUEBA DE LA TEORIA DE DISEÑO DE SISTEMAS DE INFORMACION  
USANDO EL SISTEMA MULTIMEDIA INTERACTIVO .....93**
  - 6.1 INTRODUCCIÓN.....94
  - 6.2 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.....94
    - 6.2.1 ASIGNACIÓN DE PARTICIPANTES.....96
    - 6.2.2 TRATAMIENTO DE GRUPOS .....96
  - 6.3 DESARROLLO DEL EXPERIMENTO .....98
    - 6.3.1 RECOLECCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....98

**CONCLUSIONES.....103**  
**ANEXOS .....110**  
**GLOSARIO .....143**  
**ARTICULOS PUBLICADOS .....151**  
**REFERENCIAS .....184**



**INDICE DE TABLAS Y FIGURAS**

---



## Tablas

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS TEORÍAS DE APRENDIZAJE TRADICIONAL.....	37
TABLA 2. DISEÑO DEL PRODUCTO Y DISEÑO DEL PROCESO .....	52
TABLA 3. TEORÍAS NÚCLEO DEL DISEÑO DEL PRODUCTO DE UN SMI .....	61
TABLA 4. ATRIBUTOS DEL DISEÑO DEL PRODUCTO DE UN SMI .....	62
TABLA 6. PRINCIPIOS DEL DISEÑO DEL PRODUCTO DE UN SMI .....	64
TABLA 7. TEORÍAS NÚCLEO DEL DISEÑO DEL PROCESO DE UN SMI .....	66
TABLA 8. ATRIBUTOS DEL DISEÑO DEL PROCESO DE UN SMI .....	67
TABLA 9. MÉTODO DE DISEÑO DEL PROCESO DE UN SMI .....	68
TABLA 10. ELEMENTOS DEL MODELO COGNITIVO DE UN SMI .....	77
TABLA 11. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA ENCUESTA DE CALIDAD .....	88
TABLA 12. DATOS DESCRIPTIVOS DE LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO.....	91
TABLA 13. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO .....	95
TABLA 14. GÉNERO DE LOS PARTICIPANTES.....	95
TABLA 15. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL EXAMEN FINAL.....	99
TABLA 16. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN TIEMPO VS. CALIFICACIÓN .....	100
TABLA 17. PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE LOS GRUPOS .....	101
TABLA 18. PRUEBA ANOVA DE LOS GRUPOS.....	101
TABLA 19. PRUEBAS POST HOC A LOS GRUPOS .....	102

## Figuras

FIGURA 1. DISEÑO DE SISTEMAS MULTIMEDIA.....	36
FIGURA 2. BDP SYSTEM.....	42
FIGURA 3. MATRIXPRO .....	43
FIGURA 4. SWAN SYSTEM .....	44
FIGURA 5. EDAPPLETS.....	45
FIGURA 6. ESTRUCTURAS DE DATOS Y ALGORITMOS .....	46
FIGURA 7. DSTOOL.....	47
FIGURA 8. ADIS.....	48
FIGURA 9. MAPAS CONCEPTUALES .....	49
FIGURA 10. COMPONENTES DE UNA TEORÍA DE DISEÑO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN .....	51
FIGURA 11. MODELO DE DESARROLLO DE UN SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO .....	72
FIGURA 12. INTERFAZ DEL SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO.....	79
FIGURA 13. MAPA DE NAVEGACIÓN DEL SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO.....	80
FIGURA 14. PANTALLA DE ESQUEMA DEL SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO .....	81
FIGURA 15. HISTOGRAMAS DE LA ENCUESTAS DE CALIDAD... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
FIGURA 16. HISTOGRAMAS DE LOS TRES GRUPOS.....	99

**INTRODUCCIÓN**



## Introducción

*“El aprendizaje es el puente entre el conocimiento y la experiencia, ya que cuando la experiencia es comprendida, se convierte en una forma especial de conocimiento que genera capacidad para crear información y guiar hacia una experiencia posterior” (Arreola & Garza, 2009, p. 8).*

La educación tradicional se ha llevado a cabo mediante el contacto directo entre el profesor y el alumno (Marquès, 2003). Este tipo de enseñanza ha sufrido grandes cambios, los cuales son provocados por las crecientes exigencias de una población que requiere mayor cultura y capacitación profesional (Requejo, 1991).

Un estudio (Buchanan & Jones, 1996) menciona que los métodos de enseñanza tradicionales están resultando un proceso ineficaz e ineficiente para los estudiantes, por lo que es necesario ampliar el aprendizaje y los contenidos de los modelos educativos, dotando a los alumnos de capacidades y habilidades que les permitan aprender cualquier tema sin importar su complejidad; una de las herramientas que puede dar soporte a este tipo de cambios es la tecnología.

La creciente incorporación de las tecnologías de información en el proceso enseñanza - aprendizaje esta aumentado de manera progresiva en las instituciones de educación superior ya que éstas se encuentran en la búsqueda de nuevas formas de representación de la realidad, de la comunicación y del conocimiento (Coll, Mauri et al., 2008). Las TI permiten al profesor superar el modelo de comunicación unidireccional de la enseñanza tradicional, sin descuidar la interacción humana que es de gran importancia (Barroso, 2007). Por lo que, los estudiantes no interactúan con interpretaciones prefabricadas de contenidos, sino que interactúan directamente con el conocimiento, mediante tareas por realizar, animaciones y simulaciones para observar, ejercicios por resolver, entre otros (Díaz & Hernández, 2001).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Este planteamiento supone situar los procesos de enseñanza y aprendizaje como una actividad conjunta (Coll et al., 2008; Newman, Griffin et al., 1989), en la cual se involucran tres elementos esenciales que son el contenido (objeto de enseñanza y aprendizaje), actividad educativa e instruccional del profesor, así como la actividad de aprendizaje de los estudiantes (Zhao, Pugh et al., 2002).

Edwards et al. (1998) explican que existen diversos tipos de herramientas tecnológicas, las cuales pueden usarse como apoyo en el proceso enseñanza - aprendizaje, ya que involucran los elementos sugeridos en la literatura (Coll et al., 2008). Una de esas herramientas, es el software educativo multimedia, que se basa en la integración de texto, sonido, animación, videos, etc., los cuales son utilizados en forma individual por el estudiante, lo que permite estimularlo de manera multisensorial adecuándose a su propio contexto educativo (Longreira & Martínez, 2000).

Los materiales educativos pueden realizar múltiples funciones en el proceso de enseñanza - aprendizaje (Marquès, 2000) de temas complejos para los estudiantes; uno de los cuales son las estructuras de datos (Karavirta, Korhonen et al., 2004).

El aprendizaje de las estructuras de datos se ha analizado bajo distintos enfoques y bajo el uso de diferentes tipos de herramientas (Del Puerto & Ruiz, 2002a) como, tutoriales (Martí-Oliet & Palomino, 2005; Warendorf, 1997), páginas Web (Martí, Ortega et al., 2003; I. Pita & R. Del Vado, 2007) y sistemas interactivos (Karavirta et al., 2004; Park & Hannafin, 1993).

Dado lo descrito anteriormente, y con el fin de conocer si este tipo de tecnología permite mejorar el aprendizaje de temas complejos como son las estructuras de datos, se desarrolló una Teoría de Diseño de Sistemas para un Sistema Multimedia Interactivo, la cual es otra aportación de la presente investigación.



A pesar de que el tema del aprendizaje de estructuras de datos ha sido ampliamente estudiado en diferentes situaciones, al momento de nuestro estudio no encontramos evidencia de que exista un sistema multimedia interactivo, el cual es una más de las aportaciones de la presente investigación. Dicho sistema fue construido tomando como base la Teoría de Diseño de Sistemas para un Sistema Multimedia. Adicionalmente, con el fin de que el sistema realmente cumpla con las necesidades específicas de la población objetivo, se probó el sistema multimedia interactivo mediante un estudio experimental, para garantizar su calidad.

Finalmente, para medir el desempeño que genera la herramienta desarrollada se aplicó un experimento mediante el cual se utilizó el sistema multimedia y se buscó determinar si esta herramienta, especialmente diseñada para la enseñanza de árboles binarios, mejora el desempeño de los estudiantes. Para esto, fue necesario comparar los resultados de utilizar la herramienta multimedia contra los resultados de hacer uso de la enseñanza tradicional y de la enseñanza con tecnología Web.

Los resultados del estudio permiten confirmar que una herramienta multimedia interactiva diseñada con una teoría de diseño de sistemas, permite mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

**CAPÍTULO I**

---

**PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN



## 1.1 Problema de Investigación

El campo de la educación se encuentra en un proceso de cambio impulsado por los nuevos desarrollos de la tecnología, la cual se está utilizando como una alternativa complementaria en el proceso de enseñanza - aprendizaje tradicional (Salinas, 1997), misma que se realiza mediante el contacto directo entre el profesor y el alumno (Marquès, 2003). Este tipo de enseñanza ha sufrido recientemente grandes cambios, los cuales son provocados por las crecientes exigencias de una población que requiere mayor cultura y capacitación profesional (Requejo, 1991).

Un estudio previo (Buchanan et al., 1996) sugiere que los métodos de enseñanza tradicionales están resultando un proceso ineficaz e ineficiente para los estudiantes, por lo que es necesario ampliar el aprendizaje y los contenidos de los modelos educativos, dotando a los alumnos de capacidades y habilidades que les permitan aprender cualquier tema sin importar su complejidad.

El desarrollo de las nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) ha hecho posible el intercambio de ideas, experiencias y conocimientos entre millones de seres humanos (Alfonso, 2003), por lo que las instituciones educativas se encuentran en transición. La evolución tecnológica demanda sistemas de enseñanza - aprendizaje más flexibles y accesibles a los estudiantes (Anderson, 2005). Las instituciones apuestan decididamente por las TICs y se encuentran adaptando sus procesos de enseñanza - aprendizaje a los avances tecnológicos (Cabero, 1996; Salinas, 2000), los cuales están proporcionando herramientas revolucionarias, tales como páginas Web y sistemas multimedia - interactivos que pueden ser utilizados como una nueva herramienta para la enseñanza (A. Bartolomé, 1998).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Estudios previos (Belendez, 1996; De Sánchez, 1998; Garza & Leventhal, 2003; Pérez, 2005; Simbandumwe, 2001; Vaccarezza & Rodríguez, 1998) mencionan que uno de los problemas que se presentan en la enseñanza tradicional es la solución y comprensión de temas complejos, los cuales resultan difíciles de identificar y entender por parte de los alumnos, y que para los profesores muchas de las veces son difíciles de explicar. Tales estudios mencionan que una forma de dar solución a este tipo de problemas es incrementando el interés y uso de tecnología por parte de académicos y alumnos (Díaz-Barriga & Hernández, 1992; Simbandumwe, 2001).

El área computacional cuenta con varios temas difíciles de entender, analizar y resolver (Hartmann & Hopcroft, 1971), entre los cuales se encuentra el estudio de las estructuras de datos (Brookshear, 1993), donde hasta el momento la enseñanza tradicional y la enseñanza con el uso de tecnología han propuesto formas para solucionar el problema (Anderson, 2005), pero lamentablemente los métodos didácticos tradicionales están en función de los objetivos del tema a enseñar, y dependen de diversos factores como planes de estudio, el número de alumnos por aula, el número de horas, la disponibilidad de materiales adecuados, complejidad del tema a estudiar, entre otros (Sebastián, 1984; Suraniti, Gilardoni et al., 2004) y, por otra parte, la enseñanza con tecnología que se lleva a cabo mediante paginas Web sufren el problema de no ser actualizadas constantemente y de no presentar información atractiva para los estudiantes (Lynch & Horton, 1999), por lo que no se han obtenido los resultados esperados.

Hoy en día los sistemas multimedia existentes representan una poderosa herramienta para lograr en los alumnos el pensamiento crítico y para desarrollar actividades de resolución de problemas complejos (Tucker & Barker, 1999). A pesar de esto, los sistemas multimedia están basados en opiniones de expertos más que en investigación empírica (Adell, Pablos et al., 1998; Arens, Hovy et al., 1993; Feiner & McKeown, 1991). Esto provoca el diseño inadecuado del software y retarda el proceso de fabricación de sistemas multimedia eficaces (Walls, El Sawy et al., 1992).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Dentro del ámbito de la ingeniería de software muchas de las veces no se trata a fondo el análisis de requerimientos (Sommerville, 2001), ya que en ocasiones al momento de la entrevista con el usuario para obtener el listado de características que debe cubrir el sistema, se da por hecho que el cliente o usuario ya ha mencionado con detalle lo que espera que el software realice. Esto nos lleva la necesidad de cuestionar cómo la ingeniería de software en sus diversos modelos podría contemplar más a fondo el aspecto del dominio del conocimiento del software a desarrollar.

Debido a lo anterior y a la elevada importancia que existe en las instituciones educativas de que sus estudiantes aprendan y adquieran el conocimiento necesario para desempeñarse como futuros profesionistas, la educación tradicional comienza a resultar un proceso ineficiente para la enseñanza de temas complejos pertenecientes al área computacional, ya que para los estudiantes representan aspectos difíciles de entender e identificar; una solución es hacer uso de tecnología, como los sistemas multimedia - interactivos.

Es importante recalcar que el proceso de diseño de un sistema de software resulta difícil de efectuar y una (Sommerville, 2001) solución a este problema es hacer uso de la Teoría de Diseño de Sistemas de Información (sus siglas en Inglés ISDT) (Walls et al., 1992), mediante la cual se genere una herramienta multimedia-interactiva que cuente con el soporte teórico que asegure que dicho sistema servirá como apoyo en la enseñanza de temas complejos.

## 1.2 Justificación

En la actualidad los cambios en los procesos de enseñanza - aprendizaje se enfocan a elevar la calidad y la productividad de los alumnos, con el objetivo de que tengan un mejor desempeño a nivel educativo, por lo que los estudiantes deben contar con herramientas y técnicas que les ayuden a mejorar su aprendizaje (Buch, 2002; Felder & Soloman, 1996).

Para lograr lo anterior, tanto el profesor como la tecnología juegan un papel primordial en la enseñanza, ya que por medio del profesor se deben sentar las bases para que se logre el aprendizaje, además éste debe actuar como un facilitador que guíe los esfuerzos y actividades de los alumnos mediante el uso de tecnología para lograr los objetivos planeados.

Hasta el momento existen pocos estudios donde se haya verificado que la aplicación de la Teoría de Diseño de Sistemas de Información en los procesos de enseñanza - aprendizaje aumente el grado de aprendizaje de un alumno. Esta carencia es más significativa cuando se trata del uso de aplicaciones multimedia-interactivas. De manera que esta tesis doctoral es una investigación sobre la construcción de una Teoría de Diseño de Sistemas de Información (Walls et al., 1992) que sirva como modelo para diseñar herramientas de software multimedia-interactivas, que puedan ser utilizadas como medios de apoyo en la enseñanza de temas complejos de entender y aprender (Hartmann et al., 1971; Martí et al., 2003; Peña, 2005).

La utilidad del ISDT, es que éste se basa en modelos teóricos utilizados en diversas áreas como educación, ingeniería de software, enseñanza - aprendizaje, entre otros, donde se analizan las posibles relaciones que el modelo guarda con la realidad que trata de representar con los principios teóricos que constituyen su fundamento.

Al mismo tiempo, se ofrece un estudio donde se evalúa la efectividad del ISDT desarrollando un Sistema Multimedia - interactivo (sus siglas SMI) y probándola con un grupo de estudiantes, y de esta forma conocer si ellos obtienen mejores resultados en el aprendizaje de un tema en específico.

### **1.3 Objetivos**

El objetivo principal de esta tesis consistió en tomar como base la Teoría de Diseño de Sistemas de Información (Walls et al., 1992) para crear una Teoría de Diseño para un Sistema Multimedia - interactivo, que sirva como modelo para diseñar y elaborar herramientas de software multimedia - interactivo. Dicha herramienta debe contar con un conjunto de criterios de diseño, interacción, cognición, evaluación, entre otros, los cuales se obtienen a partir de teorías que ya han sido probadas y que son fuentes de autoridad para la toma de decisiones en el diseño de un sistema.

Para lograr este objetivo, se definieron objetivos particulares, los cuales determinan la realización de estudios teóricos sobre los ámbitos de esta investigación (literatura previa) y la realización de trabajos experimentales (desarrollo y aplicación del ISDT).

Los objetivos particulares de este trabajo son los siguientes:

1. Recopilar mediante la literatura las teorías que se vean involucradas en el diseño y desarrollo de sistemas multimedia - interactivos.
2. Generar la declaración de los servicios que el sistema multimedia - interactivo debe proporcionar, así como las limitaciones y cualidades de los servicios que ofrecerá dicho sistema.
3. Identificar las características o principios de diseño necesarios para satisfacer los servicios que ofrecerá el sistema multimedia - interactivo.

4. Crear el sistema multimedia - interactivo que servirá como base de la investigación, siguiendo técnicas de Ingeniería de Software para la optimización de la calidad, y el aprendizaje de los usuarios finales.
5. Diseñar un modelo experimental para probar la calidad de la herramienta multimedia-interactiva y así poder comprobar su correcto funcionamiento.
6. Aplicar un cuestionario general sobre los materiales de aprendizaje que presenta la herramienta multimedia-interactiva, con el propósito de obtener datos que permitan identificar las correlaciones entre el uso del sistema multimedia y el aprendizaje de los alumnos.

#### **1.4 Hipótesis**

En este estudio se busca averiguar el impacto de las siguientes hipótesis de investigación:

H<sub>1</sub>. Es posible construir un sistema de información multimedia - interactivo, específicamente diseñado para enseñar árboles binarios, que presente mejores resultados en el aprendizaje, comparado con el uso de métodos de enseñanza tradicional así como la enseñanza usando páginas Web.

H<sub>2</sub>. El uso del ISDT para un sistema multimedia - interactivo producirá mejoras significativas en el aprendizaje de estructuras de datos por parte de los alumnos comparado con los sistemas con medios tradicionales de enseñanza así como la enseñanza usando páginas Web.

H<sub>3</sub>. Un sistema multimedia - interactivo construido con la Teoría de Diseño de Sistemas de Información es aceptado por los usuarios.



**CAPÍTULO II**

---

**MARCO TEORICO**



## 2.1 Introducción

En la actualidad los procesos de enseñanza - aprendizaje se enfocan a elevar la calidad y la productividad de los estudiantes, con el objetivo de que tengan un mejor desempeño educativo y que cuenten con herramientas y técnicas que ayuden a mejorar su aprendizaje (Garza & Leventhal, 2000).

La enseñanza se define como el conjunto de acciones e influencias destinadas a desarrollar y cultivar las aptitudes intelectuales, conocimientos, competencias, hábitos y conductas del individuo, con el fin de lograr el máximo desarrollo posible de su personalidad, de modo que pueda aportar una contribución positiva a la sociedad en la que vive; este término es utilizado con frecuencia como sinónimo de educación (Zapata, 2007).

La enseñanza implica la interacción de tres elementos: el profesor, docente o maestro; el alumno o estudiante y el objeto de conocimiento (Zapata, 2007). De manera tradicional se supone que el profesor es la fuente del conocimiento y el alumno, un simple receptor ilimitado del mismo (García, Repáraz et al., 2001), por lo que el proceso de enseñanza consiste en la transmisión de conocimientos del docente hacia el estudiante, a través de diversos medios y técnicas (German, 2004).

Sin embargo, para las corrientes actuales como la cognitiva, el docente es un facilitador del conocimiento que actúa como nexo entre él y el estudiante por medio de un proceso de interacción. Por tanto, el alumno se compromete con su aprendizaje y toma la iniciativa en la búsqueda del saber propio (Zapata, 2007).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

García (2001) menciona que la enseñanza se basa en la percepción, principalmente a través de la oratoria y la escritura. La exposición del docente, el apoyo en textos y las técnicas de participación y debate entre los estudiantes son algunas de las formas en que se concreta el proceso de enseñanza (García et al., 2001).

Enseñar desde una perspectiva muy general, consiste en comunicar algún conocimiento, habilidad o experiencia a una persona, con el fin de que lo aprenda, empleando para ello un conjunto de métodos y técnicas (Gómez, 2006).

Los seres humanos a través de la historia han estudiado modelos en los cuales se involucran preguntas, razonamientos y/o argumentos que permiten encontrar explicaciones a fenómenos y problemas (Vaccarezza et al., 1998). Los modelos son formas que han garantizado un tipo de enseñanza en función de los programas explícitos o implícitos, las estrategias que se han dominado en cada proceso histórico, educativo y didáctico (J. Martínez, 2008).

Por otra parte, Garza, et. al (2003) definen el aprendizaje como “el proceso mediante el cual una persona adquiere destrezas o habilidades prácticas (motoras e intelectuales), incorpora contenidos informativos o adopta nuevas estrategias de conocimiento y acción”(Garza & Leventhal, 2000, p. 7).

Alfonso (2003) menciona que el aprendizaje es definido como un proceso a través del cual se adquieren nuevas habilidades, destrezas, conocimientos, conductas o valores como resultado del estudio, la experiencia, la instrucción y la observación. Alfonso (2003) argumenta que este proceso puede ser analizado desde distintas perspectivas, por lo que existen distintas teorías del aprendizaje. Adicionalmente, explica que el aprendizaje es una de las funciones mentales más importantes en humanos, animales y sistemas artificiales.

Perkins (1993) señala la existencia de falsas concepciones sobre lo que se aprende, y su persistencia en los alumnos después de recibir el conocimiento. Este fenómeno ha alentado a varios investigadores del campo de la educación, a orientar sus investigaciones, hacia como aprenden los estudiantes (Bransford, Brown et al., 2000), mas que como son enseñados (Campanario & Moya, 2009).

El aprendizaje constituye la acción didáctica en sí, la reflexión acerca de la acción y la puesta en práctica de las diferentes estrategias, y las dimensiones desarrolladas por ellas (Alfonso, 2003). En este ámbito debe señalarse que la clave del aprendizaje no son las actividades del profesor, sino las actividades mentales que realiza el estudiante mientras recibe la enseñanza, o lo que es lo mismo, los procesos y estrategias que aplica en el acto de aprender (Alfonso, 2003, 2004).

Una consecuencia derivada de las características básicas de los actos de aprender y enseñar es atender la diversidad de los alumnos que tienen los profesores en el aula, y que se manifiesta en motivaciones, intereses, capacidades y estilos de aprendizaje diversos (J. Martínez, 2008).

Las investigaciones en el campo educativo (Alfonso, 2003, 2004; Cabero, 1996; Campanario et al., 2009; German, 2004; J. Martínez, 2008; Mena, 2004; Morales, 1999; Salinas, 2000) permiten afirmar que educar en la diversidad implica adoptar un modelo de gestión del aula que haga más fácil y accesible el aprendizaje.

El aula es, sin lugar a dudas, el eje de la vida diaria de las instituciones educativas, en ella tienen lugar la mayor parte de las interacciones alumno-alumno y alumno-profesor, en ella ejercen fundamentalmente su profesión los docentes, y en ella acceden los estudiantes a lo que conocemos por conocimiento a través del proceso enseñanza - aprendizaje (Alfonso, 2004).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Con frecuencia se dice que una de las bases del éxito del proceso de enseñanza - aprendizaje puede radicar en saber relacionar los conceptos y contenidos abstractos y complejos con la realidad concreta y cotidiana (Redondo, 1997). Este hecho hace que, muchas veces, los alumnos encuentren dificultad en la comprensión de los conceptos científicos y complejos (Hartmann et al., 1971; Martí et al., 2003; Peña, 2005).

Aprender, por tanto, requiere reconstruir en el aula los conceptos científicos y complejos, y los recursos didácticos ayudan al docente a ello; además el docente debe conocer los elementos de organización y gestión que garanticen la comunicación en el aula y la efectividad del proceso enseñanza - aprendizaje (García et al., 2001).

## **2.2 El Conocimiento**

La construcción de conocimientos por los alumnos se desarrolla por la actividad que éstos realizan para atribuir significado a aquellos contenidos escolares que se le presentan. Esta actividad se caracteriza porque el alumno establece relaciones no arbitrarias entre aquellas ideas que posee y las nuevas que pretende aprender.

La percepción, atención, representación, reconocimiento de patrones, memoria y procesamiento de la información son factores que están directamente relacionados con el estudiante y que influyen en el conocimiento (De Sánchez, 1998; Díaz Barriga, 2003), siendo la percepción visual, uno de los factores más relevantes, ya que influye en todos los procesos posteriores (De Sánchez, 1998).

Mientras que la atención, es un proceso que tiene de manera implícita la habilidad de llevar a cabo un análisis selectivo de datos a procesar, almacenar y recuperar información, la representación mental es la manera en la cual la información se registra y se expresa (puede ser a través de proposiciones, imágenes o reglas de producción secuencias, lógicas o mapas conceptuales (De Sánchez, 1998).

El reconocimiento de patrones permite al estudiante traer a la memoria datos que anteriormente ya se habían presentado o bien que son similares a los que ya conoce, mientras que la memoria es una de las funciones cognoscitivas más importantes, la cual trabaja con estructuras mentales con el objeto de almacenar información en la memoria a largo plazo (De Sánchez, 1998).

Los niveles de procesamiento están basados en el reconocimiento para el cual se tiene un procesamiento inferior al del recuerdo, por lo que es más fácil reconocer que recordar; sin embargo, es necesario recordar para reconocer (De Sánchez, 1998).

Diversos autores (Alfonso, 2003, 2004; Hervás, 2008; M. Martínez, 2002; Villavicencio, Coloma et al., 2008; Zapata, 2007) afirman que no se puede gestionar el conocimiento con plenas garantías si no se toma en cuenta la teoría de los estilos de aprendizaje. Los investigadores han ido comprobando que las manifestaciones externas acerca del aprendizaje responden, por una parte, a disposiciones naturales de cada individuo y, por otra, a resultados de experiencias y aprendizajes pasados, diferentes según los contextos y las culturas (Vega-Lebrún, 2007).

Vega-Lebrún (2007) señala cuatro aspectos que son importantes en el funcionamiento cognitivo en relación con los estilos de aprendizaje:

- El espacio concreto y el espacio abstracto. En el espacio concreto se conectan los sentidos y en el espacio abstracto se conecta la inteligencia con las emociones, la imaginación y la intuición.
- El tiempo se controla por el orden y estructuración de las realidades.
- Procesos mentales de deducción e inducción.
- Relaciones interpersonales, que permiten el compartir y colaborar con otros.

Además, Vega-Lebrún (2007) menciona que no es posible lograr un aprendizaje de conocimientos sin tener una percepción de las cosas, de tal forma que en el aprendizaje se incluye el proceso perceptivo. También es posible interactuar y responder a los ambientes de aprendizaje en forma diferente, por ejemplo, existen estudiantes que aprenden mejor estudiando en equipo, otros prefieren estudiar de manera individual, otros de manera colaborativa, y otros más estudiando por su propia cuenta sin que nadie les enseñe (Johnson, Johnson et al., 1990; Santos & Parra, 2004).

Por lo que, se plantea que el aprendizaje no se da desde cero o el vacío sino más bien dentro de un contexto y a través de la interacción que se establece entre profesor y alumno (Carrera & Mazzarella, 2001). El aprendizaje es entendido como un proceso en donde la interacción social provee de retroalimentación, estimulación, instrucción y corrección del significado construido (Salomon & Almog, 1998).

La mayoría de las personas suelen tener una visión de la enseñanza y el aprendizaje basada en la idea de que el medio o la planificación de la enseñanza que ellos han desarrollado, si se utiliza de la forma que ellos han pensado (que consideran es correcta) logrará que los estudiantes adquieran un determinado aprendizaje (Ávila, 1999). En este sentido no se toman en cuenta las características intrínsecas del estudiante, como son: su forma de aprender, las expectativas y capacidades de quien interactúa con un medio, el aprendizaje y los elementos que facilitan o inhiben el proceso de aprendizaje (Ávila, 1999; Sancho, 1999).

El conocimiento supone una relación de acción práctica entre la mente y el mundo (Ávila, 1999; Fernández, Server et al., 2001), mientras que el aprendizaje sirve como puente entre el conocimiento y la experiencia, ya que cuando la experiencia es comprendida, se convierte en una forma especial de conocimiento que genera la capacidad de crear información y guiar hacia una experiencia posterior (Ávila, 1999).

El paradigma del conocimiento se vuelve sólido cuando se encuentra abierto al cambio, se hace competitivo cuando coopera y consistente cuando no elimina de su proceso la posibilidad de aprender (Del Gaudio & Branco, 2009).

Dewey (1859) diseñó uno de los modelos pedagógicos de gran importancia en la actualidad, el cual trata sobre cómo la gente aprende de manera independiente. Este modelo involucra al estudiante en la toma de decisiones sobre el espacio y el tiempo del aprendizaje, la identificación de sus propias necesidades y la auto instrucción en ambientes en los que no cuenta con la presencia física del profesor.

El estudiante debe formarse una idea bien clara de las metas que persigue con el estudio independiente y seleccionar la estrategia de aprendizaje apropiada para lograr los objetivos que se proponga (Ávila, 1999).

Es de suma importancia que el docente cumpla con un rol de orientador y prestador de interacción hacia el estudiante para que éste pueda organizarse con otros compañeros y trabajar de manera conjunta y así lograr el aprendizaje (Alfonso, 2003, 2004).

### **2.3 Recursos para la Enseñanza**

Es muy frecuente encontrar que lo que para un alumno es claro para otro no lo es (Amat, 1998). Para aprender es necesario comprender y no todos los estudiantes comprenden lo mismo, ni al mismo tiempo (Garza et al., 2003).

Existen diversos enfoques y medios para facilitar el conocimiento y comprensión a los estudiantes y de esa manera lograr el aprendizaje. En este trabajo describiremos dos enfoques que se han aplicado y se siguen aplicando en las instituciones educativas: el enfoque tradicional y el enfoque emergente: el uso de tecnología.



### **2.3.1 El Enfoque tradicional**

El enfoque tradicional entiende la enseñanza como una actividad mediadora entre el conocimiento y la función de la escuela que es la transmisión de ese conocimiento en forma de estructuración disciplinar, mientras que el profesor se convierte en el portador de esas reglas y valores. El principal problema que presenta este enfoque reside en la falta de correspondencia entre el conocimiento que se ofrece y el conocimiento que posee el alumno (Zapata, 2007).

El modelo tradicional de enseñanza, es un modelo de transmisión del conocimiento estático, en el cual el docente es quien provee los conocimientos elaborados, lo cual lo coloca como el centro del proceso de enseñanza - aprendizaje. El estudiante es un ente pasivo, que consume los conocimientos, pero esto no asegura la transmisión de conocimiento (Suraniti et al., 2004).

En la enseñanza tradicional el docente dispone de métodos didácticos como clases teóricas, y prácticas, evaluaciones, tutorías, y algunas sesiones de solución de problemas. Los métodos didácticos están en función de los objetivos del tema a enseñar, y dependen de diversos factores como son los planes de estudio, el número de alumnos por aula, el número de horas, la disponibilidad de materiales adecuados, complejidad del tema a estudiar, etc. (Sebastián, 1984).

García (2001) argumenta que la labor del docente consiste en buscar los tiempos y formas de aplicación de métodos adecuados para que el alumno procese y entienda la información transmitida. Adicionalmente, sugiere que para esto es conveniente que cada tema este debidamente organizado, de tal forma que el estudiante pueda exponer sus ideas previas, elaborar y afianzar conocimientos, explorar alternativas, etc., superando la mera asimilación de los conocimientos ya elaborados, ya que sin una debida organización del tema no se podrá producir un aprendizaje significativo.

Además, García (2001) menciona que el éxito de las clases tradicionales depende en gran parte de la participación del estudiante. Sin embargo, el estudiante está sometido a una presión intensa, de modo que su objetivo final no es el de aprender sino el de aprobar (Sebastián, 1984). De tal forma, que para que los contenidos sean transmitidos con eficacia, se necesita de un ambiente y situaciones educativas propicias, así como ser dirigidas a unos estudiantes emocionalmente serenos y que están convenientemente motivados (Suraniti et al., 2004). Por lo que, para ayudar al estudiante a asimilar conceptos abstractos, no es suficiente con una exposición oral, es necesario hacer uso de conceptos en los más variados contextos, como el manejo de la computadora y los sistemas de información (Mena, 2004).

Una de las problemáticas que hoy en día se presenta en la educación tradicional es que los estudiantes tienen dificultades para aplicar estrategias de pensamiento formal en contextos complejos a los que no están acostumbrados a tratar, y mantienen ideas alternativas erróneas que resisten a los métodos de enseñanza tradicionales (Aquino, 2003; Cázares, 1999; Shermis, 1999). Además, cuando se lleva a cabo el análisis de problemas los estudiantes utilizan metodologías superficiales y aplican el sentido común. Estos son factores que se presentan en la enseñanza tradicional sesgan y filtran los conocimientos académicos y pueden hacer que los estudiantes fracasen los intentos por conseguir un aprendizaje significativo (Shermis, 1999).

Como se ha mencionado anteriormente, en la mayoría de las aulas aun predomina el modelo tradicional y es evidente que los modelos basados en la transmisión de conocimientos profesor-alumno tienen dificultades para promover el aprendizaje significativo. Según Catayud (1992) estos modelos tienen su fundamento en suposiciones inadecuadas como la de que enseñar es una tarea fácil y no requiere una especial preparación, o que el proceso de enseñanza - aprendizaje se reduce a una simple transmisión y recepción de conocimientos elaborados, otra suposición dice que el fracaso

de muchos estudiantes se debe únicamente a sus propias deficiencias: falta de nivel, falta de capacidad, etc. (Calatayud, Gil et al., 1992)

Es importante señalar que los métodos tradicionales hacen uso de una lección unidireccional donde la rapidez y sencillez para la transmisión de conocimientos es la forma más sencilla de enseñar, sin importar los inconvenientes que ya se han mencionado (Belendez, 1996; Campanario et al., 2009); las prácticas que acompañan a la enseñanza tradicional se caracterizan por tener una actividad predominante en las aulas donde la transmisión de los conocimientos se realiza de manera verbal y esto provoca una falta casi absoluta de interacción entre los alumnos, lo cual pone el mayor énfasis en el aprendizaje de definiciones y las relaciones explícitas con aspectos de la vida cotidiana son escasas (Campanario et al., 2009).

En la actualidad se requiere que el estudiante haga uso de los nuevos medios que abran otras posibilidades de comunicación: las computadoras, el uso del Internet como recurso de aprendizaje, así como el uso de la multimedia (Adell et al., 1998). Varios especialistas en pedagogía (Alfonso, 2003, 2004; Hervás, 2008; J. Martínez, 2008; Villavicencio et al., 2008) reconocen que la computadora se está convirtiendo en un instrumento que facilita el proceso enseñanza - aprendizaje, en razón de que parece más adaptada a la educación que las tecnologías tradicionales (libros, radio, filmas, televisión, etc.).

Un aspecto particularmente interesante de este paradigma se basa en los procesos internos de la persona que aprende, y no en los factores externos al proceso de aprender, como los recursos materiales, el tiempo disponible o el material suministrado (Beltrán, 2001).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Díaz-Barriga (2001) menciona que durante el aprendizaje significativo el estudiante relaciona de manera sustancial la nueva información con sus conocimientos y experiencias previas. Se requiere disposición del aprendiz para aprender significativamente y la intervención del docente en esa dirección.

Por otro lado, también importa la forma en que se plantean los materiales de estudio y las experiencias educativas. Si se logra el aprendizaje significativo, se trasciende la repetición memorística de contenidos inconexos y se logra construir significado, dar sentido a lo aprendido, y entender su ámbito de aplicación y relevancia en situaciones académicas y cotidianas (Beltrán, 2001; Díaz-Barriga, 2003).

Barroso (2007), Beltrán (2001) y Díaz-Barriga (2003) mencionan que las capacidades de los estudiantes para entender y razonar temas abstractos puede mejorarse considerablemente a través de tres elementos: relevancia cultural, actividad social y uso de tecnología.

La relevancia cultural, indica que es necesario que se empleen ejemplos, ilustraciones, analogías, discusiones y demostraciones que sean relevantes a las culturas a las que pertenecen o esperan pertenecer los estudiantes (Díaz-Barriga, 2003).

La actividad social, hace referencia a una participación tutorada en un contexto social y colaborativo de solución de problemas, con ayuda de mediadores como la discusión en clase, el debate, ejemplos del tema analizado y realización de ejercicios (Díaz-Barriga, 2003).

Por último, el uso de tecnología, indica que es necesario hacer uso de las TICs, donde el profesor facilite nuevas formas de comunicar conocimientos mediante el uso de tecnología e interacción con los estudiantes (Barroso, 2007; Beltrán, 2001).

### 2.3.2 El enfoque emergente

El paradigma emergente se refiere al modelo de enseñanza que hace uso de las Tecnologías de Información y Comunicación, mismas que están favoreciendo el desarrollo de nuevas prácticas escolares y con ello a un nuevo modo de actuar en los procesos de enseñanza - aprendizaje (Cabero, 1996).

Sin lugar a dudas existen diversas definiciones para el término tecnología de información y comunicación, una de ellas indica que estas comprenden una serie de aplicaciones de descubrimiento científico cuyo núcleo central consiste el tratamiento de la información (Castells, 1986), mientras que otro concepto menciona que se refieren a los últimos desarrollos tecnológicos y sus aplicaciones (A. Bartolomé, 1998). Por otro lado, se menciona que son un conjunto de herramientas, soportes y canales para el tratamiento y acceso a la información (Gisbert, 2002).

Como se puede apreciar, existen diversos conceptos para el término TIC, con base a dichos conceptos se resume como un conjunto de herramientas que permiten la inmaterialidad, interactividad, instantaneidad, innovación, manejo de imagen y sonido, digitalización, tienen una mayor influencia en los procesos que en los productos, además permiten la automatización, interconexión y diversidad (A. Bartolomé, 1998; Castells, 1986; Gisbert, 2002).

La incorporación de las TIC en el sistema educativo trae consigo nuevas formas de comunicar conocimientos, nuevas posibilidades de expresión (Cabero, 1996), así como la necesidad de cambios en actitudes y concepciones de los actores involucrados, como son los profesores y estudiantes (Coll et al., 2008).

El uso de tecnología ha sido uno de los principales factores de inducción al cambio y adaptación en los métodos de enseñanza - aprendizaje, ya que está permitiendo al profesor superar el modelo de comunicación unidireccional sin descuidar la interacción humana con los estudiantes (Barroso, 2007), de tal manera que estos interactúan directamente con el conocimiento, mediante tareas por realizar, animaciones para observar, simulaciones, entre otros (Díaz-Barriga & Hernández, 2001). Este planteamiento supone situar los procesos de enseñanza - aprendizaje como una actividad conjunta (Coll et al., 2008; Newman et al., 1989) en la cual se encuentran tres elementos esenciales: el objeto de enseñanza - aprendizaje (el tema a estudiar), la actividad educativa e instruccional del profesor y la actividad de aprendizaje de los estudiantes (Zhao et al., 2002).

### **Enseñanza - aprendizaje con Tecnología**

En los últimos años, la enseñanza mediante tecnología ha despertado un considerable interés en todos los niveles educativos, por ejemplo, en las instituciones de educación los estudiantes en forma intuitiva han encontrado diversas aplicaciones de las TIC, como compartir todo tipo de información desde apuntes, entrega de trabajos, debatir asuntos que les afectan, etc. (Barroso, 2007).

La disponibilidad de las TIC en el ámbito educativo abre una gran cantidad de posibilidades que se concretan en el desarrollo de nuevos modelos pedagógicos para la formación de los estudiantes (Batista, Celso et al., 2007). Asimismo, son muchos los profesores que empiezan a utilizar estos recursos para el buen funcionamiento de los procesos de enseñanza y el aprendizaje de sus materias (Gisbert, Adell et al., 1996).

El uso de las TIC en las escuelas proporcionan varias posibilidades didácticas como medios de aprendizaje y no como objetivo de aprendizaje (Gisbert, 2002; Marquès, 2000). Este planteamiento conduce a hablar de la integración de una adecuada programación del

profesor dirigida a los alumnos, para que estos alcancen aprendizajes concretos, evitando así un uso orientado exclusivamente al dominio del propio medio (Ferro & Martínez, 2009).

La tecnología, si es utilizada de manera adecuada puede aportar ventajas al mundo educativo (Ferro et al., 2009) y para que su uso sea formativo, no es suficiente con permitir y facilitar que los alumnos hagan uso de tecnología, sino que el profesor debe guiar, seleccionar, enseñar a discriminar y tratar la información. En este sentido se empieza a hablar del profesor facilitador del aprendizaje, del profesor que pone la tecnología al servicio del proceso de aprendizaje del alumno, frente a la imagen del profesor como fuente principal de información (Gisbert, 2002).

Existen diversos tipos de herramientas tecnológicas, las cuales pueden actuar como herramientas de apoyo al proceso enseñanza - aprendizaje (software educativo, páginas Web, tutoriales, sistemas multimedia, entre otros), a la organización semántica de información (bases de datos, redes conceptuales, etc.), a la interpretación de información (hojas de cálculo, simulaciones, etc.), así como a la comunicación entre personas (correo electrónico, videoconferencia, mensajería instantánea, etc.) (Edwards & Mercer, 1998).

Algunas herramientas como el software educativo se basan en la integración de texto, sonido, animación, videos, etc., los cuales son conocidos como tecnología multimedia (Salinas, 1997) y son utilizados en forma individual por el estudiante. Esto permite estimularlo de manera multisensorial adecuándose a su propio contexto educativo (Longreira et al., 2000), mientras que, el aprendizaje mediante TIC como la multimedia, permite la interactividad y promueve la motivación, la eficiencia y la mejora del conocimiento en un entorno flexible, lo cual facilita el formar mejores estudiantes con las habilidades necesarias para aumentar sus conocimientos (D. Clark, 2002).

Son múltiples los recursos tecnológicos que existen hoy en día, y que están siendo aplicados en el proceso enseñanza - aprendizaje (Edwards et al., 1998). En este trabajo se analizan dos de ellos: las páginas Web y los Sistemas Multimedia.

### **2.3.2.1 Páginas Web**

Como ya se ha mencionado, tradicionalmente la actividad educativa se realiza mediante materiales impresos estandarizados (Sebastián, 1984), mientras que la tecnología enriquece la formación de los estudiantes con la posibilidad no sólo de difundir información de manera eficiente, sino de dotar a los profesores y alumnos, de herramientas que les permitan una comunicación personal y grupal (Gisbert, 2002).

Un estudio previo (Sander, 2005) sugiere que los métodos de enseñanza tradicional se están convirtiendo en una forma inefectiva e ineficiente para transmitir conocimiento a los estudiantes. Otros estudios (Bannan & Milheim, 1996; Parson, 1998; Simbandumwe, 2001) sugieren que se ha incrementando de forma acelerada el uso de sistemas en línea por parte de los profesores, particularmente aquellos basados en Web.

El Internet ofrece diversos servicios como, informar y difundir ideas y pensamientos mediante páginas Web, blogs y Wikis; comunicar personas mediante correo electrónico, intercambio de archivos y grupos de discusión, y, evidentemente el servicio de educar (Ko & Rossen, 2004).

Uno de los medios que el Internet utiliza para llevar a cabo el proceso de educar son las páginas Web (Tesouro, 2004), las cuales se caracterizan por la integración de multimedios para representar el conocimiento, por el manejo de enlaces o hipervínculos, la organización del contenido, el uso de un orden lógico de los temas, entre otros. La comunicación con este tipo de tecnología se puede dar de forma síncrona o asincrónica



permitiendo que el estudiante y profesor puedan trabajar en cualquier momento sin importar el tiempo y ubicación (Adell et al., 1998; Tesouro, 2004).

El orden lógico de los temas es un punto de gran importancia en el manejo de las páginas Web, ya que contribuyen al proceso de enseñanza - aprendizaje ofreciendo al estudiante un sentido de ubicación y visualización del progreso que lleva en el curso. La presentación del material de enseñanza en unidades pequeñas aumenta la interactividad del curso y ayuda a hacer el contenido manejable para el aprendiz (Velázquez, 2001).

Las páginas Web permiten una fácil actualización y realización de actividades interactivas, donde el estudiante puede contestar ejercicios y recibir retroalimentación (Adell et al., 1998; Cabero, 1996; Velázquez, 2001). Estas pruebas pueden utilizarse tanto para evaluación formativa como conjunta, por su capacidad para integrar material educativo gráfico, ya sea imágenes fijas o en movimiento, la enseñanza a través de las páginas Web satisface las necesidades de los aprendices visuales (Velázquez, 2001).

### **Páginas Web como Espacios Educativos**

Las páginas Web son recursos interactivos que permiten proporcionar material educativo mediante la incorporación de información. Según Velázquez (2001) las páginas Web pueden ser consideradas como un ambiente para el aprendizaje constructivista.

Según Chickering y Gamson (1997) existen siete principios para ofrecer una buena enseñanza a través de páginas Web, estos son:

- Fomentar la interacción entre profesor y estudiante.
- Fomentar la interacción entre estudiantes.
- Promover el aprendizaje activo.

- Despertar el entusiasmo.
- Reducir el tiempo dedicado a tareas.
- Proveer retroalimentación rica e inmediata.
- Respetar tipos diversos de aprendizaje.

Es importante no confundir el término información con conocimiento o educación. Los objetivos educativos van más allá de los objetivos informativos. Muchos de los planteamientos actuales en el uso de las páginas Web para la educación no pasan de ser informativos, es decir, no basan su contenido en metodologías de enseñanza - aprendizaje (Marquès, 1998).

Tanto profesores como alumnos hacen uso de las páginas Web como instrumento de enseñanza - aprendizaje, fundamentalmente en cuanto a la presentación y búsqueda de información (Marquès, 1998).

Según Minian (1999) las páginas Web tienen un mayor efecto si se explotan sus potencialidades de forma más profunda, imaginativa y coherente, de acuerdo con las posibilidades que permiten, como por ejemplo, pensar de manera informática supone operaciones mentales distintas y por lo tanto una propuesta pedagógica específica (Minian, 1999).

Según Marquès (1998), considerando que se hace un buen uso de estos recursos, se pueden tomar en cuenta las siguientes ventajas:

- Posibilidad de comunicación síncrona o asíncrona.
- Aprendizaje cooperativo entre estudiantes y profesores.
- Desarrollo de habilidades básicas como lectura y escritura.
- Posibilidad de reflexión conjunta entre profesor-alumno.

Es importante señalar que el uso de las páginas Web como recurso educativo, la manera en la que se adecuen a los objetivos educativos que se persiguen, las características de los estudiantes, la metodología y organización que proponga el profesor serán en gran medida los factores de los que dependan los resultados de aprendizaje que se obtengan (Marquès, 1998; Velázquez, 2001).

La enseñanza es una actividad sumamente compleja, con el uso de las páginas Web se abren nuevas oportunidades para el proceso de enseñanza - aprendizaje permitiendo la obtención de conocimientos y su comprensión (Marquès, 2000; Simbandumwe, 2001; Simon, 1999).

Sin embargo, en la práctica, la integración de las páginas Web en la enseñanza, no está a la altura del nivel alcanzado en desarrollo de las herramientas informáticas, en primer lugar existe una cierta resistencia entre los profesores y ésta se debe no sólo a un conocimiento técnico del uso de Internet, sino también a otros factores como son la concepción de cómo utilizar los recursos didácticos en función de llevar la enseñanza de manera eficiente.

A pesar de las ventajas mencionadas, las páginas Web no siempre proporcionan los resultados esperados, por lo que presentan algunos riesgos o desventajas (Simbandumwe, 2001; Simon, 1999):

- Se pierde tiempo en localizar la información que se necesita (los alumnos pierden tiempo en navegar entre los hipervínculos que contiene el material).
- Se puede encontrar información poco confiable.
- Comprensión errónea de la información por la facilidad con la que se adquiere.
- Se le da un mal uso al entrar a páginas inadecuadas a la educación.

- Resistencia al cambio por parte de los profesores.
- Falta de interés sobre el uso y diseño de recursos didácticos.

En algunos estudios (Bransford et al., 2000) se menciona que la tecnología Web está convirtiéndose en una herramienta inefectiva (Beltrán, 2001; Berners-Lee, 2000; Marquès, 2000) para soportar las nuevas metodologías de enseñanza, y se sugiere que se deben tomar en cuenta otras condiciones para que dicho proceso logre avances significativos en el plano educativo.

Velázquez (2001) menciona que es preciso pensar en otro tipo de herramienta que permita el aprendizaje de manera más sencilla y práctica, de tal manera que es necesario hacer uso de software apropiado, según las necesidades educativas en cada área. Dicho software debe contemplar el uso de materiales interactivos que permitan que el estudiante practique los conocimientos adquiridos para reforzar el aprendizaje (Marquès, 2000, 2003).

### **2.3.2.2 Sistemas Multimedia**

Una de las funciones educativas de las TICs es la enseñanza mediante multimedia, la cual permite al estudiante escribir, dibujar, realizar ejercicios interactivos, entre otros (Marquès, 2000).

Antes de analizar las características y ventajas que ofrece la multimedia en el ámbito educativo, es importante conocer su concepto. Longreira (2000) define este término como un sistema capaz de presentar una combinación de información textual, sonora y audiovisual coordinando gráficos, fotos, secuencias animadas de video, gráficos animados, sonidos y voces, permitiendo en ocasiones una interacción multisensorial del usuario (Longreira et al., 2000). Bartolomé (1994) la define como los medios digitales que por oposición a los analógicos representan la información en sus distintos formatos (texto,

audio, imagen, animación o vídeo) como conjuntos discretos de valores numéricos (bits) y que pueden ser almacenados y distribuidos mediante soportes on-line u off-line (A. Bartolomé, 1994).

En este trabajo utilizaremos el término multimedia como la tecnología que integra texto, imágenes gráficas, sonido, animación y video, coordinados a través de medios electrónicos, en nuestro caso de estudio, dichos elementos serán coordinados a través de un sistema multimedia - interactivo.

### **Características Didácticas de la Multimedia**

Merideth y Richards (1997) afirman que las personas prefieren utilizar material de aprendizaje multimedia, que la simple lectura de un texto. En un estudio realizado por dichos investigadores, se compara la multimedia con la enseñanza tradicional y los resultados de tal investigación señalan que el uso de material multimedia interactivo impacta positivamente en el aprendizaje de los estudiantes, otorgándoles control sobre el curso del aprendizaje, apoyo en habilidades de pensamiento de orden superior y proporciona la oportunidad para personalizar información y progreso (Merideth & Richards, 1997).

Habitualmente la multimedia se relaciona con los sistemas tradicionales y con los sistemas de aprendizaje asistido, muchas de sus características son diferentes de los sistemas de presentación secuencial y la enseñanza basada en computadora, así como del hipertexto (Park & Hannafin, 1993). Un estudio previo (Bagui, 1998) ha encontrado evidencia de que en algunos casos la multimedia basada en computadora ayuda a las personas a asimilar mejor la información, comparada con las clases en donde se emplean materiales tradicionales (pizarrón, gis, etc.).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Martínez (2008) menciona que Jean Piaget ha aportado trabajos en el área educativa, donde se demuestra que el pensamiento es la representación interna del aprendiz, y que estas representaciones están influenciadas por factores y experiencias previas. El aprendizaje comienza con estructuras asimiladas que son retadas a través de experiencias repetidas incluyendo aquellas experiencias que involucran a otros, para proveer nuevas percepciones promoviendo la participación activa del estudiante. De tal manera que el aprendizaje progresa desde exploraciones simples hacia representaciones complejas (J. Martínez, 2008)

La multimedia tiene la función de ser una herramienta cognitiva que puede apoyar determinados procesos mentales de los estudiantes asumiendo aspectos de una tarea: memoria que le proporciona datos para comparar diversos puntos de vista, simulador donde probar hipótesis, entorno social para colaborar con otros, proveedor de herramientas que facilitan la articulación y representación de conocimientos (Marquès, 2000).

Desde el punto de vista cognoscitivo, está comprobado que el cerebro trabaja por asociación, por lo que se puede presentar la información de una forma asociativa con el uso de la multimedia logrando que ésta se convierta en una interfaz con la educación. Además, cuando se tienen grupos muy grandes la única manera de llegar a los alumnos de una forma individual es utilizando el software educativo de multimedia.

Un estudio (Montgomery, 1998) clasificó los estilos de aprendizaje de los alumnos en cuatro dimensiones (procesamiento, percepción, captación y comprensión), con el fin de conocer en qué forma puede ser utilizada la multimedia para cumplir con ciertas necesidades de los estudiantes.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Fernández (2001) determinó que un sistema multimedia - interactivo sería la herramienta perfecta para poder involucrar las dimensiones de los estilos de aprendizaje del alumno, y de esta manera lograr que el estudiante aprenda de forma más fácil y sencilla.

### **Sistemas Multimedia - interactivos**

La multimedia interactiva tiene el potencial de revolucionar la forma de trabajar, aprender y comunicarse (Najjar, 1996). Un sistema multimedia se define como un programa informático de uso educativo, el cual permite integrar distintos medios como voz, video, sonido, imágenes, animación y uno de los más importantes, interacción del usuario (Tirado, 2006). Por lo tanto, al hablar de sistemas multimedia - interactivos nos referimos a programas o herramientas de software que manipulan los elementos que ofrece la multimedia.

Un sistema multimedia interactivo es aquel en el que se incluyen elementos como texto, vídeo, audio, animaciones, imágenes, entre otros, para proporcionar un sistema de diálogo en el que la secuenciación y selección de la información de los distintos medios viene determinada por las respuestas o decisiones del usuario (Tirado, 2006).

Este tipo de sistemas presenta aplicabilidad en el campo de la enseñanza ya que la información se muestra de acuerdo a las acciones y demandas del usuario. En este sentido, no debe confundirse la respuesta motora de dar clic al mouse para avanzar o retroceder de página con interactividad.

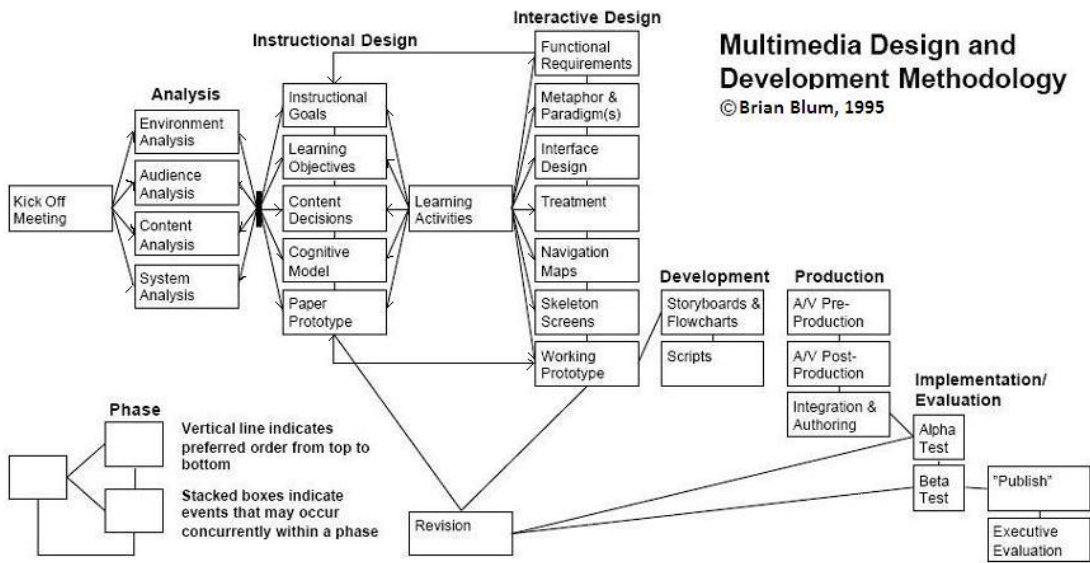
El grado de interactividad es la variable principal que influye en la naturaleza de los sistemas multimedia. Esta puede ser baja, media o alta dependiendo de múltiples factores. La interactividad de un sistema influye tanto en la conducta del usuario, como en el entorno o la función del sistema (Tucker et al., 1999).

Desde una perspectiva pedagógica, lo que aportan de nuevo los sistemas multimedia - interactivos en el terreno de la enseñanza, es la búsqueda de la participación y actividad de los alumnos (Salinas, 1997) a través de la interactividad. Con esto se busca tener un efecto positivo en el material multimedia donde es necesario implicar la inteligencia y el razonamiento lógico, así como la imaginación y los sentimientos (Chaix, 1983).

Blum (1995) diseñó un método para el desarrollo de sistemas multimedia interactivos mediante el cual se pueden desarrollar sistemas que sirvan como tutoriales, software de entrenamiento, simuladores (Martí et al., 2003; Warendorf & Tan, 1997), entre otros, que pueden realizar múltiples funciones en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Marquès, 2000).

El modelo de Blum (1995) que se muestra en la Figura 1 permite desarrollar sistemas multimedia - interactivos tomando en cuenta el diseño instruccional (el cual incluye los objetivos instruccionales, objetivos de aprendizaje, decisiones acerca del contenido, modelo cognitivo y prototipo), la fase de diseño interactivo (la cual incluye cuestiones relacionadas con los requerimientos funcionales, las metáforas y paradigmas, diseño de la interfase, mapa de navegación, y un prototipo funcional). Estos elementos son de gran utilidad para organizar de una mejor manera los elementos que serán presentados, tanto el contenido como los medios a través de los cuales será presentado el mismo.





**Figura 1. Diseño de Sistemas Multimedia (Blum, 1995)**

### El Aprendizaje con Multimedia-Interactiva

El aprendizaje mediante herramientas multimedia interactivas está fuertemente influenciado por la psicología del comportamiento (Merriënboer, 2000). El modelo que predomina hoy en día está basado en la ley del efecto que es a su vez la base de la psicología de la conducta, desarrollada posteriormente en la ley del efecto promulgada por Thorndike. La ley del efecto asume que el comportamiento que es seguido por placer tiene más posibilidades de que se repita a diferencia de un comportamiento que no ha sido seguido por el placer.

El estilo de aprendizaje del alumno condiciona el estilo de enseñanza del profesor, al mismo tiempo existe el proceso inverso, es decir, el estilo de enseñanza del profesor también influye en el estilo de aprendizaje del alumno (Amat, 1998).

Existen algunos modelos de las teorías del aprendizaje tradicional (Díaz-Barriga, 2003; Díaz-Barriga et al., 2001; Greca & Moreira, 1998; Pozo, 2006), de los cuales se extraen sus características principales para ser incluidas parcialmente en algunas de las aplicaciones multimedia que existen en la actualidad (Tabla 1).

Modelo	Características
PAVLOV	Basado en el condicionamiento del alumno por causa-efecto. Se logra mediante ejercicios, premios y castigos
THORNDIKE	Basado en el conductivismo. Se logra mediante ejercicios de repetición.
SKINNER	Basado en el aprendizaje programado. Se logra mediante ejercicios basados en preguntas, respuestas y reacciones inmediatas.
FREUD	Basado en grupos de trabajo relacionados. Se logra mediante ejercicios repetitivos bajo distintas situaciones.
DEWEY	Basado en el descubrimiento. Se logra mediante la proposición de un problema, donde se analizan las posibles soluciones.
PIAGET	Basado en la reflexión. Se logra mediante el suministro de información, donde el individuo reconstruye una solución.
MEDIACION EDUCATIVA	Basado en experiencias conducidas mediadas. Se logra mediante el uso de simuladores.

**Tabla 1. Características de las Teorías de Aprendizaje Tradicional**  
(Díaz-Barriga, 2003; Díaz-Barriga et al., 2001; Greca et al., 1998; Pozo, 2006)

Existen tres procesos educacionales que se necesitan para la conducción del conocimiento y que debe contener un aprendizaje multimedia: la generación, la relación y la estructuración de las ideas (Tirado, 2006).

El proceso de enseñanza - aprendizaje mediante el uso de sistemas multimedia constituye por naturaleza un cúmulo de experiencias conducidas y mediadas, que reproduce de determinada manera la capacidad de enseñar y aprender. La relación entre el alumno y esa realidad de aprender se realiza a través de algún tipo de medio o enseñanza, que es el

instrumento de representación, facilitación o aproximación a la realidad (Rodríguez, 2000).

Cabe señalar, que los productos multimedia - interactivos aportan diversos aspectos didácticos que son favorecedores para el aprendizaje (Díaz-Barriga et al., 2001), tales como el aprendizaje por descubrimiento, aprendizaje por discernimiento, aprendizaje por generalización, aumento del rendimiento de formación, evaluación objetiva y el autoaprendizaje.

### **Complejidad Computacional**

La ciencia de la computación se sustenta en dos áreas fundamentales: la teoría de la computabilidad, basada en ideas y modelos, y las técnicas de la ingeniería para el diseño de sistemas de computación, basadas en técnicas de diseño de algoritmos, programación, estructura de datos e ingeniería de software; y la teoría de la complejidad computacional, que estudia los recursos requeridos para resolver un problema como son el tiempo y el espacio (Cortéz, 2004).

Un problema es complejo si es difícil de entender, analizar, resolver (Hartmann et al., 1971) y además, este puede tener varias soluciones, mismas que se tendrían que comparar para elegir la más apropiada (Díaz-Barriga et al., 1992; Rodríguez, 2000). Todo tema complejo demanda el poseer conocimientos previos en áreas asociadas al tema de estudio (Díaz Barriga, 2003; Pérez, 2005). Por lo que la complejidad computacional tiene como objetivo resaltar la necesidad de enseñar a los alumnos habilidades para una buena programación y simultáneamente, capacidad de análisis de algoritmos, con la finalidad de dotarlos de una infraestructura lógico matemática, sobre la cual fundamentar los conceptos e ideas de complejidad y que ésta se relacione y/o vincule estrechamente a los temas prácticos (Cortéz, 2004).

El área computacional cuenta con varios temas de complejidad, algunos de ellos son la enseñanza de la programación (Ferreira & Rojo, 2006), el diseño de algoritmos (Jain, 2005), ingeniería de software (Sommerville, 2001) y el estudio de las estructuras de datos (Brookshear, 1993).

Para el caso concreto de estructuras de datos se debe contar con conocimiento de lógica y lenguajes de programación, así como las técnicas asociadas a ellos (Cairó & Guardatti, 2006). Hasta el momento se han propuesto algunas formas para solucionar el problema de la enseñanza de éstos casos, entre ellos existen la enseñanza tradicional y el uso de tecnología (Anderson, 2005).

La enseñanza con tecnología se puede llevar a cabo mediante sistemas multimedia, los cuales son una poderosa herramienta para lograr en los alumnos el pensamiento crítico, y para desarrollar actividades de resolución de problemas complejos (Cortéz, 2004; Tucker et al., 1999).

Karavirta et al. (2004) mencionan que una de las principales funciones que pueden realizar los recursos multimedia es la enseñanza de temas complejos, y que uno de estos temas son las estructuras de datos. Además, Karavirta et al. (2004) comentan que el principal problema en la enseñanza de las estructuras de datos se presenta en la dificultad que existe para entender la naturaleza dinámica del tema.

## **2.4 La Enseñanza de Estructura de Datos**

Durante el proceso de enseñanza - aprendizaje de la asignatura Estructura de Datos en la carrera de Ingeniero en Sistemas Computacionales, se han presentado problemas con la asimilación, análisis y creación de habilidades en el alumno que les permitan el diseño adecuado, eficiente y óptimo, de las estructuras de datos para representar la información

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

y las operaciones básicas que con ellas se realizan, principalmente con el tema de árboles binarios (Anexo A).

Existen deficiencias en la representación y aplicación en el diseño de estructuras complejas y no se evidencia una vinculación adecuada entre los conceptos, procedimientos, técnicas y métodos estudiados, lo que influye negativamente en la solución óptima de los problemas complejos (Cortéz, 2004).

El campo de las estructuras de datos es similar al área de los algoritmos, donde es muy común preguntarse ¿cuál es la forma más rápida de resolver un problema? (Ferreira et al., 2006; Karavirta et al., 2004). Para el caso de las estructuras de datos, el estudiante debe centrar su atención en la manera de cómo organizar un conjunto de información para poder responder de manera rápida y clara a las dudas que se presenten (Cairó et al., 2006).

Las estructuras de datos son especialmente interesantes, sobre todo el tema de árboles binarios, porque su aprendizaje depende de cómo se explique su aplicación, uso y solución, donde, en casi todos los casos se logra un mejor entendimiento si se representan las estructuras de manera gráfica e incluso animada (Kamal, Saraiya et al., 2002). Se debe tener especial cuidado con estos detalles, de lo contrario se puede correr el riesgo de confundir al estudiante y generar un mayor problema para el entendimiento de este tipo de temas (Cortéz, 2004).

En una investigación de Soler, et al. (2009) se menciona que estas dificultades motivan el desarrollo de programas especiales que son usados para ayudar a explicar la conducta de otros programas (Soler, Lezcano et al., 2009). Una de las técnicas más usadas en el estudio son las de visualización, específicamente la multimedia-interactiva que, como ya se ha mencionado consiste en el uso de recursos gráficos, texto y animación con una importante interacción entre el usuario y la computadora (Blum, 1995; Najjar, 1996).

La visualización y/o animación de las estructuras de datos pueden ayudar a introducir los conceptos en la memoria a largo plazo asegurando una cobertura adecuada de los conceptos. Este enfoque permite centrarse simultáneamente, tanto en composición como en la exploración de los estudiantes. Incluso con la presión del tiempo que se tenga para aprender, los estudiantes pueden hacer malabares con el aprendizaje aplicando sus propios métodos mentales para producir conocimiento (Almeida, Blanco et al., 2003; Pita & Segura, 2007).

Hundhausen, et al. (2002) sugieren la participación activa de los estudiantes, ya que mientras están estudiando la representación de los conceptos de manera visual se está incrementando su aprendizaje (Hundhausen, Douglas et al., 2002).

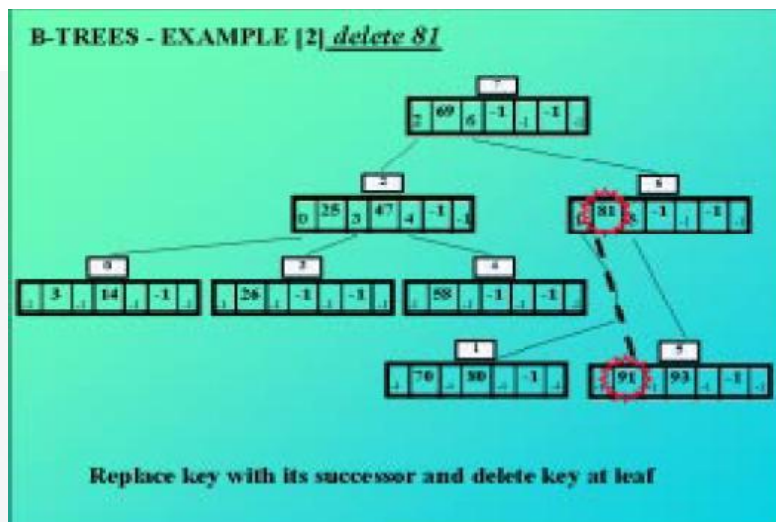
En la literatura se han encontrado estudios que diversos autores han realizado buscando dar solución al problema de la enseñanza de estructura de datos. Hasta el momento existen varias propuestas, pero no existe alguna en la que se haga uso de un sistema multimedia - interactivo específicamente diseñado para enseñar el tema de árboles binarios.

#### **2.4.1 Herramientas para la Enseñanza de Estructura de Datos**

La literatura revisada muestra diversas herramientas que intentan resolver el problema de la enseñanza de estructura de datos.

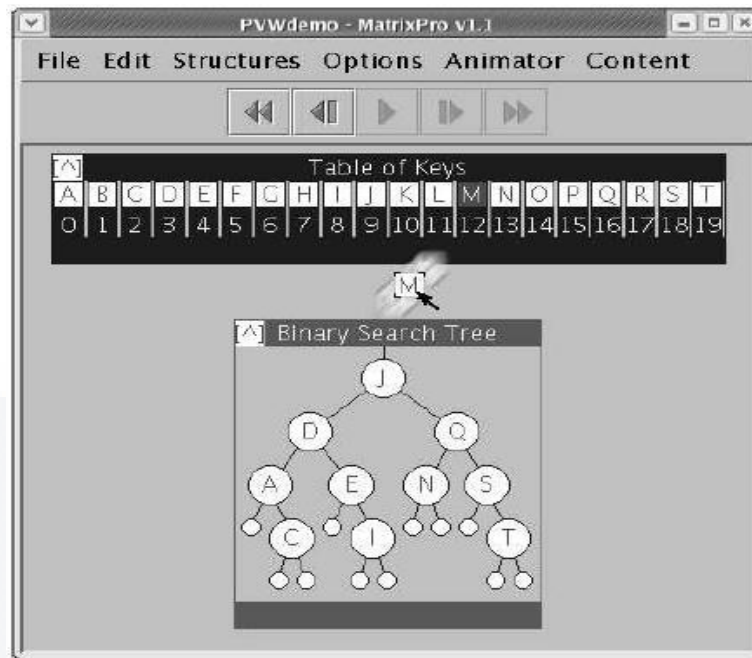
Estudios como el de Becker y Beacham (2000), reportan que las estructuras de datos son un tema de difícil comprensión para los estudiantes, tanto para entender la manera como funcionan como para poder implementarlas. Los autores desarrollaron una herramienta llamada BDP (Figura 2) que permite a los estudiantes crear un árbol B e identificar si éste

es correcto, lo cual le facilita la comprensión de cómo se comporta la estructura de datos árbol. El sistema BDP hace uso únicamente de árboles B y de una sola operación sobre ellos que es la inserción. El estudio menciona que una de sus limitantes es que no es posible realizar otro tipo de operaciones como recorrido, eliminación o búsqueda. Por lo que el problema de la enseñanza de estructura de datos no queda del todo resuelto.



**Figura 2. BDP System** (Becker & Beacham, 2000)

MatrixPro (Figura 3) es una herramienta desarrollada por Karavirta y Korhonen (2004), quienes describen cómo la herramienta permite aplicar un algoritmo de simulación visual (Korhonen & Malmi, 2003). MatrixPro presenta la animación del algoritmo y proporciona la interacción entre el usuario y sistema, permitiéndole al usuario realizar modificaciones en tiempo de ejecución. Un detalle que tiene esta herramienta es que hasta el momento únicamente funciona con algoritmos de simulación como el de Korhonen (2003) y no maneja los algoritmos de árboles binarios.

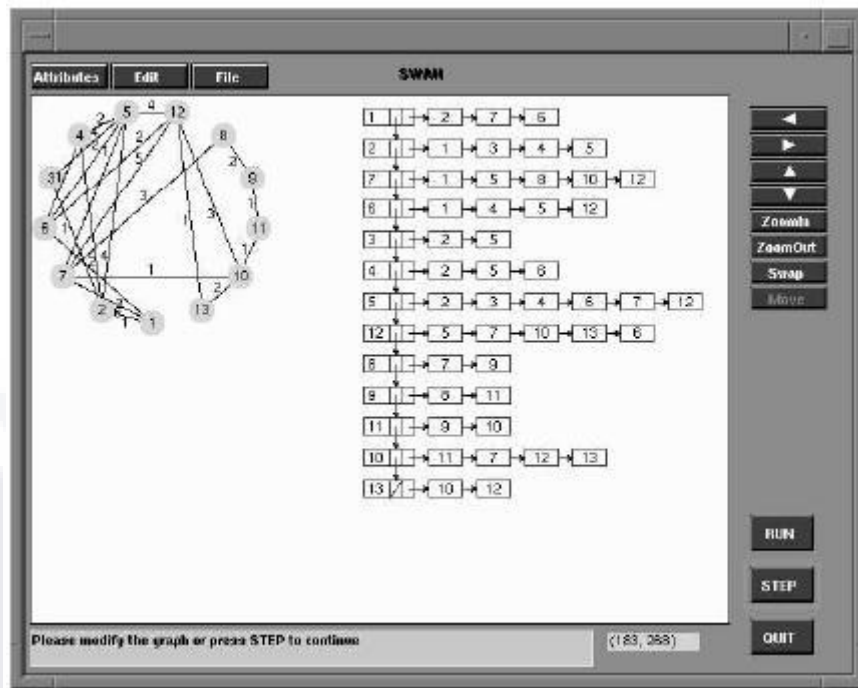


**Figura 3. MatrixPro** (Karavirta et al., 2004)

Uno de los estudios más antiguos que se encontraron en la literatura (Lewis, 1974) describe el diseño de una herramienta de nombre Tree que permite insertar, eliminar, buscar y visualizar estructuras de datos como árboles de decisión. La herramienta Tree es interactiva únicamente porque permite al usuario hacer uso de un menú donde él selecciona la acción que el sistema simulará, mas no permite la interactividad entre el usuario-sistema.

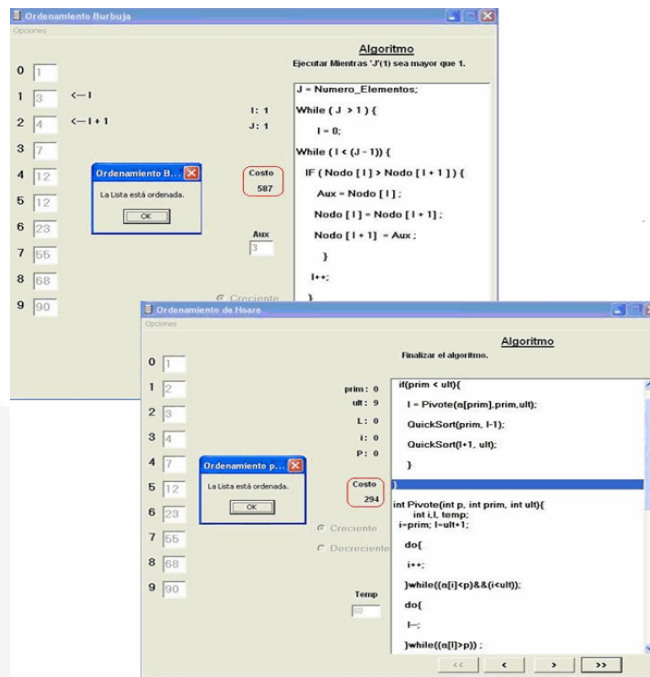
La herramienta llamada Swan (Figura 4) creada por Yang (1996), es un visualizador de estructuras de datos, que permite a los usuarios visualizar de manera gráfica las estructuras, así como analizar el proceso de ejecución de la estructura en lenguaje C++. SWAN esta enfocada al tema de grafos dirigidos, no hace uso de árboles binarios y es una herramienta que fue diseñada como visualizador de ejemplos prediseñados.





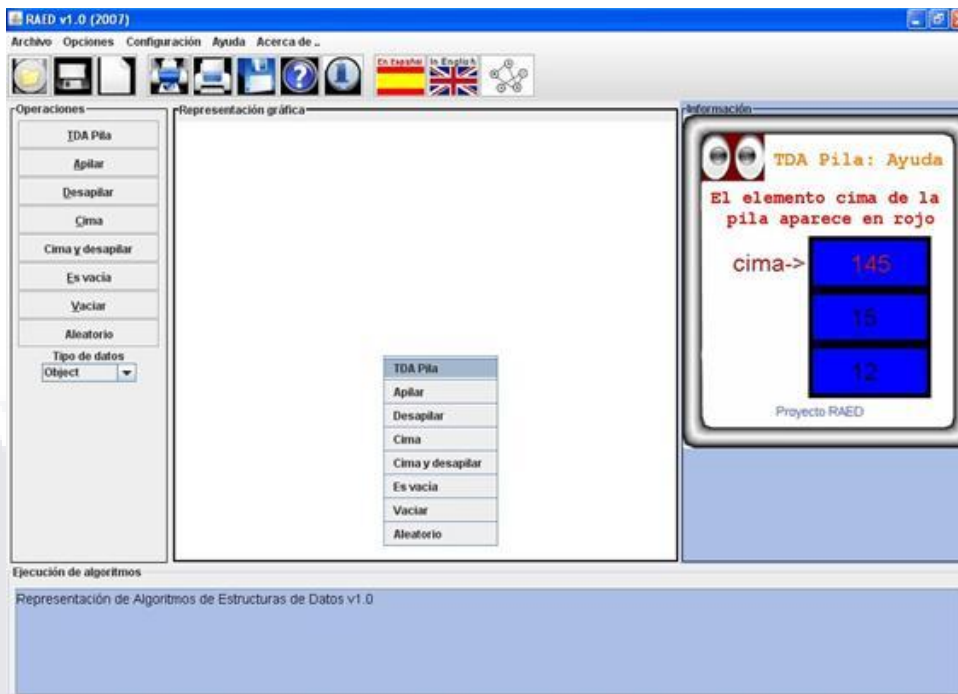
**Figura 4. SWAN System** (Yang, Sha et al., 1996)

Almedia y Blanco (2003) crearon la herramienta EDApplets, que es una aplicación Web (Figura 5) orientada a la enseñanza - aprendizaje de la programación y de algoritmos de estructuras de datos básicas como arreglos, matrices y registros. La aplicación presenta animaciones clásicas de algoritmos, con la posibilidad de efectuar trazas y ejecuciones paso a paso sobre el código. Este sistema no hace uso de árboles binarios y la interacción entre el usuario y sistema es mediante el uso de opciones de menú.



**Figura 5. EDApplets** (Almeida et al., 2003)

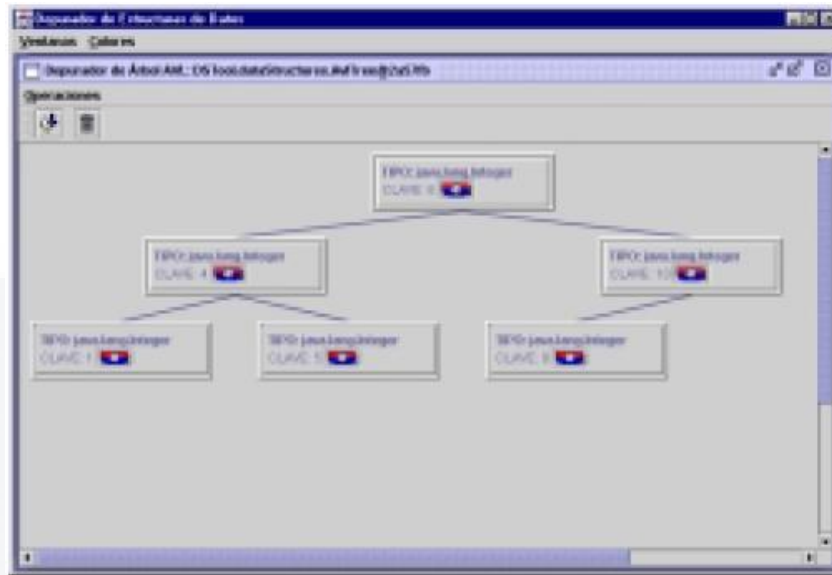
Otra herramienta identificada en la literatura, es una herramienta Web (Junaidu, 2008), la cual fue diseñada para la enseñanza en línea y hace uso de animaciones. Lamentablemente, el sistema no muestra textos donde se explique al estudiante que es lo que esta visualizando. A diferencia de la herramienta de Pita y Segura (2007) quienes desarrollaron una herramienta informática para la visualización interactiva de estructuras de datos y algoritmos (Figura 6), que aparte de visualizar imágenes pretende transmitir a los alumnos la separación entre especificación e implementación de una estructura de datos, así como proporcionar ejemplos de utilización de dichas estructuras, mostrando textos alternos con explicaciones sobre la imagen. La herramienta únicamente hace uso de estructuras de datos esenciales como arreglos, matrices, registros, pilas y colas, árboles AVL mas no presenta el tema de árboles binarios.



**Figura 6. Estructuras de Datos y Algoritmos** (A. Pita & C. Segura, 2007)

Del Puerto y Ruiz (2002) presentan la herramienta DSTOOL (Figura 7) como una biblioteca de clases que implementan las estructuras de datos listas, pilas, colas, árboles y grafos mediante el modelo vista-controlador (MVC). En este trabajo se menciona que las clases proporcionan la opción de depurar gráficamente las estructuras de datos mediante el lanzamiento en tiempo de ejecución de una ventana que muestra una representación grafica actualizada de la estructura de datos, mediante dicha ventana es posible llevar a cabo la interactividad con el usuario.

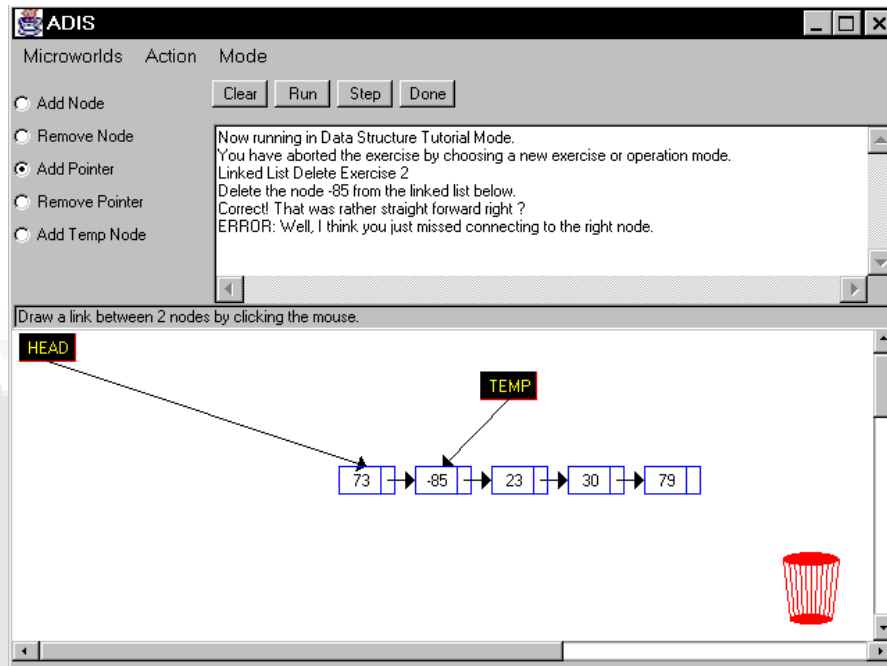
Cabe mencionar que el artículo menciona que esta herramienta es un tutorial Web que soporta nueve estructuras de datos como son: listas, listas ordenadas, pilas, colas, colas de prioridad, árboles binarios de búsqueda, árboles AVLs, árboles B y grafos. El trabajo no muestra evidencia sobre la efectividad de uso de la herramienta, ni algún otro dato que pueda servir de referencia sobre el efecto de uso del DSTool.



**Figura 7. DSTool** (Del Puerto & Ruiz, 2002b)

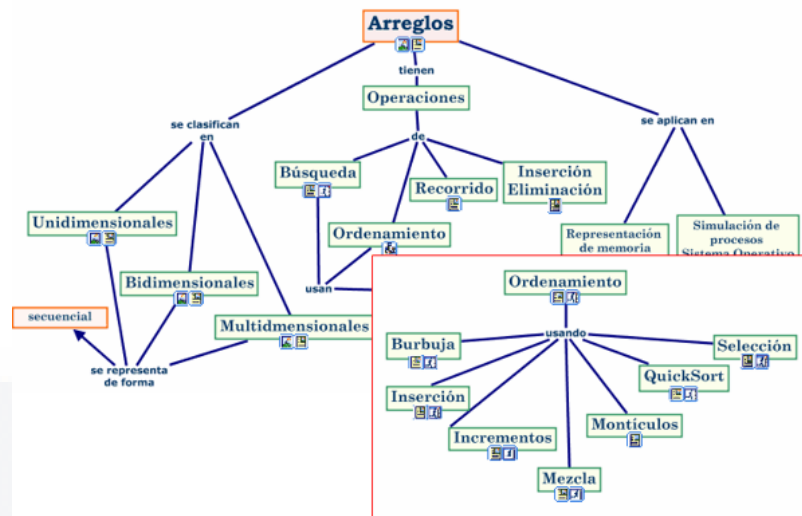
La herramienta ADIS de Warendorf y Tan (1997) que se muestra en la Figura 8; es un tutor inteligente que fue desarrollado con el objetivo de mejorar la comprensión sobre el funcionamiento de estructuras de datos tales como listas enlazadas, pilas, colas, árboles y grafos. ADIS tiene la capacidad de visualizar las estructuras de datos gráficamente en la pantalla, así como permitir la manipulación gráfica de la estructura de datos creada.

Esta herramienta, contiene un modulo que incorpora ejercicios mediante un modelo experto que almacena las instrucciones para cada ejercicio. El detalle que presenta es que el sistema cuenta con una interfase de usuario difícil de usar, y los estudiantes ya deben tener nociones sobre los temas a analizar y sobre el manejo del software.



**Figura 8. ADIS** (Warendorf et al., 1997)

Otra forma de presentar una herramienta de enseñanza - aprendizaje de las estructuras de datos es mediante mapas conceptuales (Figura 9), donde se hace uso de hipermedia. Uviña (2005) diseñó una herramienta, que fue utilizada por estudiantes (no indica cantidad) por un periodo de tiempo de 30 días y los resultados solo mencionan que fueron buenos. No se menciona que tipos de estructuras de datos fueron estudiadas, las características de la herramienta, ni mucho menos el tipo de resultados obtenidos.



**Figura 9. Mapas Conceptuales** (Uviña, Bertolami et al., 2005)

A pesar de existir gran cantidad de estudios sobre el tema, se identificaron algunos elementos que hasta el momento no han sido atacados, ya sea de forma individual, o bien de manera conjunta:

- Interacción usuario-sistema, de manera que el estudiante pueda recibir retroalimentación por parte del sistema, así como ir registrando su avance en la solución de problemas y actividades que el sistema proporcione.
- Contar con una serie de ejercicios y ejemplos entre los cuales el estudiante pueda hacer uso para reforzar su aprendizaje mediante la practica.
- Manejo de animaciones con sonido, donde se tenga la opción de escuchar una explicación conforme se visualice el diseño de la estructura de datos.
- Uso de texto e imágenes estáticas y animadas.
- Navegación entre las diversas secciones del sistema.
- Enseñanza de árboles binarios (operaciones sobre ellos como inserción, eliminación y recorridos).
- Uso de multimedia para la enseñanza de temas complejos.

- Uso de una herramienta que permita cubrir diversos aspectos de la enseñanza que puede ser dirigida a distintos tipos de estilos aprendizaje: activo/reflexivo, metódico/intuitivo, visual/oral, etc.
- Uso de aspectos metodológicos que deberían ser considerados a la hora de introducir la herramienta en el aula como un suplemento al aprendizaje de las estructuras de datos.
- Interfases de usuario fáciles de usar y que no requieran conocimientos extra para su entendimiento y uso.
- Permitir el almacenamiento de actividades y avances del estudiante.

## **2.5 Teoría de Diseño de Sistemas de Información (ISDT)**

El campo de investigación de los sistemas de información está relacionado con el diseño efectivo, entrega, uso e impacto de las TICs en las organizaciones y la sociedad (Avison & Fitzgerald, 1995).

La Teoría de Diseño de Sistemas de Información, es una metodología propuesta por Walls y Widmeyer (1992) que consiste en un conjunto de teorías descriptivas, que ofrecen principios, que sirven como guía y permiten dar soluciones a los desarrolladores y diseñadores de sistemas de información, buscando lograr el diseño de herramientas de software que sean incluyentes, flexibles y que estén estrechamente integradas con las necesidades de sus usuarios (Markus & Majchrzak, 2002).

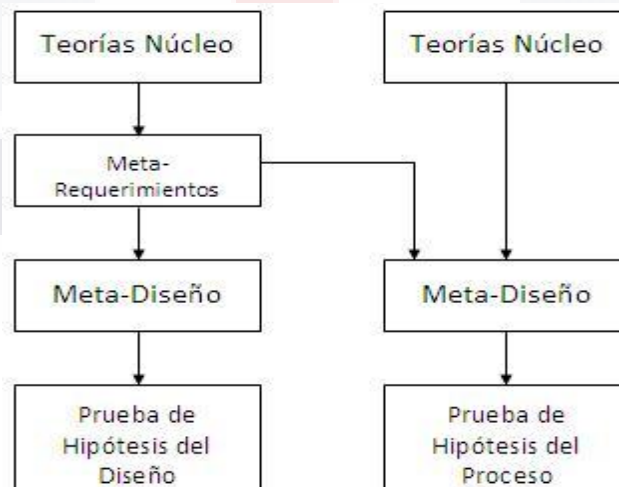
Para los diseñadores de sistemas, la ISDT resulta benéfico, porque permite incrementar la fiabilidad de desarrollo de sus productos y las posibilidades de éxito, ya que al proporcionar principios, derivados de un conjunto de teorías denominadas teorías núcleo, se limita la gama de características del sistema y las actividades a desarrollar (Walls et al., 1992). La ISDT está abierta a la experimentación empírica, y por lo tanto puede servir como base para futuras investigaciones.

Podemos resumir que el enfoque principal de esta teoría consiste en proporcionar una guía que indica cómo diseñar y dar soporte a un tipo de sistema de información en particular, identificando las necesidades del usuario, un tipo de solución del sistema con características distintivas y un conjunto de prácticas de desarrollo eficaces (Markus et al., 2002). La creación de artefactos (herramientas de software) está basada en las teorías núcleo que son aplicadas, probadas y modificadas, con el fin de alcanzar los objetivos específicos del sistema (Gregor, 2002; Walls et al., 1992).

El diseño de una ISDT tiene una doble función (Walls et al., 1992) ya que es necesario identificar los componentes que tienen que ver tanto con el diseño del producto, así como con el diseño del el proceso. Ambos componentes del ISDT están soportados en teorías núcleo (Sarker & Lee, 2001) que permiten la formulación de predicciones empíricamente comprobables relacionadas con la teoría de diseño.

### 2.5.1 Componentes de un ISDT

La Figura 10 presenta los componentes de una Teoría de Diseño de Sistemas de Información, diseñada y propuesta por Walls et. al. en el año de 1992.



**Figura 10. Componentes de una Teoría de Diseño de Sistemas de Información (adaptado de Walls et al. (1992))**



Para el desarrollo de una ISDT es necesario realizar dos fases: Diseño del Producto y Diseño del Proceso. En la Tabla 2 se explica en qué consisten cada uno de los componentes del ISDT para cada una de las fases (Walls et al., 1992).

<b>Diseño de Producto</b>	
<i>Teorías Núcleo.</i>	Proporcionan los conocimientos base sobre los cuales se construye una ISDT.
<i>Meta-Requerimientos.</i>	Son declaraciones de los servicios que el sistema debe ofrecer y/o contener.
<i>Meta-Diseño.</i>	El meta-diseño describe una serie de características o principios de diseño creados para lograr los meta-requerimientos.
<i>Hipótesis del Diseño del Producto.</i>	Las hipótesis son usadas para probar si el meta-diseño satisface los meta-requerimientos. Las hipótesis están abiertas a la experimentación empírica.
<b>Diseño de Proceso</b>	
<i>Teorías Núcleo.</i>	Son teorías que controlan el diseño del proceso del producto.
<i>Meta-Requerimientos.</i>	Son una descripción de los objetivos específicos aplicables a cualquier tipo de sistema del tipo al que se refiere la teoría núcleo.
<i>Método de Diseño.</i>	Una descripción del procedimiento utilizado para la construcción de del sistema.
<i>Hipótesis del Diseño del Proceso.</i>	Usadas para verificar que el método de diseño da como resultado un artefacto que es consistente con el meta-diseño.

**Tabla 2. Diseño del Producto y Diseño del Proceso**  
(adaptado de Walls et al. (1992))

### 2.5.2 Literatura previa sobre la aplicación de ISDT

La literatura existente acerca del uso de la Teoría de Diseño de Sistemas de Información ha demostrado que se es posible aplicar ésta teoría en distintas áreas tales como, realidad virtual para el aprendizaje, sistemas expertos, sistemas de información al pasajero, simulación, sistemas de negocios, enseñanza vía Web, e-learning y software interactivo, entre otros.

Walls, El Sawy et al. (1992) son los pioneros en este tipo de trabajos de investigación, y quienes definieron ISDT como una teoría prescriptiva que integra teorías normativas y

descriptivas para producir sistemas de información eficaces. Ellos mencionan que existe poco trabajo teórico para el diseño de sistemas eficaces que permitan a los ejecutivos la toma de decisiones estratégicas. Sostienen que el fundamento teórico para un sistema de información se puede abordar a través de una teoría del diseño de sistemas de información vigilantes (Vigilant EIS). Los resultados del estudio mencionan que después de haber sido probada la teoría mediante análisis empíricos, se obtuvieron resultados positivos en la aplicación y uso del artefacto generado con la ISDT. Estos mismos resultados fueron obtenidos por Lynne, Majchrzak et al. (2002) quienes abordaron el problema de diseño y construcción de un proceso emergente de conocimiento (sus siglas en inglés EKP). Los autores mencionan que existen diversos EKPs (investigación básica, desarrollo de nuevos productos, planificación estratégica de negocios y diseño de la organización) que difieren cualitativamente de la toma de decisiones semiestructuradas, por lo tanto, tienen requisitos únicos como los sistemas de información para ejecutivos, sistemas expertos, sistemas de comunicación electrónicos o repositorios. Lynne y Majchrzak (2002) realizaron una ISDT para un EKP demostrando mediante análisis empíricos resultados positivos al ser utilizado el artefacto en el apoyo al proceso emergente. También, se menciona que el ISDT desarrollado sirve de guía para los desarrolladores y establece una agenda para la investigación académica.

Gómez (2005) utilizó ISDT en el diseño y desarrollo de un sistema experto de entrenamiento para control de proceso estadístico. El propósito del estudio consistió en el entendimiento del rol que toma un sistema experto desarrollado con una teoría de diseño, además investigó cómo es posible entrenar o capacitar a los usuarios asegurando la calidad en el proceso de entrenamiento. Los resultados de su trabajo indican que se obtuvieron resultados positivos en los conocimientos de los usuarios, después de que éstos utilizaron el sistema, ya que no tenían conocimientos previos de estadística.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Azuma y Takahashi et al. (1981) desarrollaron una metodología para la creación de un software interactivo como soporte a los desarrolladores de software en la fase de diseño y manufactura de aplicaciones de negocios. Esto debido a que la fase de requerimientos en la Ingeniería de Software no siempre obtiene los datos que se requieren para el desarrollo de sistemas completos y de calidad. Ellos mencionan que el usuario de la ISDT será capaz de diseñar programas interactivamente, ya que ISDT gestiona especificaciones almacenados en una base de datos y genera de manera automática programas escritos en lenguaje COBOL, así como la documentación requerida del sistema. Los resultados del estudio mencionan que después de haberse aplicado la metodología, los usuarios reportan que el manejo del sistema es fácil y que no requieren de experiencia para su uso. También, se menciona que por el momento el ISDT es eficaz en el diseño de aplicaciones empresariales pequeñas donde se tengan que generar programas sencillos.

ISDT es también aplicable a tecnologías específicas. Especialmente las que proporcionan movilidad (Ngai, Suk et al., 2009). Wamba et al. (2008) investigaron acerca de la tecnología RFID, que significa identificación y captura automática de datos de manera inalámbrica, y que se considera como la tecnología de la próxima revolución en la cadena de suministros. En este trabajo se aplica ISDT para el diseño de un laboratorio basado en RFID. Las pruebas realizadas consistieron en la puesta en marcha y uso del laboratorio de RFID en los entornos universitarios. Los resultados muestran evidencia de que los miembros de la cadena de suministros realizaron su trabajo de manera eficaz e innovadora. En otra investigación (Ngai et al., 2009) se describe el diseño y desarrollo de un RFID basado en un Sistema de Gestión de la Salud (RHMS). El estudio hizo uso de la ISDT para la construcción de un RHMS teniendo como objetivo principal incrementar los valores empresariales y proporcionar un apoyo eficaz en la transformación y optimización de las prácticas de salud en la industria. En este estudio se construyó un prototipo para un RHMS y se implementó en un escenario similar al real. Los resultados validan la viabilidad práctica de la arquitectura del sistema propuesto. En consecuencia, ISDT puede ser

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

utilizada para elaborar nuevos artefactos/aplicaciones que podrían servir de base para futuras investigaciones.

Como se ha visto ISDT puede ser aplicado a diversas áreas, como Nissen (1996) que desarrolló una ISDT para la simulación cualitativa, el cual ofrece diversas ventajas sobre los métodos cuantitativos. El autor menciona que el diseño de sistemas de simulación cualitativa (QSS) representa un problema complejo en el contexto organizacional, para lo cual los métodos de diseño existentes no están bien diseñados, y por lo cual decidió hacer uso de ISDT para el diseño de un QSS. También menciona, que ISDT permite desarrollar prototipos eficientes, mediante los cuales es posible realizar pruebas para comprobar la efectividad de la herramienta. Las pruebas se pueden hacer mediante ejemplos, donde los participantes se centran en los contenidos y no en como usar la herramienta. Los resultados demuestran la eficacia del ISDT para el diseño de QSS y se argumenta cómo la ISDT permite orientar el diseño de cualquier tipo de sistemas de información a las necesidades del usuario identificando los elementos de diseño de los sistemas. El artículo concluye con una serie de futuras investigaciones en este sentido.

Otra área en la que se ha aplicado ISDT es la de los sistemas de información al pasajero (sus siglas en inglés PIS), donde Kourouthanassis (2007) menciona que éstos sistemas constituyen una clase emergente de los sistemas de información para las tecnologías de información y que tienen la capacidad de adaptar las necesidades del usuario al ambiente físico del sistema. Se menciona que los PIS difieren de los sistemas de información por abarcar un entorno complejo y dinámico compuesto por múltiples objetos. Kourouthanassis (2007) hace uso de ISDT para proponer una teoría de diseño para PIS y concluye que es posible aplicar varios casos de estudio mediante la teoría diseñada obteniendo resultados positivos para los usuarios del sistema.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

ISDT también ha sido aplicada en el campo de la realidad virtual utilizada para el aprendizaje (Walsh, 2001). El artículo menciona que la realidad virtual aporta nuevas herramientas multisensoriales que tienen un impacto positivo en el aprendizaje. Sin embargo, para que los sistemas de realidad virtual sean eficaces, éstos se deben diseñar y soportar con base a los principios básicos de las teorías del aprendizaje. En este estudio se desarrolla una parte de la ISDT para sistemas de realidad virtual, y aunque hasta el momento el autor no ha obtenido resultados definitivos menciona que con base a la literatura previa, la aplicación de la ISDT para realidad virtual obtendrá resultados positivos.

Por último, Jones y Gregor (2003, 2006) diseñaron dos estudios enfocados al aprendizaje con e-learning y a la educación vía Web, ambos estudios apoyados de ISDT. En el primer estudio (Jones & Gregor, 2006), se menciona que fue creada una ISDT destinada a orientar el diseño, desarrollo y mantenimiento de un sistema de información de apoyo a e-learning. El ISDT fue probado mediante el uso de un sistema a distancia y los datos recolectados fueron analizados de manera estadística, descubriendo que existen factores adicionales que podrían ser investigados para generar un diseño más completo para la ISDT como materiales de aprendizaje y formas de evaluación. Mientras que, en el estudio enfocado a la educación Web (Jones, Gregor et al., 2003) se desarrolló una ISDT para la creación de un sistema Web (Web-Based Education) que sirvió como apoyo a la educación. Los autores mencionan que su ISDT hizo uso de teorías de educación, psicología y áreas afines. La contribución principal de este estudio consistió en ofrecer una ISDT para WBE que se evaluó durante siete años haciendo uso de un sistema Web como apoyo en la enseñanza. Los resultados indican que la ISDT para un WBE ayuda a los profesionales e investigadores con una orientación sobre cómo diseñar y aplicar técnicas eficaces en el proceso enseñanza - aprendizaje. Además, se menciona que el uso de la ISDT proporciona un sistema de información para WBE flexible y personalizable.

Como ya se ha visto, la literatura acerca del uso de ISDT presenta varios puntos clave que serán considerados en el desarrollo de este trabajo de investigación y que justifican el uso de éste tipo de teorías.

Por ejemplo, ISDT se conforma de un conjunto de teorías prescriptivas que integren teorías normativas y descriptivas que permitirán producir sistemas multimedia - interactivos eficaces, permite realizar sistemas que cuentan con requisitos únicos o que se requieran para una actividad específica, permite realizar análisis empíricos, obteniendo resultados positivos al utilizar el artefacto generado, sirve como guía para los desarrolladores y establece una agenda para la investigación académica. También, ISDT permite entrenar o capacitar a los usuarios asegurando la calidad en el proceso de entrenamiento, sirve como soporte en el análisis de requerimientos para el desarrollo del sistema, ya que la fase de requerimientos en la Ingeniería de Software no siempre obtiene los datos que se requieren para el desarrollo de sistemas completos y de calidad. Además, ISDT puede ser utilizada para elaborar nuevos artefactos/aplicaciones que podrían servir de base para futuras investigaciones y para representar un problema complejo dentro de cualquier contexto, para lo cual los métodos de diseño existentes no están bien diseñados.

Hasta el momento, existe evidencia de que la gran parte de los trabajos que han aplicado ISDT han obtenido resultados positivos en el uso de los artefactos generados, como, el manejo del sistema generado es fácil y los usuarios no requieren de experiencia para su uso, ISDT es aplicable a tecnologías específicas como sistemas expertos, sistemas de movilidad, simulación, sistemas de negocios, enseñanza vía Web, e-learning y software interactivo. También, ISDT permite desarrollar prototipos eficientes, hacer uso de casos de prueba para comprobar la efectividad de la herramienta generada (prototipo).

Por último, otros datos de importancia que se mencionan en la literatura sobre el uso de ISDT, es que existen factores adicionales que podrían ser investigados para generar un diseño más completo para la ISDT como materiales de aprendizaje y formas de evaluación.

ISDT permite la creación de sistemas de apoyo a la educación obteniendo resultados positivos en uso de teorías de educación, psicología, proceso enseñanza - aprendizaje y áreas afines. Además, se menciona que el uso de la ISDT genera sistemas flexibles y personalizables.



**CAPÍTULO III**

---

**TEORIA DE DISEÑO DE SISTEMAS DE INFORMACION  
PARA UN SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO**

CAPÍTULO III TEORIA DE DISEÑO DE SISTEMA  
INFORMACION PARA UN SISTEMA MULTIME  
INTERAC



### **3.1 Introducción**

La Teoría de Diseño de Sistemas de Información (Walls et al., 1992) proporciona una guía para el diseño de cualquier tipo de herramienta de software. En este capítulo se presenta la primera fase del proceso de ésta investigación, la cual consiste en el desarrollo de una Teoría de Diseño de Sistemas de Información para un Sistema Multimedia - Interactivo. Dicho desarrollo se llevó a cabo mediante las etapas de diseño del producto y diseño del proceso tal y como lo sugieren Walls et al. (1992).

### **3.2 Diseño del Producto**

El diseño del producto consiste en la estructuración de los componentes y actividades que dan lugar a las características esenciales (meta-requerimientos) con las cuales debe contar el sistema multimedia - interactivo. El diseño, es un prerrequisito para el desarrollo del sistema, y el producto de esta etapa es un conjunto de operaciones en forma de especificaciones (meta-diseño), en las cuales se indican las características que se desea contenga el producto de software.

La clave para el diseño de una ISDT consiste en determinar qué resultados se quieren lograr con el uso del sistema, y luego, identificar las teorías núcleo apropiadas para alcanzar dichos resultados.

#### **3.2.1 Teorías Núcleo**

Como la mayoría de los sistemas multimedia - interactivos tienen múltiples metas y objetivos, varias teorías pueden ser relevantes (Locatis, 2001), ya que cada una tiende a enfatizar los aspectos particulares del proceso de enseñanza - aprendizaje mediante este tipo de sistemas. Sarramona (1991) menciona que existen tres razones por las cuales las teorías núcleo tienen gran importancia en el diseño de sistemas multimedia - interactivos enfocados al proceso de enseñanza - aprendizaje, éstos son la resistencia al tiempo, el soporte empírico y las orientaciones para lograr distintos resultados educativos.

Por lo tanto, las teorías núcleo son fuente de autoridad para la toma de decisiones en el diseño de un sistema, ya que proporcionan marcos racionales para pensar y distinguir opciones que pueden ser más productivas y tener mayor rentabilidad en el desarrollo de un sistema (Walls et al., 1992), en comparación con el simple análisis de requerimientos que realiza un desarrollador de software con su cliente (Sommerville, 2001). La Tabla 3 presenta el conjunto de teorías núcleo para un Sistema Multimedia Interactivo.

Teoría Núcleo	Descripción	Referencia
Diseño de interfaces de usuario	Esta teoría trata sobre el conjunto de elementos hardware y software que se deben tomar en cuenta para que el usuario pueda interactuar con la información y con el sistema.	(Alfaro & Henzinger, 2001; Henderson, 1991)
Interacción significativa	Esta teoría menciona que el aprendizaje y el rendimiento mejoran cuando los usuarios pueden interactuar con los contenidos de manera significativa.	(Borsook & Higginbotham-Wheat, 1991; Cohen, 1984; Hansen, 1990; Jonassen, 1985)
Plantillas hipertexto	Esta teoría indica que las plantillas hipertexto se han diseñado para actuar como contenedores de software permitiendo el desarrollo para integrar el mayor número posible de características que pueda proporcionar una interfaz de usuario consistente. De tal manera que el incorporar hipertexto a la multimedia permite un acercamiento a la manipulación de información.	(Catlin & Garret, 1991; Rossi, Schwabe et al., 1997)
Teoría cognitiva	Esta teoría se centra el estímulo y en cómo se representa el conocimiento, así como el pensamiento que ocurre en la mente de un alumno.	(Cruz, 1986; Locatis, 2001; Medsker & Holdsworth, 2002; Morris, 1975; Pozo, 2006)
Teoría de codificación dual	La teoría menciona que tanto la información visual y verbal se procesan de forma diferente, y a lo largo de distintos canales de la mente humana es posible crear representaciones separadas para la información procesada en cada canal. Ambos códigos visuales y verbales se utilizan para representar y organizar la información en conocimientos que se almacenan y recuperan para su uso posterior.	(J. Clark & Paivio, 1991)
Teoría del comportamiento	Esta teoría se caracteriza por enfatizar el descarte de las conductas erróneas y el condicionamiento de las respuestas que se quieren obtener de los alumnos. Para ello la metodología didáctica se basa en la repetición o memorización.	(Cruz, 1986; Locatis, 2001; Medsker et al., 2002; Morris, 1975; Pozo, 2006)
Teoría de Diseño de Sistemas Multimedia	Esta teoría enfoca el proceso de desarrollo de un sistema multimedia en el diseño instruccional, en las actividades de aprendizaje y en el diseño interactivo.	(Blum, 1995)
Teoría humanística, social y afectiva	Estas teorías tratan los factores culturales en el aprendizaje, los resultados educativos relacionados con el aprendizaje, y el desarrollo de actitudes. También tienen que ver con la motivación.	(Cruz, 1986; Locatis, 2001; Medsker et al., 2002; Morris, 1975; Pozo, 2006)

**Tabla 3. Teorías Núcleo del Diseño del Producto de un SMI**

A partir de las teorías núcleo se obtuvieron un conjunto de atributos, los cuales son una descripción de los servicios o características (meta-requerimientos) con los que debe contar el sistema multimedia - interactivo (Tabla 4).

Teoría Núcleo	Atributos
Diseño de interfases de usuario	Manejo de colores descriptivos. Manejo de fuentes e imágenes legibles, claras y ordenadas. Manejo de hipervínculos y/o íconos. Manejo de mensajes de respuesta cortos y claros. Manejo de pantallas amigables. Manejo de pantallas de ayuda. Permitir el almacenamiento de datos personales, horas de estudio, avances, etc. Permitir la navegación de usuario. Representación diversa de contenidos (audio, video, animación y gráficos). Seguir un formato de pantallas estándar. Utilizar parpadeos ante demoras en la respuesta o para sugerir ayuda.
Interacción significativa	Contar con retroalimentación. Interacción alumno-alumno, alumno-profesor y alumno-sistema. Manejo de respuestas construidas. Paginación hacia adelante y hacia atrás. Seguimiento de los avances de los estudiantes.
Plantillas hipermedia	Hacer uso de hipertexto para la navegación.
Teoría cognitiva	Incluir casos de estudio, simulaciones y estrategias para resolver problemas. Manejo de simulaciones. Organizar los contenidos en forma de tablas y gráficos. Permitir al estudiante descubrir y construir conocimiento por el mismo.
Teoría de codificación dual	Hacer uso de imágenes no verbales tales como ilustraciones y sonidos. Hacer uso de tamaños de fuente, el color y tipo fáciles de entender. Incluir dibujos, texto, audio, animaciones, sonidos. Manejo de voz.
Teoría del comportamiento	Enfatizar las respuestas durante la instrucción Evaluación a los ejercicios realizados en el sistema (retroalimentación). Incluir oportunidades para volver a intentar la solución a un problema. Interacción del alumno con el sistema Llevar un control en la secuencia de instrucciones y de cómo el alumno debe progresar.
Teoría de Diseño de Sistemas Multimedia	Definir objetivos instruccionales y de aprendizaje. Definir y organizar los contenidos y los medios a través de los cuales se mostrarán en la herramienta. Hacer uso de metáforas y paradigmas. Contar con un diseño de interfaces, mapa de navegación, y prototipo funcional.
Teoría humanística, social y afectiva	Implementar una serie de estrategias motivacionales (claves para llamar la atención, ofreciendo el estímulo, y proporcionando problemas como un reto).

**Tabla 4. Atributos del Diseño del Producto de un SMI**

### 3.2.2 Meta-Requerimientos

Los meta-requerimientos son la declaración de los servicios, el listado de las limitaciones y cualidades de los servicios que debe ofrecer el sistema. Los meta-requerimientos se obtienen a partir de los atributos que fueron tomados de las teorías núcleo. La Tabla 5 muestra los meta-requerimientos para un sistema multimedia - interactivo.

Meta-Requerimientos	Teoría Núcleo	Atributos
<i>Diseño de la interfase. Integración.</i>	Diseño de interfases de usuario	Manejo de colores descriptivos, fuentes e imágenes legibles, claras y ordenadas. Manejo de mensajes de respuesta cortos y claros. Manejo de pantallas amigables, pantallas de ayuda y pantallas estándar. Permitir el almacenamiento de datos personales, horas de estudio, avances, etc. Permitir la navegación de usuario y el manejo de hipervínculos y/o íconos. Representación diversa de contenidos (audio, video, animación y gráficos). Utilizar parpadeos ante demoras en la respuesta o para sugerir ayuda.
<i>Interactividad.</i>	Interacción significativa	Contar con retroalimentación y manejo de respuestas construidas. Interacción alumno-alumno, alumno-profesor y alumno-sistema. Paginación hacia adelante y hacia atrás. Seguimiento de los avances de los estudiantes.
<i>Navegación.</i>	Plantillas Hipermedia	Hacer uso de hipertexto para la navegación.
<i>Gestión y administración. Estructura del programa.</i>	Teoría cognitiva	Incluir casos de estudio, simulaciones y estrategias para resolver problemas. Manejo de simulaciones. Organización de contenidos en forma de tablas y gráficos. Permitir al estudiante descubrir y construir conocimiento por el mismo.
<i>Estructura del programa. Variedad.</i>	Teoría de codificación dual	Hacer uso de imágenes no verbales tales como ilustraciones y sonidos. Hacer uso de tamaños de fuente, color y tipo, fáciles de entender. Incluir dibujos, texto, audio, animaciones, sonidos, voz.
<i>Evaluación. Gestión y administración.</i>	Teoría del comportamiento	Enfatizar las respuestas durante la instrucción. Evaluación a los ejercicios realizados en el sistema (retroalimentación). Incluir oportunidades para volver a intentar la solución a un problema. Interacción del alumno con el sistema. Control en la secuencia de instrucciones y de cómo el alumno debe progresar.
<i>Gestión y administración. Estructura del programa. Diseño de la interfase. Integración, Navegación, Interactividad.</i>	Teoría de Diseño de Sistemas Multimedia Interactivos	Definir objetivos instruccionales y de aprendizaje. Definir y organizar los contenidos y los medios a través de los cuales se mostrarán en la herramienta. Hacer uso de metáforas y paradigmas. Contar con un diseño de interfaces, mapa de navegación, y prototipo funcional.
<i>Personalización. Atractivo, llamativo.</i>	Teoría humanística, social y afectiva	Implementar una serie de estrategias motivacionales (claves para llamar la atención, ofreciendo el estímulo, y proporcionando problemas como un reto).

**Tabla 5. Meta-Requerimientos del Diseño del Producto de un SMI**

### 3.2.3 Meta-Diseño

Otro de los componentes para crear la ISDT para el sistema multimedia - interactivo es el meta-diseño, el cual encapsula una serie de características o principios de diseño para satisfacer los meta-requerimientos. La Tabla 6 muestra las características relacionadas con las tareas específicas que debe ofrecer el sistema multimedia - interactivo.

<b>Principios de Diseño</b>
Adaptar el sistema de manera que pueda acoger los diferentes tipos de aprendizaje de los usuarios (Felder et al., 1996).
Apoyar a los usuarios inexpertos agregando funcionalidades al sistema, por lo que el sistema debe ser fácil de usar y de aprender (Díaz-Barriga et al., 2001).
Encontrar el modo de facilitar la interacción de los usuarios con el sistema, y minimizar su curva de aprendizaje (De Sánchez, 1998; Felder et al., 1996).
Estructuración y presentación de contenidos (Bernal, 2005) de manera que las interfases proporcionen una variedad de capacidades de comunicación entre usuario-sistema.
Hacer uso de patrones de diseño orientado a objetos (Gamma, Helm et al., 2001; Sommerville, 2001)
Hacer uso de plataformas independientes (Katz, 2009) de forma que el sistema pueda ser manejado en cualquier tipo de sistema operativo.
Hacer uso de software de código abierto (OSI, 1998), plantillas hipermedia (Catlin et al., 1991) y s
Incorporar mecanismos adecuados que reduzcan al mínimo el grado de errores (Díaz-Barriga et al., 2001).

**Tabla 6. Principios del Diseño del Producto de un SMI**

### **3.2.4 Hipótesis del Diseño del Producto**

Basándose en los principios de las teorías del núcleo para la ISDT de un sistema multimedia - interactivo, es posible plantear una serie de hipótesis que están abiertas a la experimentación empírica, donde se busca comprobar si el meta-diseño cumple con los meta-requerimientos:

1. Es posible construir un sistema de información multimedia - interactivo, específicamente diseñado para enseñar árboles binarios, que presente mejores resultados en el aprendizaje, comparado con el uso de métodos de enseñanza tradicional, así como con el uso de páginas Web.
2. El uso del ISDT para un sistema multimedia - interactivo producirá mejoras en el aprendizaje de estructuras de datos a comparación de los sistemas tradicionales de enseñanza, así como con la enseñanza con el uso de páginas Web.

### **3.3 Diseño del Proceso**

El diseño del proceso según Walls et al. (1992) consiste en la secuencia de operaciones que transforman los datos de entrada en salidas. Para el caso del ISDT del sistema multimedia - interactivo, el diseño del proceso consistirá en aplicar el uso de tecnología (en nuestro caso de la ingeniería de software y la programación de sistemas) para convertir los meta-requerimientos y los principios de diseño en una herramienta de software.

Entre los elementos fundamentales del proceso de diseño se encuentran el establecimiento de objetivos y criterios, síntesis, análisis, construcción, pruebas y evaluación de la herramienta.

### 3.3.1 Teorías Núcleo

Las teorías núcleo representan el conjunto de disciplinas que se toman como referencia para el diseño del proceso del ISDT para el sistema multimedia - interactivo. La Tabla 7 muestra un resumen de las teorías núcleo utilizadas para el diseño del proceso.

Teoría Núcleo	Descripción	Referencia
UML	UML ofrece un estándar para describir un modelo del sistema, en el cual se incluyen aspectos conceptuales tales como procesos y funciones del sistema, y aspectos concretos como, expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes reutilizables.	(Jézéquel, Hussmann et al., 2002)
Desarrollo de prototipos	Esta teoría consiste en el desarrollo de sistemas de forma rápida y a un bajo costo, para que los usuarios puedan evaluarlo. Un prototipo es un modelo (representación, demostración o simulación) fácilmente ampliable y modificable de un sistema planificado, probablemente incluyendo su interfaz y su funcionalidad de entradas y salidas (Sommerville, 2001).	(Sommerville, 2001)
Teoría de Diseño de Sistemas Multimedia Interactivos	La teoría de Blum (citada en el libro "Multimedia: making it work" de Tay Vaughan (Vaughan, 2008)) permite desarrollar software multimedia - interactivo tomando en cuenta el diseño instruccional, los objetivos de aprendizaje, las decisiones acerca del contenido, el modelo cognitivo y el prototipo del sistema.	(Blum, 1995)

**Tabla 7. Teorías Núcleo del Diseño del Proceso de un SMI**

De manera similar que en el diseño del producto, para el diseño del proceso se analizaron las teorías núcleo y se identificaron un conjunto de atributos que definen el proceso de diseño y desarrollo del sistema multimedia - interactivo, tales atributos se muestran en la Tabla 8.

Teoría Núcleo	Atributos
UML	Diseñar diagramas de los requerimientos del sistema. El análisis y diseño orientado a objetos se adapta de manera adecuada a cualquier lenguaje de programación orientado a objetos. Permitir el desarrollo iterativo, la visualización, especificación y documentación de los modelos del sistema de software. Proveer un método sistemático de planeación para el prototipo.
Desarrollo de prototipos	Conocimiento de las etapas del ciclo de vida del desarrollo de sistemas. Construcción, desarrollo y refinamiento del sistema. Permitir revisiones periódicas aplicando innovaciones para detallar todas las partes del sistema y así completarlo con éxito. Recopilar datos específicos sobre los requerimientos de información de los usuarios, mediante la fase de Diseño del Producto.
Teoría de Diseño de Sistemas Multimedia Interactivos	Definir el diseño de la interfase, mapa de navegación, y diseño del prototipo. Identificar requerimientos funcionales, metáforas y paradigmas. Organizar los contenidos que serán presentados en el sistema.

**Tabla 8. Atributos del Diseño del Proceso de un SMI**



### 3.3.2 Método de Diseño

La Tabla 9 presenta una visión general de las prácticas de desarrollo para el ISDT de un sistema multimedia - interactivo.

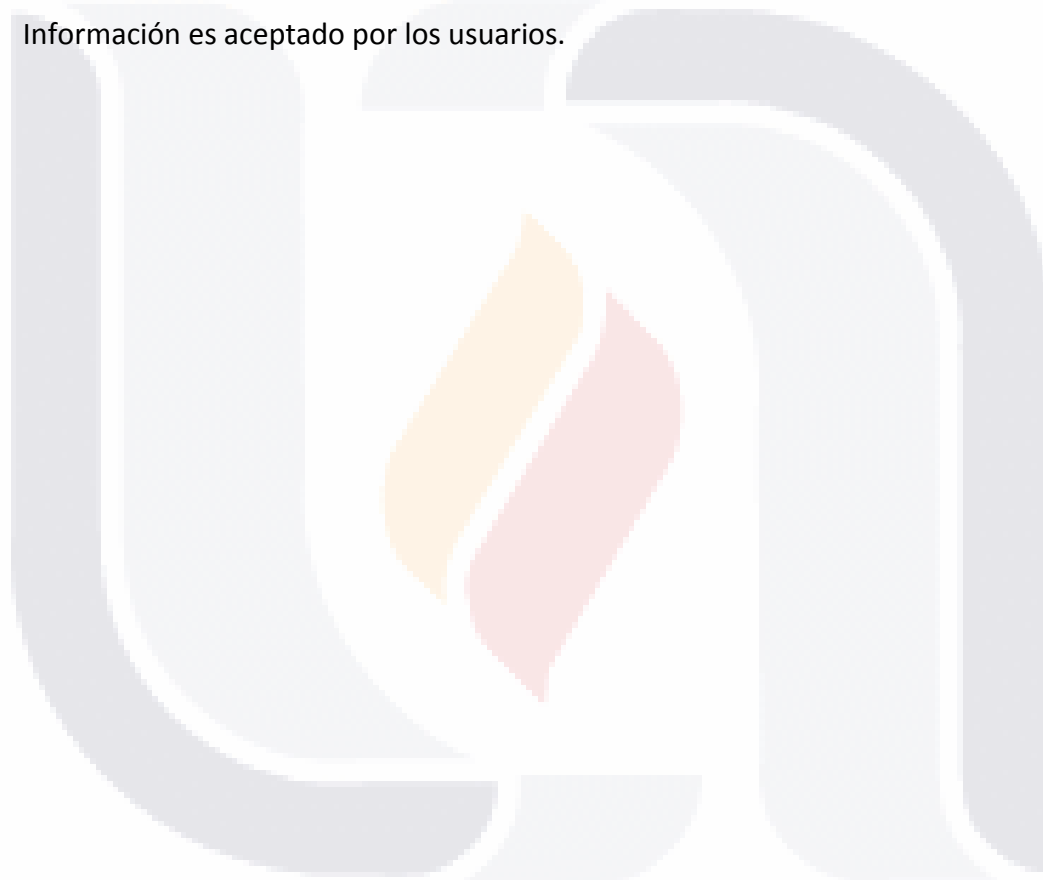
Meta-Requerimientos	Teoría Núcleo	Atributos
<p>Plantillas predeterminadas para cargar los contenidos de un tema en específico. Interacción continua, concentración de actividades, creación de nuevos procesos y mejorando los actuales. Hacer uso de metodologías de desarrollo ágil y emergente para creación de sistemas multimedia - interactivos.</p>	<p>UML</p>	<p>Diseñar diagramas de los requerimientos del sistema. El análisis y diseño orientado a objetos se adapta de manera adecuada a cualquier lenguaje de programación orientado a objetos. Permitir el desarrollo iterativo, la visualización, especificación y documentación de los modelos del sistema de software. Proveer un método sistemático de planeación para el prototipo.</p>
<p>Mantener una estrecha relación entre usuarios y desarrolladores. Creación de prototipos a través de sus diversas formas (dibujo, diseño).</p>	<p>Desarrollo de prototipos</p>	<p>Conocimiento de las etapas del ciclo de vida del desarrollo de sistemas. Construcción, desarrollo y refinamiento del sistema. Permitir revisiones periódicas aplicando innovaciones para detallar todas las partes del sistema y así completarlo con éxito. Recopilar datos específicos sobre los requerimientos de información de los usuarios, mediante la fase de diseño del producto.</p>
<p>Producción de herramientas innovadoras que permitan aplicar ideas nuevas. Incluir interfases fáciles de usar, así como contener comentarios o ayuda en línea que guíe al usuario en cada momento. Evaluación continua del uso del sistema. Controlar y procesar la información personal del usuario. Organizar el diseño alrededor de las actividades informales y no estructuradas.</p>	<p>Teoría de Diseño de Sistemas Multimedia Interactivo</p>	<p>Definir el diseño de la interfase, mapa de navegación, y diseño del prototipo. Identificar requerimientos funcionales, metáforas y paradigmas. Organizar los contenidos que serán presentados en el sistema.</p>

**Tabla 9. Método de Diseño del Proceso de un SMI**

### 3.3.3 Hipótesis del Diseño del Proceso

Las hipótesis del diseño del proceso se utilizan para probar si el método da como resultado el diseño de un artefacto (herramienta de software) que cumpla con los elementos que menciona el método de diseño.

1. Un sistema multimedia - interactivo construido con la Teoría de Diseño de Sistemas de Información es aceptado por los usuarios.



**CAPÍTULO IV**

---

**DESARROLLO DEL SISTEMA MULTIMEDIA -  
INTERACTIVO**

CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL SISTEMA MULTIMEDIA -  
INTERACTIVO

## 4.1 Introducción

Como se ha mencionado la Teoría de Diseño de Sistemas de Información (Walls et al., 1992) proporciona una guía para el desarrollo de cualquier tipo de herramienta de software. En este capítulo se presenta la segunda fase del proceso de ésta investigación, la cual consiste en el desarrollo del Sistema Multimedia - Interactivo. Dicho desarrollo esta basado en la teoría de diseño de sistemas de información para un sistema multimedia - interactivo presentada en el Capítulo III.

## 4.2 Elementos de un Sistema Multimedia - interactivo

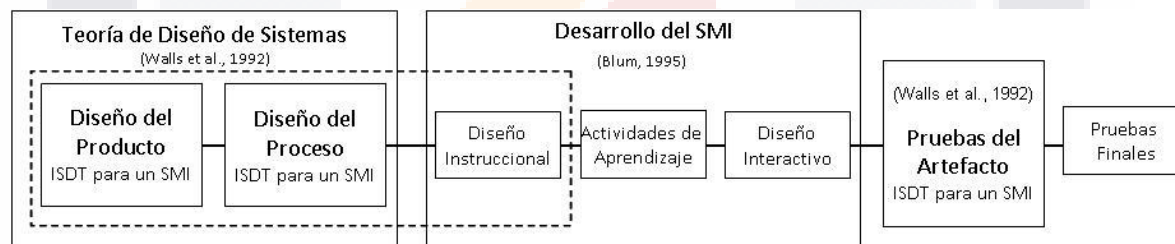
Según Marton (1996) la arquitectura de un sistema multimedia - interactivo se compone de cuatro conceptos:

1. Comunicación. Permite seleccionar y establecer las relaciones y organizar los lazos, algunos intercambios de interacción continua con retroalimentación entre el emisor y receptor, a partir de mensajes múltiples.
2. Semiótica. Es la base de la transmisión de los mensajes, permite seleccionar, organizar signos, códigos y símbolos con miras a significados precisos para la percepción de las representaciones transmitidas a través de los mensajes
3. Aprendizaje. Permite seleccionar y organizar las actividades y eventos con mensajes variados, a partir de principios, leyes y condiciones propuestas en las teorías existentes. Razón de toda comunicación de mensajes pedagógicos, es decir, de signos organizados.
4. Tecnología educativa. Permite analizar los problemas relacionados con los procesos de aprendizaje, formación y enseñanza. Este enfoque permite concebir, desarrollar y evaluar soluciones eficaces a esos problemas mediante el desarrollo y explotación de recursos educativos.

Marton (1996) menciona que para lograr un aprendizaje determinado, se deben seleccionar y organizar los elementos de la arquitectura de un sistema multimedia - interactivo, de manera sistemática y sistémica, de modo que lleven a una situación de comunicación, donde la interacción es el principio mismo del funcionamiento del sistema. Por lo que dichos elementos serán tomados en cuenta en el desarrollo del sistema multimedia - interactivo de este trabajo.

### 4.3 Modelo de Desarrollo de un Sistema Multimedia - Interactivo

La Figura 11 presenta el modelo de desarrollo del SMI, el cual es una adaptación de la Teoría de Diseño de Sistemas (Walls et al., 1992) y la Teoría de Diseño de Sistemas Multimedia (Blum, 1995).



**Figura 11. Modelo de Desarrollo de un Sistema Multimedia - interactivo**

El modelo de desarrollo de un SMI se compone de cinco fases principales: diseño del producto, diseño del proceso, desarrollo del SMI, pruebas del artefacto y las pruebas finales.

La primera fase, Diseño del Producto (Walls et al., 1992) es parte de la teoría de diseño de sistemas de información para un sistema multimedia - interactivo, misma que ya ha sido desarrollada en el presente documento (ver Sección 3.2).

La segunda fase, Diseño del Proceso (Walls et al., 1992), ya ha sido desarrollada (ver Sección 3.3), y también forma parte de la teoría de diseño de sistemas de información para un sistema multimedia - interactivo.

La tercera fase, Desarrollo del Sistema Multimedia - Interactivo (Blum, 1995), consistió en la construcción del artefacto de software, ésta fase es desarrollada a detalle en el presente Capítulo.

La cuarta fase, Pruebas del Artefacto, es otro de los elementos de la teoría de diseño de sistemas de información para un sistema multimedia - interactivo y se describe a detalle en el Capítulo V.

La quinta fase, Pruebas Finales, consistió en probar la Teoría de Diseño de Sistemas de Información desarrollada en el Capítulo III mediante el uso del Sistema Multimedia - Interactivo generado en este Capítulo, y de esta forma comprobar o rechazar las hipótesis del estudio.

#### **4.4 Desarrollo del Sistema Multimedia - Interactivo**

Para el desarrollo de sistemas multimedia interactivos se deben tomar en cuenta la atención dirigida al usuario y sus tareas, las mediciones empíricas y el diseño interactivo. Estos elementos representan una referencia importante de la ingeniería de usabilidad (Heum, 1999). Si bien el diseño de un programa es importante, el diseño del material educativo y el diseño de la interfase de usuario son los aspectos más importantes con que debe contar un sistema (Blum, 1995).

En el desarrollo de un sistema multimedia interactivo, es necesario analizar todos los elementos que lo conforman, tales como la estructura, interactividad, texto, imágenes,

animación y sonido del sistema, entre otros, que, aunque son desarrollados por separado, deben ser integrados en un todo (Vaughan, 2008).

A diferencia de otros modelos que se centran en los aspectos técnicos del desarrollo de un sistema multimedia, el proceso de desarrollo de Blum (1995) se enfoca en el diseño instruccional, en las actividades de aprendizaje y en el diseño interactivo, de forma tal, que éstos son los elementos que desarrollamos para la creación de la herramienta multimedia.

#### **4.4.1 Diseño Instruccional**

Una vez, que se concluyó el Diseño del Producto (ver Sección 3.2), donde se definió la estructura general, así como una especificación completa del sistema multimedia, y se detectaron los requerimientos y servicios del sistema, se comienza a tomar decisiones concretas sobre el material educativo, en el que se debe considerar todos los elementos que permitirán dar una solución a las necesidades de los estudiantes (detectadas en la literatura).

Según Blum (1995) el producto de esta etapa esta formado por los siguientes elementos:

##### **A) Decisiones de contenido**

El contenido del material educativo esta enfocado a la asignatura de Estructura de Datos del programa de estudio de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (Anexo B). El objetivo del material educativo consiste en una actividad de aprendizaje que es ayudar a los estudiantes a adquirir conocimientos teóricos y prácticos acerca del tema árboles binarios.

## **B) Metas Educativas**

Las metas educativas reflejan las intenciones básicas del material educativo y aquellos elementos que se busca que el estudiante aprenda (Blum, 1995; Felder et al., 1996; Kamal et al., 2002). Para el desarrollo del material educativo se tomaron en cuenta diversos aspectos:

- Los contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) que han de trabajar los alumnos fueron descompuestos en unidades mínimas de presentación, organización y jerarquización en función de su lógica interna y de los objetivos que deben alcanzar. Se consideraron contenidos textuales y audiovisuales. Esta organización determinará la estructura modular y la secuenciación de las actividades, además deberá facilitar a los alumnos un aprendizaje significativo y permitir diferentes formas de adquisición de la información.
- La organización de los contenidos se realizó desde los aspectos más fáciles y concretos hasta los más complejos y abstractos, de los elementos conocidos por los alumnos a los que les son desconocidos, de las presentaciones globales o sintéticas a las visiones analíticas y de los que requieren el uso de habilidades globales a los que implican el uso de habilidades específicas.
- Se contemplaron niveles de dificultad, para facilitar que el alumno escoja el nivel que le interesa y posibilitar que el programa se adapte al nivel de los usuarios.
- Se representaron ejemplos por medio de gráficos, textos, audio y animaciones.



### **C) Objetivos de Aprendizaje**

Los objetivos de aprendizaje que el estudiante cubrirá al hacer uso del material educativo son los siguientes:

1. Conocer que son las estructuras de datos de árboles binarios, su concepto y operaciones que se pueden realizar sobre ellos.
2. Conocer las operaciones básicas en árboles binarios, como son la inserción, eliminación y recorrido.
3. Clarificar el concepto de recursividad por medio de las operaciones de inserción, eliminación y recorrido con los árboles binarios.
4. Aprender a optimizar el manejo de los datos mediante las operaciones de recorrido en árboles binarios.

### **D) Modelo Cognitivo**

Los estudiantes desarrollan modelos como resultado de sus experiencias y los utilizan para almacenar información y conocimiento, de tal forma que el modelo cognoscitivo del sistema se basa en tres teorías mencionadas en la literatura previa: teoría cognitiva (Cruz, 1986; Locatis, 2001; Medsker et al., 2002; Morris, 1975; Pozo, 2006), teoría humanística, social y afectiva (Cruz, 1986; Locatis, 2001; Medsker et al., 2002; Morris, 1975; Pozo, 2006) y teoría de codificación dual (J. Clark et al., 1991).

La Tabla 10 muestra el conjunto de elementos que se consideraron en el sistema multimedia - interactivo para lograr la creación de un modelo cognitivo en el estudiante:

Información de tipo introductorio y contextual de lo que se aprenderá.
Organizaciones retóricas de un discurso oral o escrito, que influyen en su comprensión y recuerdo.
Preguntas insertadas en texto y animaciones.
Representación gráfica de conceptos, proposiciones y explicaciones.
Representación visual de los conceptos, objetos o situaciones mediante dibujos, sonidos y animaciones.
Señalamientos en texto y animaciones para enfatizar y organizar elementos relevantes del contenido por aprender.
Síntesis y abstracción de la información relevante haciendo énfasis en conceptos y términos importantes.

**Tabla 10. Elementos del Modelo Cognitivo de un SMI**

#### **4.4.2 Actividades de aprendizaje**

Las actividades de aprendizaje son todas aquellas tareas que el alumno debe realizar con el sistema multimedia - interactivo, para llevar a cabo su proceso de enseñanza - aprendizaje.

Las actividades que se incluyeron en el sistema multimedia - interactivo son las siguientes:

- Actividades prácticas.
- Resolución de problemas mediante la practica.
- Navegación entre los materiales.
- Juegos de simulación.
- Recuperación de conocimientos previos.
- Motivación.
- Evaluación.

### 4.4.3 Diseño interactivo

Una vez que se han definido los aspectos educativos y de contenido del sistema multimedia - interactivo, se diseña el ambiente en el que el usuario podrá interactuar con los contenidos. El producto final de esta fase son los siguientes elementos:

#### A) Requerimientos Funcionales

Estos requerimientos fueron cubiertos con el desarrollo del ISDT para un sistema multimedia - interactivo en el Capítulo III.

#### B) Metáforas y Paradigmas

El objetivo del uso de metáforas consiste en ofrecer al usuario una mejor comprensión del medio de comunicación o información, una terminología para pensar y actuar sobre los elementos y procedimientos de un determinado sistema (Bagui, 1998).

El conjunto de metáforas que se desarrollaron para el sistema multimedia - interactivo son las siguientes:

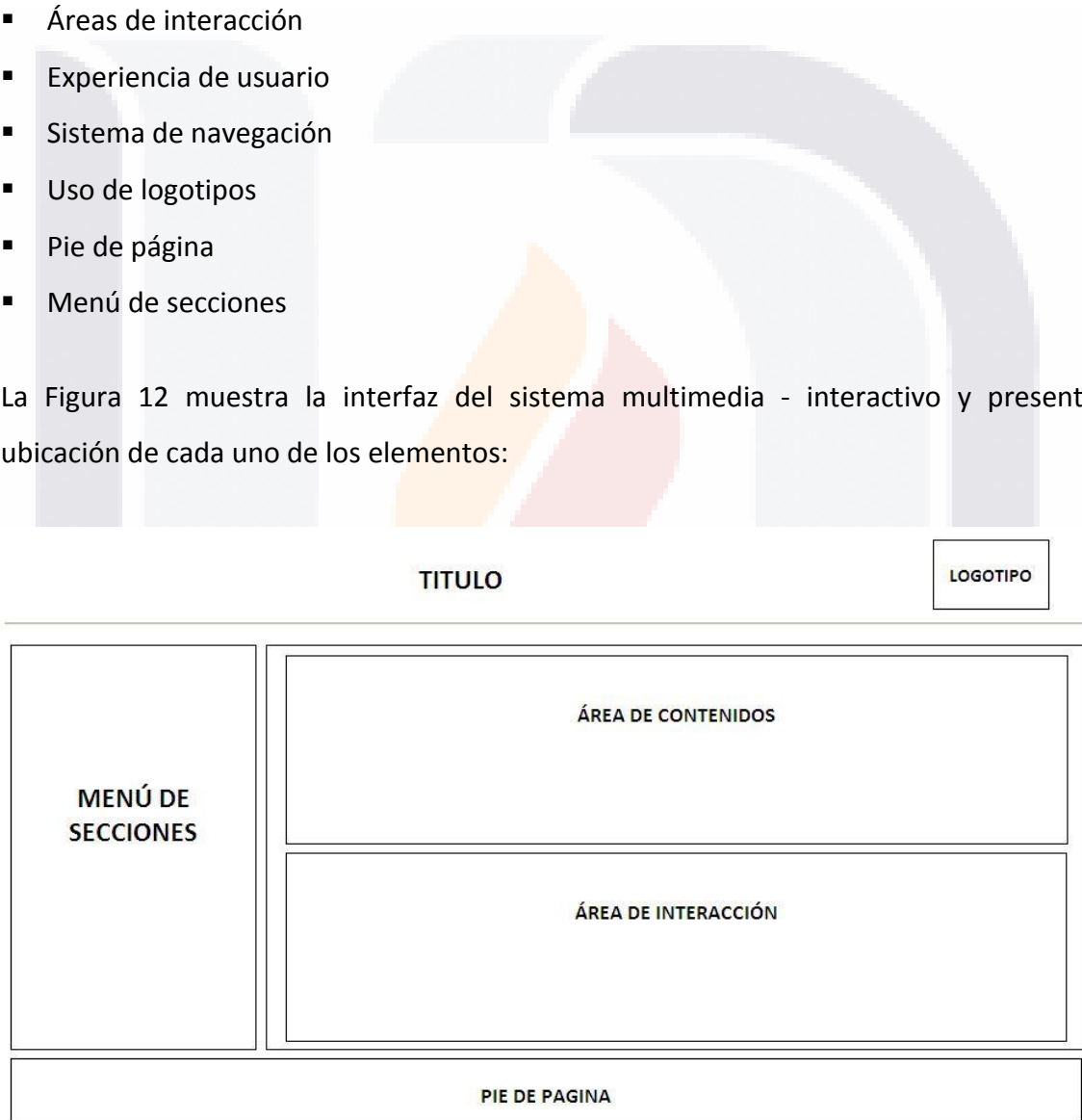
- Factores de estilo que impactan en la entrega del mensaje (material educativo), por lo que fueron tomados en cuenta aspectos de estilo de texto (tipo, tamaño, color)
- Herramientas que permiten que el usuario realice sus propios ejercicios y obtenga resultados de sus actividades.
- Registros de sonido y narraciones para acompañar al texto e imágenes tanto estáticas como en movimiento.
- Simulación para la inserción, recorrido y eliminación de nodos en árboles binarios.
- Una estructura jerárquica relativamente superficial, con cruces de referencias dentro de un par de niveles de granularidad.

**C) Diseño de Interfases**

La interfaz permite que el usuario acceda a la información que ofrece el sistema y, además, que realice las actividades de aprendizaje. Los elementos más relevantes a tener en consideración son los siguientes (Chile, 2004; Sommerville, 2001):

- Áreas de contenidos
- Áreas de interacción
- Experiencia de usuario
- Sistema de navegación
- Uso de logotipos
- Pie de página
- Menú de secciones

La Figura 12 muestra la interfaz del sistema multimedia - interactivo y presenta la ubicación de cada uno de los elementos:



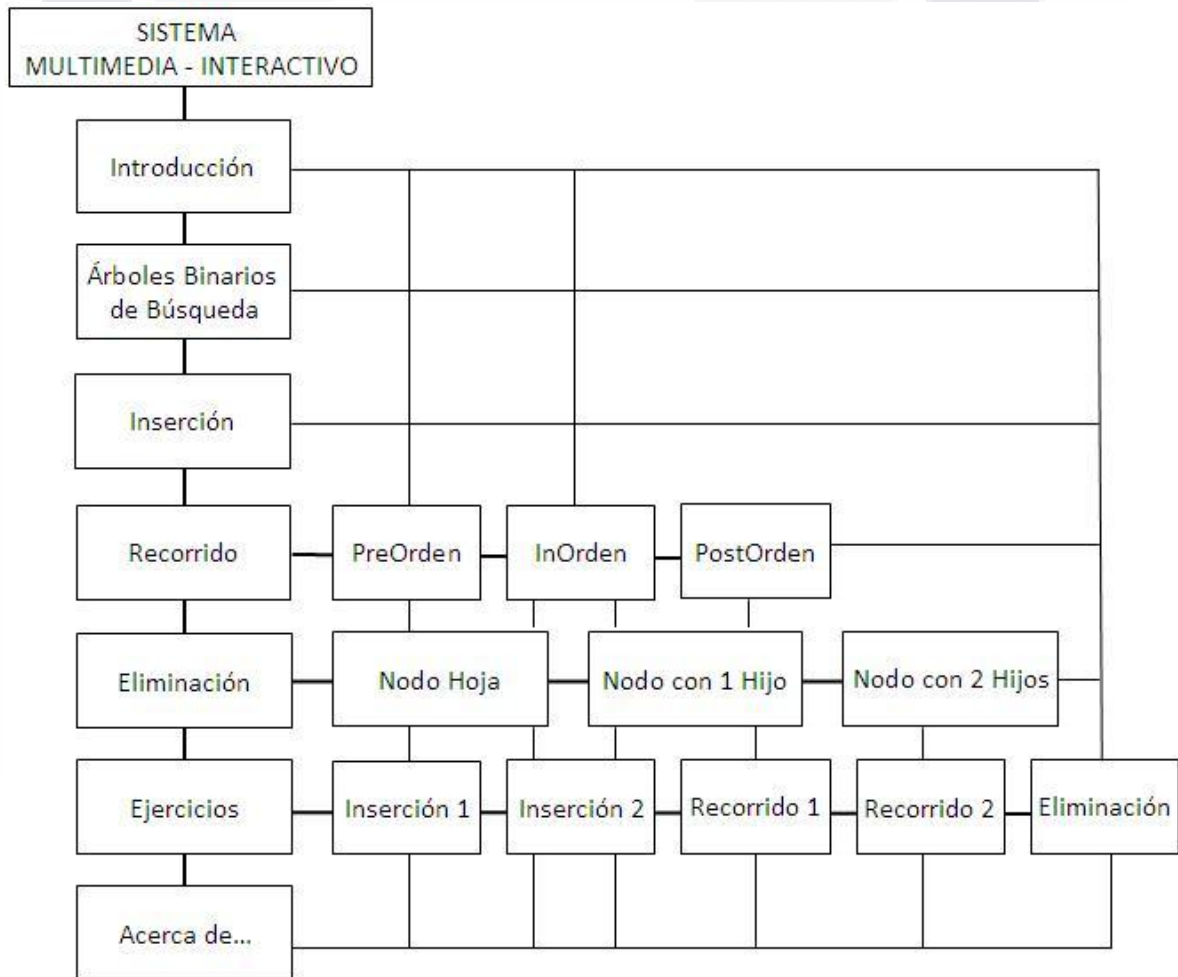
**Figura 12. Interfaz del Sistema Multimedia - interactivo**

**D) Manejo**

Una vez se han definido los requerimientos funcionales, las metáforas o paradigmas y la interfaz a utilizar, se debe especificar el manejo que tendrá la herramienta, de tal forma que su manejo será mediante el uso del Mouse.

**E) Mapas de Navegación**

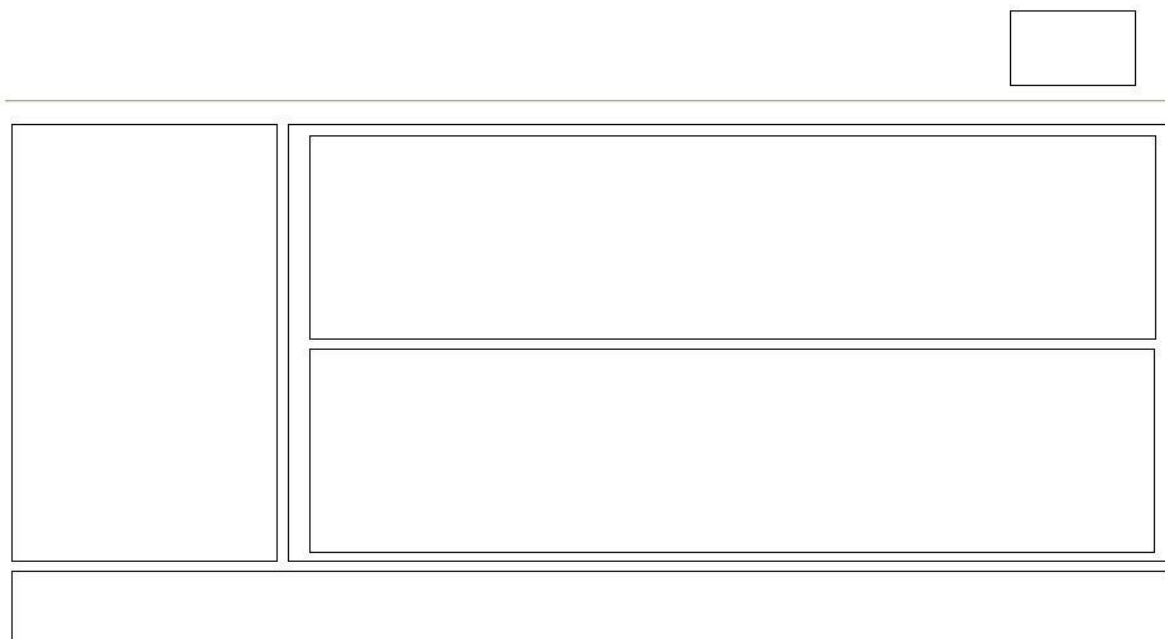
La Figura 13 muestra el mapa de navegación del sistema multimedia - interactivo que consiste en un esquema donde se incluyen todos los elementos, pantallas y rutas posibles de interacción con el material.



**Figura 13. Mapa de Navegación del Sistema Multimedia - interactivo**

**F) Pantallas de Esquema**

La Figura 14 muestra la pantalla de esquema del sistema multimedia – interactivo. La pantalla representa el sistema en su totalidad, ya que cada página que se desarrollo utiliza el mismo esquema, y la única diferencia son los contenidos.



**Figura 14. Pantalla de Esquema del Sistema Multimedia - interactivo**

**G) Construcción del Prototipo del SMI**

Para el desarrollo del prototipo del sistema multimedia - interactivo se tomaron en cuenta los datos de las fases de diseño del producto y diseño del proceso del ISDT para un sistema multimedia - interactivo que se definieron en el Capítulo III, y se hizo uso de la herramienta de software Adobe Master Collection Flash C3 para la producción y entrega de contenido interactivo.

Por medio de la herramienta de software Adobe Master Collection Flash C3 se realizaron los siguientes elementos para el prototipo del sistema:

- Animaciones de árboles binarios (inserción, recorridos y eliminación).
- Animación de textos (algoritmos que representan las operaciones que se pueden realizar en un árbol binario).
- Ejercicios interactivos sobre los temas de árboles binarios (con los cuales el participante puede practicar los conocimientos adquiridos).
- Se incluyeron imágenes digitalizadas y grabaciones de voz.
- Se diseñó un módulo especial que permite evaluar si el estudiante ha contestado de manera correcta los ejercicios.

Una vez desarrollado el prototipo del sistema multimedia - interactivo, se realizó un estudio piloto mediante el cual se llevaron a cabo diversas pruebas para asegurar el correcto funcionamiento de la herramienta y de ésta forma poder llevar a cabo la etapa final de nuestro estudio. El detalle del desarrollo del estudio piloto se presenta en el siguiente Capítulo.

**CAPÍTULO V**

---

**PRUEBAS DEL SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO**

CAPÍTULO V PRUEBAS DEL SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO





## **5.1 Introducción**

En este Capítulo se presenta un elemento más que conforma la teoría de diseño de sistemas de información para un sistema multimedia - interactivo, que consiste en el desarrollo de un estudio piloto mediante el cual se llevaron a cabo diversas pruebas al producto de software (prototipo del sistema multimedia interactivo) para asegurar la calidad y el correcto funcionamiento de la herramienta y de ésta forma poder realizar la etapa final del estudio que consiste en probar la teoría de diseño de sistemas creada y descrita previamente.

## **5.2 Estudio piloto**

Una vez que se construyó el prototipo del sistema multimedia - interactivo se procedió a su evaluación. Primero se evaluó la herramienta con expertos en el tema de estructura de datos y después se realizó una prueba de usabilidad con un grupo de estudiantes para evaluar la calidad del artefacto. Las pruebas se realizaron con la intención de verificar que la herramienta estaba lista para utilizarse en el experimento final de este trabajo.

### **5.2.1 Prueba con Expertos**

Se solicitó a dos profesores expertos en el área de estructura de datos que probaran el sistema. Es importante señalar, que el prototipo fue desarrollado como lo indica Walls et al. (1992) a través de prototipos incrementales.

Los profesores que evaluaron el prototipo han trabajado en la enseñanza de estructura de datos por más de 5 años consecutivos y tienen experiencia en diseño y desarrollo de sistemas de información.

Las pruebas se realizaron de manera individual, cada profesor trabajó con la herramienta y devolvió por escrito sus observaciones. Los nuevos requisitos, observaciones y recomendaciones proporcionadas por cada profesor fueron tomadas en cuenta, generando así una segunda versión del prototipo, la cual fue evaluada nuevamente, hasta ser liberada por los expertos.

Otra de las pruebas aplicadas para asegurar el correcto funcionamiento de la herramienta, fue la prueba de caja negra (Sommerville, 2001). Este tipo de pruebas no considera la codificación del sistema, ya que está enfocado en los requerimientos y funcionalidad del sistema. El objetivo de este tipo de pruebas es garantizar la calidad del producto desarrollado.

Las pruebas de caja negra se llevaron a cabo solicitando nuevamente a los profesores expertos verificaran el correcto funcionamiento de la herramienta, para esto fue necesario que los expertos verificaran un conjunto de elementos como, la interacción e integración adecuada de los componentes de la herramienta, verificar que todos los requisitos con que debe cumplir la herramienta se hayan implementado correctamente, identificar y asegurar que los defectos encontrados se han corregido antes de utilizar la herramienta para aplicar las pruebas finales.

Después de diversos prototipos y diversas evaluaciones, se realizó una prueba de calidad con estudiantes para así generar el prototipo final.

### 5.2.2 Prueba de Calidad del Artefacto

Para verificar la calidad del artefacto se realizó una prueba de usabilidad. El término usabilidad, es un concepto clave de la interfaz hombre-máquina, tiene que ver con la fabricación de sistemas de información fáciles de aprender y fáciles de usar, a través de un proceso de diseño centrado en el usuario (Preece, Rogers et al., 2006).

Según la norma ISO (1998) la usabilidad de un sistema puede definirse como el grado de eficacia, eficiencia y satisfacción con la que usuarios específicos pueden lograr objetivos específicos, en contextos de uso específicos. Por lo que la prueba de usabilidad puede proporcionar un impacto significativo en el ciclo de desarrollo del prototipo, así como obtener datos que puedan orientar y/o mejorar la revisión del material de instrucción.

Una vez terminado el prototipo y adecuado con base a las recomendaciones de los expertos, se realizó la prueba de usabilidad. Dicha prueba se llevó a cabo con el fin de evaluar si los estudiantes serían capaces de utilizar la herramienta multimedia-interactiva de manera fácil.

El estudio piloto consistió en invitar a un grupo de 45 estudiantes, todos ellos del cuarto semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Solo 25 estudiantes accedieron a participar. Los participantes acudieron a un laboratorio de cómputo con equipos de iguales características y donde todos los equipos contaban con la herramienta multimedia instalada.

A los participantes se les solicitó que utilizaran la herramienta por un lapso de 1 hora. Entre las actividades que debían realizar con la herramienta se encontraban la lectura de cada uno de los apartados, navegación por cada uno de los links de la herramienta, contestar los ejercicios que se proporcionan, probar la animaciones, entre otros; de

manera que pudieran identificar aspectos como interacción y retroalimentación por parte de la herramienta, facilidad de comunicación, etc.

Después del tiempo señalado se les entregó un instrumento tipo encuesta que contaba con seis reactivos cerrados, basados en las sugerencias de la literatura, así como en algunos puntos que menciona la literatura de Usabilidad y Calidad (Heum, 1999; Sangrá & González, 2002).

La encuesta estaba diseñada con una escala Likert y se evalúa mediante las variables “siempre”, “casi siempre”, “a veces”, “casi nunca” y “nunca”. Tales variables se procesaron con valores de 5 a 1, siendo 5 la variable “siempre” y 1 la variable “nunca”, donde los porcentajes se obtuvieron tomando en cuenta como valor máximo para cada respuesta, el factor resultante del número de participantes y el valor máximo de la escala de Likert (siempre = 5, casi siempre = 4, a veces = 3, casi nunca = 2, nunca = 1).

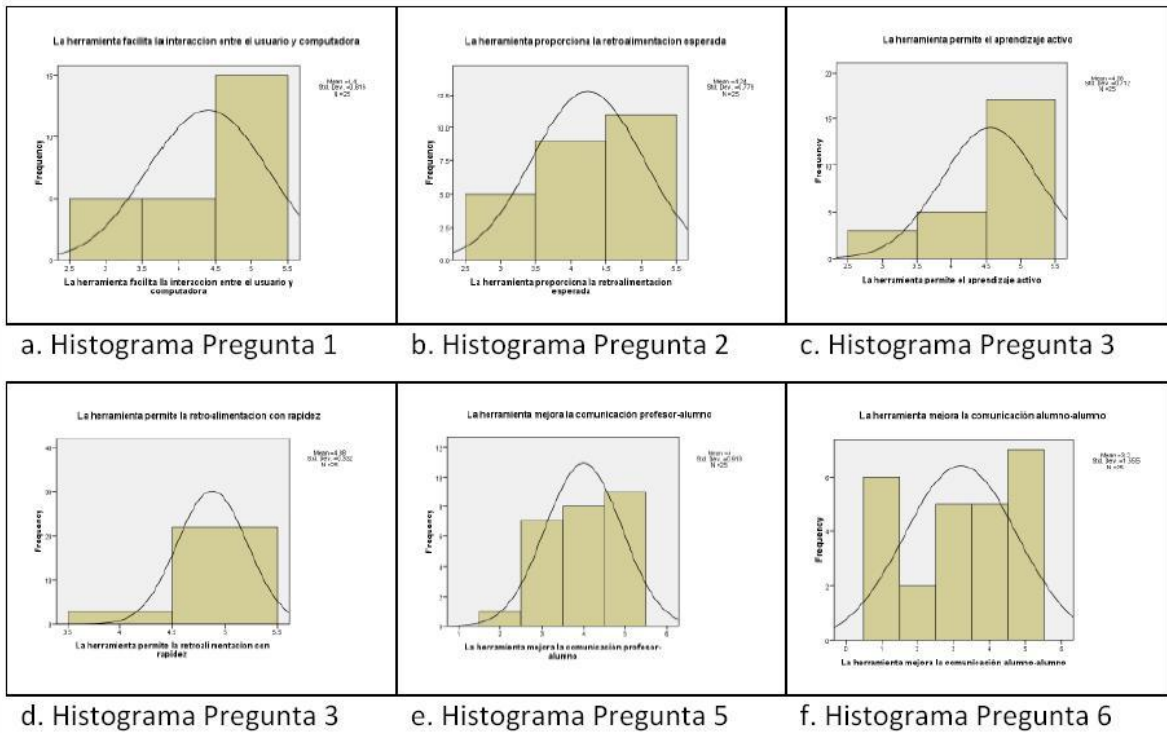
Los participantes se mostraron interesados en utilizar la herramienta y contestar la encuesta. Al finalizar, también se les solicito escribir sus comentarios sobre la herramienta multimedia interactiva y realizaron algunas observaciones como: los colores del marco superior son distractores, errores en los links de la pantalla principal y algunas imágenes carecían de movimiento. Los errores y observaciones proporcionados fueron tomados para realizar mejoras en el prototipo, mismas que se reflejan en la versión final de la herramienta.

Una vez aplicada la encuesta y recolectados los datos, se llevó a cabo el análisis estadístico de los mismos haciendo uso de una prueba de normalidad, misma que nos permitió evaluar aspectos de calidad sugeridos en la literatura previa (Heum, 1999; Sangrá et al., 2002).

La Tabla 11 muestra la estadística descriptiva de los resultados de la encuesta, donde podemos ver que la distribución de los datos es normal, lo que significa que los datos son homogéneos y que las preguntas de la encuesta son claras y fáciles de entender (Anexo C).

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Válidos	25	25	25	25	25	25
Faltantes	0	0	0	0	0	0
Media	4.40	4.24	4.56	4.88	4.00	3.20
Mediana	5.00	4.00	5.00	5.00	4.00	3.00
Moda	5	5	5	5	5	5
Des. Est.	.816	.779	.712	.332	.913	1.555
Varianza	.667	.607	.507	.110	.833	2.417
Fac. Asimetría	-.899	-.463	-1.359	-2.491	-.357	-.289
Err est. Fac Asim	.464	.464	.464	.464	.464	.464
Curtosis	-.852	-1.158	.525	4.563	-.949	-1.397
Error Est.Curtosis	.902	.902	.902	.902	.902	.902
Rango	2	2	2	1	3	4
Mínimo	3	3	3	4	2	1
Máximo	5	5	5	5	5	5
Suma	110	106	114	122	100	80

**Tabla 11. Estadísticos Descriptivos de la Encuesta de Calidad**



**Figura 15. Histogramas de la Encuestas de Calidad**



La Figura 15 muestra los histogramas para cada pregunta que evaluó la encuesta de calidad. Los resultados de la prueba de calidad indican que la herramienta satisface cada uno de los aspectos de calidad mínimos sugeridos por la literatura (Heum, 1999; Sangrá et al., 2002), como la facilidad de interacción entre el usuario y computadora (Figura 15.a), uso de retroalimentación (Figura 15.b), aprendizaje activo (Figura 15.c), rapidez (Figura 15.d), comunicación alumno-profesor (Figura 15.e), comunicación alumno-alumno (Figura 15.f) requeridos para que pueda ser utilizada el sistema multimedia - interactivo sin problema alguno.

### **5.2.3 Prueba del Instrumento de Evaluación de Aprendizaje**

Por otra parte, en el estudio piloto también se llevó a cabo la validación de la herramienta que se utilizó para evaluar el aprendizaje de los participantes, una vez que reciban la instrucción por parte del profesor.

Se diseñó una herramienta tipo examen teórico/práctico (Anexo D) que cuenta con tres secciones. La primera sección del examen comprende datos generales para el estudio, como género, edad, conocimientos previos, tiempos. Estos datos solo sirven como referencia y no cuentan como parte de la evaluación del aprendizaje.

La segunda sección del examen consiste en la parte teórica, que está formada por cuatro reactivos de opción múltiple que evalúan aspectos sobre la teoría de árboles binarios. Cada reactivo se pondera con el valor de 10 puntos. De forma tal que la sección teórica tiene un valor de 40 puntos. La tercera y última sección del examen, consiste en la parte práctica, que está formada por seis reactivos que se evalúan mediante ejercicios sobre operaciones en árboles binarios. Cada reactivo se pondera con el valor de 10 puntos. De forma tal que la sección teórica tiene un valor de 60 puntos. La suma de la sección teórica y la sección práctica conforman 100 puntos que es la calificación máxima que puede tener cada participante.

Para que el instrumento de evaluación tipo examen pueda ser usado se verificó que fuera confiable, válido y objetivo (Hernandez Sampieri, 2006). La confiabilidad se probó aplicando la herramienta de forma repetida al mismo participante, bajo las mismas condiciones, y de esta manera se pudo verificar si se producían resultados iguales. La validez y objetividad se probaron asegurando que los contenidos a evaluar eran los sugeridos por la literatura (Cairó et al., 2006) y que no estaban influenciados o sesgados por las tendencias del investigador.

La evaluación de la herramienta tipo examen se llevo a cabo mediante un experimento, el que se probó con el mismo grupo de estudiantes que realizó la prueba de usabilidad de la herramienta multimedia-interactiva. La Tabla 12 muestra los resultados de la prueba de normalidad aplicada al instrumento.

N	Válidos	61
	Faltantes	0
	Media	4.892
	Mediana	5.766
	Moda	6.5
	Des. Est.	2.8936
	Varianza	-.239
	Fac. Asimetría	.306
	Err est. Fac Asim	-1.200
	Curtosis	.604
	Error Est. Curtosis	.0
	Rango	9.6

**Tabla 12. Datos Descriptivos de la Validación del Instrumento**



A los datos recopilados se les aplicó la prueba de normalidad para determinar si el instrumento estaba listo para ser aplicado en la siguiente etapa del experimento. La confiabilidad y validez del examen se midió a través de la obtención del coeficiente de varianza que permitió estimar la confiabilidad de la prueba a partir de una sola aplicación.

Una vez validados los instrumentos del estudio piloto se continuó con la siguiente etapa del estudio.



**CAPÍTULO VI**

---

**PRUEBA DE LA TEORIA DE DISEÑO DE SISTEMAS  
DE INFORMACION USANDO EL SITEMA  
MULTIMEDIA INTERACTIVO**

CAPÍTULO VI. PRUEBA DE LA TEORIA DE DISEÑO  
DE SISTEMAS DE INFORMACION USANDO EL SIST  
MULTIMEDIA INTERACTIVO

## **6.1 Introducción**

En este Capítulo se describe el diseño experimental que se siguió para probar el Sistema Multimedia Interactivo, de esta forma, probar las hipótesis de la presente investigación. Para probar la herramienta multimedia interactiva y determinar si el estudiante mejora su aprendizaje en temas complejos como son las estructuras de datos, se crearon tres grupos: el grupo de control (GC), el grupo páginas Web (GW) y el grupo multimedia interactivo (GMI).

## **6.2 Descripción del Experimento**

El estudio se llevó a cabo en la Universidad Autónoma de Aguascalientes, donde se invitó a participar a 73 estudiantes del programa educativo de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Se estableció como prerequisite para participar en el estudio, que el alumno tuviera aprobada la materia Programación y que contara con conocimientos en diversos temas de programación tales como, estructuras condicionales y de control, apuntadores y memoria dinámica y conocimientos básicos de las estructuras de datos como arreglos. Se tuvo una participación del 83.56% (61 estudiantes) en el estudio, el resto de los participantes no se incluyó por no cumplir con los prerequisites establecidos.

El perfil de estos estudiantes aseguró homogeneidad en sus conocimientos base, lo cual elimina el posible sesgo. Esto se aseguró verificando el kárdex de los alumnos que participaron en el estudio.

La Tabla 13 muestra la estadística descriptiva que confirma la homogeneidad de los participantes en el estudio.

		Género	Edad	Lógica Programación	Programación Estructurada	POO	Experiencia Lenguajes	Estructuras Datos
N	Validos	23	23	23	23	23	23	23
	Faltantes	0	0	0	0	0	0	0
	Media	1.74	20.57	1.00	1.00	1.00	1.04	1.00
	Error est. de la Media	.094	.164	.000	.000	.000	.043	.000
	Mediana	2.00	20.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Moda	2	20	1	1	1	1	1
	Desviación Estándar	.449	.788	.000	.000	.000	.209	.000
	Varianza	.202	.621	.000	.000	.000	.043	.000
	Factor asimetría	-1.167	1.599				4.796	
	Error est. factor asimetría	.481	.481	.481	.481	.481	.481	.481
	Curtosis	-.709	2.902				23.000	
	Error est. Curtosis	.935	.935	.935	.935	.935	.935	.935
	Rango	1	3	0	0	0	1	0
	Mínimo	1	20	1	1	1	1	1
	Máximo	2	23	1	1	1	2	1

**Tabla 13. Estadística Descriptiva de los Participantes en el Estudio**

La Tabla 14 muestra el género de los participantes en el estudio, donde podemos ver que para el GC el 25% estaba representado por el género femenino; 15.38% en el GW y 26% en el GMI. Por otra parte, para el GC el 75% lo conformaron participantes del género masculino; 84.62% en el GW y 74% en el GMI.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
GC	Femenino	3	25.0	25.0	25.0
	Masculino	9	75.0	75.0	100.0
	Total	12	100.0	100.0	
GW	Femenino	4	15.4	15.4	15.4
	Masculino	22	84.6	84.6	100.0
	Total	26	100.0	100.0	
GMI	Femenino	6	26.1	26.1	26.1
	Masculino	17	73.9	73.9	100.0
	Total	23	100.0	100.0	

**Tabla 14. Género de los Participantes**

La unidad de análisis de este trabajo es el tema de árboles binarios, el cual es visto en la materia de estructura de datos (Anexo E) que es parte de la currícula de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

### **6.2.1 Asignación de participantes**

La tecnología fue asignada de forma aleatoria sin reemplazo a cada grupo. Los grupos no fueron creados siguiendo ninguna estrategia, simplemente se tomaron los grupos de estudiantes ya existentes. La Institución cuenta con tres grupos de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales cursando la materia de estructura de datos, de tal forma que los grupos fueron seleccionados de manera directa. El GC le correspondió al grupo de 12 estudiantes; al GW al de 26 estudiantes; finalmente, el GMI correspondió al grupo de 23 estudiantes.

### **6.2.2 Tratamiento de Grupos**

Con el fin de evitar efectos debido a estilos de enseñanza, un solo profesor impartió el contenido de los materiales utilizados en los tres grupos. Además, se siguió exactamente con la misma secuencia de temas, por lo que se controlaron los posibles efectos relacionados con los materiales de estudio. Los tres grupos recibieron la instrucción en el mismo laboratorio de cómputo durante el mismo tiempo para evitar sesgos. Adicionalmente, se cuidó que el equipo de cómputo utilizado contara con iguales características, por lo que las diferencias tecnológicas también fueron controladas.

El GC recibió la instrucción de manera Tradicional haciendo uso de un documento en formato PDF (Anexo B) y un proyector. Este grupo tuvo que tomar sus notas y realizar los ejercicios en papel, además de tener que imaginar cómo funcionaban las estructuras de datos estudiadas ya que el material utilizado únicamente contaba con imágenes estáticas. Las dudas fueron resueltas por el profesor.

El GW recibió la instrucción haciendo uso de una página Web previamente diseñada para este estudio (Anexo F). En este caso, el profesor impartió la clase utilizando una página Web como apoyo. La página contenía la misma información que el material del GC, además, incluía imágenes con movimiento y el uso hipervínculos para navegar entre los contenidos. La página Web también incluía una sección de ejercicios por medio de la cual los estudiantes tenían la oportunidad de realizar prácticas. El profesor cumplió con el papel de guía. Cabe mencionar, que no fue necesario capacitar a los alumnos en el manejo de la página Web, ya que su uso era intuitivo y además los estudiantes estaban familiarizados con el uso y navegación en páginas Web.

El grupo GMI, recibió la instrucción haciendo uso del Sistema Multimedia - Interactivo (Anexo G) diseñado con la Teoría de Diseño de Sistemas de Walls et al. (1992), la cual contiene la misma información que el material del GC. En este caso, el profesor impartió la clase utilizando la herramienta como apoyo, el alumno tenía la libertad de avanzar a su ritmo, practicar y contestar ejercicios, tener retroalimentación por parte de la herramienta y analizar el funcionamiento de las estructuras de manera animada y con un audio que le explicaba el funcionamiento de cada estructura de datos. Al igual que con el GW, no fue necesario capacitar a los alumnos en el manejo de la herramienta, ya que fue diseñada y probada para asegurar su fácil uso y entendimiento.

Es importante señalar que tanto el diseño de la página Web como del SMI fueron similares, es decir, ambos contaban con la misma información y distribución de imágenes, texto, links, etc. Además, los grupos estaban cursando de manera simultánea la materia de estructura de datos, y no tuvieron contacto entre ellos durante el estudio, ya que están cursando la carga normal de sus materias en distintos turnos y además no se les informó de que otros grupos de estudiantes estaban participando en el estudio. Finalmente, al momento del estudio, se aseguró que los estudiantes no hubieran analizado el tema de árboles binarios.

## **6.3 Desarrollo del Experimento**

Para realizar el experimento, a cada grupo se le impartió una sesión de entrenamiento con duración de tres horas, donde el instructor se encargó de impartir el tema de aprendizaje, resolver dudas y guiar a los participantes en la solución de ejercicios. Los participantes de cada grupo hicieron uso de la tecnología que le fue asignada previamente. Al finalizar la sesión en cada grupo, para determinar si los participantes aprendieron el tema de estructura de datos (árboles binarios) los participantes contestaron el examen descrito en la Sección 5.2.3, mismo que se codificó para facilitar la recolección de datos.

### **6.3.1 Recolección de Datos y Análisis de Resultados**

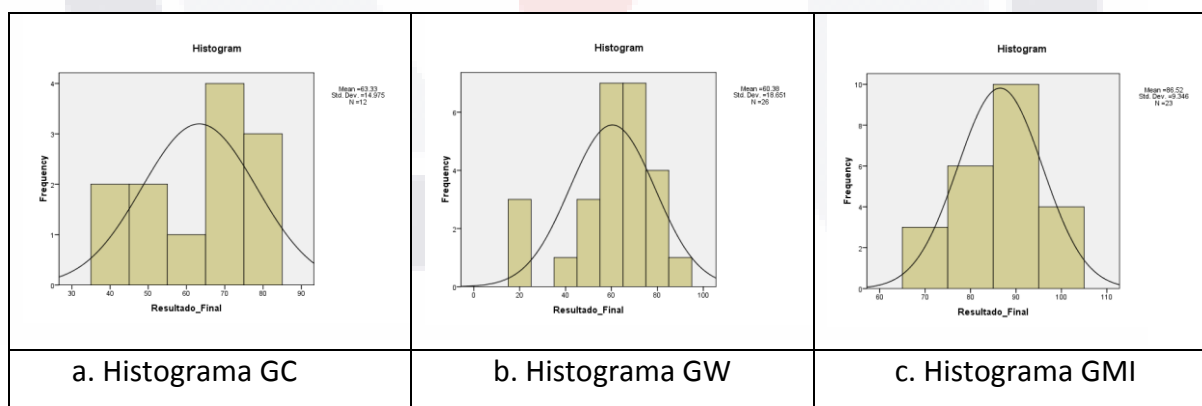
La Tabla 15 muestra la estadística descriptiva de los datos del examen final que fue aplicado a los estudiantes en cada uno de los tres grupos. La calificación del examen se calculó con base a 100 puntos. En la tabla se puede observar que en promedio los participantes del GC (63.33) y el GW (60.38) tuvieron un desempeño equivalente y no existe diferencia significativa entre ellos.

Ahora bien, al comparar dichos grupos con el GMI se puede observar que ambos tuvieron un desempeño significativamente menor. Existe una diferencia en el promedio de 23.19% y 26.14% respectivamente.

		N	Media	Desviación Estándar	Error Estándar	95% Intervalo de Confianza para la Media		Min	Max	Diferencia entre varianzas
						Lím. Inf.	Lím. Sup.			
GC		12	63.33	14.975	4.323	53.82	72.85	40	80	
GW		26	60.38	18.651	3.658	52.85	67.92	20	90	
GMI		23	86.52	9.346	1.949	82.48	90.56	70	100	
Total		61	70.82	19.261	2.466	65.89	75.75	20	100	
Modelo	Efectos fijos			15.020	1.923	66.97	74.67			
	Efectos aleatorios				9.221	31.14	110.49			224.334

**Tabla 15. Estadística Descriptiva del Examen Final**

A continuación se muestran los histogramas obtenidos del examen final de los tres grupos. Tanto el histograma del GC (Figura 16.a) como el del GW (Figura 16.b) tienen una distribución normal pero el GMI tiene un desempeño que notoriamente se ve sesgado hacia los valores superiores de la distribución (Figura 16.c). En este último, es el único grupo que no tuvo alumnos con calificación reprobatoria.



**Figura 16. Histogramas de los tres grupos**



Adicionalmente, se registró el tiempo utilizado para completar el examen para cada participante con el fin de analizar si existe correlación entre el tiempo y la calificación obtenida.

La Tabla 2 muestra los valores de correlación de los tres grupos de participantes (GC, -0.261; GW, -0.114; y GMI, 0.166). Por lo tanto, no existe correlación alguna entre la calificación obtenida y el tiempo utilizado para responder el examen.

		GC		GW		GMI	
		Tiempo Examen	Resultado Final	Tiempo Examen	Resultado Final	Tiempo Examen	Resultado Final
Tiempo Examen	Pearson Correlation	1.000	-.261	1.000	-.114	1.000	.166
	Sig. (2-tailed)		.413		.581		.449
	N	12	12	26	26	23	23
Resultado Final	Pearson Correlation	-.261	1.000	-.114	1.000	.166	1.000
	Sig. (2-tailed)	.413		.581		.449	
	N	12	12	26	26	23	23

**Tabla 16. Análisis de Correlación Tiempo vs. Calificación**

Antes de verificar si existen diferencias entre los resultados de los tres grupos, se realizó la prueba de Levene, mediante la cual se comprobó si existían diferencias entre las varianzas de los grupos, ya que de cumplirse o no esta condición dependerá la comparación de los resultados de los grupos y así poder determinar cuál de los tres grupos obtuvo mejores resultados.

La Tabla 17 muestra los resultados de la prueba de homogeneidad donde se puede ver que los tres grupos son homogéneos (sig = 0.085).

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.574	2	58	.085

**Tabla 17. Prueba de Homogeneidad de los Grupos**

Con el fin de identificar si existen diferencias en el desempeño se llevó a cabo la prueba ANOVA con los tres grupos. Los resultados muestran que el método de entrenamiento genera una diferencia significativa en el desempeño de los participantes ( $p < 0.001$ ) (Tabla 18). Por lo tanto, el método de entrenamiento utilizado es importante y dependiendo del tipo de instrucción (tradicional, Web, multimedia) los resultados de aprendizaje en cada grupo son diferentes.

	Suma Cuadrados	dif	Media Cuadrados	F	Sig.
Entre Grupos	9174.457	2	4587.228	20.334	.000
Dentro Grupos	13084.560	58	225.596		
Total	22259.016	60			

**Tabla 18. Prueba ANOVA de los Grupos**

Una vez verificada la homogeneidad de los grupos y el aseguramiento de que existen diferencias entre los grupos (aprendizaje), se llevó a cabo pruebas posteriores para verificar cual de los tres grupos obtuvo mejor aprendizaje.

La Tabla 19 muestra los resultados obtenidos después de comparar los tres grupos. En dicha tabla podemos ver como entre el GC y el GW no existe diferencia significativa (LSD  $p < 0.576$ , Dunnet  $p < 0.936$ , Games-Howell  $p < 0.862$ ), por lo tanto, ambos grupos tienen un desempeño similar. Al analizar el GMI contra los otros dos grupos, se observa que existe diferencia significativa con ambos grupos ( $p < 0.001$ ). Además, se estimó que existe una diferencia en las medias de al menos un 23%. Por lo tanto, los participantes del grupo GMI tienen en promedio un desempeño superior con respecto a los participantes de los otros grupos.

	(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de Medias (I-J)	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de Confianza	
						Limite Inferior	Limite Superior
LSD	Tradicional	Página Web	2.949	5.242	.576	-7.54	13.44
		Multimedia Interactivo	-23.188*	5.349	.000	-33.89	-12.48
	Página Web	Tradicional	-2.949	5.242	.576	-13.44	7.54
		Multimedia Interactivo	-26.137*	4.299	.000	-34.74	-17.53
	Multimedia Interactivo	Tradicional	23.188*	5.349	.000	12.48	33.89
		Página Web	26.137*	4.299	.000	17.53	34.74
Dunnett T3	Tradicional	Página Web	2.949	5.663	.936	-11.44	17.34
		Multimedia Interactivo	-23.188*	4.742	.001	-35.79	-10.59
	Página Web	Tradicional	-2.949	5.663	.936	-17.34	11.44
		Multimedia Interactivo	-26.137*	4.144	.000	-36.47	-15.80
	Multimedia Interactivo	Tradicional	23.188*	4.742	.001	10.59	35.79
		Página Web	26.137*	4.144	.000	15.80	36.47
Games-Howell	Tradicional	Página Web	2.949	5.663	.862	-11.11	17.01
		Multimedia Interactivo	-23.188*	4.742	.000	-35.45	-10.92
	Página Web	Tradicional	-2.949	5.663	.862	-17.01	11.11
		Multimedia Interactivo	-26.137*	4.144	.000	-36.25	-16.03
	Multimedia Interactivo	Tradicional	23.188*	4.742	.000	10.92	35.45
		Página Web	26.137*	4.144	.000	16.03	36.25
Dunnett t (2-sided)a	Tradicional	Multimedia Interactivo	-23.188*	5.349	.000	-35.36	-11.02
	Página Web	Multimedia Interactivo	-26.137*	4.299	.000	-35.92	-16.35

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

a. Dunnett t-tests maneja un grupo de control y lo compara contra los demás grupos

**Tabla 19. Pruebas Post Hoc a los Grupos**

Por último, cabe mencionar que gracias a las pruebas posteriores es posible aceptar las hipótesis de éste estudio.

**CONCLUSIONES**



## Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones de la presente investigación, así como la importancia del estudio para la práctica y para la ciencia. Además, se describen las limitaciones del estudio y se presentan las consideraciones para trabajos futuros.

El trabajo de esta tesis doctoral se enfocó en el diseño y desarrollo de una Teoría de Diseño de Sistemas de Información para un Sistema Multimedia Interactivo. La teoría de diseño fue desarrollada a detalle y probada empíricamente mediante el uso y evaluación del artefacto de software generado según lo sugiere la ingeniería de software. Los resultados permiten demostrar que un sistema multimedia interactivo desarrollado con la teoría de diseño de sistemas, mejora el aprendizaje en temas complejos como son las estructuras de datos.

### **Aportaciones para la Práctica**

El campo de la educación y la multimedia se pueden ver beneficiados con este tipo de estudios, y con la creación de herramientas específicamente diseñadas para la enseñanza de un tema en especial, ya que los sistemas multimedia que están enfocados a un tema en específico pueden servir como medios de apoyo para los métodos de enseñanza - aprendizaje tradicional. Estudios pasados (Longreira et al., 2000; J. Martínez, 2008; Tucker et al., 1999) así como el presente, han demostrado que este tipo de herramientas ayudan grandemente a que los estudiantes obtengan mejores resultados en sus clases. Además, consideramos que los maestros también se verán grandemente beneficiados al usar tecnología como una herramienta más de apoyo, para trabajar en un ambiente más versátil así como atractivo para los estudiantes. En consecuencia, se recomienda ampliamente desarrollar este tipo de herramientas para enseñar temas complejos y así optimizar el esfuerzo de los participantes en el proceso enseñanza - aprendizaje.

Una de las aportaciones para el área práctica es el diseño una nueva clase de artefactos: la ISDT para un SMI, la cual proporciona un conjunto de características (validadas) mediante las cuales es posible crear un sistema multimedia interactivos. Además, es posible utilizar la ISDT desarrollada en esta investigación como guía para el desarrollo de nuevos tipos de sistemas que estén enfocados a temas específicos de aplicación.

Es importante mencionar que la ISDT para el SMI creada en esta tesis no puede ser utilizada como una guía general para cualquier tipo de sistemas, ya que ésta únicamente permite la creación de herramientas multimedia interactivas.

Otra contribución a la práctica, es un proceso general para el desarrollo de sistemas especiales. Este proceso puede servir como una guía para desarrollar sistemas de información que se basan en la teoría, y no sólo en los requisitos de los usuarios.

Tanto la ISDT como el SMI pueden ser útiles para los profesionales de la tecnología educativa, que requieren marcos teóricos, metodologías y herramientas específicas para el diseño, desarrollo e innovación de la enseñanza. Además, el material de aprendizaje diseñado para el estudio, puede ser útil para profesores y alumnos que estén interesados en el estudio del tema de árboles binarios.

### **Aportaciones para la Ciencia**

Una de las aportaciones de este estudio al campo de la ciencia es la Teoría de Diseño de Sistemas de Información, la cual se generó a partir de un diverso conjunto de teorías núcleo, mismas que proporcionan las pautas para el desarrollo de un artefacto multimedia, que representa una nueva clase de sistemas para el área de enseñanza - aprendizaje.

Otra de las aportaciones, se encuentra en los resultados positivos que produce el uso de una teoría de diseño de sistemas de información al ser aplicada en el estudio de temas complejos. Además, el involucramiento de los usuarios finales en el desarrollo y pruebas de la herramienta, para que ésta quede diseñada de acuerdo a sus necesidades, es una aportación más al usar la teoría de diseño de sistemas de información.

### **Limitaciones del Estudio**

El estudio desarrollado tiene algunas limitaciones, mismas que se menciona a continuación:

El investigador no es un experto en el manejo de ISDT, lo que significa que podría haber ignorado algunas teorías núcleo, así como otros atributos que fueran necesarios de incluir en la investigación.

Con el avance acelerado en el campo de investigación, pueden existir nuevos estudios que incluyan una revisión de la literatura nueva y actualizada de teorías que podrían aplicarse al presente estudio y por lo tanto generar resultados diferentes.

Los expertos que probaron la herramienta multimedia pudieron haber omitido elementos importantes durante la evaluación del sistema multimedia - interactivo.

Las pruebas a la herramienta, pudieran tener resultados no satisfactorios si los participantes no estuvieran motivados a participar en la evaluación de la herramienta.

La herramienta multimedia diseñada únicamente es válida para la enseñanza de árboles binarios, y solo en este tema genera mejoras en el aprendizaje.

A pesar de que los resultados del estudio fueron positivos, las muestras de estudiantes de cada grupo podrían no ser representativas de la población de los estudiantes, por lo que los resultados podrían ser diferentes si el estudio se aplica con una muestra que si sea representativa. Por lo que los resultados obtenidos en esta investigación no pueden ser generalizados, es decir, solo tienen validez en un experimento con las características propias del aquí descrito.

Los participantes no fueron asignados de manera aleatoria a cada grupo del experimento, de manera tal que esto pudo afectar en los resultados finales. Además, los grupos no contaban con la misma cantidad de participantes, lo que también pudo afectar en los resultados.

Sólo un instructor se utilizó para los tres grupos con el fin de controlar las diferencias de la enseñanza. Sin embargo, existe la posibilidad de que el instructor, a pesar de tener el compromiso de ser neutral, pudiera estar involucrado con alguno de los grupos, lo que podría repercutir en los resultados. Finalmente, es importante mencionar que pueden existir diversos aspectos que no hayan sido detectados en la investigación, que estén afectando de manera positiva o negativa los resultados.

### **Trabajos Futuros**

Basándose en las limitaciones ya mencionadas, podrían considerarse los siguientes trabajos de investigación:

Se propone realizar un estudio con una muestra representativa de la población estudiantil de estructura de datos, para comprobar los resultados obtenidos en la presente investigación.



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Es ideal realizar un estudio longitudinal en el que se realicen evaluaciones de los conocimientos previos de los participantes antes, durante y después del estudio; y de esta forma, contar con mayor certeza al asegurar que se aprende más y mejor ayudándose con la herramienta multimedia.

Adicionalmente, se puede realizar un estudio en el cual se consideren los estilos de aprendizaje y se diseñe un sistema multimedia que pueda ser personalizable, para lo que se espera tener mejores resultados en el aprendizaje.

La ISDT diseñada en esta investigación permite generar sistemas que mejoran el aprendizaje de árboles binarios. Un nuevo estudio sería el desarrollar una herramienta genérica, que pueda ser aplicada para cualquier tipo de estructura de datos.

Se propone crear una ISDT que permita la personalización y la adaptación del artefacto, y de esta manera, adecuarlo a las necesidades del usuario.

### **Conclusión Final**

El presente trabajo se realizó en cinco fases, las cuales se concluyeron con éxito. Los resultados del estudio son satisfactorios ya que se logró diseñar una Teoría de Diseño de Sistemas de Información (fase 1 y fase 2), se creó el Sistema Multimedia Interactivo (fase 3), mismo que se probó para poder ser utilizado en la fase final del experimento (fase 4) y se probó el ISDT (fase 5) usando el sistema multimedia interactivo. Con los datos recolectados fue posible demostrar que un sistema multimedia interactivo desarrollado con la teoría de diseño de sistemas, mejora el aprendizaje en temas complejos como son las estructuras de datos, comparado con los resultados que muestran la enseñanza tradicional y la enseñanza mediante el uso de páginas Web.

Finalmente, invito a los investigadores e interesados en el área de desarrollo de sistemas, a hacer uso de la metodología de la investigación ISDT como un medio para la producción de software. Además, animo a los interesados a construir sistemas de enseñanza basados en la ISDT creada en este trabajo, misma que puede servir como punto de partida para el desarrollo de sistemas que aporten mejoras al proceso de enseñanza - aprendizaje de temas complejos.



**ANEXOS**

---



## Anexo A. Índices de Reprobación de la Materia Estructura de Datos

Tema: Árboles Binarios

Período: 2007

ESTRUCTURA DE DATOS 2007												
ID	NOMBRE	1er. Parcial		2o. Parcial		Ex. Final		Tareas		Proyecto		Final 100%
		Calif.	15%	Calif.	15%	Calif.	30%	Calif.	10%	Calif.	30%	
ID1	ALUMNO 1	8.0	1.2	6.9	1.0	6.0	1.8	9.7	1.0	6.6	2.0	7.0
ID2	ALUMNO 2	4.5	0.7	9.2	1.4	7.4	2.2	3.3	0.3	8.8	2.6	7.2
ID3	ALUMNO 3	6.0	0.9	7.0	1.1	4.9	1.5	3.5	0.4	6.0	1.8	5.6
ID4	ALUMNO 4	8.0	1.2	8.1	1.2	6.0	1.8	9.7	1.0	6.6	2.0	7.2
ID5	ALUMNO 5	8.0	1.2	8.9	1.3	9.0	2.7	9.9	1.0	9.1	2.7	9.0
ID6	ALUMNO 6	8.0	1.2	7.4	1.1	2.5	0.8	9.5	1.0	1.6	0.5	4.5
ID7	ALUMNO 7	5.0	0.8	8.7	1.3	3.7	1.1	3.0	0.3	7.2	2.2	5.6
ID8	ALUMNO 8	5.3	0.8	7.7	1.2	7.9	2.4	9.0	0.9	9.5	2.9	8.1
ID9	ALUMNO 9	1.3	0.2	6.3	0.9	7.4	2.2	0.0	0.0	6.0	1.8	5.2
ID10	ALUMNO 10	10.0	1.5	10.0	1.5	9.5	2.9	10.0	1.0	9.2	2.8	9.6
ID11	ALUMNO 11	6.0	0.9	8.0	1.2	3.2	1.0	1.9	0.2	6.4	1.9	5.2
ID12	ALUMNO 12	8.0	1.2	8.2	1.2	4.2	1.3	9.9	1.0	9.1	2.7	7.4
ID13	ALUMNO 13	7.0	1.1	8.2	1.2	6.0	1.8	9.9	1.0	4.8	1.4	6.5
ID14	ALUMNO 14	9.0	1.4	8.8	1.3	9.2	2.8	9.4	0.9	8.1	2.4	8.8
ID15	ALUMNO 15	8.0	1.2	6.5	1.0	3.5	1.1	0.0	0.0	8.7	2.6	5.8
ID16	ALUMNO 16	3.0	0.5	7.8	1.2	4.9	1.5	0.0	0.0	8.6	2.6	5.7
ID17	ALUMNO 17	10.0	1.5	8.0	1.2	7.4	2.2	9.5	1.0	8.1	2.4	8.3
ID18	ALUMNO 18	6.0	0.9	9.8	1.5	3.3	1.0	4.6	0.5	7.2	2.2	6.0
ID19	ALUMNO 19	6.5	1.0	8.3	1.2	8.0	2.4	1.9	0.2	8.9	2.7	7.5
ID20	ALUMNO 20	8.0	1.2	5.7	0.9	3.0	0.9	3.3	0.3	6.0	1.8	5.1
ID21	ALUMNO 21	8.0	1.2	9.4	1.4	8.8	2.6	9.6	1.0	9.0	2.7	8.9
ID22	ALUMNO 22	10.0	1.5	8.6	1.3	0.0	0.0	3.9	0.4	1.7	0.5	3.7
ID23	ALUMNO 23	8.5	1.3	9.2	1.4	9.0	2.7	9.3	0.9	9.1	2.7	9.0
ID24	ALUMNO 24	6.5	1.0	3.6	0.5	0.0	0.0	1.9	0.2	6.0	1.8	3.5
ID25	ALUMNO 25	0.1	0.0	6.0	0.9	7.2	2.2	5.9	0.6	8.3	2.5	6.2

Calificaciones de las Materias Impartidas por los Profesores Expertos

Tema: Árboles Binarios

Período: 2007

		ESTRUCTURA DE DATOS 2008											
ID	Alumno	1er. Parcial		2o. Parcial		Ex. Final		Tareas		Proyecto		CALIF FINAL	
		Calif.	15%	Calif	15%	Calif	30%	Calif	10%	Calif	30%		
ID1	ALUMNO 1	9.8	1.5	10.0	1.5	9.4	2.8	8.8	0.9	8.3	2.5	9.2	
ID2	ALUMNO 2	2.0	0.3	2.8	0.42	4.5	1.4	7.0	0.7	9.3	2.8	5.6	
ID3	ALUMNO 3	7.8	1.2	6.2	0.93	8.7	2.6	8.0	0.8	7.7	2.3	7.8	
ID4	ALUMNO 4	9.8	1.5	9.6	1.44	9.9	3.0	6.0	0.6	8.7	2.6	9.1	
ID5	ALUMNO 5	5.7	0.9	4.5	0.68	7.8	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	
ID6	ALUMNO 6	8.0	1.2	9.8	1.47	7.0	2.1	6.0	0.6	6.9	2.1	7.4	
ID7	ALUMNO 7	9.8	1.5	9.8	1.47	8.4	2.5	6.0	0.6	8.7	2.6	8.7	
ID8	ALUMNO 8	10.0	1.5	5.5	0.83	9.9	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	
ID9	ALUMNO 9	9.5	1.4	9.5	1.43	8.1	2.4	6.0	0.6	8.7	2.6	8.5	
ID10	ALUMNO 10	9.3	1.4	9.0	1.35	9.6	2.9	4.0	0.4	6.9	2.1	8.1	
ID11	ALUMNO 11	9.7	1.5	9.8	1.47	9.8	2.9	8.0	0.8	10.0	3.0	9.7	
ID12	ALUMNO 12	9.8	1.5	10.0	1.5	9.7	2.9	6.0	0.6	9.3	2.8	9.3	
ID13	ALUMNO 13	9.5	1.4	10.0	1.5	8.6	2.5	4.0	0.4	10.0	3.0	8.8	
ID14	ALUMNO 14	6.8	1.0	5.6	0.84	7.4	2.2	8.0	0.8	6.5	1.9	6.8	
ID15	ALUMNO 15	6.3	0.9	5.0	0.75	5.8	1.7	0.0	0.0	8.0	2.4	5.8	
ID16	ALUMNO 16	6.8	1.0	6.6	0.99	8.2	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	
ID17	ALUMNO 17	9.5	1.4	9.6	1.44	8.2	2.5	10.0	1.0	9.3	2.8	9.1	
ID18	ALUMNO 18	10.0	1.5	10.0	1.5	9.7	2.9	10.0	1.0	9.0	2.6	9.5	
ID19	ALUMNO 19	10.0	1.5	10.0	1.5	9.2	2.8	8.0	0.8	9.0	2.6	9.2	
ID20	ALUMNO 20	9.3	1.4	7.8	1.17	9.4	2.8	8.0	0.8	6.5	1.9	8.1	
ID21	ALUMNO 21	7.8	1.2	5.5	0.83	4.5	1.4	0.0	0.0	8.3	2.5	5.8	
ID22	ALUMNO 22	10.0	1.5	10.0	1.5	9.8	2.9	10.0	1.0	9.1	2.7	9.7	

Calificaciones de las Materias Impartidas por los Profesores Expertos



Tema: Árboles Binarios

Período: 2007

ESTRUCTURA DE DATOS 2009												
ID	NOMBRE	Parcial 1		Parcial 2		Final		Extra Final				Final
		Calif.	20%	Calif.	20%	Calif.	30%	vec	mat	prom	30%	100%
ID1	ALUMNO1	8.9	1.8	8.3	1.7	8.8	2.6	8.0	10.0	9.0	2.7	8.8
ID2	ALUMNO2	7.5	1.5	8.8	1.8	10	3	10.0	9.0	0.0	1.9	8.2
ID3	ALUMNO3	6.8	1.4	9.0	1.8	5.9	1.8	10.0	8.0	9.0	2.7	7.6
ID4	ALUMNO4	9.7	1.9	9.8	2	5.5	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
ID5	ALUMNO5	5.0	1.0	10.0	2.0	9.8	2.9	10.0	10.0	10.0	3.0	8.9
ID6	ALUMNO6	2.5	0.5	6.0	1.2	9.2	2.8	0.0	9.0	4.5	1.4	5.8
ID7	ALUMNO7	9.2	1.8	7.8	1.6	7.3	2.2	8.0	7.0	7.5	2.3	7.8
ID8	ALUMNO8	2.4	0.5	7.5	1.5	6.5	2	3.0	0.0	1.5	0.5	4.4
ID9	ALUMNO9	6.6	1.3	5.0	1.0	9.6	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2
ID10	ALUMNO10	9.8	2.0	7.0	1.4	7.6	2.3	10.0	10.0	10.0	3.0	8.6
ID11	ALUMNO11	5.5	1.1	9.0	1.8	5.1	1.5	8.0	0.0	4.0	1.2	5.6
ID12	ALUMNO12	5.3	1.1	4.6	0.9	3.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1
ID13	ALUMNO13	7.5	1.5	1.8	0.4	7.2	2.2	8.0	0.0	4.0	1.2	5.2
ID14	ALUMNO14	3.8	0.8	2.5	0.5	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
ID15	ALUMNO15	9.5	1.9	8.5	1.7	9.3	2.8	10.0	10.0	10.0	3.0	9.4
ID16	ALUMNO16	6.1	1.2	4.5	0.9	7.9	2.4	10.0	8.0	9.0	2.7	7.2
ID17	ALUMNO17	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ID18	ALUMNO18	0.0	0.0	10.0	2.0	10	3	10.0	0.0	5.0	1.5	6.5
ID19	ALUMNO19	9.4	1.9	9.8	2.0	8.1	2.4	8.0	0.0	4.0	1.2	7.5
ID20	ALUMNO20	6.8	1.4	5.3	1.1	6.6	2	8.0	9.0	8.5	2.6	7.0
ID21	ALUMNO21	3.5	0.7	9.8	2.0	9.6	2.9	8.0	9.0	8.5	2.6	8.1
ID22	ALUMNO22	1.8	0.4	5.0	1.0	2.5	0.8	0.0	7.0	3.5	1.1	3.2
ID23	ALUMNO23	9.5	1.9	8.5	1.7	9.5	2.9	10.0	10.0	10.0	3.0	9.5
ID24	ALUMNO24	7.8	1.6	8.3	1.7	9.6	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1
ID25	ALUMNO25	7.4	1.5	5.0	1.0	9.1	2.7	3.0	0.0	1.5	0.5	5.7
ID26	ALUMNO26	5.8	1.2	9.5	1.9	9.8	2.9	9.0	9.0	9.0	2.7	8.7
ID27	ALUMNO27	6.7	1.3	1.0	0.2	7.1	2.1	3.0	6.0	4.5	1.4	5.0

Calificaciones de las Materias Impartidas por los Profesores Expertos

## Anexo B. Material de Aprendizaje de Estructura de Datos

Referencia: (Cairó et al., 2006)

**MATERIAL DE APRENDIZAJE**  
**SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO**  
**Estudio Experimental – Material de Aprendizaje**  
**Tema: Árboles Binarios de Búsqueda**

```

graph TD
    67((67)) --> 43((43))
    67 --> 83((83))
    43 --> 22((22))
    43 --> 65((65))
    65 --> 56((56))
            
```

### ÁRBOL BINARIO.

Un árbol binario es una estructura de datos no lineal en la que cada nodo puede tener como máximo grado 2, es decir, sólo puede tener dos nodos hijos y sólo puede ser apuntado por un solo nodo, es decir, cada nodo sólo tendrá un padre. Los hijos suelen denominarse hijo a la izquierda e hijo a la derecha.

Una de las clasificaciones de los Árboles Binarios son los Árboles Binarios de Búsqueda, los cuales son una estructura de datos sobre la cual se pueden realizar operaciones de inserción, eliminación y recorrido.

### ÁRBOLES BINARIOS DE BÚSQUEDA (ABB).

Se define formalmente a los ABB de la siguiente forma: *Para todo nodo T del árbol se debe cumplir que todos los valores almacenados en el subárbol izquierdo de T sean menores o iguales a la información guardada en el nodo T. De forma similar, todos los valores almacenados en el subárbol derecho de T deben ser mayores o iguales a la información guardada en el nodo T.*

Es decir, un árbol será de búsqueda si todos sus nodos cumplen las siguientes condiciones:

1. Todos los nodos situados a la izquierda de un nodo T son menores o iguales que él.
2. Todos los nodos situados a la derecha de un nodo T son mayores que él.

Ejemplos:

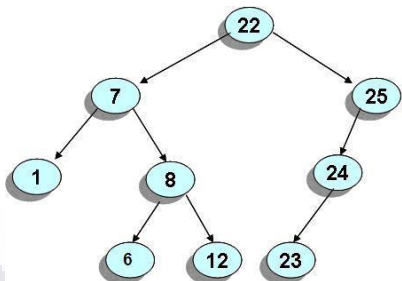


Figura 1. Árbol Binario de Búsqueda

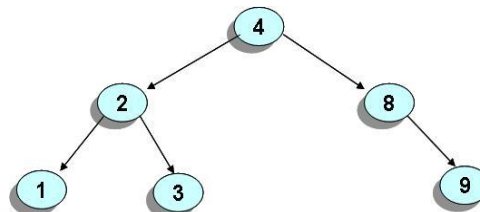


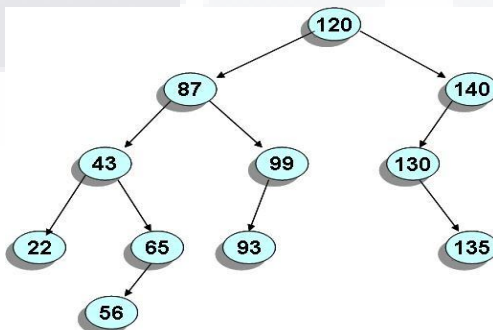
Figura 2. Árbol Binario de Búsqueda

### INSERCIÓN DE NODOS

El procedimiento de inserción de nodos en un árbol binario de búsqueda es muy sencillo. Para localizar el lugar adecuado del árbol donde insertar el nuevo nodo se realizan comparaciones entre los nodos del árbol y el elemento a insertar. El primer nodo que se compara es la raíz, si el nuevo nodo es menor que la raíz, la inserción prosigue por el nodo izquierdo de la raíz. Si el nuevo nodo fuese mayor, la inserción seguiría por el hijo derecho de la raíz.

Este procedimiento es recursivo, y su condición de parada es llegar a un nodo que no tenga hijo en la rama por la que la inserción debería seguir. En este caso el nuevo nodo se inserta en ese hueco, como su nuevo hijo.

Vamos a verlo con un ejemplo sobre el siguiente árbol:



El algoritmo para insertar nodos en un árbol binario de búsqueda es el siguiente:



```

inserción (nodo,infor)
si infor < nodo^.info entonces
    si nodo^.izq = null entonces
        crea(otro)
        otro^.izq ← null
        otro^.der ← null
        otro^.info ← infor
        nodo^.izq ← otro
    si no
        regresar a inserción con nodo^.izq e infor
/*fin del si*/
si no
    si infor > nodo^.info entonces
        si nodo^.der = null entonces
            crea(otro)
            otro^.izq ← null
            otro^.der ← null
            otro^.info ← infor
            nodo^.der ← otro
        si no
            regresar a inserción con nodo^.der e infor
        /*fin del si*/
    si no
        escribir "el nodo ya se encuentra en el árbol"
    /*fin del si*/
/*fin del si*/
/*fin de inserción*/

```

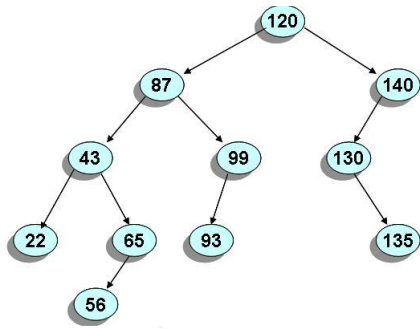
**Algoritmo 1. Inserción de Nodos en un Árbol Binario de Búsqueda**

En los Árboles Binarios de Búsqueda la operación de recorrido es muy eficiente y permite localizar elementos dentro de un árbol. El algoritmo compara el elemento a buscar con la raíz, si tiene un valor menor continúa la búsqueda por la rama izquierda, si el valor es mayor continúa por la derecha. Este procedimiento se realiza recursivamente hasta que se encuentra el nodo o hasta que se llega al final del árbol.

**RECORRIDO DE ÁRBOLES**

El recorrido se puede realizar de tres formas diferentes:

- A) Preorden: En este tipo de recorrido visita primero el nodo raíz, en seguida recorre el subárbol izquierdo y cuando termina recorre el subárbol derecho.



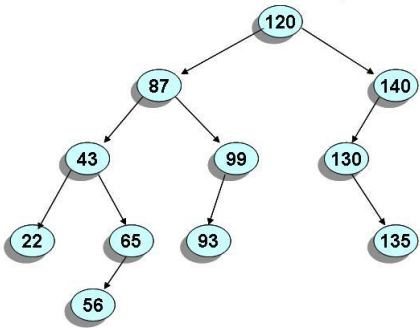
Resultado del recorrido: 120, 87, 43, 22, 65, 56, 99, 93, 140, 130, 135

**Figura 3. Recorrido en Preorden**

```
preorden (nodo)
si nodo <> null entonces
    visita el nodo
    llama preorden(nodo^.izq)
    llama preorden(nodo^.der)
/*fin del si*/
```

**Algoritmo 2. Recorrido Preorden (Raíz – Izquierda – Derecha)**

- B) Inorden: En este tipo de recorrido primero se visita el subárbol izquierdo, después la raíz y por último el subárbol derecho. Este recorrido da como resultado los valores de los nodos ordenados de manera ascendente.



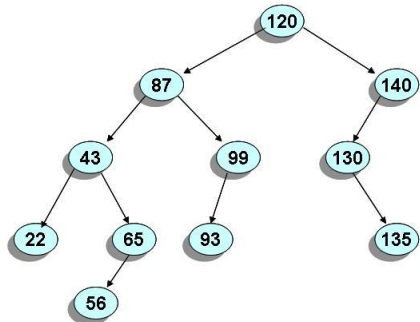
Resultado del recorrido: 22, 43, 56, 65, 87, 93, 99, 120, 130, 135, 140

**Figura 4. Recorrido en Inorden**

```
inorden (nodo)
si nodo <> null entonces
    llama inorden (nodo^.izq)
    visita el nodo
    llama inorden (nodo^.der)
fin si
```

**Algoritmo 3. Recorrido Inorden (Izquierda – Raíz - Derecha)**

- C) Post orden: En este tipo de recorrido primero se visita el subárbol izquierdo, después el subárbol derecho y por último el nodo raíz.



Resultado del recorrido: 22, 56, 65, 43, 93, 99, 87, 135, 130, 140, 120

**Figura 5. Recorrido en Post orden**

```
postorden (nodo)
si nodo <> null entonces
    llama postorden (nodo^.izq)
    llama postorden (nodo^.der)
    visita el nodo
/*fin del si*/
```

**Algoritmo 4. Recorrido Post orden (Izquierda – Derecha - Raíz)**

### ELIMINACIÓN DE NODOS

El borrado en árboles binarios de búsqueda es una operación un poco más compleja que la inserción. Esta consiste en eliminar un nodo sin violar los principios que definen un árbol binario de búsqueda. Se deben distinguir los siguientes casos:

A) Si el elemento a eliminar es un nodo terminal u hoja, simplemente se suprime.

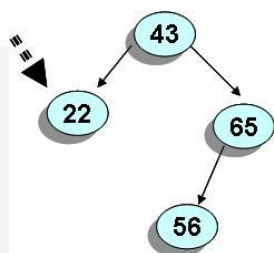


Figura 6. Eliminación del nodo 22

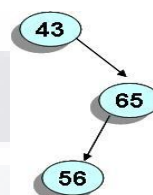


Figura 7. Árbol resultante después de eliminar el nodo 22

B) Si el elemento a eliminar tiene un solo descendiente, entonces ese nodo tiene que sustituirse por ese descendiente, es decir, hacemos una especie de *punte*, el padre del nodo a borrar pasa a apuntar al hijo del nodo borrado.

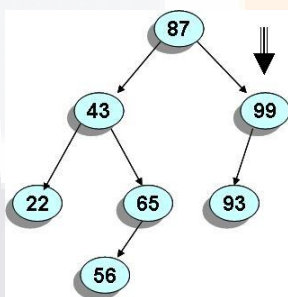


Figura 8. Eliminación del nodo 99

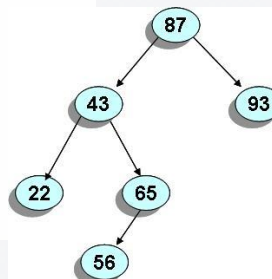


Figura 9. Árbol resultante después de eliminar el nodo 99

C) Por último, si el elemento a eliminar tiene dos descendientes, entonces se tiene que sustituir por el nodo que se encuentra más a la izquierda en el subárbol derecho o por el nodo que se encuentra más a la derecha en el subárbol izquierdo.

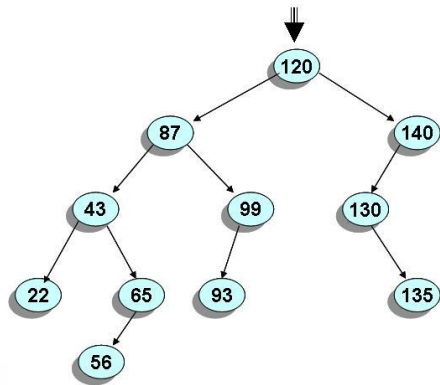


Figura 10. Eliminación del nodo 120

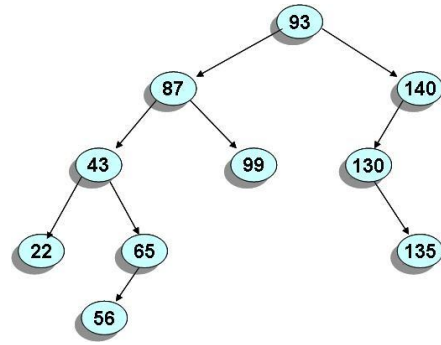


Figura 11. Árbol resultante después de eliminar el nodo 120

El algoritmo para eliminar nodos en un árbol binario de búsqueda es el siguiente:

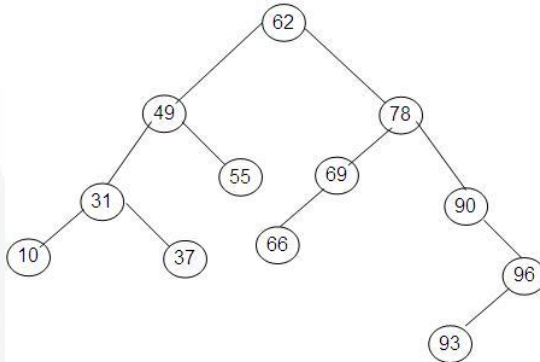
```

eliminación (nodo,infor)
si nodo <> null entonces
    si infor < nodo^.info entonces
        regresa a eliminación con nodo^.izq e infor
    si no
        si infor > nodo^.info entonces
            regresar a eliminación con nodo^.der e infor
        si no
            otro ← nodo
            si otro^.der = null entonces
                nodo ← otro^.izq
            si no
                si otro^.izq = null entonces
                    nodo ← otro^.der
                si no
                    aux ← otro^.izq
                    aux2 ← otro^.der
                    repetir mientras aux^.der <>null
                        aux1 ← aux
                        aux ← aux^.der
                    /*fin del ciclo*/
                    otro^.info ← aux^.info,
                    otro ← aux
                    aux1^.der ← aux^.izq
                /*fin del si*/
            /*fin del si*/
        /*fin del si*/
    /*fin del si*/
quita(otro)
si no
    escribir "el nodo no se encuentra en el árbol"
/*fin del si*/
/*fin de eliminación*/
    
```

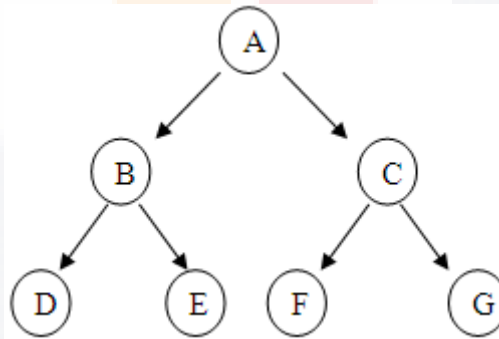
Algoritmo 5. Borrado de Nodos en un Árbol Binario de Búsqueda

**EJERCICIOS**

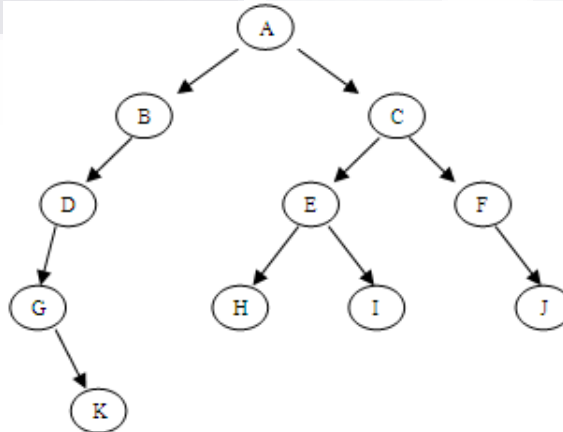
1. Dada la siguiente lista de números: 25, 20, 10, 8, 23, 21, 90, 80, 62, 47, 32, 100 .  
Construya un árbol binario tomando en cuenta que el valor 25 es la raíz.
2. Dado el siguiente árbol binario elimine los nodos 49, 37, 62, 90 y 78. En cada paso dibuje el árbol resultante.



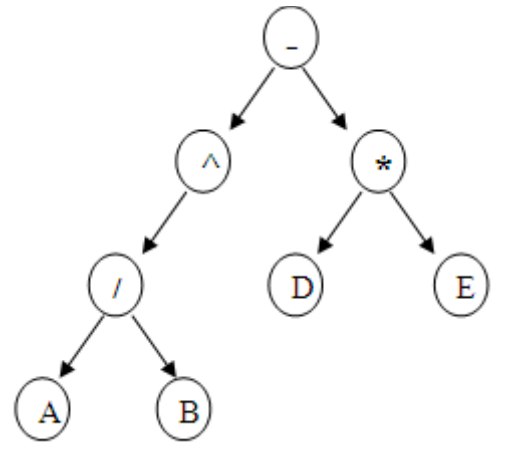
3. Realice el recorrido en preorden del siguiente árbol.



4. Realice el recorrido en post orden del siguiente árbol.



5. Realice el recorrido en inorden del siguiente árbol.



**Anexo C. Aspectos Evaluados en la Encuesta de Usabilidad**

Pregunta 1	La herramienta facilita la interacción entre el usuario y computadora
Pregunta 2	La herramienta proporciona la retroalimentación esperada
Pregunta 3	La herramienta permite el aprendizaje activo
Pregunta 4	La herramienta permite la retroalimentación con rapidez
Pregunta 5	La herramienta mejora la comunicación profesor-alumno
Pregunta 1	La herramienta mejora la comunicación alumno-alumno
<b>Evaluación de Usabilidad y Calidad</b> (Longreira et al., 2000)	



**Anexo D. Instrumento de Evaluación de Aprendizaje**

<p><b>MATERIAL DE APRENDIZAJE</b>  <b>SISTEMA MULTIMEDIA - INTERACTIVO</b>  <b>Estudio Experimental – Herramienta de Evaluación</b>  <b>Tema: Árboles Binarios de Búsqueda</b></p>	<pre> graph TD     87((87)) --&gt; 43((43))     87 --&gt; 93((93))     43 --&gt; 22((22))     43 --&gt; 65((65))     65 --&gt; 56((56))             </pre>
--	--

**OBJETIVO:** Evaluar el grado de conocimiento adquirido por los estudiantes en el tema de árboles binarios de búsqueda

**ESTRATEGIA DOCENTE UTILIZADA:**

Tradicional                       Web                                       Multimedia

**DATOS GENERALES DEL ESTUDIANTE:**

Genero:  [F]  [M]                      Edad:  [   ]

Carrera: \_\_\_\_\_                                      Semestre:  [   ]

Duración del examen:    Hoa al iniciar  [   ]                                      Hora al terminar  [   ]

Conocimientos previos:

- Lógica de Programación
- Programación Estructurada
- Programación Orientada a objetos
- Experiencia en algún lenguaje de programación
- Conocimientos de Estructura de Datos (Árboles Binarios)

Grado de satisfacción con la estrategia docente utilizada.  
 (En función de la comprensión del tema visto)

Buena                                       Regular                                       Mala

Comentarios y/o sugerencias:

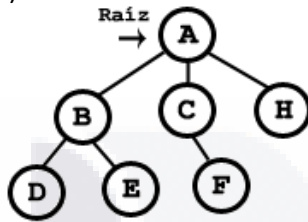


**TEORIA** (valor 1 punto por cada pregunta)

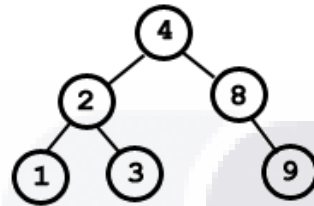
Maque con una **cruz la respuesta** correcta para cada una de las siguientes preguntas.

1. ¿Cuál de los siguientes árboles es un árbol binario de búsqueda?

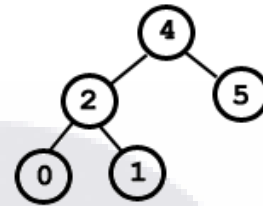
a)



b)



c)



2. Es una aplicación de los árboles binarios de búsqueda:

- a) almacenamiento de información asociada con lógica para recursividad.
- b) almacenamiento de información asociada con claves para ordenamientos.
- c) almacenamiento de información asociada con claves de búsqueda.

3. Es la regla más importante a seguir durante el procedimiento de inserción de nodos en un árbol binario de búsqueda:

- a) Para localizar el lugar adecuado del árbol donde insertar el nuevo nodo se realizan comparaciones entre los nodos del árbol y el elemento a insertar. El primer nodo que se compara es el último del árbol, si el nuevo nodo es menor que éste, la búsqueda prosigue hacia arriba por el nodo izquierdo de éste. Si el nuevo nodo fuese mayor, la búsqueda seguiría hacia arriba por el nodo derecho de éste.
- b) Para localizar el lugar adecuado del árbol donde insertar el nuevo nodo se realizan comparaciones entre los nodos del árbol y el elemento a insertar. El primer nodo que se compara es la raíz, si el nuevo nodo es menor que la raíz, la búsqueda prosigue por el nodo izquierdo de éste. Si el nuevo nodo fuese mayor, la búsqueda seguiría por el hijo derecho de la raíz

c) Para localizar el lugar adecuado del árbol donde insertar el nuevo nodo se realizan comparaciones entre los nodos del árbol y el elemento a insertar. El primer nodo que se compara es la raíz, si el nuevo nodo es menor que la raíz, la búsqueda prosigue por el nodo derecho de éste. Si el nuevo nodo fuese mayor, la búsqueda seguiría por el hijo izquierdo de la raíz

4. ¿Cuál es el procedimiento a realizar cuando el nodo a eliminar tiene dos nodos hijos?

a) Simplemente eliminarlo

b) se debe sustituir el nodo a borrar por el mayor de los nodos menores del nodo borrado, o por el menor de los nodos mayores de dicho nodo. Una vez realizada esta sustitución se borra el nodo que sustituyó al nodo eliminado.

c) Se hace una especie de puente, el padre del nodo a borrar pasa a apuntar al hijo del nodo borrado.

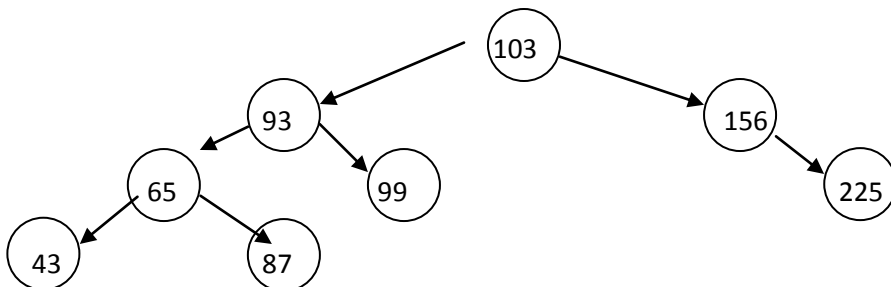
**PRÁCTICA** (valor 1 punto por cada pregunta)

Realice los siguientes ejercicios:

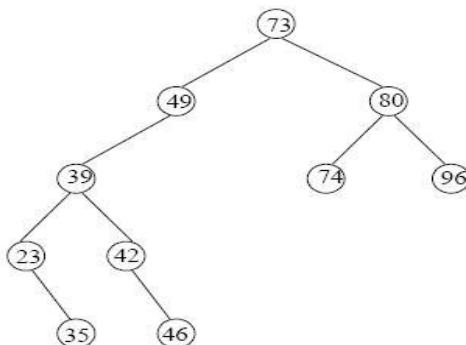
1. Dada la siguiente lista de números: 120 87 140 43 99 130 22 65 93 135 56. Construya un árbol binario tomando en cuenta que el valor 120 es la raíz.

2. Dada la siguiente lista de números: 50, 25, 75, 10, 40, 60, 90, 35, 45, 70, 42. Construya un árbol binario tomando en cuenta que el valor 50 es la raíz.

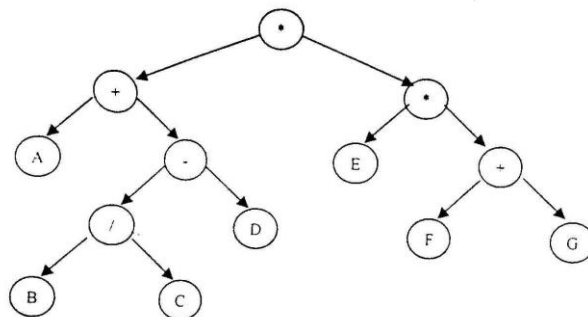
3. Dado el siguiente árbol binario elimine el nodo 99, con el árbol resultante elimine el nodo 156 y con el árbol resultante elimine el nodo 65.



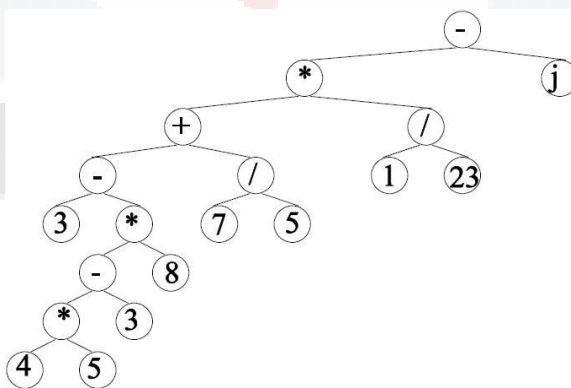
4. Dado el siguiente árbol binario elimine el nodo 49, con el árbol resultante elimine el nodo 39 y con el árbol resultante elimine el nodo 46.



5. Realice los recorridos en pre orden, in orden y post orden del siguiente árbol binario.



6. Realice los recorridos en pre orden, in orden y post orden del siguiente árbol binario.



***¡GRACIAS POR SU COLLABORACION!***

## Anexo E. Programa de la Materia Estructura de Datos



### CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS DEPARTAMENTO DE SISTEMAS ELECTRONICOS

MATERIA	ESTRUCTURA DE DATOS	HORAS T/P	3 / 2
CARRERA	ING. EN SISTEMAS COMPUTACIONALES	CREDITOS	8
SEMESTRE	6°	CLAVE	
PLAN DE ESTUDIOS	2001	FECHA REVISIÓN	ENERO 2010
AREA ACADEMICA	PROGRAMACION Y DISEÑO DE LENGUAJES	REVISORES	ELMA, ESP, GSP, BGER

#### DESCRIPCION DE LA MATERIA

Se trata de un curso teórico/práctico sobre el manejo de las diferentes estructuras de almacenamiento de datos y técnicas de ordenación y búsquedas. El curso es de cinco sesiones a la semana con una duración de una hora cada sesión.

La parte teórica representa una aportación frente al aula para avance y aclaración de dudas por parte del maestro, teniendo como necesario que el alumno le dedique mínimo media hora diaria extra clase para la elaboración de tareas, investigación y documentación.

#### OBJETIVO GENERAL

El alumno aprenderá las estructuras de almacenamiento de información, tales como: Stack, Colas, Listas y Árboles, así como su aplicación en el desarrollo de programas. Al final del curso, el estudiante podrá:

1. Conocer que son las estructuras de datos, su diferenciación y características en conjunto con un lenguaje Orientado a Objetos.
2. Clarificar el concepto de recursividad por medio de programación.
3. Aprender a optimizar el manejo de los datos con sus respectivos tipos.
4. Conocer y aplicar el manejo de la memoria dinámica.
5. Conocer y aplicar el concepto y manejo de árboles con su respectiva aplicación.
6. Aprender los diferentes tipos de ordenación y búsquedas, así como su implementación.

#### METODOLOGIA

1. Exposiciones verbales por parte del profesor, de acuerdo a los temas establecidos en el programa de estudios, apoyándose en la bibliografía del mismo.
2. Realización de un número suficiente de ejercicios frente a grupo.
3. Se usará un lenguaje de programación orientado a objetos como herramienta de apoyo en la solución de problemas.
4. Realización, por parte de alumnos, de ejercicios o trabajos extra clase para verificar el dominio de los temas estudiados en clase.
5. Realización de ejercicios en el aula por parte de los alumnos, donde se apliquen los conocimientos adquiridos en la clase.
6. Juicio crítico del profesor que le permita en caso de falta de tiempo seleccionar los contenidos y objetivos básicos de cada unidad; previo visto bueno del coordinador de academia correspondiente.
7. Juicio crítico del profesor que le permita en caso contar con tiempo extra para seleccionar temas de interés para el grupo; previo visto bueno del coordinador de academia correspondiente.

**EVALUACION**

PARTE TEÓRICA: Se realizaran 3 exámenes escritos con la siguiente ponderación:

1er. Parcial	15%
2º. Parcial	20%
Exam. Final	35%

PARTE PRÁCTICA:

Trabajo Final	20%
Tareas	10%

**NOTA 1:** Para tener derecho al examen final es necesario que se entregue el trabajo final.

**NOTA 2:** Para poder acreditar la materia es necesario aprobar la teoría y la practica por separado.

**NOTA 3:** Las estructuras de datos que se programen durante el curso se deben realizar en C++ JAVA, .Net

**NOTA 4:** El proyecto final contempla temas de investigación por parte del alumno

**UNIDADES**

**PRIMERA UNIDAD: INTRODUCCION A LAS ESTRUCTURAS DE DATOS (5hrs)**

OBJETIVO ESPECÍFICO	CONTENIDO
<p>Conocer el significado de Estructura de Datos.</p> <p>Conocer y aplicar las estructuras de arreglos, registros y clases en un lenguaje de programación.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir estructura de datos.</li> <li>2. Estructuras fundamentales de datos                             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Arreglos Unidimensionales                                     <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1.1 Declaración de arreglo unidimensional</li> <li>2.1.2 Operaciones con arreglos</li> </ol> </li> <li>2.2 Arreglos Bidimensionales                                     <ol style="list-style-type: none"> <li>2.2.1 Declaración de arreglo unidimensional</li> <li>2.2.2 Operaciones con arreglos</li> </ol> </li> <li>2.3 Registros                                     <ol style="list-style-type: none"> <li>2.3.1 Declaración de registros</li> <li>2.3.2 Operaciones con registros</li> <li>2.3.3 Acceso a los elementos de un registro</li> <li>2.3.4 Diferencias con los arreglos</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>3. Clases                             <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1 Definición de Clase</li> <li>3.2 La clase Arreglo</li> <li>3.3 La clase Registro</li> <li>3.4 Operaciones con clases</li> </ol> </li> </ol>

**SEGUNDA UNIDAD: ESTRUCTURAS DE DATOS SECUENCIALES (10hrs)**

OBJETIVO ESPECÍFICO	CONTENIDO
<p>Aprender el concepto y manejo de los Stacks dentro del ambiente de programación, así como solucionar los problemas de desbordamiento de pilas en los programas.</p> <p>Conocer y aprender el concepto y manejo de colas.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definición de Pila (Stack).                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Representación de una pila y ejemplos</li> <li>1.2 Operaciones con pilas</li> <li>1.3 Algoritmos para el manejo de pilas</li> <li>1.4 Ejemplos del uso de la pila.                                     <ol style="list-style-type: none"> <li>1.4.1 Posfix, Prefix, Infix</li> <li>1.4.2 Algoritmo para la conversión de expresiones infijas a su forma postfija y prefija</li> <li>1.4.3 Evaluación de expresiones postfijas</li> </ol> </li> </ol> </li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Definición de Cola (Queue)             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Colas simples                 <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1.1 Representación de colas y ejemplos.</li> <li>2.1.2 Operaciones con colas</li> <li>2.1.3 Algoritmos para el manejo de colas simples</li> </ol> </li> <li>2.2 Colas circulares                 <ol style="list-style-type: none"> <li>2.2.1 Representación de colas circulares y ejemplos.</li> <li>2.2.2 Operaciones con colas circulares</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>3. Algoritmos para el manejo de colas circulares</li> </ol>
--	--

**TERCERA UNIDAD: RECURSIVIDAD (10hrs)**

OBJETIVO ESPECÍFICO	CONTENIDO
Aprender y practicar el concepto de recursividad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Concepto de Recursividad</li> <li>2. Propiedades de los algoritmos recursivos</li> <li>3. Funcionamiento interno de la recursividad</li> <li>4. Uso de pilas para simular la recursividad</li> <li>5. Ejemplos (torres de Hanoi, multiplicación por sumas, etc.)</li> </ol>

**CUARTA UNIDAD: MEMORIA DINAMICA Y LISTAS ENLAZADAS (15hrs)**

OBJETIVO ESPECÍFICO	CONTENIDO
<p>Aprender y manejar los diferentes conceptos de memoria dinámica.</p> <p>Conocer y manejar los diferentes tipos de listas a través de los apuntadores.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir memoria dinámica.             <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Manejo de la memoria dinámica.</li> <li>1.2. Definición de las operaciones básicas de la memoria dinámica.</li> <li>1.3. Ejemplos del manejo de memoria dinámica</li> </ol> </li> <li>2. Conceptos de listas             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Concepto de apuntador, nodo, nodo nulo y nodo raíz</li> <li>2.2. Listas Simples                 <ol style="list-style-type: none"> <li>2.2.1. Operaciones con listas simples (Algoritmos: insertar al inicio, insertar al final, insertar un elemento intermedio recorrer, borrar al inicio, borrar al final, buscar un elemento)</li> </ol> </li> <li>2.3. Listas Simples Circulares                 <ol style="list-style-type: none"> <li>2.3.1. Operaciones con listas simples circulares (Algoritmos: insertar, recorrer, borrar)</li> </ol> </li> <li>2.4. Listas Dobles                 <ol style="list-style-type: none"> <li>2.4.1. Operaciones con listas dobles (insertar al inicio, insertar al final, insertar un elemento intermedio recorrer, borrar al inicio, borrar al final, buscar un elemento)</li> </ol> </li> <li>2.5. Listas Dobles Circulares                 <ol style="list-style-type: none"> <li>2.5.1. Operaciones con listas dobles circulares (insertar, recorrer, borrar)</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>3. Manejo de pilas y colas mediante listas</li> </ol>

QUINTA UNIDAD: ÁRBOLES Y GRAFOS (20hrs)	
OBJETIVO ESPECÍFICO	CONTENIDO
<p>Aprender y practicar el concepto de árbol y sus aplicaciones, así como realizar el balanceo cuando sea necesario.</p> <p>Conocer y representar una lista enlazada como un árbol binario.</p>	<p>1. Introducción a los Árboles.</p> <p>1.1. Árboles generales</p> <p>1.1.1. Características y propiedades de los árboles</p> <p>1.1.2. Longitud de camino interno y externo</p>
	<p>2. Árboles</p> <p>2.1. Árboles binarios.</p> <p>2.1.1. Representación de un árbol general como árbol binario</p> <p>2.1.2. Inserción de elementos en un árbol binario</p> <p>2.1.3. Recorridos en un árbol binario (Preorden, Inorden, Postorden)</p> <p>2.1.4. Borrado de elementos en un árbol binario</p>
	<p>2.2. Árboles Balanceados (AVL)</p> <p>2.2.1. Definición de un árbol AVL</p> <p>2.2.2. Inserción de elementos en un árbol balanceado</p> <p>2.2.3. Factores de equilibrio</p> <p>2.2.4. Reglas de reestructuración (equilibrio/balanceo) de árboles</p> <p>2.2.5. Borrado de elementos en un árbol balanceado</p> <p>3. Representación de listas como árboles binarios</p> <p>3.1. Localización del elemento k-ésimo</p> <p>3.2. Supresión de un elemento</p> <p>3.3. Implementación de listas</p> <p>3.4. Construcción de una lista representada por un árbol</p> <p>3.5. El problema de Josephus</p> <p>4. Grafos</p> <p>4.1. Tablas de dispersión de datos (<i>Hash</i>)</p> <p>4.2. Grafos dirigidos: Algoritmo <i>Dijkstra</i>, Floyd, Marshall</p> <p>4.3. Gráfos no dirigidos: Algoritmo <i>Kruskal</i>, Prim</p>

SEXTA UNIDAD: METODOS DE ORDENACION (10hrs)	
OBJETIVO ESPECÍFICO	CONTENIDO
<p>Conocer y entender los conceptos y tipos de ordenamientos de datos.</p>	<p>1. Tipos de ordenaciones</p> <p>1.1. Características</p> <p>1.2. Diferencias</p> <p>2. Ordenaciones Internas</p> <p>2.1. Ordenación por Intercambio (burbuja, shaker)</p> <p>2.2. Ordenación por Inserción directa</p> <p>2.3. Ordenación por Selección directa</p> <p>2.4. Ordenación por Shell</p> <p>2.5. Ordenación por Quick Sort</p> <p>2.6. Ordenación por Merge</p> <p>2.7. Ordenación por Distribución</p> <p>2.8. Ordenación por Radix</p> <p>2.9. Ordenación por Heap</p> <p>3. Ordenaciones Externas</p> <p>3.1. Intercalación de archivos</p>

	3.2. Mezcla de archivos 4. Análisis de eficiencia de los métodos de ordenación 5. Ordenación por Hashing
--	--

<b>SEPTIMA UNIDAD: METODOS DE BUSQUEDA (10hrs)</b>	
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>CONTENIDO</b>
Conocer y aplicar los conceptos de búsquedas.	1. Introducción a las búsquedas. 1.1. Tipos Internos 1.2. Tipos externos 2. Métodos de búsqueda 2.1 Método Secuencial 2.2 Método Secuencial con listas 2.3 Método Binario

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>
---------------------

Bowman, Charles F.; López Hernández, Sergio Gerardo, Algoritmos Y Estructuras De Datos: Aproximación En C, Primera Edición, Editorial Oxford University Press, Año 1999. ISBN 970-613-459-X

Tanenbaum, Aaron M.; Augenstein, Moshe J.; Langsam, Yedidyah, Estructuras De Datos En C, Primera Edición, Editorial Prentice-Hall, Año 1993. ISBN 968-880-256-5

Wirth, Niklaus, Algoritmos Y Estructuras De Datos, Editorial Prentice Hall, Año 1987, ISBN 968-880-113-5

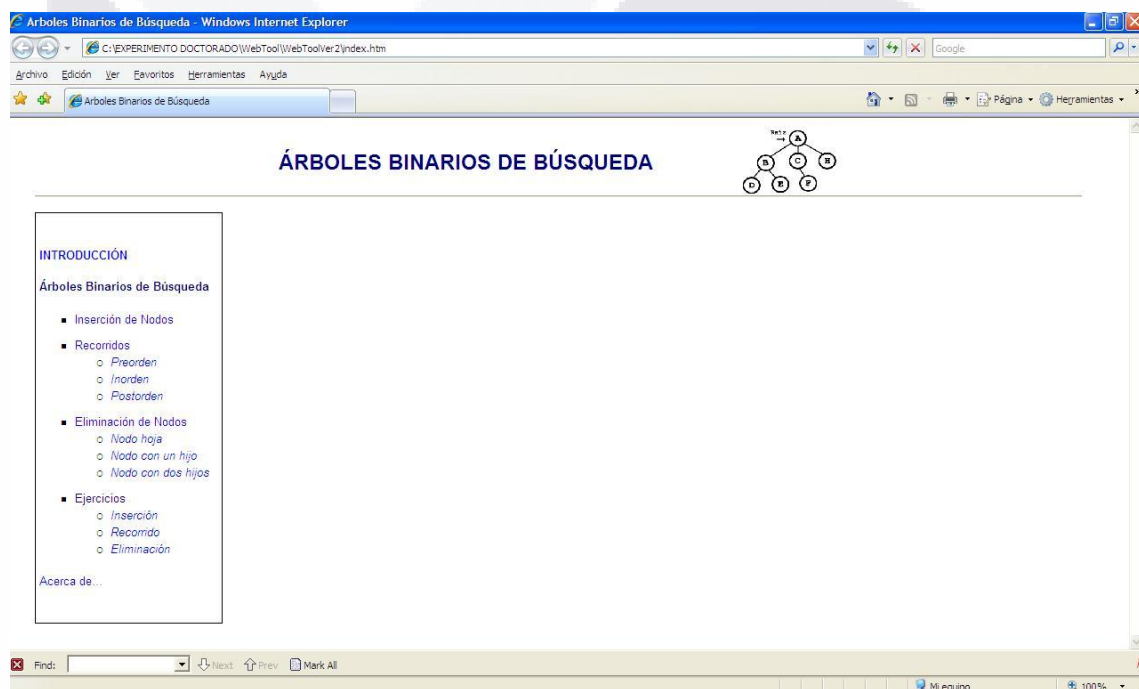
Joyanes Aguilar, Luis; Zahonero Martínez, Ignacio, Estructura De Datos Algoritmos, Abstracción Y Objetos, Primera Edición, Editorial Mcgraw Hill, Año 1998, ISBN 8448120426

Cairó, Osvaldo; Guardati, Silvia, Estructuras De Datos, Primera Edición, Editorial Mcgraw-Hill, Año 1993, ISBN 970-10-0258



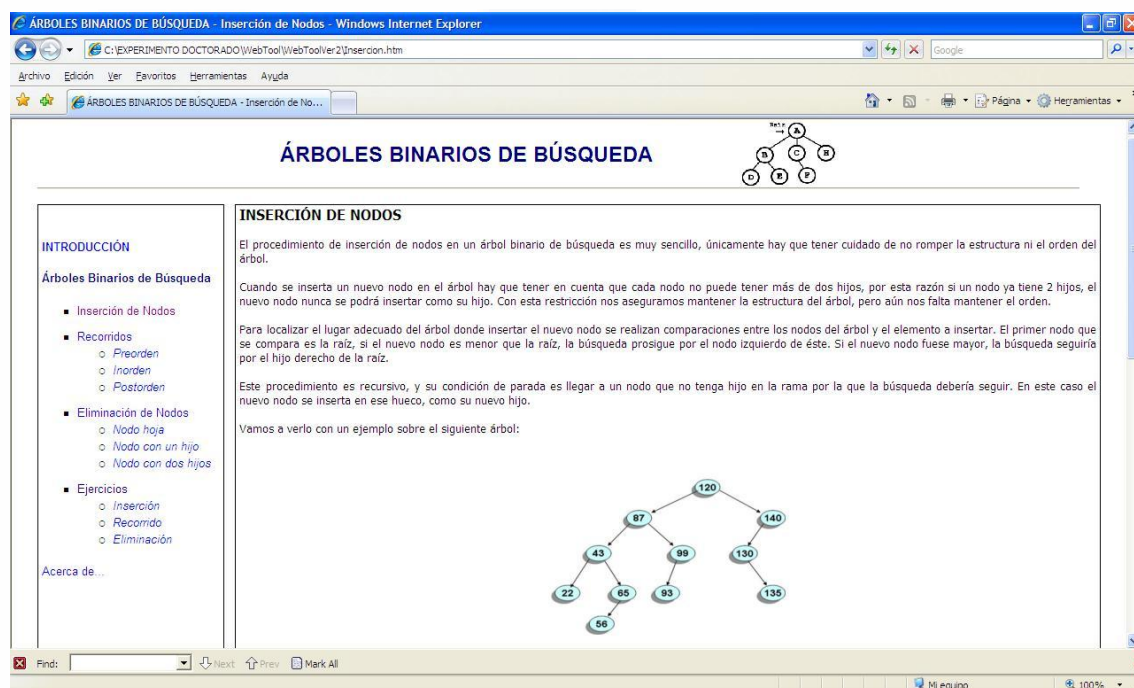
## Anexo F. Pantallas de la página Web

La primera pantalla que aparece en la página Web es el Index que se muestra en la Pantalla A. En esta pantalla se pueden ver los elementos de navegación (lado izquierdo) y el área de contenidos (área del centro).



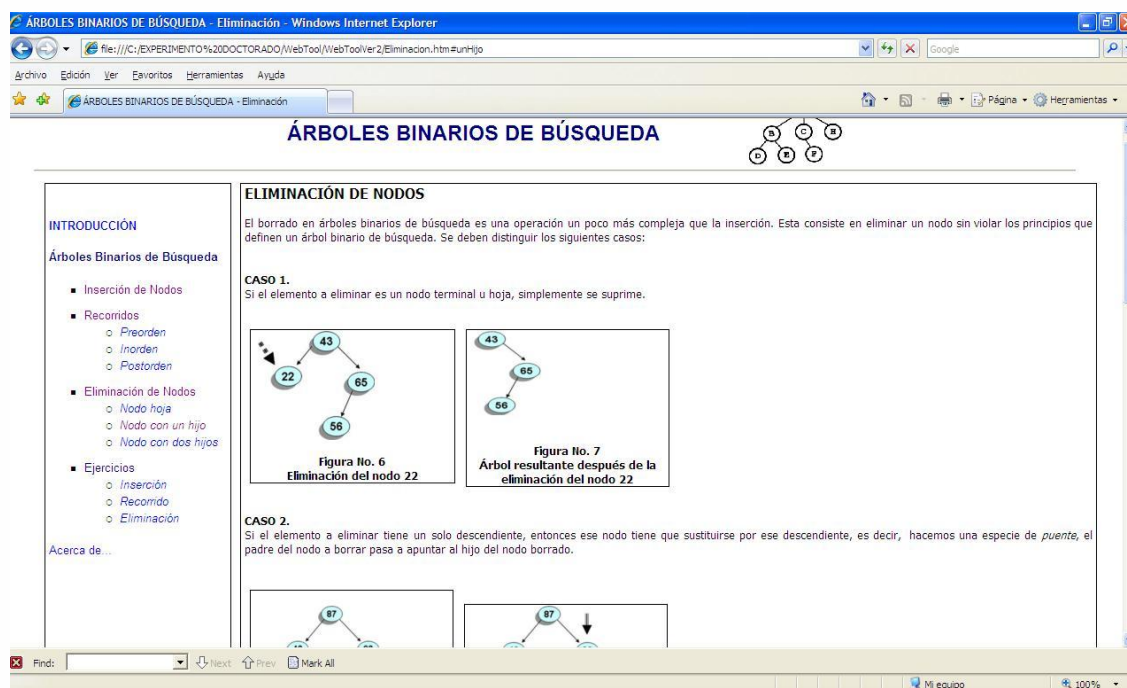
Pantalla A. Index de la Página Web

La navegación a través de la página Web se realiza mediante hipervínculos que van mostrando los contenidos en la parte central de la pantalla. La Pantalla B muestra un ejemplo de la sección Inserción de Nodos del material de aprendizaje.



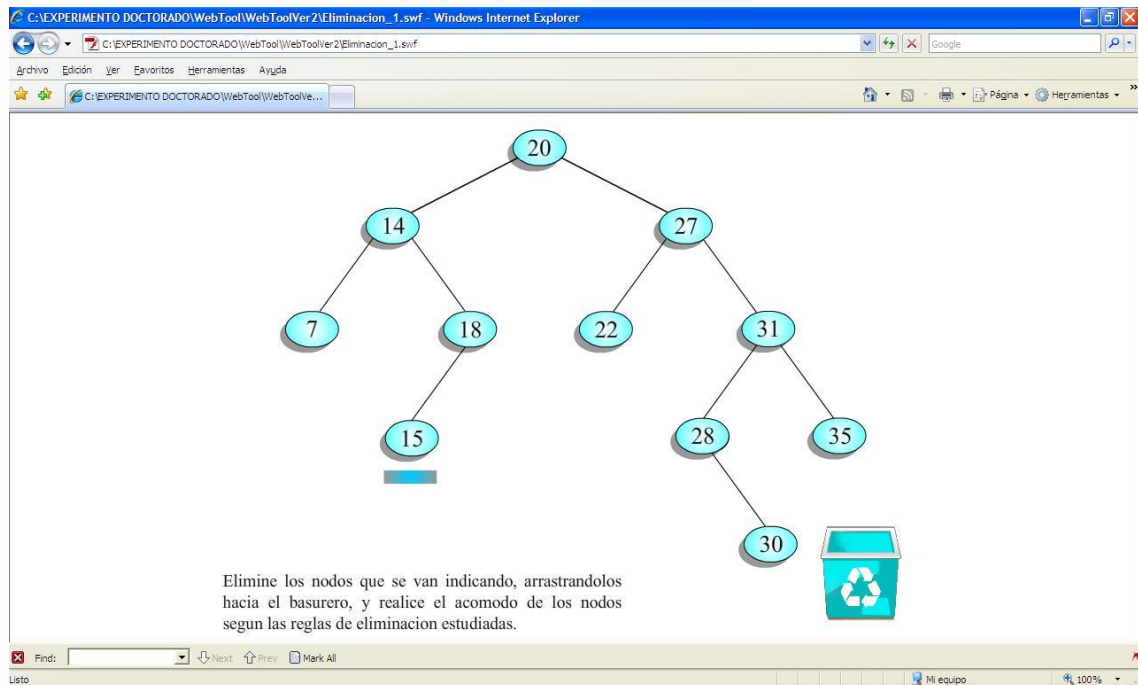
Pantalla B. Sección Inserción de Nodos de la Página Web

La Pantalla C muestra otra de las pantallas de la página Web, en ella se puede ver los ejemplos de Eliminación que marca el material de aprendizaje.



Pantalla C. Sección Eliminación de Nodos de la Página Web

Por último, la Pantalla D presenta uno de los ejemplos que conforman la página Web. Los ejemplos son dinámicos de forma tal que el estudiante puede interactuar con la página.

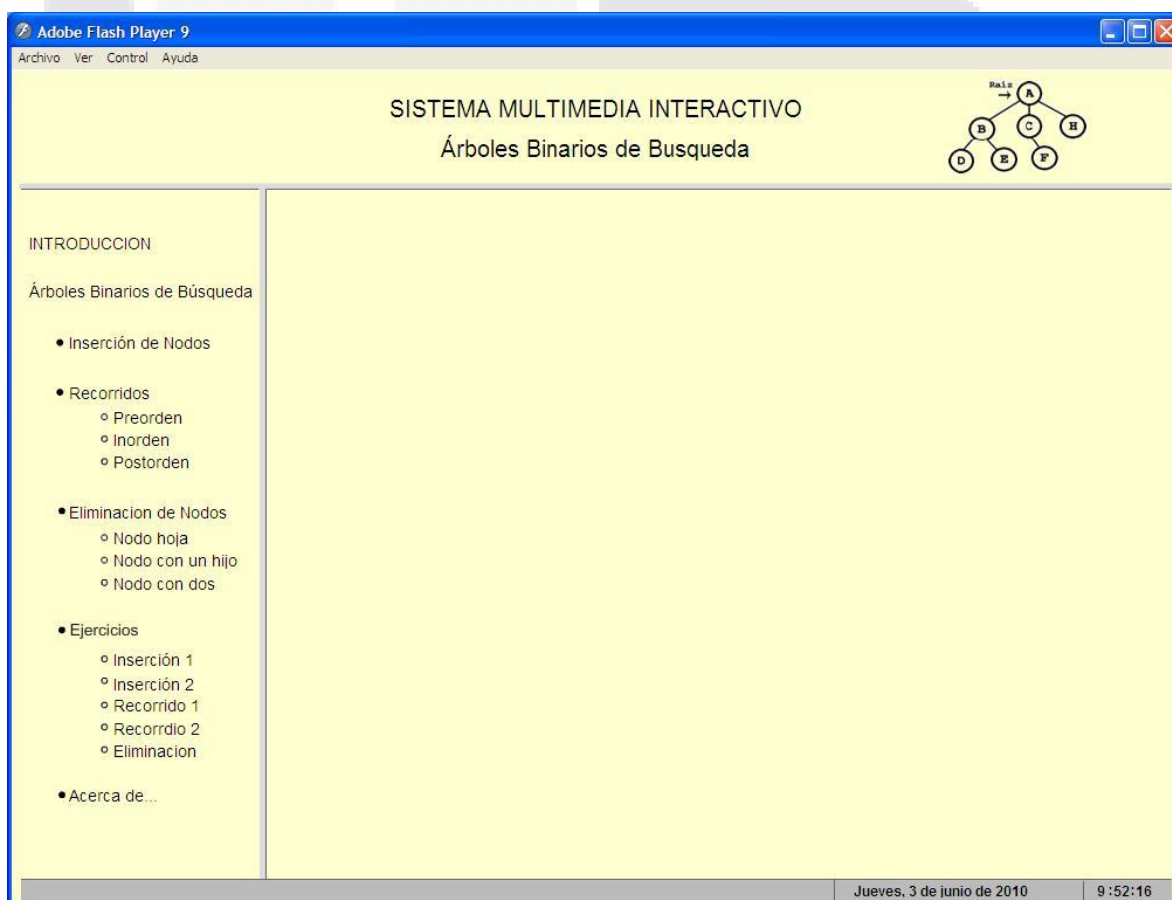


**Pantalla D. Sección Ejemplos de Árboles Binarios de la Página Web**

## Anexo G. Pantallas del Sistema Multimedia - Interactivo

El siguiente conjunto de pantallas son una muestra del sistema multimedia interactivo desarrollado para las pruebas de este trabajo de investigación.

La primera Pantalla es la página principal del SMI, compuesta por el título en la parte superior, y en la parte izquierda se localiza el menú de navegación mediante el cual se puede acceder a los diversos temas del material de aprendizaje.



**Pantalla A. Pantalla Principal del SMI**

La Pantalla B muestra una introducción al tema de estudio, el contenido informativo se presenta de una manera distinta a como se hace en el papel, ya que el manejo de multimedia impone otras formas de tratar la información. Para ello el material de aprendizaje se desglosa en unidades más pequeñas de información que irán insertadas en cada hipervínculo que se presenta en la parte izquierda de la pantalla.

**SISTEMA MULTIMEDIA INTERACTIVO**  
**Árboles Binarios de Búsqueda**

**INTRODUCCION**  
 Árboles Binarios de Búsqueda

- Inserción de Nodos
- Recorridos
  - Preorden
  - Inorden
  - Postorden
- Eliminación de Nodos
  - Nodo hoja
  - Nodo con un hijo
  - Nodo con dos
- Ejercicios
  - Inserción 1
  - Inserción 2
  - Recorrido 1
  - Recorrido 2
  - Eliminación
- Acerca de...

**Árbol binario.**  
 Un árbol binario es una estructura de datos no lineal en la que cada nodo puede tener como máximo grado 2, es decir, sólo puede tener dos nodos hijos y sólo puede ser apuntado por un solo nodo, es decir, cada nodo sólo tendrá un padre. Los hijos suelen denominarse hijo a la izquierda e hijo a la derecha.

Una de las clasificaciones de los Árboles Binarios son los Árboles Binarios de Búsqueda, los cuales son una estructura de datos sobre la cual se pueden realizar operaciones de inserción, eliminación y recorrido.

**Árboles binarios de búsqueda (ABB).**  
 Se define formalmente a los ABB de la siguiente forma:

*Para todo nodo T del árbol se debe cumplir que todos los valores almacenados en el subárbol izquierdo de T sean menores o iguales a la información guardada en el nodo T. De forma similar, todos los valores almacenados en el subárbol derecho de T deben ser mayores o iguales a la información guardada en el nodo T.*

Es decir, un árbol será de búsqueda si todos sus nodos cumplen las siguientes condiciones:  
 1. Todos los nodos situados a la izquierda de un nodo T son menores que él.  
 2. Todos los nodos situados a la derecha de un nodo T son mayores que él.

Ejemplos:

**Figura No.1**  
 Arbol Binario de Búsqueda

**Figura No.2**  
 Arbol Binario de Búsqueda

Jueves, 3 de junio de 2010 9:54:22

**Pantalla B. Introducción al tema de Árboles Binarios**

La Pantalla C presenta el tema de inserción de nodos, en tres formas distintas: texto, animación y sonido. De esta forma se cumple con la teoría cognitiva y se atacan diversos estilos de aprendizaje.

**SISTEMA MULTIMEDIA INTERACTIVO**  
**Árboles Binarios de Búsqueda**

**INTRODUCCION**

Árboles Binarios de Búsqueda

- Inserción de Nodos
- Recorridos
  - Preorden
  - Inorden
  - Postorden
- Eliminación de Nodos
  - Nodo hoja
  - Nodo con un hijo
  - Nodo con dos
- Ejercicios
  - Inserción 1
  - Inserción 2
  - Recorrido 1
  - Recorrido 2
  - Eliminación
- Acerca de...

**Inserción de Nodos**

El procedimiento de inserción de nodos en un árbol binario de búsqueda es muy sencillo, únicamente hay que tener cuidado de no romper la estructura ni el orden del árbol.

Cuando se inserta un nuevo nodo en el árbol hay que tener en cuenta que cada nodo no puede tener más de dos hijos, por esta razón si un nodo ya tiene 2 hijos, el nuevo nodo nunca se podrá insertar como su hijo. Con esta restricción nos aseguramos mantener la estructura del árbol, pero aún nos falta mantener el orden.

Para localizar el lugar adecuado del árbol donde insertar el nuevo nodo se realizan comparaciones entre los nodos del árbol y el elemento a insertar. El primer nodo que se compara es la raíz, si el nuevo nodo es menor que la raíz, la búsqueda prosigue por el nodo izquierdo de éste. Si el nuevo nodo fuese mayor, la búsqueda seguiría por el hijo derecho de la raíz.

Este procedimiento es recursivo, y su condición de parada es llegar a un nodo que no tenga hijo en la rama por la que la búsqueda debería seguir. En este caso el nuevo nodo se inserta en ese hueco, como su nuevo hijo.

Vamos a verlo con un ejemplo sobre el siguiente árbol: [CLICK AQUI PARA VER EJEMPLO](#)

```

    graph TD
      120((120)) --- 87((87))
      99((99)) --- 87
    
```

```

si no
  si infor > nodo^.info entonces
    si nodo^.der = null entonces
      crea(otro)
      otro^.der = null
      otro^.info = infor
      nodo^.der = otro
    si no
      regresar a inserción con nodo^.der e infor
  
```

Jueves, 3 de junio de 2010 9:54:52

Pantalla C. Material para el Tema de Inserción de Nodos



Al igual que la Pantalla C, en la Pantalla D se presenta el tema de Recorridos de diversas formas para facilitar el aprendizaje del estudiante.

**SISTEMA MULTIMEDIA INTERACTIVO**  
**Árboles Binarios de Búsqueda**

**INTRODUCCION**  
 Árboles Binarios de Búsqueda

- Inserción de Nodos
- Recorridos
  - Preorden
  - Inorden
  - Postorden
- Eliminación de Nodos
  - Nodo hoja
  - Nodo con un hijo
  - Nodo con dos
- Ejercicios
  - Inserción 1
  - Inserción 2
  - Recorrido 1
  - Recorrido 2
  - Eliminación
- Acerca de...

**Recorridos**

En los Árboles Binarios de Búsqueda la operación de recorrido es muy eficiente y permite localizar elementos dentro de un árbol. El algoritmo compara el elemento a buscar con la raíz, si tiene un valor menor continúa la búsqueda por la rama izquierda, si el valor es mayor continúa por la izquierda. Este procedimiento se realiza recursivamente hasta que se encuentra el nodo o hasta que se llega al final del árbol.

El recorrido se puede realizar de tres formas diferentes:

- 1.- **Preorden:** En este tipo de recorrido visita primero el nodo raíz, en seguida recorre el subárbol izquierdo y cuando termina recorre el subárbol derecho.  
 Recorrido: Preorden (Raíz – Izquierda – Derecha)
- 2.- **Inorden:** En este tipo de recorrido primero se visita el subárbol izquierdo, después el derecho y por último el nodo raíz.  
 Recorrido: Inorden (Izquierda- Raíz – Derecha)
- 3.- **Postorden:** En este tipo de recorrido primero se visita el subárbol izquierdo, después el nodo raíz y por último el subárbol derecho. Este recorrido da como resultado los valores de los nodos ordenados de manera ascendente.  
 Recorrido: Postorden (Izquierda – Derecha - Raíz)

```

inorden (nodo)
si nodo <> null entonces
    llama inorden(nodo^.izq)
    visita nodo
    llama inorden(nodo^.der)
Fin si
    
```

**Jueves, 3 de junio de 2010 9:55:11**

**Pantalla D. Material para el Tema de Recorrido de Árboles**



El diseño tanto del texto como de la interfaz de usuario del SMI contemplan los principios de las teorías núcleo estudiadas en este trabajo. La Pantalla E muestra uno de los temas del material de aprendizaje, haciendo uso de dichos principios.

**SISTEMA MULTIMEDIA INTERACTIVO**  
**Árboles Binarios de Búsqueda**

**INTRODUCCION**

Árboles Binarios de Búsqueda

- Inserción de Nodos
- Recorridos
  - Preorden
  - Inorden
  - Postorden
- Eliminación de Nodos
  - Nodo hoja
  - Nodo con un hijo
  - Nodo con dos
- Ejercicios
  - Inserción 1
  - Inserción 2
  - Recorrido 1
  - Recorrido 2
  - Eliminación
- Acerca de...

**Eliminación de Nodos**

El borrado en árboles binarios de búsqueda es una operación un poco más compleja que la inserción. Esta consiste en eliminar un nodo sin violar los principios que definen un árbol binario de búsqueda. Se deben distinguir los siguientes casos:

**CASO 1.**

- Si el elemento a eliminar es un nodo terminal u hoja, simplemente se suprime

**CASO 2.**

- Si el elemento a eliminar tiene un solo descendiente, entonces ese nodo tiene que sustituirse por ese descendiente, es decir, hacemos una especie de puente, el padre del nodo a borrar pasa a apuntar al hijo del nodo borrado.

**CASO 3.**

- Por último, si el elemento a eliminar tiene dos descendientes, entonces se tiene que sustituir por el nodo que se encuentra más a la izquierda en el subárbol derecho o por el nodo que se encuentra más a la derecha en el subárbol izquierdo

**Diagrama de un árbol binario de búsqueda:**

```

    graph TD
      Root((87)) --- L((43))
      Root --- R((140))
      L --- LL((22))
      L --- LR((65))
      LR --- LRL((56))
      R --- RL((99))
      R --- RR((130))
      RR --- RRL((135))
  
```

El nodo raíz (87) está marcado con una 'X' roja, indicando su eliminación.

Jueves, 3 de junio de 2010 9:55:39

**Pantalla E. Material para el Tema de Eliminación de Nodos**

La Pantalla F presenta uno de los diversos ejercicios que contiene el SMI. En este ejercicio se hace uso de la interacción a la cual se ven sometidos los estudiantes, ya que deben realizar el ejercicio para poder continuar revisando el material de aprendizaje.

**SISTEMA MULTIMEDIA INTERACTIVO**  
**Árboles Binarios de Búsqueda**

INTRODUCCION

Árboles Binarios de Búsqueda

- Inserción de Nodos
- Recorridos
  - Preorden
  - Inorden
  - Postorden
- Eliminación de Nodos
  - Nodo hoja
  - Nodo con un hijo
  - Nodo con dos
- Ejercicios
  - Inserción 1
  - Inserción 2
  - Recorrido 1
  - Recorrido 2
  - Eliminación
- Acerca de...

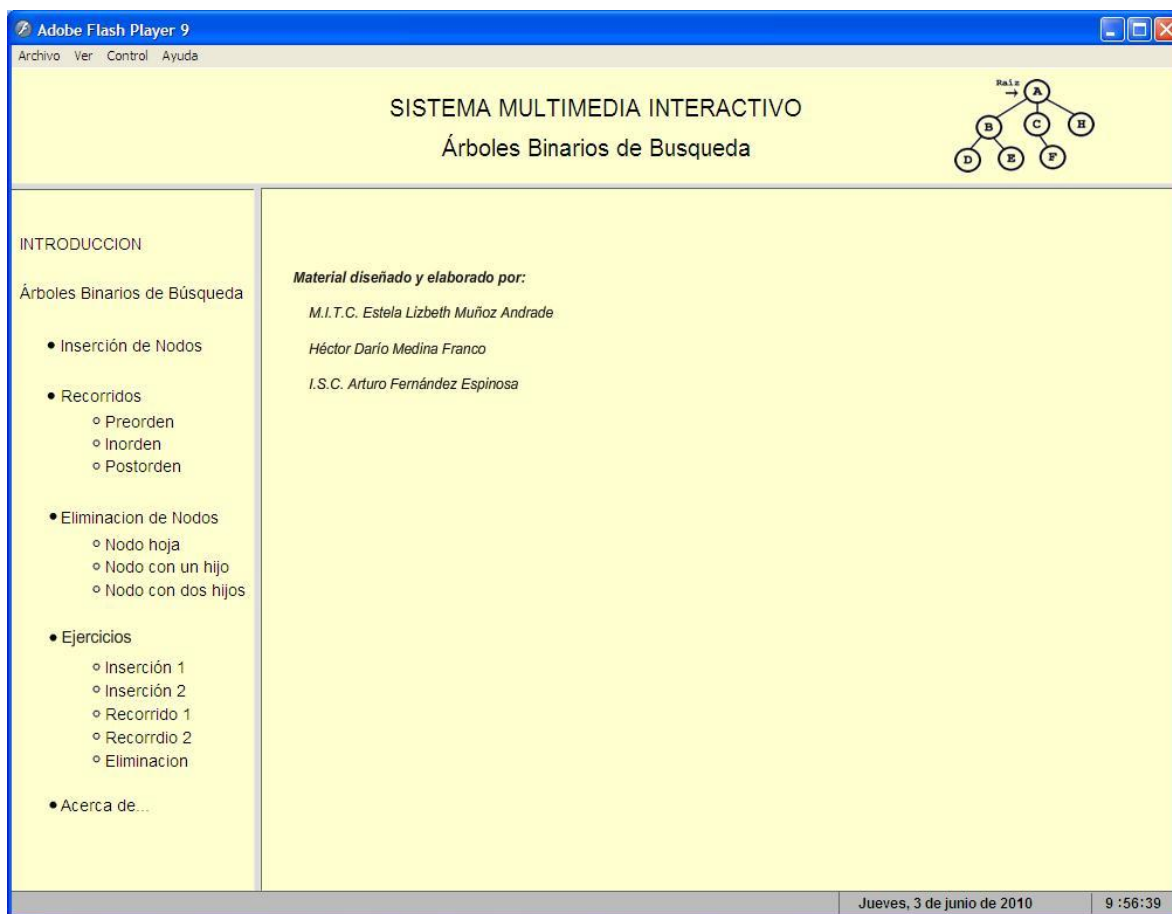
Inorden: ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

**Evaluar**

Jueves, 3 de junio de 2010 9:56:06

**Pantalla F. Ejercicios con Árboles Binarios**

Finalmente, la Pantalla G que muestra la pantalla final del SMI. En esta pantalla se muestran los datos de las personas que colaboraron en la realización de la herramienta.



Pantalla G. Pantalla Final

**GLOSARIO**

---



GLOS

**Actividades de Aprendizaje.** Son todas aquellas tareas que el alumno debe realizar con el sistema multimedia - interactivo, para llevar a cabo su proceso de enseñanza - aprendizaje (Blum, 1995).

**ADIS.** Tutor inteligente desarrollado con el objetivo de mejorar la comprensión sobre el funcionamiento de estructuras de datos tales como listas enlazadas, pilas, colas, árboles y grafos (Warendorf et al., 1997).

**Aprendizaje.** Proceso a través del cual se adquieren nuevas habilidades, destrezas, conocimientos, conductas o valores como resultado del estudio, la experiencia, la instrucción y la observación (Alfonso, 2003).

**Árbol Binario.** Estructura de datos no lineal en la que cada nodo puede tener como máximo grado 2, es decir, sólo puede tener dos nodos hijos y sólo puede ser apuntado por un solo nodo, es decir, cada nodo sólo tendrá un padre. Los hijos suelen denominarse hijo a la izquierda e hijo a la derecha (Cairó et al., 2006).

**Árbol Binario de Búsqueda.** Para todo nodo T del árbol se debe cumplir que todos los valores almacenados en el subárbol izquierdo de T sean menores o iguales a la información guardada en el nodo T. De forma similar, todos los valores almacenados en el subárbol derecho de T deben ser mayores o iguales a la información guardada en el nodo T (Cairó et al., 2006).

**BDP.** Herramienta que permite crear un árbol B e identificar si éste es correcto, lo cual le facilita la comprensión de cómo se comporta la estructura de datos árbol (Becker et al., 2000).

**Complejidad Computacional.** Es la rama de la teoría de la computación que estudia, de manera teórica, los recursos requeridos durante el cómputo de un algoritmo para resolver un problema

**Comunicación.** Permite seleccionar y establecer las relaciones y organizar lazos, intercambios de interacción continua con retroalimentación entre el emisor y receptor, a partir de mensajes múltiples (Marton, 1996).

**Conocimiento.** Conjunto de información desarrollada en el contexto de una experiencia y transformada a su vez en otra experiencia para la acción (Edwards et al., 1998; Garza et al., 2000).

**Diseño de Interfases.** Disciplina que estudia y trata de poner en práctica procesos orientados a construir la interfaz más usable posible, dadas ciertas condiciones de entorno (Sommerville, 2001).

**Diseño del Proceso.** Consiste en la secuencia de operaciones que transforman los datos de entrada en salidas (Walls et al., 1992).

**Diseño del Producto.** Consiste en la estructuración de los componentes y actividades que dan lugar a las características esenciales (meta-requerimientos) con las cuales debe contar el sistema multimedia - interactivo (Walls et al., 1992).

**Diseño Instruccional.** Decisiones concretas sobre el material educativo, en el que se debe considerar todos los elementos que permitirán dar una solución a las necesidades de los estudiantes (Blum, 1995).

**Diseño Interactivo.** Ambiente en el que el usuario podrá interactuar con los contenidos (Blum, 1995).

**DSTOOL.** Biblioteca de clases que implementan las estructuras de datos listas, pilas, colas, árboles y grafos mediante el modelo vista-controlador (MVC) (Del Puerto et al., 2002b).

**EDApplets.** Aplicación Web orientada a la enseñanza - aprendizaje de la programación y de algoritmos de estructuras de datos básicas como arreglos, matrices y registros (Almeida et al., 2003).

**Enseñanza.** Conjunto de acciones e influencias destinadas a desarrollar y cultivar las aptitudes intelectuales, conocimientos, competencias, hábitos y conductas del individuo, con el fin de lograr el máximo desarrollo posible de su personalidad, de modo que pueda aportar una contribución positiva a la sociedad en la que vive; este término es utilizado con frecuencia como sinónimo de educación (Zapata, 2007).

**Estructuras de Datos.** Forma de organizar un conjunto de datos elementales con el objetivo de facilitar su manipulación. Una estructura de datos define la organización e interrelación de éstos y un conjunto de operaciones que se pueden realizar sobre ellos (Cairó et al., 2006).

**Herramienta Tecnológica.** Son programas y aplicaciones (software) que pueden ser utilizadas en diversas funciones fácilmente y sin pagar por su funcionamiento (Batista et al., 2007).

**Interactividad.** Es la variable principal que influye en la naturaleza de los sistemas multimedia. Esta puede ser baja, media o alta dependiendo de múltiples factores (Tucker et al., 1999).

**Mapas Conceptuales.** Estrategia de aprendizaje dentro del constructivismo que produce aprendizajes significativos al relacionar los conceptos. Se caracteriza por su simplificación, jerarquización e impacto visual (De Sánchez, 1998).

**Material Educativo.** Textos en diversos soportes que se utilizan en las prácticas de la enseñanza, con el objetivo de ampliar las fuentes de información, propuesta de prácticas o ejercicios o sus formas de presentar la información (Coll et al., 2008; Suraniti et al., 2004).

**MatrixPro.** Herramienta desarrollada para el estudio de un algoritmo de simulación visual (Karavirta et al., 2004).

**Meta Diseño.** Encapsulación de una serie de características o principios de diseño, creados para satisfacer los meta-requerimientos (Walls et al., 1992).

**Meta-Requerimiento.** Declaración de los servicios, el listado de las limitaciones y cualidades de los servicios que debe ofrecer el sistema (Walls et al., 1992).

**Método Tradicional de Enseñanza.** También conocido como enseñanza tradicional. Consiste en el contacto directo entre el profesor y el alumno (Marquès, 2003).

**Páginas Web.** Integración de multimedios para representar el conocimiento, por el manejo de enlaces o hipervínculos, la organización del contenido, el uso de un orden lógico de los temas, entre otros. La comunicación con este tipo de tecnología se puede dar de forma sincrónica o asincrónica permitiendo que el estudiante y profesor puedan trabajar en cualquier momento sin importar el tiempo y su ubicación (Adell et al., 1998; Martí et al., 2003; A. Pita & R. Del Vado, 2007; Tesouro, 2004).



**Prototipo.** Un prototipo es una representación limitada del diseño de un producto que permite a las partes responsables de su creación experimentar, probarlo en situaciones reales y explorar su uso (Sommerville, 2001).

**Prueba ANOVA.** Permite identificar si existen diferencias en el desempeño de grupos (Hernandez Sampieri, 2006).

**Prueba de Caja Negra.** Este tipo de pruebas no considera la codificación del sistema, ya que está enfocado en los requerimientos y funcionalidad del sistema. El objetivo de este tipo de pruebas es garantizar la calidad del producto desarrollado. (Sommerville, 2001).

**Prueba de Levene.** Permite comprobar si existen diferencias entre las varianzas de los grupos estudiados (Hernandez Sampieri, 2006).

**Prueba De Usabilidad.** Grado de eficacia, eficiencia y satisfacción con la que usuarios específicos pueden lograr objetivos específicos, en contextos de uso específicos (ISO-9241-11:1998).

**Prueba Dunnet.** Sirve para comparar cada grupo con un grupo de control. Por tanto, controla la tasa de error para  $k-1$  comparaciones, donde  $k$  representa el numero total de grupos a estudiar (Hernandez Sampieri, 2006).

**Prueba Games-Howell.** Método similar al de Tukey. Se basa en la distribución del rango estudentizado y en un estadístico T en el que, tras estimar las varianzas poblacionales suponiendo que son distintas, se corrigen los grados de libertad mediante la ecuación de Welch (Hernandez Sampieri, 2006).

**Prueba LSD.** Prueba de diferencia mínima significativa. La prueba de LSD no es más que el argumento de que si una prueba realizada es significativa entonces la hipótesis nula es incorrecta (Hernandez Sampieri, 2006).

**Pruebas Post Hoc.** Identifica subconjuntos homogéneos de medias que no se diferencian entre sí (Hernandez Sampieri, 2006).

**Semiótica.** Es la base de la transmisión de los mensajes, permite seleccionar, organizar signos, códigos y símbolos con miras a significados precisos para la percepción de las representaciones transmitidas a través de los mensajes (Marton, 1996).

**Sistema Interactivo.** Es aquel sistema que se interrelaciona y depende de las acciones de un usuario para realizar una tarea, es decir, todo sistema en el que interactúan persona y máquina (Karavirta et al., 2004; Park et al., 1993).

**Sistema Multimedia Interactivo.** Es aquel en el que se incluyen elementos como texto, vídeo, audio, animaciones, imágenes, entre otros, para proporcionar un sistema de diálogo en el que la secuenciación y selección de la información de los distintos medios viene determinada por las respuestas o decisiones del usuario (Tirado, 2006).

**SWAN.** Visualizador de estructuras de datos, que permite a los usuarios visualizar de manera gráfica las estructuras, así como analizar el proceso de ejecución de la estructura en lenguaje C++ (Yang et al., 1996).

**Tecnología Educativa.** Permite analizar los problemas relacionados con los procesos de aprendizaje, formación y enseñanza. Este enfoque permite concebir, desarrollar y evaluar soluciones eficaces a esos problemas mediante el desarrollo y explotación de recursos educativos (Barroso, 2007; Batista et al., 2007).

**Tecnología de Información y Comunicación.** Conjunto de herramientas que permiten la inmaterialidad, interactividad, instantaneidad, innovación, manejo de imagen y sonido, digitalización, tienen una mayor influencia en los procesos que en los productos, además permiten la automatización, interconexión y diversidad (A. Bartolomé, 1998; Castells, 1986; Gisbert, 2002).

**Teoría de Diseño de Sistemas de Información.** Metodología propuesta por Walls y Widmeyer (1992) que consiste en un conjunto de teorías descriptivas, que ofrecen principios, que sirven como guía y permiten dar soluciones a los desarrolladores y diseñadores de sistemas de información, buscando lograr el diseño de herramientas de software que sean incluyentes, flexibles y que estén estrechamente integradas con las necesidades de sus usuarios (Markus et al., 2002)

**Teoría Núcleo.** Proporcionan los conocimientos base sobre los cuales se construye una Teoría de Diseño de Sistemas (Walls et al., 1992).

**Tutorial.** Sistemas instructivos de autoaprendizaje que pretenden simular al maestro y muestran al usuario el desarrollo de algún procedimiento o los pasos para realizar determinada actividad (Martí-Oliet et al., 2005; Warendorf, 1997).

**ARTICULOS PUBLICADOS**

---



Los artículos publicados pueden ser consultados en los siguientes sitios electrónicos:

**Uso de Tecnologías de Información para la Mejora del Aprendizaje**

<http://aisel.aisnet.org/amcis2010/>

**Learning Data Structures Using Multimedia-Interactive Systems**

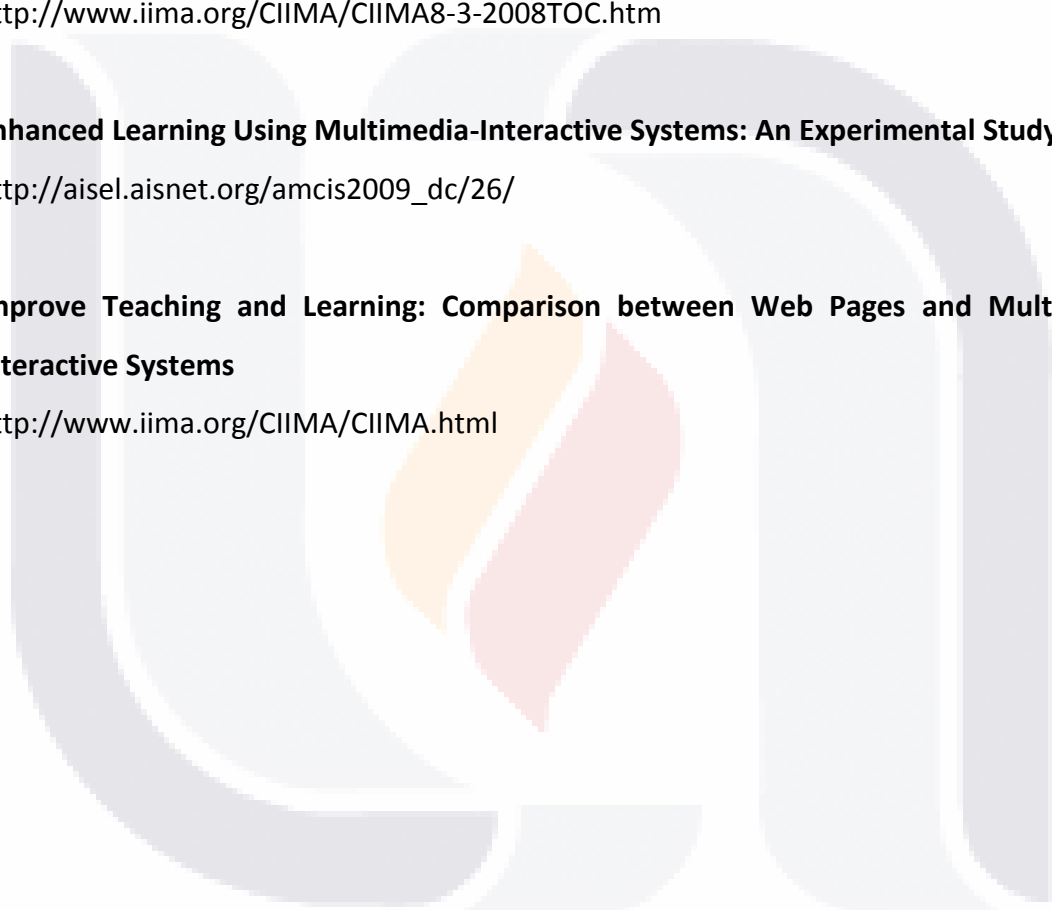
<http://www.iima.org/CIIMA/CIIMA8-3-2008TOC.htm>

**Enhanced Learning Using Multimedia-Interactive Systems: An Experimental Study**

[http://aisel.aisnet.org/amcis2009\\_dc/26/](http://aisel.aisnet.org/amcis2009_dc/26/)

**Improve Teaching and Learning: Comparison between Web Pages and Multimedia-Interactive Systems**

<http://www.iima.org/CIIMA/CIIMA.html>



*Americas Conference on Information Systems (AMCIS)*

*AMCIS 2009 Doctoral Consortium*

---

Association for Information Systems

Year 2009

---

Enhanced Learning Using  
Multimedia-Interactive Systems: An  
Experimental Study

Estela Lizabeth Munoz Andrade\*

Juan Manuel Gomez Reynoso†

\*Universidad Autonoma de Aguascalientes, elmunoz@correo.uaa.mx

†Universidad Autonoma de Aguascalientes, jmgr@correo.uaa.mx

This paper is posted at AIS Electronic Library (AISeL).

[http://aisel.aisnet.org/amcis2009\\_dc/26](http://aisel.aisnet.org/amcis2009_dc/26)

## Enhancing Learning Using Multimedia-Interactive Systems: An Experimental Study

**Estela Lizbeth Muñoz Andrade**

Universidad Autónoma de Aguascalientes, México  
elmunoz@correo.uaa.mx

**Juan Manuel Gómez Reynoso**

Universidad Autónoma de Aguascalientes, México  
jmgr@correo.uaa.mx

### ABSTRACT

The education field is in a process of change driven by new developments in multimedia technology, which is being used as a complementary alternative for teaching purposes. This paper describes a thesis project developed through an exploratory study comparing the effects of using three different teaching approaches: traditional teacher-led instruction, web page instruction and a multimedia-interactive system. The principal objective is to find out whether the use of a prototype multimedia-interactive delivers better outcomes in teaching complex subjects such as data structures, than web page and traditional teacher-led instruction approaches. Information Systems Design Theory was used to develop a multimedia-interactive tool. Students were taught to use binary trees to compare the three teaching methods. Pilot test results show that there are significant differences in performance of students who used the multimedia-interactive tool. It is concluded that the multimedia-interactive system prototype can effectively be used to help students learn binary trees.

### Keywords

Multimedia, interactivity, learning, data structures, teaching approaches, Information Systems Design Theory

### INTRODUCTION

Educational institutions are adapting their teaching and learning processes to incorporate technological advances (Cabero and Salinas, 2000). Such advances are providing tools. One example are web pages and multimedia-interactive systems, which can be integrated as a new tool used for teaching (Bartolomé, 1998). Previous studies (Jones and Buchanan, 1996) suggest that teacher-led instruction methods are proving ineffective and inefficiencies for the diverse student population. Others studies (Baman and Milheim, 1996; Parson, 1998; Simbandumwe, 2001) suggest that there has been widespread increase in the level of interest and use by academics of on-line; particularly Web-based instructional systems such as web pages.

Implementing modern information systems and communication technology into teaching lessons enables an entirely new approach for education (Buch, 2002; Kekäle, 2002; Simon, 1999). There are tutorials available and many possibilities for gaining suitable teaching packages and multimedia presentations that are used to teach (Esteruelas, Ezepeleta de la Fuente, Martínez and Moral, 1995).

A multimedia-interactive system is a combination of two elements: multimedia and interactivity. These systems allows users to advance, check and repeat concepts that are presented (Reeve and Sayers, 1996), also to learn complex subjects (Rodríguez, 2000) such as data structures (Brookshear, 1993). Multimedia presents information through of a variety of media, such as music, videos and animation. Interactivity allows users to participate and control information flow, also to decide when and what information is presented (Rodríguez, 2000). There is evidence in previous studies (Bagui, 1998) that in some cases computer-based multimedia can help people to assimilate information better than traditional classroom lectures.

Learning data structures is a complex issue for many students (Hartmann and Hopcroft, 1971; Martí, Ortega and Verdejo, 2003; Peña, 2005). Complexity is defined as a problem that can have several solutions (Rodríguez, 2000). Some complex problems in the computational area are: to teach programming (Kain and Wiedenbeck, 2004), algorithms (Jain, 2005) and data structures (Brookshear, 1993), among others. The major problem in teaching data structures has been the difficulty of capturing the dynamic nature of the material (Karavirta, Korhonen and Stalnacke, 2004).

The subject of learning data structures has been studied under different approaches using different tools (Del Puerto and Ruiz, 2002). Previous studies of teaching data structures are classified based on their interactivity such as tutorials with hypertext (Martí-Oliet and Palomino, 2005; Warendorf, 1997), websites or web pages (Del Puerto and Ruiz, 2002; Pita and Del Vado, 2007) and interactive systems (Karavirta et al., 2004; Park and Hannafin, 1993). Even though the subject of learning data structures has been widely studied under different situations, we did not find evidence that a multimedia-interactive system existed at the moment of conducting our study, specifically designed to teach binary trees. In order to



know whether this technology delivers better outcomes, we expose a group of students to this technology (multimedia-interactive system) in a limited time frame; a second group was taught by a traditional teacher-led instruction and a third group was taught by a web-based instruction.

**PILOT STUDY**

In order to learn about the phenomena, a pilot study was conducted in the Autonomous University of Aguascalientes (UAA), México using a reduced version of our multimedia-interactive system prototype. This version only teaches binary trees. Three groups composed by twenty students each one participated in this study: one, using traditional instruction methods (TG), other using a web-based approach (WG), and a third group using our multimedia-interactive system (MIG).

Students in their third-semester of a Computer Science bachelor program were invited to participate in the study. At the moment of conducting the study, all participants had taken the basics in programming languages (sequence, decisions, loops, pointers and dynamic memory) and the basics in data structures (arrays and data structures). Participants were randomly assigned to either one of the groups. All groups used the same teaching materials. Contents were focused on the subject of binary trees. This subject was selected because it is identified as a topic that has a high grade to learn of difficulty in previous literature (Martí et al., 2003; Peña, 2005) and has high failure rates of students from the UAA. At the beginning and the end of the session, participants answered a written test so that we learn whether they learn something that they did not know at the begging of the study.

**Description of the Study**

As a first step for the pilot study, a measurement instrument was developed. This instrument was evaluated using a group of 30 participants. In order to avoid the effect of stress and anxiety, students were asked to answer a written test, which has no effect in their grades. The measurement instrument consisted of two sections. One section evaluates theoretical concepts of binary trees such as depth, degree and type of operations that can be performed with them. This section had four multiple choice questions. Each question had a one point value. The second section had three exercises: one to demonstrate knowledge on node insertion, another for node deletion, and the last one to search a node in a binary tree. Each exercise had a value of two points. The complete test was to sum up a total maximum score of 10 points. Measurement instrument results are shown in Table 1 as well as Figure 1 shows the histogram. Results show that scores have a normal distribution. Hence, we can argue that our measurement instrument is well designed.

Grade_Test		
N	Valid	30
	Missing	0
	Mean	4.679
	Median	4.727
	Mode	6.5
	Std. Deviation	3.1041
	Skewness	-.068
	Std. Error of Skewness	.427
	Kurtosis	-1.361
	Std. Error of Kurtosis	.833
	Minimum	.0
	Maximum	9.6

Table 1. Pilot Test Descriptive Statistics



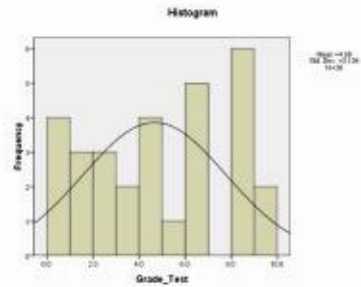


Figure 1. Histogram Grades for the Measurement Instrument

**Description of Treatments**

In order to control teaching styles differences, each group was taught by the same instructor. Participants received the same lecture, examples and exercises, so teaching materials differences were controlled. In addition, all participants had feedback from the instructor. In order to measure whether participants learn about the subject, the same test was applied before and after the lecture.

Technological differences were controlled by using the same computer laboratory where all computers have the same hardware and software characteristics. Participants were given free time to study/use the corresponding learning material, also to get answer to any question they might have, they received feedback from the instructor at any time they would require it. Finally, each group had to answer a written test before and after the lesson. Times slots for the pilot study were assigned as follows: study the lesson, 30 minutes; analyze solved examples and exercises, 30 minutes; self-study time, 15 minutes; time to answer questions and feedback, 20 minutes; and finally, time to answer the test 60 minutes. Groups were taught at a different time frame.

**Specific Conditions for the Groups**

Traditional group (TG) was taught by the instructor using a projector and a PDF file as a learning media. Participants had to solve written exercises by hand. Web page group (WG) was taught by the instructor and he gave the lecture using a projector and a web page as learning media, this group had to solve written exercises. The multimedia-interactive group (MIG) was taught by the instructor using a projector and a multimedia-interactive system as learning media. Participants did solve written exercises through the multimedia-interactive system purposely developed for this study, which was installed in each computer by the duration of the lesson.

**Learning Materials for the Groups**

The material for the TG was adapted to our Spanish-speaking audience. The PDF file consisted on a simple text with some images as examples (see Figure 2). The instructor had to check and evaluate students' exercises.

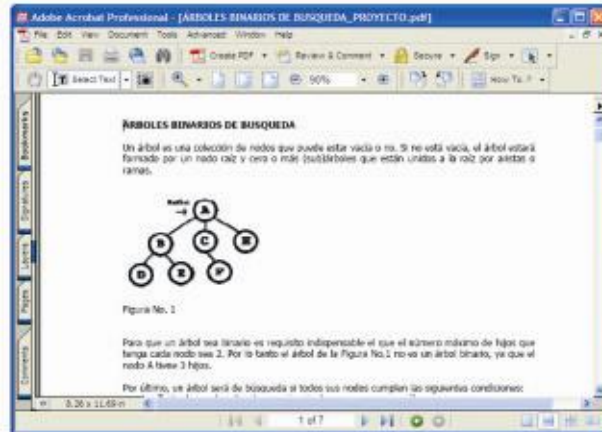


Figure 2. Snapshot of the Learning Material in PDF Format

Figure 3 shows the learning material for the WG. It consisted primarily on text, images as examples, and hyperlinks for easy navigation to go forward and backward through the material as suggested in previous literature (Brodersen, Bourne, Pingree and Shiavi, 2000). An important issue was the absence of multimedia elements (Boyle, 1997; Najjar, 1996). The instructor had to check and evaluate students' exercises.



Figure 3. Snapshot of the Web Page Material

The learning material for the MIG (see Figure 4) consisted on text, images as examples and hyperlinks for navigation purposes (Brodersen et al., 2000). In addition, it has interaction characteristics such as: animation and sounds as well as explanatory sections of each topic (insertion, deletion and searching nodes) (Fulton, Glenn and Valdez, 2004). Moreover, this system includes interactivity: the students had the ability to answer interactive exercises by moving data and images (Bosco,

1986; Fletcher, 1990). Finally, it includes an output section so that participants can see the results of the exercises (Almeida, Blanco and Moreno, 2003; Karavirta et al., 2004). The instructor did not check and evaluate students' exercises. They were evaluated by the tool.

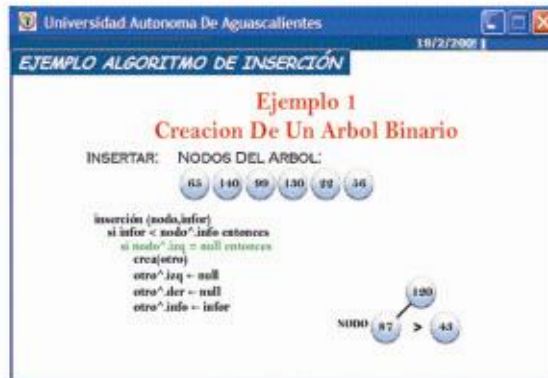


Figure 4. Snapshot of the Multimedia-Interactive System to Teach Binary Trees

**FINDINGS**

The study was conducted as described before. One test was applied to participants (before and after). Table 2 shows descriptive statistics obtained from test results. Tests were graded using a 0 to 10 scale. TG mean increased an overall 20%. WG mean increased an overall 10%. MIG mean increased an overall 23%. Based on these results, it can be argued that any teaching approach contributed to the overall knowledge. In all groups a reduction in standard deviation can be observed, which means results were less dispersed in the after-lecture test compared to pre-lecture test.

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	BEFORE_TG	4.679	30	3.1041	.5667
	AFTER_TG	6.583	30	1.4025	.2561
Pair 2	BEFORE_WG	6.666	30	2.6238	.4790
	AFTER_WG	6.533	30	1.5365	.2805
Pair 3	BEFORE_MIG	5.001	30	2.7015	.4932
	AFTER_MIG	7.353	30	1.0925	.1995

Table 2. Descriptive Statistics of the Study

In order to test whether groups were similar in knowledge acquired in previous courses, a standard ANOVA test was applied to the pre-lecture test (see Table 3). Results show that there are not significant differences (0.388), which mean that the three groups have similar knowledge and that participants' previous knowledge does not impact our study outcomes.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15.210	2	7.605	.958	.388
Within Groups	690.719	87	7.939		
Total	705.929	89			

Table 3. Pre-lecture ANOVA test

In order to test whether teaching approach has an effect in performance, a standard ANOVA test was applied to results from the post-lecture test (see Table 4). Results show that there is a significant difference ( $p=.036$ ) in the performance of the three groups. Hence, teaching approaches do have different outcomes.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.678	2	6.339	3.444	.036
Within Groups	160.123	87	1.840		
Total	172.801	89			

Table 4. Post-lecture ANOVA test

In order to identify which group has better performance, multiple comparisons tests were calculated (LSD and Dunnett tests). Table 5 shows results obtained. In all cases MIG has the highest difference compared to TG and WG (e.g., LSD test: TG vs. MIG,  $sig=.031$ ). These results support our hypothesis that multimedia technology is a better option in teaching complex subjects such as binary trees.

	(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	Traditional group (TG)	Web page group (WG)	.0500	.3503	.887	-.645	.745
		Multimedia-Interactive group (MIG)	-.7700*	.3503	.031	-1.465	-.074
	Web page group (WG)	Traditional group (TG)	-.0500	.3503	.887	-.745	.645
		Multimedia-Interactive group (MIG)	-.8200*	.3503	.022	-1.515	-.124
	Multimedia-Interactive group (MIG)	Traditional group (TG)	.7700*	.3503	.031	.074	1.465
		Web page group (WG)	.8200*	.3503	.022	.124	1.515
Dunnett t (2-tailed)	Traditional group (TG)	Multimedia-Interactive group (MIG)	-.7700	.3503	.068	-1.555	-.015
	Web page group (WG)	Multimedia-Interactive group (MIG)	-.8200*	.3503	.040	-1.505	-.032

\*The mean difference is significant at the .05 level.  
a. Dunnett test treats one group as control, and compares all other groups against it.

Table 5. Multiple Comparisons After the Study

In conclusion, the pilot study showed that the proposed prototype has merit. Now, we are planning to use a specific methodology such as Information Systems Design Theory (ISDT) (Walls, El Sawy and Widmeyer, 1992) to develop the prototype, which will be tested in order to find out whether the use of a prototype multimedia-interactive constructed using ISDT delivers better outcomes in teaching complex subjects such as data structures, compared to a web-based and traditional teacher-led instruction approaches.

**RESEARCH PLAN**

Due to the complexity of teaching of data structures, we are designing a multimedia-interactive prototype that supports the teaching-learning process. Therefore, in this study a multimedia-interactive system requires the support of an appropriate information system. An attempt to address this problem we are planning to develop theory-based principles, in the form of an ISDT for a multimedia-interactive system.

**ISDT Framework**

An Information Systems Design Theory (ISDT) is a methodology proposed by Walls et al. (1992). ISDT's are prescriptive theories that offer theory-based principles developed to provide a guide and solutions to practitioners in the design of Information Systems (IS) (Markus and Majchrzak, 2002). This methodology has the purpose to create artifacts and provide a structural approach to information systems design. The artifact creation relies on kernel theories that are applied, tested and



modified (Markus and Majchrzak, 2002; Walls, El Sawy et al., 1992). Walls et al. (1992) suggested a structure for the ISDT; and it is composed of two elements: the Design Product Components and the Design Process Components (see Table 6).

Design Product Phase	
1. Meta-requirements	Describes the class of goals to which the theory applies
2. Meta-Design	Describes a class of artifacts hypothesized to meet the meta-requirements
3. Kernel theories	Theories from natural or social sciences governing design requirements
4. Testable design product hypotheses	Used to test whether the meta-design satisfies the meta-requirements
Design Process Phase	
1. Design method	A description of procedure(s) for artifact construction
2. Kernel theories	Theories from natural or social sciences governing design process itself
3. Testable design process hypotheses	Used to verify whether the design method results in a artifact which is consistent with the meta-design

Table 6. Components of an ISDT (adapted from (Walls, Widmeyer and El Sawy, 1992))

A design theory is prescriptive and not explanatory or predictive in nature. Walls et al. (1992) believe that the purpose of a design theory is to support the achievement of goals. Thus, a design theory describes how to achieve that goal and not what the goal should be. Finally, an ISDT can be empirically tested and, as any theory, serve as the starting point for new research. In order to develop an ISDT for a multimedia-interactive prototype is important to follow three steps (Figure 5):

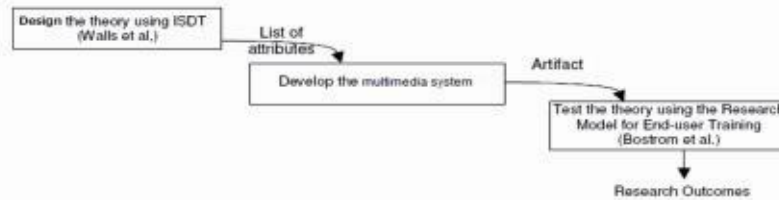


Figure 5. Training Research Process Model (Adapted from (Gomez, Olfman, Ryan and Horan, 2005))

**Design the software training tool**

The main requirements for our study are the development of an instructional material to be taught in the classroom in a traditional teaching approach, a web system and a multimedia-interactive system. Contents and software-based systems interfaces will be adapted to our Spanish speaking audience.

Traditional instruction material will be in PDF format and will consist of text and images. Web page interface will be on html format. This tool will follow previous literature recommendations some images as examples and hyperlinks for navigation to go forward and backward through the material (Brodersen et al., 2000), the absence of multimedia elements (Boyle, 1997; Najjar, 1996) as well as will show information about the topic in a text format.

Our multimedia-interactive tool will have the same contents of the PDF file and the web system (text and images that shows the general information about the topic), include some interaction differences such as animation and sounds as explanatory sections of each topic (insertion, deletion and searching nodes) (Fulton et al., 2004) and interactivity sections (Bosco, 1986; Fletcher, 1990). Finally, an output section to show exercises' results to students (Almeida et al., 2003; Karavirta et al., 2004). ISDT is being used to identify the meta-requirements for our multimedia-interactive system so that it can be developed to maximize learning.

Based on results from the pilot test, currently, we are developing our ISDT. As a first step we are planning to complete the ISDT, enhancing the kernel theories, features and requirements. After that, we will develop our multimedia-interactive system and test at least two different prototypes of it for quality and usability purposes. Finally, we will apply an exploratory study using three groups: traditional led instruction, web-based instruction and our multimedia-interactive system.

**Test the training tool.**

In order to evaluate which training tool delivers better outcomes, we are planning to test the training tools in a laboratory experiment, in the Autonomous University of Aguascalientes (UAA), México. We will use three different groups; each one will use a different teaching approach. Participants will be randomly assigned to each group. One instructor will teach the lectures in all groups using the corresponding training tool. Before and after the experiment, we will apply a written test to identify the effects of each type of teaching approach. After that, we will analyze results and draw the conclusions of this proposed research.

**AN ISDT FOR A MULTIMEDIA-INTERACTIVE SYSTEM**

A multimedia-interactive system involves teaching and learning tasks associated with information distribution, communication, and student assessment; also it requires a high level of expertise from a number of different fields such as content matter, technology, management and instructional design (Jones and McCormack, 1997). This section introduces our ISDT for a multimedia-interactive system by describing the design product phase as explicated by Walls et al. (1992) including: requirements, design practices, kernel theories and hypotheses (see Table 7).

1. Meta-requirements	Interactive dimension (identify sources of mistakes, design informative tutoring feedback, design tutoring instructions). Cognitive dimension (define learning objectives in terms of concrete learning outcomes, identify knowledge elements by analyzing and structuring the subject matter, select and specify cognitive operations that have to be mastered). Formal dimension (compose item, select and specify form and mode of presentation). Framework of training. Graphical user interface to retrieve and build examples and exercises. Examples and exercises.
2. Meta-Design	Concepts of problem solving, software engineering and cognitive aspects. Interactivity and feedback. Hypermedia templates, design patterns and interface design.
3. Kernel theories	Framework for research on end-user training (Bostrom and Olfman, 1990). User interface design (Alfaro and Henzinger, 2001; Henderson, 1991). Hypermedia templates (Catlin and Garret, 1991). Design patterns (Catlin and Garret, 1991; Rossi, Schwabe and Garrido, 1997). Problem solving (Newell and Simon, 1972). Software engineering methods (Salcedo, 2000).
4. Testable design product hypotheses	It is possible to construct an Information System for a multimedia-interactive tool specifically designed to teach binary trees that delivers better outcomes than using traditional teacher-led instruction and web page approaches.

**Table 7. Design Product Phase (Adapted from (Walls, Widmeyer et al., 1992))**

**Brief Description of Kernel Theories**

1. Framework for research on end-user training (Bostrom and Olfman, 1990). Models and approaches for conducting research on the training initiatives in organizations and how they apply them.
2. User interface design (Alfaro and Henzinger, 2001; Henderson, 1991). This theory is important for several reasons. First of all the more intuitive the user interface the easier it is to use, and the easier it is to use and the less expensive to use it. The better the user interface the easier it is to train people to use it, reducing your training costs. The better your user interface the less help people will need to use it, reducing your support costs. The better your user interface the more your users will like to use it, increasing their satisfaction with the work that you have done.

3. Hypermedia templates (Catlin and Garret, 1991). These are an approach to simplify the authoring process while still ensuring the application of good information design principles. Experts, with appropriate skills, are responsible for the creation of hypermedia templates. Templates enable and simplify the capture and reuse of design problem.
4. Design patterns (Catlin and Garret, 1991; Rossi et al., 1997). Design patterns offer an approach to documenting and supporting the reuse of design. The use of patterns provide benefits such as solving a particular problem that can be tailored to specific cases making it easier, enable choice between alternatives, and improve the documentation and maintenance of existing systems.
5. Problem solving (Newell and Simon, 1972). It is focuses on how humans respond when they are confronted with unfamiliar tasks. Is seldom a purely mental activity, but rather interleaves reasoning with execution. Eager execution of partial plans can lead the problem solver into physical dead ends that require restarting the task. Learning from successful solutions transforms backward chaining search into informed skill execution.
6. Software engineering methods (Salcedo, 2000). Aims to examine some specific processes required for the production of high quality software, for example, methods for testing software, ensuring reliability or performance in software.

**CONCLUSION**

The expected outcomes of the study and the principal contribution is to develop an ISDT for a multimedia-interactive system that offers a greater variety of features in the teaching and learning process, as well as to provide a guide to students and professors. Instructors might get a clearer idea about what circumstances this type of systems can be more effective to improve academic performance.

It is necessary to have special attention on participant’s motivation. End-user participation in the development of our multimedia tool might enhance the chances of end-user acceptance so that outcomes can be improved.

It is important that all instructional material have the same design in order to have the certain about the performance of each instructional material. Having exactly the same design in all tools we can argue that multimedia does improve performance.

**REFERENCES**

1. Alfaro, L., and Herzinger, T. (2001). *Interface Theories for Component-Based Design*. Paper presented at the Proceedings of the First International Workshop on Embedded Software London, UK.
2. Almeida, F., Blanco, V. and Moreno, L. (2003). *EDApplets: Una Herramienta Web para la Enseñanza de Estructuras de datos y Técnicas Algorítmicas*, Departamento de Estadística, I. O. y Computación. Universidad de La Laguna, Tenerife.
3. Bagui, S. (1998). Reasons for Increased learning using multimedia. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 7, 3-18.
4. Bannan, B. and Milheim, W. D. (1996, October 15-19). *Design, Development and Delivery of Instructional Materials over the Internet*. Paper presented at the WebNet Conference 96, San Francisco, C.A.
5. Bartolomé, A. (1998). Los Ordenadores en la Enseñanza están cambiando. *Comunicación y pedagogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos*, 154, 22-28.
6. Bosco, J. (1986). An analysis of evaluations of interactive video. *Educational Technology*, 25, 7-16.
7. Bostrom, R. P. and Olfman, L., et al. (1990). The Importance of Learning Style in End-User Training. *MIS Quarterly*, 101-119.
8. Boyle, T. (1997). Design for Multimedia Learning. In P. Hall (Ed.).
9. Brodersen, A., Bourne, J., Pingree, A. and Shiavi, R. (2000). *Comparison of instructional modalities for a course. Introduction to Computing in Engineering*. Paper presented at the Frontiers in Education Conference. FIE 2000. 30th Annual.
10. Brookshear, J. (1993). Teoría de la computación. In A. W. I. W. Delaware (Ed.).
11. Buch, K., & Bartley, S. (2002). Learning Style and Training Delivery Mode Preference. *Journal of Workplace Learning*, 14(1), 5-10.
12. Cabero, J. and Salinas, J. (2000). *Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación*. Madrid, España.



13. Catlin, K. and Garret, L., et al. (1991). *Hypermedia Templates: An Author's Tool*. Paper presented at the Proceedings of the third annual ACM conference on Hypertext San Antonio, Texas, United States
14. Del Puerto, M. and Ruiz, P. (2002). *DSTool: prototipo para la enseñanza, evaluación y depuración de estructuras de datos basados en mecanismos de reflexión estructural*, Congreso Iberoamericano Informática Educativa.
15. Esteruelas, A., Ezpeleta de la Fuente, D., Martínez, A. and Moral, J. (1995). *Sistemas multimedia en la enseñanza*. Paper presented at the En AULA de Innovación Educativa.
16. Fletcher, D. (1990). *The effectiveness and cost of interactive videodisc instruction in defense training and education*, Alexandria, Institute for Defense Analyses.
17. Fulton, K., Glenn, A. and Valdez, G. (2004). *Teacher Education and Technology: Planning Guide*. Paper presented at the North Central Regional Educational Laboratory with funds from the Institute of Education Sciences (IES), U.S. Department of Education.
18. Gomez, J. M., Olfman, L., Ryan, T. and Horan, T. (2005). *An information systems design theory for an expert system-based training system*. Claremont Graduate University, Claremont, California.
19. Hartmann, J. and Hopcroft, J. (1971). An Overview of the Theory of Computational Complexity. *Journal of Association for Computing Machinery*, 18, 444-475.
20. Henderson, A. (1991). *A development perspective on interface, design, and theory*. Paper presented at the Designing interaction: psychology at the human-computer interface New York, NY, USA
21. Jain, L. (2005). *Virtual Environments for Teaching & Learning*, World Scientific. Londres.
22. Jones, D. and Buchanan, R. (1996). *The Design of an Integrated Online Learning Environment*. Paper presented at the ASCILITE 96 University of Adelaide.
23. Jones, D. and McCormack, C. (1997). *Class Management: The Forgotten Task*. Paper presented at the NAWEB, Fredericton, New Brunswick, Canada.
24. Kain, V. and Wiedenbeck, S. (2004). *Factors affecting course outcomes in introductory programming*. Paper presented at the 16th Workshop of the psychology of programming interest group, Institute of Technology, Carlow, Ireland.
25. Karavirta, V., Korhonen, L. and Stalnacke, K. (2004). *MatrixPro: A Tool for On-The-Fly Demonstration of Data Structures and Algorithms*. Paper presented at the Third Program Visualization Workshop, Helsinki University of Technology. Department of Computer Science and Engineering, Finland.
26. Kekäle, T., Pirolti, K., & Falter, C. (2002). IT Tools in Personnel Training in Small Enterprises: Results of the Project "Apply". *Journal of Workplace Learning*, 14(7), 269-277.
27. Markus, L. M. and Majchrzak, A. (2002). A Design Theory for Systems that Support Emergent Knowledge Processes. *MIS Quarterly*, 26(3), 179-212.
28. Martí-Oliet, N. and Palomino, M. (2005). *A Tutorial on Specifying Data Structures in Maude*. Paper presented at the Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Departamento de Sistemas Informáticos y Programación, Universidad Complutense de Madrid.
29. Martí, N., Ortega, Y. and Verdejo, A. (2003). Estructuras de datos y métodos algorítmicos: Ejercicios resueltos. In P. P. Hall (Ed.).
30. Najjar, L. (1996). Multimedia Information and Learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5(2), 129-150.
31. Newell, A. and Simon, H. (1972). *Human problem solving*: Prentice-Hall.
32. Park, I. and Hannafin, M. (1993). Empirically based guidelines for the design of interactive multimedia. *Education Technology Research and Development*, 41(3), 65-85.
33. Parson, R. (1998). *An Investigation into Instruction Available on the World Wide Web*. Paper presented at the Master of Education Research Project.
34. Peña, R. (2005). *Diseño de programas. Formalismo y Abstracción*.
35. Pita, I. and Del Vado, R. (2007). *Estudio de una experiencia de aprendizaje interactivo para la asignatura de estructura de datos*. Paper presented at the Jornada Campus Virtual UCM.
36. Reeve, V. and Sayers, J. (1996). Interactive Multimedia, *The Salt Conference 96* (pp. 18-23.): In Multimedia Monitor, XIV.
37. Rodríguez, J. (2000). *Presentación de experiencias de innovación docente universitaria soportadas por Multimedia*. Paper presented at the IV Jornada sobre decencia universitaria., Barcelona, España.
38. Rossi, G., Schwabe, D. and Garrido, A. (1997). *Design Reuse in Hypermedia Applications Development*. Paper presented at the Proceedings of the 8th ACM Conference on Hypertext, Southampton, United Kingdom
39. Salcedo, P. (2000). Ingeniería de software educativo, teorías y metodologías que la sustentan. *Diabet*, 6.
40. Simbandumwe, J. P. T. f. D. I. A. W. C. (2001). *Tools for Developing Interactive Academic Web Courses*



41. Simon, J. (1999, 5-7 Julio). *Experiencias multimedia en la docencia*. Paper presented at the Comunicación oral. I Jornadas Multimedia Educativa. , Barcelona, España.
42. Walls, J., El Sawy, O. and Widmeyer, G. (1992). Building an Information System Design Theory for Vigilant EIS. *Information Systems Research*, 3, 36-58.
43. Walls, J., Widmeyer, G. and El Sawy, O. (1992). Building an Information System Design Theory for Vigilant EIS. *Information Systems Research*, 3, 36-58.
44. Warendorf, K. (1997). *ADIS-an Animated Data Structure Intelligent Tutoring System on theWWW*. Paper presented at the International Conference on Information, Communications and Signal Processing.

**IMPROVE TEACHING AND LEARNING:  
COMPARISON BETWEEN WEB PAGES AND  
MULTIMEDIA-INTERACTIVE SYSTEMS**

**Estela Lizbeth Muñoz Andrade**

Universidad Autónoma de Aguascalientes, México  
[elmunoz@correo.uaa.mx](mailto:elmunoz@correo.uaa.mx)

**Juan Manuel Gómez Reynoso**

Universidad Autónoma de Aguascalientes, México  
[jmgr@correo.uaa.mx](mailto:jmgr@correo.uaa.mx)

**ABSTRACT**

The education field is in a process of change driven by new developments in multimedia technology, which is being used as a complementary-alternative for teaching purposes. This paper describes an exploratory study comparing the effect of using two different teaching approaches: Web pages and multimedia-interactive system. The objective is to find out whether the use of a multimedia-interactive system delivers better outcomes in teaching complex subjects such as data structures than Web pages approach. Descriptive statistics results show that there are significant differences in students' performance that used multimedia. We found out that, specifically in this study the multimedia tool improves the learning of binary trees. It is concluded that multimedia can effectively be used to help students learn binary trees.

**INTRODUCTION**

The education field is in a process of change driven by the new developments in technology; such developments determine the relationship between technology and education (Salinas, 1997).

Educational institutions are adapting their teaching and learning processes to the technological advances (Cabero & Salinas, 2000). In addition, such advances are providing revolutionary tools such as Web pages and multimedia-interactive systems which can be integrated as a new tool used to teach (work, culture and education) (Bartolomé, 1998). Previous studies (Jones & Buchanan, 1996) suggest that teacher-led instruction methods are proving "ineffective and inefficient for the diverse student population" which institutions must contend with today. Others studies (Simbandumwe, 2001), (Bannan & Milheim, 1996) and (Parson, 1998) suggest that there has been widespread increase in the level of interest and use by academics of on-line; particularly Web based instructional systems such as Web pages.

The Web is being used effectively to provide a resource base for support, discussion and illustration of teaching and learning techniques as well as the methodologies for their successful creation, application and use (Corderoy & Lefoe, 1996).

A multimedia-interactive system is a combination of two elements: multimedia and interactivity. Multimedia presents information through a variety of media, such as music, videos and animation. The interactivity allows users to participate and control information. For example, touch screen buttons to create exercises. Interactivity allows users to decide when and what information is presented (Rodríguez, 2000).

Implementing modern information systems and communication technology into teaching lessons enables an entirely new approach for education (Buch, 2002; Kekäle, 2002; Simon, 1999). There are tutorials available and many possibilities for gaining suitable teaching packages and multimedia presentations that are used to teach (Moral, Esteruelas, Ezpeleta de la Fuente, & Martínez, 1995).

A multimedia-interactive system has the potential to revolutionize the way we work, learn and communicate (Stemler, 1997). Although, multimedia-interactive is related to traditional and computer-aided learning systems, many of its aspects are arguably different from sequential media and computer-based instruction, as well as from hypertext (Park & Hannafin, 1993).

There is evidence in previous studies (Bagui, 1998) showing that, in some cases, computer-based multimedia can help people assimilate information better than Web pages systems, and multimedia-interactive systems allow the learning of complex subjects (Rodríguez, 2000) such as data structures (Brookshear, 1993).

The subject of learning data structures has been studied under different approaches as a software tools (Del Puerto & Ruiz, 2002). Previous studies of teaching data structures are classified based on their interactivity such as tutorials with hypertext (Martí-Oliet & Palomino, 2005; Warendorf, 1997), Websites or Web pages (Del Puerto & Ruiz, 2002; Pita & Del Vado, 2007) (Del Puerto & Ruiz, 2002; Pita & Del Vado, 2007) and interactive systems (Karavirta, Korhonen, & Stalnacke, 2004; Park & Hannafin, 1993).

Even though the subject of learning data structures has been widely studied under different situations, we did not find evidence that a multimedia-interactive system exists, specifically designed to teach binary trees, which is the goal of this exploratory study (Karavirta et al., 2004).

In order to do so, we expose a group of students to this technology (in a limited time frame), and a second group was taught using a Web page approach. Thus, the hypothesis of this study is as follows “a multimedia-interactive tool specifically designed to teach binary trees deliver better outcomes compared to a Web page approach”.

### **METHODOLOGY**

An exploratory study was conducted in the Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), México. Two groups composed by thirty students participated in the study. Participants were randomly assigned to either one of the groups. One group, used Web pages (WPG); and a second group, used a multimedia-interactive system (MG) purposely developed for this study. Students in their third-semester of a Computer Science bachelor program were invited to participate in the

study. At the moment of the study, all participants had taken the basics in programming languages (sequence, decisions, loops, pointers and dynamic memory) and the basics in data structures (arrays and data structures). Both groups used the same teaching materials. The content of the lesson was focused on the subject of binary trees. This subject was selected because it coincided with both the literature (Martí, Ortega, & Verdejo, 2003; Peña, 2005) as a difficult topic to learn and because students from the UAA have high failure rates in that topic. Before and after the session, participants answered a written test so that we could discover whether they learn something that they did not know at the beginning of the study.

In order to control teaching styles differences, all groups were taught by the same professor. Participants received the same lecture, examples and exercises so teaching materials differences were controlled. In addition, participants had feedback from the instructor in both cases. In order to measure whether participants learn about the subject, the same test was applied before and after the lecture. Times were recorded for each section in both cases.

**PILOT TEST**

As a first step for our study, a measurement instrument was developed. This instrument was evaluated through a pilot test with a group of thirty participants (see Table 1). Participants were asked to answer a written test (measurement instrument), which has no effect in their grades. The complete test was to sum up a maximum score of 10 points. This measurement instrument was applied before and after the full study and consisted of two sections:

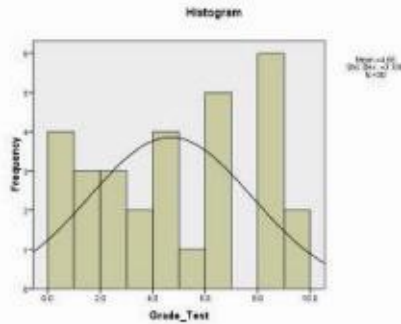
- First section evaluates theoretical concepts of binary trees such as depth, degree and type of operations that can be performed with them. This section had four multiple choice questions. Each question had a value of one point.
- Second section had three exercises: one to demonstrate knowledge on node insertion, another for node deletion, and the last one to search a node in a binary tree. Each exercise had a value of two points.

Grade_Test		
N	Valid	30
	Missing	0
	Mean	4.679
	Median	4.727
	Mode	6.5
	Std. Deviation	3.1041
	Skewness	-.088
	Std. Error of Skewness	.427
	Kurtosis	-1.361
	Std. Error of Kurtosis	.833
	Minimum	.0
	Maximum	9.6

**Table 1. Pilot test descriptive statistics**



Results for each test show a normal distribution behavior (see Figure 1). Thus, we can argue that the instrument have a proper design and can be used to measure performance in our study.



**Figure 1. Histogram grades for the measurement instrument**

**FULL STUDY**

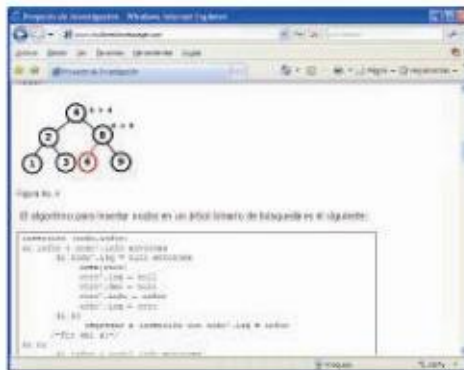
As a second step for our study, an experiment was applied. The experiment consisted on two groups with thirty participants each one. In order to control technological differences both groups received the same lecture about binary trees in the same computer laboratory. Each group received the same examples and exercises, both groups had individual free time to study/use the corresponding learning materials, and had time to make questions and receive feedback from the instructor. Finally each group had to answer a written test before and after the experiment. Times were recorded for each section: Instruction from the professor (lecture): 20 min, examples and exercises: 30 min, individual free time for students: 15 min, time for doubts and feedback: 15 min, and time to answer the test: 60 min. Before the experimental sessions, a test was applied to each group as a reference about previous knowledge of the subject. This test had a 60 minutes limited.

***Specific Characteristics for both Groups***

Only one instructor participates as lecturer so that teaching differences were controlled. For the Web page group (WPG), the instructor gave the lecture using a projector and a Web page as learning media; in this case, participants had to solve written exercises. For the multimedia-interactive group (MG) the instructor gave the lecture using a projector and a multimedia-interactive system as learning media, in this case participants did not solve written exercises. Contents of the lecture for both groups were exactly the same so we controlled teaching materials differences.

**Learning Materials Characteristics**

Learning material was written to our Spanish-speaking audience. The Web pages interface (see Figure 2) consisted primarily of text to show information about the topic, some images as examples and hyperlinks for navigation purposes (to go forward and backwards through the material ) as suggested by previous literature (Shiavi, Brodersen, Bourne, & Pingree, 2000). An important issue of this Web page was the absence of multimedia elements (Boyle, 1997; Fowler, 1980; Najjar, 1996). It shows general information such as name of the University, menu options and topic. There is no animation and interactivity in the Web page. For this group, the instructor checked and evaluated the students’ exercises.



**Figure 2. Snapshot of the Web Page**

The multimedia-interactive system (see Figure 3) has the same contents of the Web page and it included examples and interactive exercises. There are some interaction differences: animation and sounds as explanatory sections of each topic (insertion, deletion and searching nodes) as suggested by literature (Fulton, Glenn, & Valdez, 2004). Also, this tool includes interactivity where students had the ability to answer exercises by moving data and images as suggested by literature (Bosco, 1986; Fletcher, 1990). Finally, previous literature (Almeida, Blanco, & Moreno, 2003; Karavirta et al., 2004) suggests that an output section to show exercises results to students must be included, which we did. In this case the instructor did not check and evaluate the students’ exercises, the system has a feature for this purposes.



Figure 3. Snapshot of the Multimedia-Interactive System

RESULTS

The study was conducted as described in previous section. Table 2 shows descriptive statistics for the study. A written test was applied to participants before the study. Tests were graded using a scale from 0 to 10. The mean in both groups are similar. In addition, Table 3 shows a t-test for these results. We can argue that both groups have similar performance ( $p=.336$ ), which means that both groups are homogeneous. Thus, previous knowledge differences were controlled.

Group		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Grades: Before study	WPG	30	5.6667	2.62394	.47906
	MG	30	5.0000	2.70376	.49364

Table 2. Descriptive statistics before the study

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	.065	.800	.969	58	.336	.66667	.68788	-.71028	2.04361
Equal variances not assumed			.969	57.948	.336	.66667	.68788	-.71030	2.04364

Table 3. t-test results before the study

In addition, a written exam was applied to participants after the lecture. Descriptive statistics are shown in Table 4. We can notice that both groups have different outcomes; this is the first indication that our multimedia tool designed specifically for this study has significant difference in participants performance under the conditions described before.

Group		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Grades:	WPG	30	6.5333	1.53653	.28053
After study	MG	30	7.7200	.92490	.16886

**Table 4. Descriptive statistics after the study**

In order to test whether teaching using a Web page or multimedia-interactive system approaches makes a difference in learning binary trees, a t-test was applied to those results from the post-lecture test. Table 5 shows results of such test.

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	16.058	.000	-3.624	58	.001	-1.18667	.32743	-1.84209	-.53124
Equal variances not assumed			-3.624	47.577	.001	-1.18667	.32743	-1.84517	-.52817

**Table 5. t-test results after the study**

Table 5, show that there is a significant difference ( $p < 0.001$ ) in performance due to multimedia-interactive teaching approach. Hence, we can conclude that our multimedia tool specifically designed for this study contributes to improve the learning about binary trees. Thus, these results support our hypothesis that multimedia-interactive tool specifically designed for this study is a better option than Web page approach.

**DISCUSSION AND FUTURE WORK**

Two approaches to teach data structures were used in this study: Web pages (Almeida et al., 2003; Del Puerto & Ruiz, 2002; Pita & Del Vado, 2007; Shiavi et al., 2000) and a multimedia-interactive system (Stemler, 1997). Variables such as content, teaching style, motivation and attitudes of the students, completion time, technology, written tests and time of exposure were controlled. One difference that Web page group made exercises in a written form while



multimedia group made exercises through the system. The results of this exploratory study seem to indicate that the Web page group did not show any significant differences in the performance of the participants. However, a multimedia-interactive group did show significant differences due to the combination of multimedia and interaction under the specific conditions mentioned previously.

This study address a weakness detected in our previous study. In such study, our teaching tool has different design than the Web page. Thus, we did not know whether performance was influenced by this issue. By having exactly the same design in both tools we can argue that multimedia does improve performance.

The multimedia-interactive systems field can be benefited with more experimental studies measuring achievement students', learning material design such as the same colors, sounds, images, etc. to give students a clearer vision about the studied topic. Under those circumstances this kind of systems could be more effective to academic performance.

For future studies, we propose to develop and empirically test a multimedia-interactive system based on design principles (Najjar, 1996) with an emphasis on usability, and with an easy to use, fun and stimulating interface (Uden, 2000).

**REFERENCES**

- Almeida, F., Blanco, V., & Moreno, L. (2003). *EDApplets: Una Herramienta Web para la Enseñanza de Estructuras de datos y Técnicas Algorítmicas*, Departamento de Estadística, I. O. y Computación, Universidad de La Laguna, Tenerife.
- Bagui, S. (1998). Reasons for Increased learning using multimedia. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 7, 3-18.
- Banman, B., & Milheim, W. D. (1996, October 15-19). *Design, Development and Delivery of Instructional Materials over the Internet*. Paper presented at the WebNet Conference 96, San Francisco, C.A.
- Bartolomé, A. (1998). Los Ordenadores en la Enseñanza están cambiando. *Comunicación y pedagogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos*, 154, 22-28.
- Bosco, J. (1986). An analysis of evaluations of interactive video. *Educational Technology*, 25, 7-16.
- Boyle, T. (1997). Design for Multimedia Learning. In P. Hall (Ed.).
- Brookshear, J. (1993). *Teoría de la computación*. Wilmington, DE: Addison Wesley Iberoamericana.
- Buch, K., & Bartley, S. (2002). Learning Style and Training Delivery Mode Preference. *Journal of Workplace Learning*, 14(1), 5-10.
- Cabero, J., & Salinas, J. (2000). *Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación*. Madrid, España.
- Corderoy, R., & Lefoe, G. (1996). *Tips and Secrets for Online Teaching and Learning: An Inside View*. Paper presented at the ASCILITE 96 University of Adelaide.
- Del Puerto, M., & Ruiz, P. (2002). *DSTool: prototipo para la enseñanza, evaluación y depuración de estructuras de datos basados en mecanismos de reflexión estructural*, Congreso Iberoamericano Informática Educativa.
- Fletcher, D. (1990). *The effectiveness and cost of interactive videodisc instruction in defense training and education*, Alexandria, Institute for Defense Analyses.
- Fowler, B. (1980). *The effectiveness of computer-controlled videodisc based training*, University of Iowa.
- Fulton, K., Glenn, A., & Valdez, G. (2004). *Teacher Education and Technology: Planning Guide*. Paper presented at the North Central Regional Educational Laboratory with funds from the Institute of Education Sciences (IES), U.S. Department of Education.
- Jones, D., & Buchanan, R. (1996). *The Design of an Integrated Online Learning Environment*. Paper presented at the ASCILITE 96 University of Adelaide.
- Karavirta, V., Korhonen, L., & Stalnacke, K. (2004). *MatrixPro: A Tool for On-The-Fly Demonstration of Data Structures and Algorithms*. Paper presented at the Third Program Visualization Workshop, Helsinki University of Technology, Department of Computer Science and Engineering, Finland.
- Kekale, T., Pirolt, K., & Falter, C. (2002). IT Tools in Personnel Training in Small Enterprises: Results of the Project "Apply". *Journal of Workplace Learning*, 14(7), 269-277.
- Martí-Oliet, N., & Palomino, M. (2005). *A Tutorial on Specifying Data Structures in Maude*. Paper presented at the Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Departamento de Sistemas Informáticos y Programación, Universidad Complutense de Madrid.
- Martí, N., Ortega, Y., & Verdejo, A. (2003). Estructuras de datos y métodos algorítmicos: Ejercicios resueltos. In P. P. Hall (Ed.).
- Moral, J., Esteruelas, A., Ezpeleta de la Fuente, D., & Martínez, A. (1995). *Sistemas multimedia en la enseñanza*. Paper presented at the En AULA de Innovación Educativa.
- Najjar, L. (1996). Multimedia Information and Learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5(2), 129-150.
- Park, I., & Hannafin, M. (1993). Empirically based guidelines for the design of interactive multimedia. *Education Technology Research and Development*, 41(3), 65-85.
- Parson, R. (1998). *An Investigation into Instruction Available on the World Wide Web*. Paper presented at the Master of Education Research Project.
- Peña, R. (2005). *Diseño de programas. Formalismo y Abstracción*.
- Pita, I., & Del Vado, R. (2007). *Estudio de una experiencia de aprendizaje interactivo para la asignatura de estructura de datos*. Paper presented at the Jornada Campus Virtual UCM.
- Rodríguez, J. (2000). *Presentación de experiencias de innovación docente universitaria soportadas por Multimedia*. Paper presented at the IV Jornada sobre docencia universitaria., Barcelona, España.
- Salinas, J. (1997, Julio ). Nuevos ambientes de aprendizaje para una sociedad de la información. *Revista Pensamiento Educativo. Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile*, 20, 81-104.

---

*Proceedings of the 20th Annual International Information Management Association*

---

- Shiavi, R., Brodersen, A., Bourne, J., & Pingree, A. (2000). *Comparison of instructional modalities for a course. Introduction to Computing in Engineering*. Paper presented at the Frontiers in Education Conference. FIE 2000. 30th Annual.
- Simbandumwe, J. P. T. f. D. I. A. W. C. (2001). *Tools for Developing Interactive Academic Web Courses*
- Simon, J. (1999, 5-7 Julio). *Experiencias multimedia en la docencia*. . Paper presented at the Comunicación oral. I Jornadas Multimedia Educativa. , Barcelona, España.
- Stemler, L. (1997). Educational Characteristics of Multimedia: A literature review. *Journal of Educational Multimedia and hypermedia*, 6(3/4), 339-359.
- Uden, L. (2000). *Integrating Modality Theory in Educational Multimedia Design*. Paper presented at the Proceedings of the AAAI Spring Symposium on Intelligent Multi-Media Multi-Modal Systems.
- Warendorf, K. (1997). *ADIS-an Animated Data Structure Intelligent Tutoring System on theWWW*. Paper presented at the International Conference on Information, Communications and Signal Processing.

**ABOUT THE AUTHORS**

**Estela Lizbeth Muñoz Andrade**

She is a full time research professor in the Department of Electronic Systems at the Autonomous University of Aguascalientes, México. Among other areas of interest, she has been a Data Structures, C++, and Java teacher for eleven years. She is currently a PhD student.

Postal Address:

Av. Universidad # 940  
Ciudad Universitaria  
Aguascalientes, México  
CP. 20100

Phone: (52) (449) 9 10 84 22

e-mail: [elmunoz@correo.uaa.mx](mailto:elmunoz@correo.uaa.mx)

**Juan Manuel Gómez Reynoso, PhD.**

He is a full time research professor in the Department of Electronic Systems at the Autonomous University of Aguascalientes, México. He earned his doctoral degree at Claremont Graduate University, California, where he specialized in Design Research. He has published articles in national and international conferences and journals in the field of information systems. His main interests are: design research, human-computer interaction, and mobile computing.

Postal Address:

Av. Universidad # 940  
Ciudad Universitaria  
Aguascalientes, México  
CP. 20100

Phone: (52) (449) 9 10 84 22

e-mail: [jmgr@correo.uaa.mx](mailto:jmgr@correo.uaa.mx)

**Learning Data Structures Using Multimedia-Interactive Systems**

**Estela Lizbeth Muñoz Andrade**  
**Autonomous University of Aguascalientes**  
**México**  
[elmunoz@correo.uaa.mx](mailto:elmunoz@correo.uaa.mx)

**Carlos Argelio Arévalo Mercado**  
**Autonomous University of Aguascalientes**  
**México**  
[carevalo@correo.uaa.mx](mailto:carevalo@correo.uaa.mx)

**Juan Manuel Gómez Reynoso**  
**Autonomous University of Aguascalientes**  
**México**  
[jmgr@correo.uaa.mx](mailto:jmgr@correo.uaa.mx)

**ABSTRACT**

*Multimedia technology is increasingly being used as a complementary way of delivering instruction. To find out whether the use of a multimedia-interactive system is able to help the students to better learn complex issues such as Data Structures, this article describes an exploratory study comparing the effect of using three different teaching approaches, such as traditional teacher-led instruction, Web pages and a multimedia-interactive system. Descriptive statistics and ANOVA test results show that there are significant differences in students' performance using multimedia. It is concluded that multimedia can effectively be used to help students learn data structures specifically binary trees.*

**INTRODUCTION**

Learning data structures is a complex issue for many students (Hartmann & Hopcroft, 1971; Marti, Ortega, & Verdejo, 2003; Peña, 2005). Complexity is defined as a problem that can has several solutions (Rodríguez, 2000). Some complex problems in the computational area are: teaching programming (Wiedenbeck & Kain, 2004), algorithms (Jain, 2005) and data structures (Brookshear, 1993), among others. The major problem in teaching data structures has been the difficulty of capturing the dynamic nature of the material (Karavirta, Korhonen, & Stalnacke, 2004).

Previous studies of teaching data structures are classified based on their interactivity such as tutorials with hypertext (Marti & Palomino, 2005; Warendorf, 1997), websites or Web pages (Del Puerto & Ruiz, 2002; Pita & Del Vado, 2007) and interactive systems (Karavirta et al., 2004; Park & Hannafin, 1993).

Interactive multimedia has the potential to revolutionize the way we work, learn and communicate (Stemler, 1997). Although interactive multimedia is related to traditional and computer-aided learning systems, many of its aspects are arguably different from sequential media and computer-based instruction, as well as from hypertext (Park & Hannafin, 1993). There is evidence in previous studies (Bagui, 1998) showing that, in some cases, computer-based multimedia can help people assimilate information better than traditional classroom lectures.



Even though the subject of learning data structures has been studied under different situations, not many multimedia-interactive systems are specifically designed to teach binary trees, so the goal of this exploratory study was to statistically prove the effects of learning using a multimedia-interactive system, specifically in the topic of binary trees (data structures), and find whether students exposed to this technology (in a limited time frame) show better academic performance. Thus, our hypothesis is as follows: "Multimedia technology is a better teaching approach to teach complex subjects compared to a traditional and Web page approaches".

**METHODOLOGY**

We conducted an exploratory study using three groups in the Autonomous University of Aguascalientes (UAA), México. Each group was formed by thirty students: one, using traditional instruction methods (TG), other using Web pages (WG), and the other using a multimedia-interactive system (MIG). Ninety undergraduate Computer Science students taking the Data Structures course were invited to participate in the study. At the moment of the study, all students had passed the basics in programming languages (sequence, decisions, loops, pointers and dynamic memory) and the basics in data structures (arrays and structures). Participants were randomly assigned to the groups. The content was focused on the subject of binary trees. This subject was selected because it coincided with the literature as a topic that is difficult to students learn (Martí et al., 2003; Peña, 2005) and the failure rates that students have from the University.

In order to control teaching styles differences, all groups were taught by the same professor. Participants received the same lecture, examples and exercises so that teaching materials differences were controlled. In addition, participants had feedback from the instructor. In order to measure whether participants learn about the subject, the same test was applied before and after the lecture.

**Description of the Learning Material**

For our study, the material was adapted to a Spanish speaking audience. For the traditional instruction group the learning material consisted on a simple text with some images as examples; the material was presented in PDF format. The Web pages interface (see Figure 1) consisted primarily of text to show information about the topic, some images as examples and hyperlinks for navigation to go forward and backward through the material (Shiavi, Brodersen, Bourne, & Pingree, 2000). An important issue of this Web page was the absence of multimedia elements (Boyle, 1997; Najjar, 1996). The multimedia-interactive system (see Figure 2) kept the same content of the Web page and it included examples and interactive exercises.

A more detailed description of the material used in the study is required. The Figure 1 shows the Web page used in the study. It shows general information such as name of the University, menu options and topic. The Web page contains hyperlinks to navigate through the information and examples (Shiavi et al., 2000). The information is shown by text and images. There is no animation and interactivity in the Web page (Fowler, 1980), in this case the instructor has to check and evaluate the students' exercises.

Figure 1: Web page to teach binary trees.



The multimedia-interactive system (see Figure 2) kept the same content of the Web page: text and images that shows the general information about the topic. There are some interaction differences: animation and sounds as explanatory sections of each topic (insertion, deletion and searching nodes) (Fulton, Glenn, & Valdez, 2004). Also, this system includes interactivity where students had the ability to answer interactive exercises by moving data and images (Bosco, 1986; Fletcher, 1990). Finally, an output section to show the exercises results to students is included (Almeida, Blanco, & Moreno, 2003; Karavirta et al., 2004). In this case the instructor does not check and evaluate the students' exercises, the system does this activity.

Figure 2: Multimedia-Interactive System to teach binary trees.



**Description of the Test Results**

In order to avoid the effect of stress and anxiety, students were asked to answer a written test. In both cases (before and after the study) the test consisted of two sections:

Section I. This section had four multiple choice questions to evaluate theoretical concepts. Each question had value of one point. This section was formed by the following questions:

- Concept of binary tree
- Concept of depth
- Concept of degree
- Type of operations that can be performed with binary trees

Section II. This section had three exercises to demonstrate the knowledge acquired about node insertion, node deletion, and searching for data into a binary tree. Each exercise had value of two points. The scoring criteria for this section had the following aspects:

- To insert nodes (in an empty binary tree, in a binary tree with nodes).
- To delete nodes from a binary tree.
- To search a node (pre-order, in-order and post-order)

The complete test was to sum up a total maximum score of 10 points (4 points in Section I and 6 points in Section II).

**Conditions for All Study Groups**

In order to control technological differences, all groups received the lecture in the same computer laboratory classroom. Each group received the same lecture about binary trees topic, same examples and exercises, all groups had individual free time to study/use the corresponding learning materials, and had time to make questions and receive feedback from the instructor. Finally each group had to answer a written test. Times were recorded for each section: Instruction from the teacher (lecture): 20 min, examples and exercises: 30 min, individual free time for students: 15 min, time for doubts and feedback: 15 min, and time to answer the test: 60 min.

Before the experimental sessions, a test was applied to each group (TG, WG, MIG), as a reference about previous knowledge of the subject. This test had a 60 minutes limited.

**Conditions for Each Study Group**

For the traditional group (TG) the instructor gave the lecture using a projector and a PDF file as a learning media, in this case participants had to solve written exercises. In the Web page group (WG) the instructor gave the lecture using a projector and a Web page as learning media, in this case participants had to solve written exercises. For the multimedia-interactive group (MIG) the instructor gave the lecture using a projector and a multimedia-interactive system as learning media, in this case participants did not to solve written exercises.



**RESULTS**

As mentioned earlier, one test was applied to participants (before and after). Table 1 shows descriptive statistics obtained from test results. Tests were graded using from 0 to 10 scales. TG mean increased an overall 20%. WG mean increased an overall 10%. MIG mean increased an overall 23%. Based on these results, it can be argued that any teaching approach contributed to the overall knowledge. In all groups a reduction in standard deviation can be observed, which means results were less dispersed.

**Table 1: Descriptive statistics of the study.**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 BEFORE_TG	4.679	30	3.1041	.5667
AFTER_TG	6.583	30	1.4025	.2561
Pair 2 BEFORE_WG	5.666	30	2.6238	.4790
AFTER_WG	6.633	30	1.5365	.2805
Pair 3 BEFORE_MIG	5.001	30	2.7015	.4932
AFTER_MIG	7.353	30	1.0925	.1995

In order to test whether groups were similar in knowledge acquired in previous courses, a standard ANOVA test was applied to the pre-lecture test (see Table 2). Results show that there are not significant differences (0.338), which mean that the three groups have similar knowledge and that participants' previous knowledge does not impact our study outcomes.

**Table 2: Pre-lecture ANOVA test.**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15.210	2	7.605	.958	.388
Within Groups	690.719	87	7.939		
Total	705.929	89			

In order to test whether teaching approach has an effect in performance, a standard ANOVA test was applied to results from the post-lecture test (see Table 3). Results show that there is a significant difference ( $p=.036$ ) in the performance of the three groups.

**Table 3: Post-lecture ANOVA test.**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.678	2	6.339	3.444	.036
Within Groups	160.123	87	1.840		
Total	172.801	89			

In order to identify which group has better performance, multiple comparisons tests were calculated (LSD and Dunnett tests). Table 4 shows results obtained. In all cases MIG has the highest difference compared to TG and WG (e.g., LSD test: TG vs. MIG,  $sig=.031$ ). These results support our hypothesis that multimedia technology is a better option in teaching complex subjects such as binary trees.

Table 4: Multiple comparisons after the study.

	(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	Traditional group (TG)	Web page group (WG)	.0500	.3503	.887	-.645	.745
		Multimedia-interactive group (MIG)	-.7700*	.3503	.031	-1.466	-.074
	Web page group (WG)	Traditional group (TG)	-.0500	.3503	.887	-.745	.645
		Multimedia-interactive group (MIG)	-.8200*	.3503	.022	-1.516	-.124
	Multimedia-interactive group (MIG)	Traditional group (TG)	.7700*	.3503	.031	.074	1.466
		Web page group (WG)	.8200*	.3503	.022	.124	1.516
Dunnnett t (2-sided)	Traditional group (TG)	Multimedia-interactive group (MIG)	-.7700	.3503	.068	-1.555	.015
	Web page group (WG)	Multimedia-interactive group (MIG)	-.8200*	.3503	.040	-1.608	-.032

\*The mean difference is significant at the .05 level  
 a. Dunnnett t-test treats one group as control, and compare all other groups against it.

DISCUSSION AND FUTURE STUDIES

In this exploratory study three approaches to teach data structures specifically the topic of binary trees were chosen: traditional instruction (Najjar, 1996), Web pages (Almeida et al., 2003; Del Puerto & Ruiz, 2002; Pita & Del Vado, 2007; Shiavi et al., 2000) and a multimedia-interactive system (Stemler, 1997). Variables such as content, teaching style, written tests and time of exposure were controlled. One difference was that traditional group and Web page group made exercises in a written form while multimedia group made exercises through the system. The results of this exploratory study seem to indicate that the traditional group and Web page group did not show any significant differences in the performance of the participants. However, a multimedia group did show significant differences due to the combination of multimedia and interaction under specific conditions mentioned previously.

The field of multimedia-interactive systems can be benefited with more experimental studies measuring achievement, students' attitudes and completion time to give instructors a clearer vision as to under which circumstances this kind of systems can be more effective to academic performance.

For future studies we propose to develop and empirically test a multimedia-interactive system based on design principles (Najjar, 1996) with an emphasis on usability, and with an easy to use, fun and stimulating interface (Uden, 2000).

REFERENCES

Almeida, F., Blanco, V., & Moreno, L. (2003). *EDApplets: Una Herramienta Web para la Enseñanza de Estructuras de datos y Técnicas Algorítmicas*, Departamento de Estadística, I. O. y Computación. Universidad de La Laguna, Tenerife.

Bagui, S. (1998). Reasons for Increased learning using multimedia. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 7, 3-18.

Bosco, J. (1986). An analysis of evaluations of interactive video. *Educational Technology*, 25, 7-16.

Boyle, T. (1997). Design for Multimedia Learning. In P. Hall (Ed.).

Brookshear, J. (1993). Teoría de la computación. In A. W. I. W. Delaware (Ed.).

Del Puerto, M., & Ruiz, P. (2002). *DSTool: prototipo para la enseñanza, evaluación y depuración de estructuras de datos basados en mecanismos de reflexión estructural*, Congreso Iberoamericano Informática Educativa.

Fletcher, D. (1990). *The effectiveness and cost of interactive videodisc instruction in defense training and education*, Alexandria, Institute for Defense Analyses.

Fowler, B. (1980). *The effectiveness of computer-controlled videodisc based training*, University of Iowa.

Fulton, K., Glenn, A., & Valdez, G. (2004). *Teacher Education and Technology: Planning Guide*. Paper presented at the North Central Regional Educational Laboratory with funds from the Institute of Education Sciences (IES), U.S. Department of Education.

Hartmann, J., & Hopcroft, J. (1971). An Overview of the Theory of Computational Complexity. *Journal of Association for Computing Machinery*, 18, 444-475.

Jain, L. (2005). *Virtual Environments for Teaching & Learning*, World Scientific. Londres.

Karavirta, V., Korhonen, L., & Stalnacke, K. (2004). *MatrixPro: A Tool for On-The-Fly Demonstration of Data Structures and Algorithms*. Paper presented at the Third Program Visualization Workshop, Helsinki University of Technology. Department of Computer Science and Engineering, Finland.

Martí, N., Ortega, Y., & Verdejo, A. (2003). Estructuras de datos y métodos algorítmicos: Ejercicios resueltos. In P. P. Hall (Ed.).

Martí, N., & Palomino, M. (2005). *A Tutorial on Specifying Data Structures in Maude*. Paper presented at the Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Departamento de Sistemas Informáticos y Programación, Universidad Complutense de Madrid.

Najjar, L. (1996). Multimedia Information and Learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5(2), 129-150.

Park, I., & Hannafin, M. (1993). Empirically based guidelines for the design of interactive multimedia. *Education Technology Research and Development*, 41(3), 65-85.

Peña, R. (2005). Diseño de programas. Formalismo y Abstracción. In P. Educación (Ed.).

Pita, I., & Del Vado, R. (2007). *Estudio de una experiencia de aprendizaje interactivo para la asignatura de estructura de datos*. Paper presented at the Jornada Campus Virtual UCM.

Rodríguez, J. (2000). *CEPADE*, Universidad Politécnica de Madrid /IDOE Univ. Alcalá de Henares.

Shiavi, R., Brodersen, A., Bourne, J., & Pingree, A. (2000). *Comparison of instructional modalities for a course. Introduction to Computing in Engineering*. Paper presented at the Frontiers in Education Conference. FIE 2000. 30th Annual.

Stemler, L. (1997). Educational Characteristics of Multimedia: A literature review. *Journal of Educational Multimedia and hypermedia*, 6(3/4), 339-359.

Uden, L. (2000). *Integrating Modality Theory in Educational Multimedia Design*. Paper presented at the Proceedings of the AAAI Spring Symposium on Intelligent Multi-Media Multi-Modal Systems.

Warendorf, K. (1997). *ADIS-an Animated Data Structure Intelligent Tutoring System on the WWW*. Paper presented at the International Conference on Information, Communications and Signal Processing.

Wiedenbeck, S., & Kain, V. (2004). *Factors affecting course outcomes in introductory programming*. Paper presented at the 16th Workshop of the psychology of programming interest group, Institute of Technology, Carlow, Ireland.

**BIBLIOGRAFIA**

---



- Adell, J., Pablos, J., & Jiménez, J. (1998). *Nuevas Tecnologías, Comunicación Audiovisual y Educación*. Paper presented at the Cedecs, Barcelona.
- Alfaro, L., & Henzinger, T. (2001). *Interface Theories for Component-Based Design*. Paper presented at the Proceedings of the First International Workshop on Embedded Software London, UK.
- Alfonso, I. (2003). Elementos Conceptuales Básicos del Proceso Enseñanza-Aprendizaje. *Acimed: revista cubana de los profesionales de la información y la comunicación en salud*, 11.
- Alfonso, I. (2004). La Actividad Cognitiva del Alumno en el Proceso Enseñanza-Aprendizaje. *Acimed: revista cubana de los profesionales de la información y la comunicación en salud*.
- Almeida, F., Blanco, V., & Moreno, L. (2003). *EDApplets: Una Herramienta Web para la Enseñanza de Estructuras de datos y Técnicas Algorítmicas*, Departamento de Estadística, I. O. y Computación. Universidad de La Laguna, Tenerife.
- Amat, O. (1998). *Aprender a enseñar*
- Anderson, J. (2005). *Integrating ICT and Other Technologies in Teacher Education: Trends, Issues and Guiding Principles*, Flinders University of South Australia.
- Aquino, F. (2003). El Pensamiento Formal y la Educación Científica en la Enseñanza Superior. *Tiempo de educar. Universidad Autónoma del Estado de México*, 4, 95-118.
- Arens, Y., Hovy, E., & Vossers, M. (1993). On the Knowledge Underlying Multimedia Presentations. In *Intelligent Multimedia Interfaces* (pp. 280-306). Menlo Park, CA, USA: American Association for Artificial Intelligence.
- Arreola, R., & Garza, J. (2009, p. 8). Consideraciones Pedagógicas para la Incorporación de la Computadora como Herramienta de Apoyo al Proceso Educativo. *Revista de Educación y Desarrollo*, 1, 1-8.
- Ávila, P. (1999). *Consideraciones Pedagógicas para la Incorporación de la Computadora como Herramienta de Apoyo al Proceso Educativo*. Paper presented at the En la Tarea, CEDERHTEJ, México.
- Avison, D., & Fitzgerald, G. (1995). *Information Systems Development: Methodologies, Techniques and Tools*. London.
- Bagui, S. (1998). Reasons for Increased Learning Using Multimedia. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 7, 3-18.
- Bannan, B., & Milheim, W. (1996, October 15-19). *Design, Development and Delivery of Instructional Materials over the Internet*. Paper presented at the WebNet Conference 96, San Francisco, C.A.
- Barroso, R. (2007). La incidencia de las TIC en el fortalecimiento de hábitos y competencias para el estudio. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 23, 1-12.
- Bartolomé, A. (1994). Sistemas Multimedia en Educación. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 1(2), 1-23.
- Bartolomé, A. (1998). Los Ordenadores en la Enseñanza están Cambiando. *Comunicación y pedagogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos*, 154, 22-28.



- Batista, M., Celso, V., & Usubiaga, G. (2007). *Tecnologías de la información y la comunicación en la escuela : trazos, claves y oportunidades para su integración pedagógica* Argentina.
- Becker, K., & Beacham, M. (2000). *A Tool for Teaching Advanced Data Structures to Computer Science Students: An Overview of the BDP System*. Alberta, Canada: University of Calgary, Calgary.
- Belendez, A. (1996). Consideraciones en Torno al Proceso Enseñanza-Aprendizaje. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 27, 189-203.
- Beltrán, J. (2001). *La Nueva Pedagogía a través de Internet*. Paper presented at the I Congreso Nacional de Educared, Madrid.
- Bernal, A. (2005). Estructuración y Presentación de Contenidos. *Revista de Ciencias de la Educación*, 15, 13-23.
- Berners-Lee, T. (2000). *Tejiendo la red: El inventor del World Wide Web nos descubre su Origen*. Paper presented at the Madrid : Siglo XXI.
- Blum, B. (1995). Multimedia Design and Development Methodology. In *Interactive Media: Essentials for Success* (pp. 256). USA: Ziff-Davis Press.
- Borsook, T., & Higginbotham-Wheat, N. (1991). Interactivity: What it is and what it can do for computer-based instruction. *Educational Technology*, 31, 11-17.
- Bransford, J., Brown, A., & Cocking, R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, D.C: National Academy Press.
- Brookshear, J. (1993). *Teoría de la computación*. Wilmington, DE: Addison Wesley Iberoamericana.
- Buch, K., & Bartley, S. (2002). Learning Style and Training Delivery Mode Preference. *Journal of Workplace Learning*, 14(1), 5-10.
- Buchanan, R., & Jones, D. (1996). *The Design of an Integrated Online Learning Environment*. Paper presented at the Australian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE), South Australia.
- Cabero, J. (1996). Nuevas Tecnologías, Comunicación y Educación. *Revista electrónica de tecnología educativa*, 1, 1-10.
- Cairó, O., & Guardatti, S. (2006). *Estructura de Datos*. México: McGraw Hill.
- Calatayud, M., Gil, D., & Gimeno, J. (1992). Cuestionando el pensamiento docente espontáneo del profesorado universitario: ¿Las deficiencias en la enseñanza como origen de las dificultades de los estudiantes? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 14, 71-81.
- Campanario, J., & Moya, A. (2009). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias *Investigación didáctica*, 55.
- Carrera, B., & Mazzarella, C. (2001). Vygotsky: Enfoque Sociocultural. *Revista Científica de América Latina y el Caribe. Educere*, 5, 41-44.
- Castells, M. (1986). *El desafío tecnológico. España y las nuevas tecnologías*. España: Alianza Editorial.
- Catlin, K., & Garret, L. (1991). *Hypermedia Templates: An Author's Tool*. Paper presented at the Proceedings of the third annual ACM conference on Hypertext San Antonio, Texas, United States

- Cázares, F. (1999). *Integración de los procesos cognitivos para el desarrollo de la inteligencia*. México.
- Clark, D. (2002). *Psychological myths in e-learning*.
- Clark, J., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3, 149-170.
- Cohen, V. (1984). Interactive Features in the Design of Videodisc Materials. *Educational Technology*, 24, 16-20.
- Coll, C., Mauri, T., & Onrubia, J. (2008). Análisis de los usos reales de las TIC en contextos educativos formales: una aproximación sociocultural. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10.
- Cortéz, A. (2004). Teoría de la Complejidad Computacional y Teoría de la Computabilidad. *Revista de Investigación en Sistemas e Informática*, 1, 69.
- Cruz, J. (1986). *Teorías del Aprendizaje y Tecnología de la Enseñanza*. México.
- Chaix, P. (1983). The evolution of the Production and Use of Audiovisual Courses and Materials over the Last Twenty Years. *Journal of Educational Media International*, 3, 3-9.
- Chile, M. d. E. d. G. d. (2004). Guía para el Desarrollo de Sitios Web: Diseño de Interfaces e Interacción. In I. P. d. G. Electrónico (Ed.).
- De Sánchez, M. (1998). *Desarrollo de habilidades del pensamiento: procesos básicos del pensamiento* México.
- Del Gaudio, R., & Branco, A. (2009). *Improving e-Learning Experience with Language Technology: Evaluation Results*. Paper presented at the International Conference on Interactive Computer Blending Learning, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
- Del Puerto, M., & Ruiz, P. (2002a). *DSTool: prototipo para la enseñanza, evaluación y depuración de estructuras de datos basados en mecanismos de reflexión estructural*, Congreso Iberoamericano Informática Educativa.
- Del Puerto, M., & Ruiz, P. (2002b). *DSTool: prototipo para la enseñanza, evaluación y depuración de estructuras de datos basados en mecanismos de reflexión estructural*. Paper presented at the Congreso Iberoamericano Informática Educativa.
- Díaz-Barriga, F. (2003). Cognición Situada y Estrategias para el Aprendizaje Significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5.
- Díaz-Barriga, F., & Hernández, G. (1992). *Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo. Una interpretación constructivista*. México.
- Díaz-Barriga, F., & Hernández, G. (2001). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*. México.
- Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5.
- Díaz, F., & Hernández, G. (2001). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*. México.
- Edwards, D., & Mercer, N. (1998). *El Conocimiento Compartido. El desarrollo de la comprensión en el aula*.



- Feiner, S., & McKeown, K. (1991). *Automating the generation of coordinated multimedia explanations*. Paper presented at the AAAI Workshop on Intelligent Multimedia Interfaces, Anaheim, C.A., USA.
- Felder, M., & Soloman, B. (1996). *Learning Styles and Strategies*, from [www.ncsu.edu/felderpublic/ILSdir/styles.htm](http://www.ncsu.edu/felderpublic/ILSdir/styles.htm)
- Fernández, R., Server, G., & Cepero, F. (2001). El Aprendizaje con el Uso de las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación. *OEI-Revista Iberoamericana de Educación*.
- Ferreira, A., & Rojo, G. (2006). Enseñanza de la programación. *TE&ET | Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 1, 1-8.
- Ferro, C., & Martínez, A. (2009). Ventajas del Uso de las TICs en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 29.
- Gamma, E., Helm, R., & Johnson, R. (2001). *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*
- García, F., Repáraz, C., & Mir, J. (2001). *Globalización: nuevas prácticas educativas*. Paper presented at the ESE : Estudios sobre educación, Universidad de Navarra
- Garza, R., & Leventhal, S. (2000). *Aprender cómo aprender*. México.
- Garza, R., & Leventhal, S. (2000, p. 7). Aprender cómo aprender. In Trillas (Ed.), (pp. 150). México: Universidad Virtual, ITESM.
- Garza, R., & Leventhal, S. (2003). *Aprender cómo aprender*. México.
- German, A. (2004). *Un desafío hacia el futuro: Educación a distancia, nuevas tecnologías y docencia universitaria*. Paper presented at the Congreso Virtual Latinoamericano de Educación a Distancia, Argentina.
- Gisbert, M. (2002). El nuevo rol del profesor en entornos tecnológicos. *En Acción Pedagógica*, 11.
- Gisbert, M., Adell, J., & Rallo, R. (1996). *Training Teachers with Hypertext using HTML and Internet Tools as Didactic Resources*. Paper presented at the The Annual Meeting of the Internet Society, INET'96, Montreal, Canada.
- Gómez, V. (2006). *El Pequeño Larousse*. México.
- Greca, I., & Moreira, M. (1998). Modelos mentales y aprendizaje *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 16, 289-304.
- Gregor, S. (2002). Design Theory in Information Systems. *Australasian Journal of Information Systems*, 10(1), 14-22.
- Hansen, E. (1990). The Role of Interactive Video Technology in Higher Education: Case Study and a Proposed Framework. *Educational Technology*, 30, 13-21.
- Hartmann, J., & Hopcroft, J. (1971). An Overview of the Theory of Computational Complexity. *Journal of Association for Computing Machinery*, 18, 444-475.
- Henderson, A. (1991). *A development perspective on interface, design, and theory*. Paper presented at the Designing interaction: psychology at the human-computer interface New York, NY, USA
- Hernandez Sampieri, R. (2006). *Metodología de la Investigación*. México.

- Hervás, R. (2008). Identificación de variables que influyen en los estilos de aprendizaje. Claves para conocer cómo aprenden los estudiantes. *Revista Estilos de Aprendizaje*, 1.
- Heum, S. (1999). Usability Testing for Developing Effective Interactive Multimedia Software: Concepts, Dimensions, and Procedures. *Educational Technology & Society*, 2.
- Hundhausen, C., Douglas, S., & Stasko, J. (2002). A meta-study of algorithm visualization effectiveness. *Journal of Visual Languages and Computing*, 13, 259-290.
- ISO-9241-11:1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDT)s. Part 11 Guidance on usability: International Standards for Business, Government and Society.
- Jain, L. (2005). *Virtual Environments for Teaching & Learning*, World Scientific. Londres.
- Jézéquel, J. C., Hussmann, H., & Cook, S. (2002). *The Unified Modeling Language: model engineering, concepts, and tools* Paper presented at the 5th International Conference, Dresden, Germany.
- Johnson, D., Johnson, R., & Johnson, H. (1990). *Los Nuevos Círculos del Aprendizaje: La Cooperación en el Aula y la Escuela*.
- Jonassen, D. (1985). Interactive Lesson Designs: A Taxonomy. *Educational Technology*, 25, 7-17.
- Jones, D., & Gregor, S. (2006). *The formulation of an Information Systems Design Theory for E-Learning*. Paper presented at the First International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology Claremont, CA.
- Jones, D., Gregor, S., & Lynch, T. (2003). *An information systems design theory for web-based education*. Paper presented at the Proceedings of the IASTED Intl Symposium on web-based education, Phuket, Thailand
- Junaidu, S. (2008). Effectiveness of Multimedia in Learning & Teaching Data Structures Online. *Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE* 9(4).
- Kamal, A., Saraiya, P., McCrickard, S., & Shaffer, C. (2002). *Learning and Retention in Data Structures: A Comparison of Visualization, Text, and Combined Methods*. Paper presented at the Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, Blacksburg, USA.
- Karavirta, V., Korhonen, L., & Stalnacke, K. (2004). *MatrixPro: A Tool for On-The-Fly Demonstration of Data Structures and Algorithms*. Paper presented at the Third Program Visualization Workshop, Helsinki University of Technology. Department of Computer Science and Engineering, Finland.
- Katz, R. (2009). *La Competencia entre Plataformas*. Paper presented at the Conferencia Internacional Nuevos Modelos de Negocios en el Sector Telecomunicaciones.
- Ko, S., & Rossen, S. (2004). *Teaching Online: A Practical Guide*. In H. M. Company (Ed.): Routledge, Taylor & Francis Group.
- Korhonen, A., & Malmi, L. (2003). *Algorithm simulation with automatic assessment*. Paper presented at the Proceedings of The 5th Annual SIGCSE/SIGCUE. Conference on Innovation and Technology Helsinki, Finland.

- Lewis, J. (1974). *TREE: An Interactive System for Editing Tree Structures*. Paper presented at the International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques Boulder, Colorado.
- Locatis, C. (2001). *Instructional Design Theory and the Development of Multimedia Programs*
- Longreira, C., & Martínez, P. (2000). *Efectos del software educativo tutorial en el aprendizaje de los estudiantes*. Paper presented at the V Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, Viña del Mar, Chile.
- Lynch, P., & Horton, S. (1999). *Web style guide : Basic design principles for creating web sites*. New Haven: Connecticut.
- Markus, L., & Majchrzak, A. (2002). A Design Theory for Systems that Support Emergent Knowledge Processes. *MIS Quartely*, 26(3), 179-212.
- Marquès, P. (1998). Usos Educativos de Internet: La Revolución de la Enseñanza. *Comunicación y pedagogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos*, 154, 37-45.
- Marquès, P. (2000). *Impacto de las TIC en educación: funciones y limitaciones*. Paper presented at the II Congreso Internacional Didáctica y Multimedia: "Enseñar, aprender e investigar con TIC", Barcelona, España.
- Marquès, P. (2003). Cambios en los centros docentes: una metamorfosis hacia la escuela del futuro, *Revista Comunicación y Pedagogía* (pp. 9-17).
- Martí-Oliet, N., & Palomino, M. (2005). *A Tutorial on Specifying Data Structures in Maude*. Paper presented at the Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Departamento de Sistemas Informáticos y Programación, Universidad Complutense de Madrid.
- Martí, N., Ortega, Y., & Verdejo, A. (2003). Estructuras de datos y métodos algorítmicos: Ejercicios resueltos. In P. P. Hall (Ed.).
- Martínez, J. (Ed.). (2008). *Los modelos de enseñanza a través de la escuela*. Santo Domingo, Republica Dominicana
- Martínez, M. (2002). La Universidad como espacio de aprendizaje ético. *Revista Iberoamericana de Educación*, 29.
- Marton, P. (1996). Concepción pedagógica de sistemas de aprendizaje multimedia interactivo. *Perfiles Educativos*
- Medsker, K., & Holdsworth, C. (2002). Models and strategies for Designing Training. *International Society for Performance Improvement*, 41(4), 355-373.
- Mena, M. (2004). *La Educación a Distancia en América Latina*. Puebla-México: Colegio de Puebla.
- Merideth, E., & Richards, P. (1997). Design of Educational Multimedia: A review of literature. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia archive*, 6(2), 221-230.
- Merriënboer, J. (2000). *Complex Learning with multimedia* Paper presented at the II Jornadas Multimedia Educativa Barcelona, España.
- Minian, J. (1999). Aplicaciones del uso de la informática y las nuevas tecnologías de la información y comunicación en el ámbito educativo. *Revista electrónica Quaderns Digitals*.

- Montgomery, S. (1998). *Addressing Diverse Learning Style Through the Use of Multimedia*, from [www.vpaa.uillinois.edu/tid/resources/montgomery.html](http://www.vpaa.uillinois.edu/tid/resources/montgomery.html)
- Morales, C. (1999). *Diseño de Ambientes de Aprendizaje: Diseño Instruccional*. Paper presented at the ILCE-DICE.
- Morris, L. (1975). *Teorías de Aprendizaje para Maestros*. México.
- Najjar, L. (1996). Multimedia Information and Learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5(2), 129-150.
- Newman, D., Griffin, P., & Cole, M. (1989). *The construction zone: working for cognitive change in school*. Cambridge, United Kingdom.
- Ngai, E., Suk, F., & Ng, C. (2009). Design of an RFID-based Healthcare Management System using an Information System Design Theory *Information Systems Frontiers*, 11(24), 405-417.
- OSI. (1998). Open Source Initiative: California public benefit corporation.
- Ousterhout, J. (1998). Scripting: Higher Level Programming for the 21st Century. *IEEE Computer Magazine*.
- Park, I., & Hannafin, M. (1993). Empirically based guidelines for the design of interactive multimedia. *Education Technology Research and Development*, 41(3), 65-85.
- Parson, R. (1998). An Investigation into Instruction Available on the World Wide Web, *Master of Education Research Project*. Toronto University.
- Peña, R. (2005). *Diseño de programas. Formalismo y Abstracción*.
- Pérez, M. J. (2005). Evaluación de la Comprensión: Dificultades y Limitaciones. *Revista de Educación. Publicaciones de la Secretaría General de Educación. Instituto Nacional de Evaluación y Calidad del Sistema Educativo (INECSE)*, 121-138.
- Pita, A., & Del Vado, R. (2007). *Estudio de una experiencia de aprendizaje interactivo para la asignatura de estructura de datos*. Paper presented at the Jornada Campus Virtual UCM.
- Pita, A., & Segura, C. (2007). *Una herramienta para el estudio de estructuras de datos y algoritmos*. Paper presented at the III Jornada Campus Virtual UCM : Innovación en el Campus Virtual metodologías y herramientas, Madrid, España.
- Pita, I., & Del Vado, R. (2007). *Estudio de una experiencia de aprendizaje interactivo para la asignatura de estructura de datos*. Paper presented at the Jornada Campus Virtual UCM.
- Pozo, J. (2006). *Teorías cognitivas del aprendizaje España*.
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2006). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction* (2nd ed.).
- Redondo, J. (1997). La dinámica escolar: de la diferencia a la desigualdad. *Revista de Psicología*.
- Requejo, A. (1991). *Formación técnico-profesional y mercado de trabajo*. Paper presented at the Educación y trabajo, Sevilla, España.
- Rodríguez, J. (2000). *Presentación de experiencias de innovación docente universitaria soportadas por Multimedia*. Paper presented at the IV Jornada sobre decencia universitaria., Barcelona, España.

- Rossi, G., Schwabe, D., & Garrido, A. (1997). *Design Reuse in Hypermedia Applications Development*. Paper presented at the Proceedings of the 8th ACM Conference on Hypertext, Southampton, United Kingdom
- Salinas, J. (1997). Nuevos ambientes de aprendizaje para una sociedad de la información. *Revista Pensamiento Educativo*, 81-104.
- Salinas, J. (2000). *Telemática y educación: expectativas y desafíos*. Paper presented at the Comunicación y Pedagogía, Barcelona.
- Salomon, G., & Almog, T. (1998). Educational psychology and technology: A matter of reciprocal relations. *Teachers' College Record*, 100, 1-20.
- Sancho, G. (1999). ¿El medio es el mensaje o el mensaje es el medio?: El caso de las tecnologías de la información y la comunicación. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 4, 10.
- Sander, P. (2005). La investigación sobre nuestros alumnos, en pro de una mayor eficacia en la enseñanza universitaria. *Revista Electrónica de Investigación Psicoeducativa y Psicopedagógica*, 3(5), 113-130.
- Sangrá, A., & González, M. (2002). La transformación de las universidades a través de las TIC: discursos y prácticas. In UOC (Ed.), *Educación y Sociedad en Red* (pp. 220).
- Santos, M., & Parra, S. (2004). Enfoques de aprendizaje y dominancias cerebrales entre estudiantes universitarios. *Aula Abierta*, 84, 3-22.
- Sarker, S., & Lee, A. (2001). Using A Positivist Case Research Methodology To Test Three Competing Theories-In-Use Of Business Process Redesign. *Journal of the Association for Information Systems*, 2(1).
- Sebastián, J. (1984). Fuerza y movimiento: La interpretación de los estudiantes. . *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 2, 161-169.
- Shermis, S. (1999). *Reflective Thought, Critical Thinking*, from <http://purl.access.gpo.gov/GPO/LPS7318>
- Simbandumwe, J. P. (2001). Tools for Developing Interactive Academic Web Courses. <http://www.umanitoba.ca/ip/tools/courseware>.
- Simon, J. (1999, 5-7 Julio). *Experiencias multimedia en la docencia*. . Paper presented at the Comunicación oral. I Jornadas Multimedia Educativa. , Barcelona, España.
- Soler, Y., Lezcano, M., & Rodríguez, E. (2009). *Herramientas de Visualización en Apoyo a la Educación Virtual*. Paper presented at the 2º Congreso Mundial de Información y Conocimiento: Aspectos Tecnológicos, Santo Domingo, República Dominicana.
- Sommerville, I. (2001). *Software Engineering*
- Suraniti, A., Gilardoni, L., Mira, G., Potenzoni, A., & Aiello, N. (2004). *La enseñanza a través del modelo tradicional y de la Investigación dirigida*. , Buenos Aires, Argentina. .
- Tesouro, M. (2004). Evolución y Utilización de Internet en la Educación. *Pixel-Bit: Revista de medios y educación*, 24, 59-67
- Tirado, R. (2006). El Diseño de Sistemas Interactivos Multimedia de Aprendizaje. *Pixel-Bit: Revista de medios y educación*, 7.
- Tucker, R., & Barker, J. (1999). *The Interactive Learning Revolution; Multimedia in Education and Training* Nichols Publishing Company



- Uviña, P., Bertolami, M., Centeno, M., & Oriana, G. (2005). *Mapas Conceptuales: una herramienta para el aprendizaje de Estructuras de Datos*. Paper presented at the JEITICS 2005 - Primeras Jornadas de Educación en Informática y TICS en Argentina, Argentina.
- Vaccarezza, L., & Rodríguez, G. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: una mirada desde la Educación en Tecnología. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 163.
- Vaughan, T. (2008). *Multimedia: Making it work*.
- Vega-Lebrún, C. (2007). *Integración de herramientas de tecnologías de información "portales colaborativos de trabajo" como soporte en la administración del conocimiento*. Universidad de Málaga, España.
- Velázquez, E. (2001). World Wide Web como medio de enseñanza. *Revista IDEAS. Instituto para el Desarrollo de la Enseñanza y el Aprendizaje* 6.
- Villavicencio, L., Coloma, C., & Tafur, R. (2008). Estudio descriptivo de los estilos de aprendizaje de docentes universitarios. *Revista Estilos de Aprendizaje*, 1.
- Walsh, K. (2001). *Virtual reality for learning: some design propositions*. Paper presented at the Americas Conference on Information Systems, Boston.
- Walls, J., El Sawy, O., & Widmeyer, G. (1992). Building an Information System Design Theory for Vigilant EIS. *Information Systems Research*, 3, 36-58.
- Warendorf, K. (1997). *ADIS-an Animated Data Structure Intelligent Tutoring System on theWWW*. Paper presented at the International Conference on Information, Communications and Signal Processing.
- Warendorf, K., & Tan, C. (1997). *ADIS-an Animated Data Structure Intelligent Tutoring System on theWWW*. Paper presented at the International Conference on Information, Communications and Signal Processing, Japan.
- Yang, J., Sha, O., & Heath, L. (1996). *Swan: A Data Structure Visualization System* Paper presented at the GD '95: Proceedings of the Symposium on Graph Drawing, London, UK.
- Zapata, J. (2007). *Análisis del proceso enseñanza-aprendizaje en la interacción maestro-alumno*. Paper presented at the 7° Congreso El papel de la educación en la construcción de las sociedades del conocimiento, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Zhao, Y., Pugh, K., & Sheldon, S. (2002). Conditions for classroom technology innovations. *Teachers College Record*, 104, 482-515.