View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Zaloamati

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

VISUALIZACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE, APOYADO DE UNA INTERFAZ GRÁFICA

Rosa María Rodríguez Aguilar

Tesis para optar por el grado de Doctora en Diseño
Línea de Investigación: Nuevas Tecnologías

Miembros del jurado:

Dr. Jorge Manuel Alejandro Sánchez de Antuñano
Director de la Tesis

Dra. Ana Lilia Laureano-Cruces
Co-directora de la Tesis

Dr. Iván Garmendia Ramírez
Dr. Rodrigo Ramírez Ramírez
Dr. Sabino Miranda Jiménez
Dra. Silvia Padilla Loredo

México, D.F.
Julio 2014

Resumen

En esta tesis se presenta un conjunto de requerimientos obtenidos a partir de un análisis metodológico, con el objetivo de conformar un sistema educativo, haciendo énfasis en el diseño de una interfaz gráfica, en lo sucesivo IG que permita el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática, en el dominio de las ecuaciones de primer grado con una incógnita. Para tal propósito fue necesario que se abordarán distintos enfoques metodológicos pertenecientes al campo de:

1) Los modelos para el diseño de una interfaz gráfica
2) Los modelos instruccionales, tomando en consideración las inteligencias múltiples de Gardner
3) Las metodologías de desarrollo de software educativo

En el caso del inciso 1 relacionado con los modelos para el desarrollo de interfaz, se seleccionó un modelo de interacción que permitirá potenciar las características de un modelo pedagógico gráfico, que incluya un comportamiento reactivo a las distintas inteligencias, propuestas por Gardner (para nuestro trabajo tan solo se consideraron cuatro de las siete: auditivo, lingüista, lógico-matemático y visual.

En el punto 2 se describieron los modelos instruccionales existentes para crear nuestro modelo propuesto, acotándolo a los requerimientos del sistema, caracterizado por elementos esenciales de este proyecto educativo (proceso de enseñanza-aprendizaje-evaluación), para ser implementado a nuestra interfaz gráfica, ampliando y robusteciéndolo con elementos basados en nuevas tecnologías.

Por último en el punto 3 se hizo un acoplamiento con el modelo instruccional seleccionado de Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación (ADDIE) y la metodología de desarrollo de software: Proceso Unificado Relacional (RUP), por sus siglas en inglés, en el cual se observó, que además de ser muy similares sus fases de desarrollo de cada uno de los modelos, los productos obtenidos en la fase del modelo ADDIE, también eran requeridos para la implementación del sistema utilizando en este caso el proceso RUP.

Agradecimientos

Agradezco a mi mamá, a mi esposo, a mis hijos (Gael y Cintia) y a mis hermanos por su comprensión y apoyo durante estos años de trabajo.

A mis asesores el Dr. Jorge Manuel Alejandro Sánchez de Antuñano y la Dra. Ana Lilia Laureano Cruces por compartir conmigo sus conocimientos, experiencias y sobretodo su paciencia para poder concluir este trabajo.

A los Dres. Iván Garmendia Ramírez, Rodrigo Ramírez Ramírez, Sabino Miranda Jiménez y Silvia Padilla Loredo, miembros del comité tutorial, por sus valiosas aportaciones para el mejoramiento de esta tesis.

Un reconocimiento especial al Mtro. en Ciencias Adrián Rocha Ichante por sus contribuciones para el sistema en la parte de matemática

No podía dejar de agradecer a todos mis amigos y amigas por la amistad que me brindan, los consejos y las discusiones sobre mi trabajo y otros temas.

Mi reconocimiento al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) y a la Secretaria de Investigación y Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México (SIEA) por el apoyo económico que me proporcionaron para el desarrollo de este proyecto.

Finalmente a los alumnos Mario Manuel Lizaola Ruiz, Cristina Hernández Cruz, José Carlos Pérez Rojas e Irving Arturo Sánchez Ruiz, alumnos de la licenciatura en sistemas inteligentes que realizaron su servicio social en el proyecto del prototipo del sistema de Visualización del proceso de enseñanza – aprendizaje, apoyado de una interfaz gráfica.

Tabla de contenido .....Página

Capítulo 1……11
Introducción…….....11
Resumen……...……...12
1.1 Introducción……...13
1.2 Descripción del problema……...…...14
1.3 Problemática del aprendizaje de la ciencia matemática..... 15
1.4 Howard Gardner y la Teoría de las Inteligencias Múltiples 16
1.5 Objetivo General..... 17
1.6 Objetivos Particulares..... 18
1.7 Hipótesis general 20
1.8 Motivación para elaborar la investigación..... 20
1.9 Desarrollo del documento..... 21

Capítulo 2 25
Marco conceptual: Descripción de las interfaces……23
2.1 Introducción al desarrollo de los Sistemas Tutoriales Inteligentes..... 26
2.2 Interfaces inteligentes..... 34
2.3. Diseño y Desarrollo 40
2.4 Modelo cognitivo..... 44
2.5 Modelos de interfaz de última generación..... 45
2.6 Análisis de los requerimientos para el desarrollo de interfaz con base en los modelos de estudio cognitivo, y el modelo de interfaz de última generación 46
2.7 Tipos de razonamiento 48

Capítulo III 55
Teorías pedagógicas para el sistema de IG..... 55
3.1 Introducción 57

3.2 Diseño del Instruccional del Mecanismo del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje *59*
3.3 Sistemas de diseño instruccional *66*
3.4 Descripción del modelo instruccional de la IG *69*
3.5 Esquemas o modelos mentales *70*
3.6 Modelos de estilos de aprendizaje *72*

Capítulo IV *79*
Modelo instruccional y su implementación en la IG *79*
4.1 Introducción *81*
4.2 Características del modelo mental y su representación de la conducta de la IG ..... ***¡Error! Marcador no definido.***
4.3 Modelado del problema ..... ***¡Error! Marcador no definido.***
4.4. Objetivos instruccionales ..... ***¡Error! Marcador no definido.***
4.5 Formalización de la Descripción Pedagógica del Dominio ..... ***¡Error! Marcador no definido.***
4.6 Estrategias cognitivas *101*

Capítulo V *109*
Metodología para la implementación de la IG *109*
5.1 Introducción *111*
5.2 El proceso de desarrollo de software *113*
5.3 Metodología. Etapa análisis de requerimientos (RUP) *118*
5.4 Proceso de Diseño *127*
5.5 Proceso de Implementación *135*

Capítulo VI *142*
Diseño de evaluación para la IG *142*
6.1 Introducción *144*

6.2 Instrumentos de evaluación.....146
6.3. Instrumento de evaluación para IG.....148

CapítuloVII…… ……...152
Resultados y conclusiones finales.....153
Aportaciones y trabajos futuros……..160
Fuentes Bibliográficas……163
Fuentes electrónicas……...178

Anexo A 181
Anexo B 183
Anexo C…….184

CURRICULUM VITAE 184

Índice de figuras

Figura 2.1 intersección de las áreas de conocimiento de los STI. Elaboración propia basada en Laureano (2000) 31

Figura 2.2 arquitectura de un STI (Carbonell, 1970) 33

Figura 2.3 interfaces Inteligentes: Integración de la IA y la HCI. Castrillón (2000). 34

Figura 2.4 módulo de: percepción, toma de decisiones y acción. Elaboración tomada de Castrillón (2000). 36

Figura 2.5 modelo básico de Interfaz Inteligente. (Khoelle, 1996) 36

Figura 2.6 interfaz perceptiva de usuario (PUI). Fuente (Turk y Robertson, 2000). 46

Figura 3.1 diagrama del modelo ASSURE 67

Figura 3.2 diagrama del modelo ADDIE 68

Figura 4.1 pseudocódigo para la selección del estilo de aprendizaje, de acuerdo a la evaluación del cuestionario inicial de nuestra IG. 83

Figura 4.2 jerarquía de Clases de Conceptos. Elaboración propia basada en Laureano (2000) 89

Figura 4.3 gráfica del seguimiento del procedimiento en la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita de acu*erdo* con Baldor (1988) 89

Figura 4.4 grafo que muestra el procedimiento necesario para la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita, considerando una situación óptima (no se requiere de las estrategias cognitivas 95

Figura 4.5 pseudocódigo para la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita. 100

Figura. 4.6 diagrama que describe la clasificación de errores para una ecuación de primer grado con una incógnita. Elaboración propia basada en Laureano (2000). 101

Figura 4.7 pseudocódigo general para el manejo de errores para la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita. 102

Figura 5.1 modelo de proceso en cascada 112

Figura 5.2 gráfica que muestra el modelo del proceso de software en espiral. Boehm (1988) 115

Figura 5.3 gráfica que muestra la descripción del proceso de desarrollo de software. Jacobson et al., (2000). 116

Figura 5.4 gráfica que muestra el ciclo de vida de un proceso de software 117

Figura 5.5 diagrama general de caso de uso del sistema (IG). Elaboración propia 121

Figura 5.6 modelo entidad relación de la IG. Elaboración propia 125

Figura 5.7. Modelo de clases de datos de la IG. Elaboración propia 130

Figura 5.8. Modelo de clases de la IG. Elaboración propia. 131

Figura 5.9 módulos del sistema bajo un entorno web. Elaboración propia. 131

Figura 5.10 muestra el diagrama de proceso (diagrama de flujo) general del 132

funcionamiento de la IG. Elaboración propia

Figura 5.11 arquitectura de la IG. Modelo tomado de (Khoelle, 1996). 133

Figura 5.12 diagrama de subsistemas general de la IG 137

Figura 5.13. Pantalla principal de la aplicación, del sistema MALV. Estilo de aprendizaje lógico – matemático. Elaboración propia. 138

Figura 5.14. Pantalla principal de la aplicación, del sistema MALV. Estilo de aprendizaje lógico – matemático. Elaboración propia. 139

Gráfica 7.1 comportamiento de los datos de acuerdo a los resultados del examen, para el caso de las mujeres 154

Gráfica 7.2 comportamiento de los datos de acuerdo a los resultados del examen, para el caso de los varones 154

Gráfica 7.3 comportamiento de los datos utilizando el sistema prototipo MALV, para el caso de las mujeres 157

Gráfica 7.4 comportamiento de los datos utilizando el sistema prototipo MALV, para el caso de los hombres 157

Índice de tablas

Tabla 2.1 tabla de requerimientos, tomando en consideración el análisis cognitivo para el desarrollo de la interfaz de nuestro sistema IG. Diseño propio 47

Tabla 2.2 requerimientos de la interfaz, de acuerdo al tipo de usuario. Diseño propio 48

Tabla 3.1 Categorización de los OI bajo el enfoque de Castañeda S. (2005). Fuente Mora-Torres, et al (2011). 65

Tabla 3.2 cuestionario "Honey – Alonso. Elaboración basada en Alonso, Gallego y Honey (1992). 74

Tabla 4.1 objetivos instruccionales de acuerdo a grafo genético de la figura 4.4 97

Tabla 4.2 detalle l Error 1, de acuerdo al pseudocódigo de la figura 4.7, que es de tipo procedimental y las estrategias cognitivas a ser utilizadas. 105

Tabla 4.3 tácticas didácticas a ser aplicadas para el ERROR 3 107

Tabla 5.1 especificación de requisitos 119

Tabla 5.2 combinación del modelo ADDIE y el Proceso Unificado de Desarrollo, para la fase de análisis. . 120

Tabla 5.3 descripción del caso de uso general. Elaboración propia 121

Tabla 5.4 diccionario de datos para la tabla alumno. Elaboración propia 122

Tabla 5.5 diccionario de datos para la tabla cuestionario inicial. Elaboración propia 123

Tabla 5.6 diccionario de datos para la tabla estrategias pedagógicas. Elaboración propia 123

Tabla 5.7 diccionario de datos para la tabla historial. Elaboración propia 123

Tabla 5.8 diccionario de datos para la tabla reactivos. Elaboración propia 124

Tabla 5.9 requerimientos no funcionales de las necesidades de software de la IG. Elaboración propia 126

Tabla 5.10 requerimientos no funcionales, con respecto al hardware a utilizarse en la IG. Elaboración propia 127

Tabla 5.11 descripción de las actividades del proceso de diseño de la IG. Elaboración propia 128

Tabla 5.12 comparativo de las actividades del proceso ADDIE y el proceso de diseño del RUP de las IG. Elaboración propia 129

Tabla 5.13 proceso de implementación. Elaboración propia. 135

Tabla 5.14 comparativo de las actividades del proceso ADDIE y el proceso de implementación del RUP. Elaboración propia 136

Tabla 6.1 aspectos técnicos a evaluar para la IG. Tomado de Marqués (2001) 148

Tabla 6.2 aspectos técnicos y estéticos a evaluar para la IG. Tomado de Marqués (2001) 149

Tabla 6.3 aspectos funcionales a evaluar para la IG. Tomado de Marqués (2001) 149

Tabla. 7.1. Análisis de los datos del examen aplicado a los alumnos (caso varones) 153

Tabla. 7.2. Análisis de los datos del examen aplicado a los alumnos (caso mujeres) 154

Tabla. 7.3. Análisis de los datos usando el sistema prototipo MALV (caso mujeres) 156

Tabla. 7.4. Análisis de los datos usando el sistema prototipo MALV (caso hombres) 156

Tabla 7.5 Evaluación del sistema prototipo MALV, sobre los aspectos técnicos y estéticos 158

Tabla 7.6 Evaluación del sistema prototipo MALV, sobre los aspectos pedagógicos 158

Tabla 7.7 Evaluación del sistema prototipo MALV, sobre los aspectos funcionales 159

Capítulo I

Introducción

Resumen

En el presente capítulo, se muestra un panorama general de las Tecnologías de la Información y la Comunicación llamadas TIC, y la contribución que pueden tener estas en el desarrollo de los sistemas tutores inteligentes (STI). Por lo anterior se plantea el desarrollo de una interfaz gráfica (IG), orientada al modelo del estudiante, que incorpore en su diseño, las distintas habilidades e inteligencias (inteligencias múltiples, propuestas por Gardner) que requieren los estudiantes para su aprendizaje. Se pretende que esta IG pueda funcionar de forma autónoma como una interfaz reactiva permitiendo un enfoque de razonamiento cualitativo y que posteriormente forme parte de la arquitectura de un STI. Al final del capítulo se presenta la organización de esta tesis. Lo anterior ubicado dentro del dominio del álgebra; en particular en el tema: de ecuaciones de primer grado con una incógnita.

Debido al comportamiento dinámico del sistema y tomando como referencia los razonamientos cualitativos de Forbus (1984), éstos se tomarán como base para la generación de las tareas y estrategias de aprendizaje de nuestra IG.

1.1 Introducción

Los cambios tecnológicos y sociales de los últimos años han producido un fuerte impacto en los ambientes educativos. Las competencias necesarias para el desenvolvimiento de los individuos en la sociedad junto con las posibilidades que las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) presentan en los procesos de enseñanza-aprendizaje, interpelan las prácticas docentes, requiriendo su revisión e invitando a reflexionar sobre el desafío de la integración en los proyectos pedagógicos. El uso de las TIC en este contexto requiere de una reflexión en dos sentidos:

1. Reflexión epistemológica (conocimiento de las TIC): qué cambios implican en la realidad, para que sirven y como pueden ser utilizadas (en función de la situación educativa, de los valores éticos, entre otras.).
2. Reflexión pragmática (habilidades de uso de las TIC): cómo es posible potenciar su uso en diferentes contextos de enseñanza-aprendizaje.

Las grandes potencialidades que encierran las TIC´s, principalmente como caminos de gestión de información y como medios de interacción y comunicación, pueden y deben ser puestas al servicio del desarrollo de las competencias básicas sociocognitivas de nuestros educandos.

Bajo el rótulo de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), se engloba a las computadoras y las redes de comunicación. La computadora desde el punto de vista físico (hardware), puede considerarse como un conjunto de componentes eléctricos que deja pasar selectivamente la corriente eléctrica. Es el componente lógico (software), el que permite utilizar a la computadora como herramienta y medio de comunicación.

Se puede definir entonces a las TIC como las tecnologías aplicadas a la creación, almacenamiento, selección, transformación y distribución de las diversas clases de información, así como a la comunicación, utilizando para ello, datos digitalizados que permiten la integración de los mismos.

1.2 Descripción del problema

A pesar, de que el uso de la computadora en la educación viene desde los años sesentas, es a partir del nacimiento de la microcomputadora cuando surge un verdadero auge en el uso de la computadora en la enseñanza de la matemática. Así han surgido propuestas que van desde la introducción en los cursos tradicionales de matemática de programas de cómputo que realizan cálculos numéricos, operaciones lógicas, operaciones simbólicas, hasta la elaboración de ciertos lenguajes de computadora, con la pretensión de que su aprendizaje podría facilitar la adquisición, por parte del educando, de conceptos matemáticos álgidos y aún más, conceptos con un problema crónico de aprendizaje. Cabe mencionar que posiblemente ante la rapidez del cambio que la computación en la educación ha producido, los cambios no siempre han dado el éxito esperado y esto se debe fundamentalmente a la ausencia de una cuidadosa planeación didáctica, causando en muchas de las veces una confusión, tanto en el estudiante como en el docente, que más que beneficio ha traído desconcierto y perjuicio en el tradicional proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia matemática.

Desde este punto de vista, la computadora en la enseñanza de la matemática es un medio y no un fin; por ende, la computadora, en este contexto, es una herramienta que puede auxiliar a realizar diversas tareas dentro del complejo mundo de la enseñanza de la matemática.

Las aplicaciones de la computación a la enseñanza de la ciencia matemática se dividen en dos grandes apartados: a) herramientas sofisticadas que permiten la creación de ambientes inteligentes de aprendizaje, y b) la computadora como apoyo en el trabajo docente y de investigación (Cuevas, 1998).

Dentro de estas herramientas sofisticadas para la creación de ambientes de aprendizaje, se tiene el aporte de las TIC, las cuales permiten diferentes formas de lectura no lineales en donde el sujeto va creando y recreando los contenidos en función de sus intereses, aptitudes y actitudes frente al objeto de estudio, lo que le obliga a desarrollar habilidades del pensamiento distintas ya que requiere apropiarse del conocimiento para aplicarlo a su práctica cotidiana reflejando lo que es la aplicación del aprendizaje significativo.

Los contenidos temáticos presentados con el uso combinado de medios, generan ambientes de aprendizaje, el tratamiento, el lenguaje empleado, la estructura didáctica, entre otros, son el pretexto para propiciar los procesos dialógicos, en los que se ha hecho mención anteriormente.

Esos contenidos que se revisan de manera individual, generan actividades colaborativas para la comprensión y resignificación de saberes propiciando actividades de búsqueda e investigación a favor de la profundización de los temas revisados.

Un aspecto importante derivado de la práctica docente es la evaluación de procesos y resultados que acompañan a los actores durante su formación, donde la reflexión, el análisis, la síntesis, la crítica y la aplicación son los elementos a evaluar y no la memorización ni mecanización de los contenidos.

En cuanto a la evaluación del modelo desde la planeación se tienen sistemas de recuperación de experiencias a nivel cualitativo y cuantitativo que permitan orientar, corregir, decidir y modificar la propuesta original.

Finalmente, el uso de estas tecnologías implican un mayor y cuidadoso trabajo por parte de los docentes, en el sentido de que requieren dar atención individualizada a los estudiantes, revisar las tareas y actividades integradoras y retroalimentar a cada uno de los estudiantes, aun cuando se trate de actividades colaborativas, por lo que la capacitación debe ser constante y permanente tanto en el uso adecuado de las tecnologías, como de las innovaciones pedagógicas, los contenidos curriculares, las estrategias de enseñanza y de aprendizaje, la planeación de la sesión con uso de medios, la lectura de los medios, y los contenidos propios de su área del conocimiento o de especialidad.

En consecuencia, las TIC no vienen a sustituir al docente sino que intensifica su labor que implica mayor tiempo tanto en la planeación como en la atención de los estudiantes.

1.3 Problemática del aprendizaje de la ciencia de la matemática

Uno de los problemas en la educación actual, es la dificultad en el aprendizaje de la matemática. ¿Por qué se fracasa en matemática? ¿Es adecuada su enseñanza? ¿Están los contenidos adecuados con la fase de desarrollo del educando, a los cuales se les exige un dominio conceptual a fondo? ¿Han previsto los profesores las diferencias en el proceso de aprendizaje por parte de los alumnos? (Rodríguez-Aguilar, Laureano-Cruces y Sánchez, J., 2010c).

Esta problemática no es exclusiva de México. A nivel mundial existen numerosos proyectos, artículos y propuestas metodológicas que tratan de alguna forma de resolver este problema, ya sea por medio de introducir nuevos temas y métodos que son mostrados desde varias perspectivas, para facilitar su aprendizaje.

Uno de los retos principales de la educación superior en México es consolidar y fortalecer una sociedad inmersa en el conocimiento, incluyente y fuerte en el desarrollo para todos. En el caso de los alumnos en formación profesional, se debe acortar la brecha digital y la brecha cognitiva aprovechando el uso de las TIC. (Tello, 2008).

En este sentido, la didáctica en las ciencia de la matemática, en los últimos años, ha experimentado un auge en la investigación y desarrollo sobre la enseñanza (Batanero y Godino, 2005).

En el caso de las TIC, su incorporación ha adquirido relevancia a través de ambientes computacionales de aprendizaje, que han demostrado la eficiencia en su uso (Galaviz, 2006).

1.4 Howard Gardner y la Teoría de las Inteligencias Múltiples

El psicólogo Howard Gardner (Gardner y Hatch, 1989) expone en su teoría sobre las inteligencias múltiples, que la inteligencia humana posee ocho dimensiones de representación de inteligencias: musical, corporal-cinestésica, lingüística, lógico-matemática, espacial, interpersonal, intrapersonal y naturalista.

Gardner sostiene que la práctica educativa se centra fundamentalmente en las inteligencias matemática y lingüística y que debido al carácter múltiple de la inteligencia humana se debe ampliar la perspectiva con el fin de considerar las diversas habilidades de las personas, proponiendo a los alumnos proyectos que admitan modos alternativos de expresión simbólica, creando proyectos grupales que inviten a los alumnos a trabajar con el lenguaje de los medios de comunicación y con sistemas simbólicos por los que sientan una mayor afinidad e induciendo una mayor diversidad de sistemas simbólicos en las diferentes materias.

Para la implementación de nuestro sistema tan solo se utilizarán cuatro de las inteligencias antes mencionadas: 1) auditiva, 2) lingüista, 3) lógico-matemática y 4) visual, por considerar que son las más representativas.

Por lo anterior, se propone una interfaz gráfica que permita la visualización del proceso de enseñanza-aprendizaje, en el área del álgebra elemental, acotándolo a la resolución de ecuaciones de primer grado con una incógnita, enfocado al módulo del estudiante donde se incorpore en su diseño, las distintas habilidades e inteligencias (inteligencias múltiples, propuestas por Gardner) que requieren los estudiantes para su aprendizaje.

1.5 Objetivo General

A partir del problema expuesto anteriormente se planteó en esta investigación la búsqueda de soluciones que den respuesta de alguna manera a la dificultad que se presenta en el aprendizaje significativo de la matemática. Quedando el objetivo general de la siguiente manera:

Diseño de una Interfaz Gráfica (IG) que favorezca el aprendizaje significativo del álgebra elemental, en particular en la resolución de ecuaciones de primer grado con una incógnita, en los alumnos de la Unidad Académica Profesional Nezahualcóyotl de la Universidad Autónoma del Estado de México, adaptando está a las distintas inteligencias que poseen los educandos.

1.6 Objetivos Particulares

Debido a las ventajas que proporciona la metodología de la Ingeniería de Software (IS), en cuanto al proceso en el diseño de un sistema que incluye: 1) análisis de requerimientos, 2) diseño del sistema, 3) implementación o programación, y 4) pruebas; se procederá a hacer uso de ella, esto con el fin de tener delimitado los pasos a seguir en la construcción de la IG.

- Análisis de los requerimientos para la implementación de la IG. Con base en los resultados obtenidos en el examen diagnóstico de matemática aplicado a la población de la Unidad Académica Profesional Nezahualcóyotl – UAEM, se determinarán cuáles son los tipos de reactivos idóneos con el fin de implementarse en la IG, en el dominio que nos compete: resolución de ecuaciones de primer grado con una incógnita.
- Elaboración del modelo cognitivo del estudiante, con el fin de poder adaptar el material de aprendizaje a éstos. Se integrarán los elementos que contendrá~~n~~ ese modelo: formulación de los objetivos y esbozo de los contenidos de cada subtema*, adaptados a los diferentes estilos de aprendizaje.*
- Instrumentar los recursos didácticos en los reactivos seleccionados de acuerdo a *Gardner. Con base en características propias del proyecto de las ocho inteligencias originales se tomarán en cuenta tan solo cuatro*: 1) lógica-matemática, 2) auditivo o musical, 3) verbal o lingüista, y 4) visual-espacial.
- Determinación del comportamiento, de acuerdo con el experto humano en la resolución de los reactivos. Análisis comportamental-cognitivo de las habilidades del aprendizaje. Determinación de los posibles errores que pudiera presentar el alumno, forma de identificación y tácticas remediales a implementarse.
- Formulación del sistema de evaluación del aprendizaje*. Determinación de los instrumentos de evaluación a utilizarse de acuerdo a los reactivos presentados.* Diseño del modelo del sistema IG:

    - **Modelado de la base de datos**. Construcción del modelado de la base de datos, de acuerdo a los elementos identificados. Esta se desarrollará tomando en cuenta los errores y los documentos referentes a recursos educacionales que nos permitan una construcción del proceso de enseñanza-aprendizaje *ad hoc* en estos temas. Además de la experiencia recopilada.

- **Arquitectura a utilizarse en la implementación del sistema IG**. De acuerdo a los temas elegidos y a las inteligencias propuestas por Gardner.
- **Diseño de los escenarios del sistema.** Diseñar y desarrollar los componentes gráficos de interfaz del sistema IG, sustentado en el modelo de las inteligencias múltiples de Gardner.
- **Requerimientos de interacción cognitiva**. Establecer los requerimientos de usabilidad, accesibilidad y de interacción cognitiva entre usuario y el sistema, y que estos puedan ser monitorizados.
- **Diseño de los subproblemas del dominio**. Diseño de las intervenciones concretas y diálogos de los escenarios, atendiendo a las estrategias cognoscitivas y pedagógicas a utilizar en desarrollo de la IG.
- **Análisis y adecuación de los reactivos**. Selección y ajuste de los reactivos acorde al perfil del estudiante, con base en la teoría de Gardner, previos a la implementación.
- **Modelo del algoritmo.** Formalización del algoritmo a implementarse de acuerdo al modelo mental del proceso de enseñanza-aprendizaje tomando en consideración el perfil del alumno (inteligencias múltiples).

- **Implementación del sistema IG. Se procederá a la programación de acuerdo a la infraestructura tecnológica propuesta**. Sistema en red para pruebas del sistema; posteriormente se tiene contemplado el contar con un Sitio Web disponible para la formación de una red de conocimiento compartido en espacios virtuales distribuidos para la comunidad de la UAEM. Y que se pondrá a disposición de otras Instituciones públicas como la UAM.
- **Pruebas del Sistema**. Evaluación del funcionamiento del sistema considerando las estrategias, sus variantes y técnicas diversas en los escenarios presentados de conformidad con los resultados y consecuencias en la utilización del mismo.

En consecuencia a nuestros objetivos de investigación nos hemos planteado las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuál sería la metodología adecuada para determinar los requerimientos educativos de nuestro sistema?

¿Cómo podría fundamentarse un modelo instruccional para ser implementado en nuestra IG?

¿Cómo deberá ser modelada la conducta reactiva en nuestro sistema de IG?

¿De qué forma se podrían desarrollar los componentes gráficos para la interacción cognitiva de nuestra IG, de acuerdo a las inteligencias múltiples?

1.7 Hipótesis general

La utilización de una IG adecuada a las inteligencias de los alumnos, generará un aprendizaje significativo de la matemática, en específico en álgebra en la resolución de las ecuaciones de primer grado con una incógnita, en los alumnos de la Unidad Académica Profesional Nezahualcóyotl de la Universidad Autónoma del Estado de México. Utilizando para ello un modelo del estudiante, que incluye una arquitectura reactiva en la cual se determinan las necesidades específicas, además de considerar en su diseño los diferentes estilos de aprendizaje que se tienen, de acuerdo con Howard Gardner.

1.8 Motivación para elaborar la investigación

Derivado de la problemática que se mostró inicialmente en los alumnos de la Lic. en Ingeniería en Sistemas Inteligentes de la Unidad Académica Profesional Nezahualcóyotl – UAEM, en lo relacionado con el alto índice de reprobación en las asignaturas relacionadas con la matemática en general, se puso de manifiesto las serias deficiencias que los alumnos presentan en esa área, a partir de lo anterior se analizó de manera más puntual el área donde se presentaron esas dificultades, detectándose que estaban relacionadas con el aprendizaje del álgebra e incluso en cuestiones básicas como conocimientos relacionados con la aritmética.

Comentándose esta situación con los responsables de las diferentes licenciaturas que componen la oferta educativa de esta Unidad, se llegó a la conclusión que esta problemática era generalizada, siendo esta una situación muy preocupante, ya que algunos de los alumnos de las licenciaturas de las áreas de sociales, comentaban que por eso no habían seleccionado una licenciatura en el área de ingeniería; dada su aversión hacia la matemática.

Esta situación se hizo más notable al aplicar a toda la comunidad estudiantil de la UAP Nezahualcóyotl un examen diagnóstico donde se obtuvieron resultados muy desalentadores incluso en las licenciaturas de ingeniería, a partir de lo anterior se buscaron respuestas sobre esta situación. Encontrando muchas referencias sobre el tema. En ellas se menciona que este problema no es exclusivo de nuestro país, sino incluso del mundo entero. Dentro de la literatura encontrada se estudió de manera más detallada, la teoría propuesta por Gardner, en lo referente a las diferentes formas en que aprendemos, considerándose que no todos somos iguales, por lo tanto no se puede educar de manera sistemática, como si los alumnos fueran patrones iguales y repetibles. Debido a lo anterior se propuso la implementación de un sistema computacional que respondiera de alguna manera en la resolución de este problema; planteándose la creación de una interfaz gráfica reactiva.

1.9 Desarrollo del documento

En el capítulo II, este capítulo tiene como objetivo analizar los distintos modelos para el desarrollo de la IG con el objetivo de fundamentar el criterio de diseño. Partimos de la idea básica que la interfaz de usuario: es la parte del sistema computacional que permite al usuario acceder a las facilidades del proceso de enseñanza-aprendizaje. También se hace una revisión de los distintos tipos de razonamientos y sus características de acuerdo al dominio de aprendizaje.

En el capítulo III, se presentan los principios teóricos pedagógicos necesarios para el dominio elegido que es álgebra elemental; con puntualización en el tema: 1) ecuaciones de primer grado con una incógnita, y su relación con las distintas inteligencias propuestas en la teoría de Gardner.

En el capítulo IV, en este capítulo se presenta el problema a resolver a detalle, donde se refiere las características del modelo mental y la arquitectura reactiva que se utilizará implicando el comportamiento reactivo que mostrará la IG, además se describen los elementos que intervienen para el funcionamiento de las didácticas pedagógicas.

En el capítulo V, se aborda la metodología a utilizarse en el análisis y diseño de la IG, desde la perspectiva de ingeniería de software haciendo énfasis en el diseño de la interfaz de acuerdo a las estrategias cognoscitivas y pedagógicas desarrolladas en el capítulo anterior, así como el razonamiento basado en casos. Se hace un análisis y adecuación de los reactivos seleccionados de acuerdo a la teoría de Gardner, previo a su implementación.

En el capítulo VI, se presentan algunas pruebas del desarrollo del sistema IG.

En el capítulo VII, se exponen los resultados y conclusiones finales del análisis del sistema prototipo.

Finalmente, se incluye un apartado de aportaciones y trabajos futuros.

Capítulo II

Marco conceptual: Descripción de las interfaces

Resumen

En este capítulo se detalla el estado del arte de los entornos reactivos con relación al desarrollo de los sistemas tutores inteligentes (STI), así como una clasificación de su evolución, al mismo tiempo se describen algunos trabajos relacionados en el área de la matemática.

La interfaz gráfica objeto de estudio, es un *entorno reactivo de aprendizaje*. Se implementará utilizando una arquitectura reactiva que permitirá encapsular el comportamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje. Para lograrlo se utilizarán los conceptos detallados en el capítulo I.

Se hace una revisión de los distintos tipos de razonamiento y sus características de acuerdo al dominio de aprendizaje.

Posteriormente se presenta una descripción de la arquitectura y sus componentes, haciendo especial énfasis en la interfaz reactiva, que será transcendente en el desarrollo de esta tesis.

Capítulo II

Introducción

De acuerdo con Lewis y Rieman (1993), ellos explican que la función principal de la interfaz es servir de mediador entre el hombre y la máquina. Desde esta perspectiva la interfaz permite utilizar a la máquina con el propósito con que fue construida, y es facilitar la comunicación y la interacción, entre dos sistemas de diferente naturaleza; como son el ser humano y la computadora.

Desde el punto conceptual de las ciencias de la computación, la interfaz se divide en hardware y en software: ejemplos de interfaz del tipo hardware son el teclado, el mouse, las pantallas táctiles, es decir, superficies de contacto como las interfaces táctiles, visuales, biométricas y otras conocidas como multimodales.

Las interfaces del tipo software hacen referencia a todos los programas que permiten la interacción entre el sistema operativo, la máquina y las aplicaciones que requiera el usuario (es decir, superficie de contacto a nivel del software).

2.1 Introducción al desarrollo de los Sistemas Tutoriales Inteligentes

Por ser el aprendizaje una etapa importante en el desarrollo de toda actividad educativa, es necesario incluir actualmente las herramientas tecnológicas más avanzadas, con el fin de obtener un aprendizaje significativo.

Se plantea, por tanto, el uso de medios didácticos que sirvan de apoyo y no de obstáculo, de tal manera que faciliten el trabajo de maestros y alumnos en vez de suponer una complicación de sus tareas.

En este proceso de enseñanza–aprendizaje intervienen entonces, cuatro elementos claves: el alumno, el docente, la información y el medio que rodea al alumno. Los alumnos se relacionan desde temprana edad con el manejo de la tecnología, les resulta muy motivante; es por esto que siempre están dispuestos a asignar mayor tiempo a actividades relacionadas con la computadora con el único fin de utilizarlos. En otras sociedades a la actividad diaria de los alumnos en el salón de clase, se les destina el uso con máquinas inteligentes, en esta dinámica, han entrado los STI, cuyas características principales son: promover una respuesta activa en el alumno, informar el desempeño, permitir un aprendizaje autónomo, promover la eficiencia y eficacia. Es por ello que en el diseño e implementación en los STIs al igual que el maestro se plantean interrogantes como: ¿qué enseñar?, ¿cuándo enseñar? y ¿cómo enseñar? (Wenger 1987, Murray 1999).

Por lo anterior nuestras interrogantes van a interrogar si en nuestra sociedad la utilización de estos ¿mejorará la actividad de la clase?, de tal manera que se promueva un aprendizaje significativo de la matemática básica (aritmética, álgebra básica, geometría analítica y trigonometría).

2.1.1 Antecedentes de los STI

Los primeros sistemas de enseñanza que hicieron su aparición fueron los llamados Computer Aided Instruction (CAI). Estos últimos han evolucionado desde sus inicios a la fecha; utilizando diferentes técnicas que faciliten su uso y los vuelvan más atractivos.

La incorporación de las técnicas de inteligencia artificial (a partir de los 70's) a estos sistemas dieron origen al área que aplica a la Inteligencia Artificial[1] en la educación (Laureano-Cruces y de Arriaga, 2000). El término de inteligencia se asocia a la capacidad de adaptación dinámica a diferentes situaciones previamente del estado cognoscitivo del estudiante. Lo anterior se logra incorporando las mencionadas técnicas en:

1) el conocimiento que el sistema tiene del dominio,
2) los principios del proceso tutorial y los métodos bajo los cuales son aplicados, y
3) la representación del conocimiento producto del estado cognoscitivo del usuario.

A pesar, de que el uso de la computadora en la educación viene desde los sesentas, es a partir del nacimiento de la microcomputadora cuando surge un verdadero ascenso en el uso de la computadora en la enseñanza en nuestro caso el interés se centra en la matemática. Así han surgido propuestas que van desde la introducción en los cursos tradicionales de matemática, con programas de cómputo que realizan cálculos numéricos, operaciones lógicas, operaciones simbólicas, entre otras, hasta la elaboración de ciertos lenguajes de computadora, con la pretensión de que su aprendizaje podría facilitar la adquisición por parte del educando, en los conceptos matemáticos antes mencionados. Cabe mencionar que posiblemente ante la rapidez del cambio que la computación en la educación ha producido, los cambios no siempre han dado el éxito esperado y esto se debe fundamentalmente a la ausencia de una cuidadosa planeación didáctica, causando en muchas de las veces una confusión, tanto en el estudiante como en el docente, que más que beneficio ha traído desconcierto y perjuicio en el tradicional proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática.

[1]Inteligencia Artificial (IA) es la implementación de razonamientos inteligentes mediante técnicas propias de las ciencias de la computación.

Desde este punto de vista, la computadora en la enseñanza de la matemática es un medio y no un fin por ende la computadora, en este contexto, es una herramienta que nos auxilia a realizar diversas tareas dentro del complejo mundo de la enseñanza de la matemática. Desde esta perspectiva se han dividido las diversas aplicaciones de la computación, en la enseñanza de la matemática en dos grandes apartados: herramienta sofisticada que permite la creación de ambientes de aprendizaje inteligentes y la computadora como apoyo al trabajo docente y de investigación en la enseñanza de la matemática.

La primera categoría ubica a la computadora como una herramienta muy sofisticada que permite la creación de ambientes de aprendizaje inteligentes.
Dentro de esta se tienen las siguientes subcategorías:

1. La enseñanza de la matemática vía enseñanza de la computación;
2. La elaboración de Lecciones Tutoriales por Computadora; y
3. Los Sistemas Tutoriales Inteligentes.

2.1.2 La enseñanza de la matemática vía enseñanza de la computación

En los últimos años, ha surgido la inquietud, entre un gran sector de matemáticos y educadores, de que mediante la enseñanza de ciertos lenguajes de computación los individuos aprenden matemática. Más aún, se afirma que cierto tipo de habilidades en la matemática se pueden adquirir con el aprendizaje de un lenguaje de computación.

Uno de los resultados más notables en esta dirección es el caso del lenguaje LOGO, un lenguaje desarrollado por un grupo de investigadores en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, M.I.T. de Estados Unidos de América, E.U. Este es un lenguaje estructurado y recursivo que posee la ventaja (que de hecho fue su principal atractivo cuando apareció) de tener un fácil manejo de gráficas, que permite visualizar procesos típicos de programación, que hasta aquel entonces permanecían implícitos en los demás lenguajes. LOGO se crea con la premisa de que su aprendizaje produciría en los estudiantes habilidades en matemática y lógica en la resolución de problemas (Feurzeig y Papert et al, 1969).

Los autores afirman que conceptos como el de continuidad y diferenciación se pueden ilustrar mediante la construcción de fractales. Afirman: *logramos instrumentar una didáctica constructivista en el sentido piagetiano además de contextualizar los conceptos matemáticos a enseñar*. En este mismo rubro, un grupo de investigadores ha desarrollado investigaciones, con la idea de que los estudiantes al aprender a programar en algún lenguaje como VISUAL BASIC, C, PASCAL, FORTRAN, entre otros; adquieran ciertos conceptos matemáticos, como por ejemplo el de función, variable, límite, sucesión. Ciertamente los lenguajes de alto nivel, como los mencionados anteriormente, poseen la posibilidad de definir en sus instrucciones funciones y variables, con cierto grado de simpleza.

Recientemente, el Profesor Dubinsky ha estado trabajando en sus cursos de matemática, con estudiantes de nivel superior con microcomputadoras utilizando el lenguaje: ITSEL (InTeractive SEt Languaje). Dubinsky (1989) afirma que mediante la programación, o al realizar construcciones en este lenguaje, se realizan los constructos matemáticos paralelos en las mentes de los estudiantes, con el fin de llegar a la interiorización de ciertos conceptos matemáticos. Sin embargo, a partir de los ejemplos que nos muestra, se observa que este lenguaje efectivamente tiene mucha similitud con la forma usual de escribir en matemática y programar en él, es en cierta forma escribir matemática en su forma natural. Así pues, se crea la paradoja de que para poder programar en este lenguaje, se tienen que tener claros los conceptos matemáticos involucrados, y se propone programar en ITSEL, para adquirirlos.

2.1.3 Lecciones Tutoriales por Computadora

Uno de los primeros intentos al utilizar la computadora en la educación, fue precisamente, producir material educativo a través de lecciones tutoriales en la computadora como auxilio en los cursos de matemática e idioma.

Dentro de esta línea, una de las personas que destaca es Patrick Suppes quien, en 1967, conjuntamente con otros investigadores forma la Computer Curriculum Corporation (CCC), donde se intentaba producir material educativo para el aprendizaje de la Matemática y Lenguaje.

Otro de los iniciadores en el campo de la elaboración de lecciones tutoriales asistidas por computadora es Robert B. Davis, un matemático y profesor encargado de un programa para la formación de profesores de matemática de las escuelas primarias en los años sesenta, quien tiene una concepción totalmente opuesta a la de Suppes. Para Davis, el mecanismo de aprendizaje es más un proceso de descubrimiento, que el resultado de un esfuerzo (para un estudio más detallado de Davis y Suppes véase el estudio de Solomon, 1987). Es importante mencionar que con las lecciones que Davis y su equipo realizaron, abrieron la puerta, hacia investigaciones futuras de la computadora en la educación.

Se les reconoce como pioneros en el campo de la computación en la enseñanza, a Robert Davis y David Kibbey quienes, mostraron en el proyecto PLATO programas de muy diversa índole, marcaron la pauta hacia esta área (Kaput, 1992).

Paralelo al proyecto PLATO surge otro proyecto financiado por la misma institución NSF (National Science Foudation) a este proyecto se le conoce por sus siglas TICCIT (Time-shared Interactive Computer Controlled Information Television).

2.1.4 Sistemas Tutoriales Inteligentes

De acuerdo con Wenger y Murray, un Sistema Tutor Inteligente (STI) (Wenger 1987, Murray 1999) es una herramienta computacional cognitiva.

El término inteligente hace referencia a la habilidad del sistema sobre *qué* enseñar, *cuándo* enseñar y *cómo* enseñar, imitando así, la actividad de un Tutor. Para lograrlo, un STI debe identificar las fortalezas y debilidades de un estudiante a fin de establecer un plan instruccional que será consistente con los resultados obtenidos. Se debe encontrar entonces la información relevante sobre el proceso de aprendizaje de ese estudiante en particular (como estilo de aprendizaje) y aplicar el mejor medio de instrucción según sus necesidades individuales. Aunque no existe una definición clara de lo que se entiende por un Sistema Tutor Inteligente, se puede contemplar como una extensión de las lecciones tutoriales, es decir, un sistema que contenga una o varias lecciones tutoriales implementadas en una computadora o microcomputadora las cuales al interactuar con el estudiante, tengan un cierto comportamiento inteligente.

De acuerdo a Laureano-Cruces (2000), el desarrollo de estos sistemas se encuentra en la intersección de tres diferentes áreas que son (Figura 2.1):

1) Las ciencias de la computación: inteligencia artificial (IA), ingeniería de software (IS) y la incorporación del uso de las TIC.
2) Ciencias cognoscitivas: la pedagogía (recursos educacionales), tratamiento de errores y taxonomías; y la psicología cognitiva (métodos de análisis de los diferentes procesos cognoscitivos),
3) Diferentes Dominios a tratar en la enseñanza.

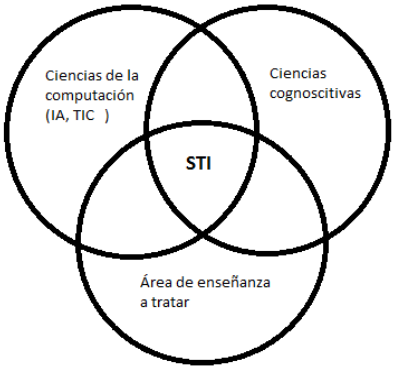


Figura 2.1 intersección de las áreas de conocimiento de los STI. Elaboración propia basada en Laureano (2000)

En estos sistemas, se implementa un modo de enseñanza flexible a través del uso de algún tipo de mecanismo basado en la evaluación de las respuestas del estudiante a preguntas propuestas por el sistema. Dependiendo de ésta evaluación se decide si se presenta al estudiante nuevo material o se presenta material remedial. Para guiar apropiadamente la interacción del sistema con el estudiante se implementa internamente un modelo que permite el diagnóstico del proceso de enseñanza-aprendizaje basado en los errores del estudiante, que presupone un estado cognitivo del usuario y con base en él trata de anticipar posibles errores, que el usuario podría tener al intentar resolver un determinado problema (Anderson, 1986; Burns & Capps, 1988). Existe una gran variación en el nivel de detalle que posee el modelo del estudiante en los diferentes sistemas tutoriales inteligentes.

2.1.4.1 Dentro de este campo destacan los siguientes sistemas:

The LISP Intelligent Tutoring System, (Anderson, et al, 1987). En donde los autores presentan un tutor inteligente para la enseñanza del lenguaje de computación LISP. La arquitectura básica del tutor la constituyen tres componentes: Dominio de Conocimiento (El Modelo de Estudiante), La componente Tutorial (reglas tutoriales) y la interface (Ibídem, 1987, p. 90). Learnig Companion System, (Chang & Baskin, 1990). En este tutorial, los autores mencionan que al tradicional STI se le agrega un acompañante dado por la misma computadora (Ibídem, 1987, pag 6). Los componentes básicos de este STI son: La computadora-profesor, el estudiante humano y la computadora-estudiante (acompañante). Geometría (Anderson, et al, 1985); TAPS, para Aritmética y Álgebra elemental desarrollado por Derry y Hawkes (1989/90); CLORIS (Parkes, 1986; Parkes & Self, 1990) la combinación de un STI con video interactivo; SCENT-3 (McCalla et al., 1990), el tutor ZEERA para Estadística Descriptiva. Y dentro de estos sistemas tenemos también a Makatziná, el cual es un STI en el dominio de la resolución de estructuras triangulares a través del método de los nodos; desarrollado con la implicación de sub-tutores reactivos al desarrollo de una tarea cognitiva por el usuario (Laureano-Cruces, 1998; 2000), (Laureano-Cruces et al. 2000).

Más recientemente se tiene a ELE-TUTOR, Un Sistema Tutor Inteligente para el Español como Lengua Extranjera (Ferreira, 2012); I-TUTOR, un Sistema Tutor Inteligente que apoya a los maestros en línea, formadores y tutores, cuyo objetivo es el vigilar el seguimiento y la evaluación de los estudiantes (Comisión Europea, 2013) y ALEKS, un sistema tutorial inteligente, que permite la evaluación y aprendizaje en espacios de conocimiento (Scotty et al, 2013).

Es necesario señalar que en los sistemas anteriores los autores parten de dos premisas: La sustitución parcial del maestro lo cual nos obliga a tener un modelo de enseñanza; y la creación en la computadora de un modelo de estudiante que implica el desarrollo de una teoría del conocimiento.

Una de las principales características de los sistemas tutoriales inteligentes es la separación que hacen del conocimiento tutorial con respecto del conocimiento del dominio que enseñan.

2.1.4.2 Arquitectura de un Sistema Tutor Inteligente

Se propone diseñar los componentes del STI, en base al propuesto por Carbonell (Carbonell, 1970). Los STI, responden a una arquitectura trimodular que consta del módulo experto, modulo del estudiante y modulo, tutor relacionado con la interfaz (Figura 2.2), a continuación se hace una descripción de cada uno de los componentes:

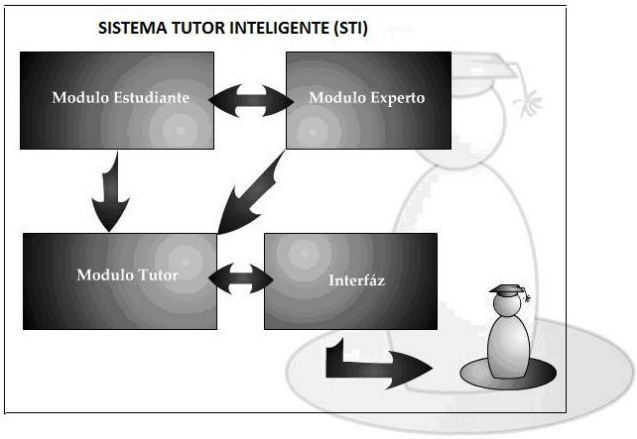


Figura 2.2 arquitectura de un STI (Carbonell, 1970)

a) Módulo Experto: contiene conocimiento del área de enseñanza y cubre los posibles razonamientos para las respuestas del estudiante. Este módulo es el encargado de mostrar los tópicos a resolver. Debe reconocer una solución incorrecta aunque no sea capaz de resolver los problemas que presenta al estudiante, al tener la capacidad para presentar diferentes ejercicios, que aun no teniendo una estrategia de resolución común, den al alumno la impresión de que son diferentes.
b) Módulo Estudiante: contiene información acerca de cada estudiante. Se usa para predecir el nivel de comprensión del estudiante o reconocer su estilo de aprendizaje. Suministra diferente número de preguntas para identificar y detectar las anomalías en el aprendizaje del alumno, la estrategia empleada por éste para resolver problemas y conocer exactamente lo que entiende para evitarle repeticiones tediosas durante una sesión de aprendizaje.
c) Módulo Tutor: Contiene las estrategias, reglas y procesos que orientan las interacciones del sistema con el estudiante. Entre sus objetivos está: la elección del tipo de problema a resolver, el control y crítica del rendimiento del alumno, facilitar ayuda si el estudiante la requiere, seleccionar material de apoyo en caso de error y definir hasta dónde se permite al estudiante equivocarse.

d) Interfaz Usuario: encargado de generar salidas correctas para el estudiante, interpretar sus respuestas, organizarlas y comunicarlas al módulo tutor al sistema de tutoría.

2.2 Interfaces inteligentes

Una interfaz hombre-computadora es la parte de un sistema de cómputo con la cual interactúa una persona para hacer una tarea. Terveen (Khoelle, 1996), propone dos tipos de interfaces: una intermediaria en la cual el usuario le entra la información a la interfaz y ésta le pasa la información a la aplicación; y una interfaz del modelo del mundo (ej: Windows), la cual se presenta al usuario con una representación visual del sistema, que el usuario puede manipular directamente.

Así pues, la interfaz desempeña un papel fundamental en los sistemas computarizados actuales. De la interfaz depende, por ejemplo, la facilidad o dificultad que un usuario pueda tener al querer usar un sistema determinado. Hoy en día, los sistemas se hacen cada vez más complejos, lo mismo que sus interfaces; las interfaces no son lo suficientemente flexibles, es decir, no se adaptan a los diferentes usuarios; las interfaces no cambian a medida que las necesidades de los usuarios lo hacen. Los anteriores son algunos de los motivos para que se haga necesaria la implementación de Interfaces Inteligentes.

Las Interfaces Inteligentes son el resultado de la combinación de las áreas de la Inteligencia Artificial (IA) y la Interacción Hombre – Máquina (HCI – Human Computer Interaction).

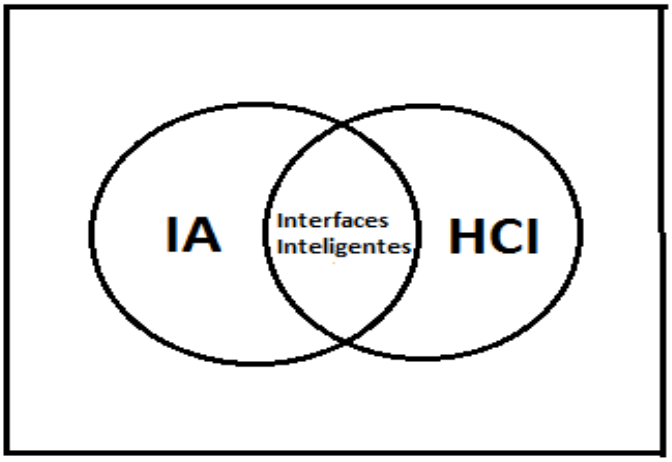


Figura 2.3 interfaces Inteligentes: Integración de la IA y la HCI. Castrillón (2000).

Como resultado de esa integración, el área de investigación en Interfaces Inteligentes, aparte de resolver problemas que desde sus inicios ha tratado de resolver el área de la HCI, trata de resolver otros problemas relacionados con dicha interacción, mediante el uso de técnicas de la IA. Algunos de estos problemas son (KHOELLE, 1996):

- La creación de interfaces más claras y eficientes.
- La construcción de interfaces que suministren un mejor apoyo para los usuarios en cuanto a tareas, planes y metas se refiere.
- Presentación de la información de manera más eficiente.
- Simplificación del diseño e implementación de “buenas” interfaces.

De igual manera, Henry Lieberman justifica la necesidad de construir interfaces inteligentes debido a que (Lieberman, 1995):

- Las interfaces actuales son inflexibles
- Las interfaces actuales no cambian cuando cambian las necesidades de los usuarios
- Las interfaces actuales cada vez son más complejas

2.2.1 Modelo básico

Debido a la naturaleza reactiva de nuestro sistema se tomarán algunos conceptos precisamente del comportamiento de los agentes reactivos.

De acuerdo con Laureano mencionado en (2000), los agentes reactivos no son inteligentes de forma individual, pero sí, generan un comportamiento inteligente de forma global. Estos agentes no poseen modelos internos del entorno y basan su acción en un ciclo de estímulo-reacción, de acuerdo a los eventos que se presentan en el estado en curso del entorno en el cual están embebidos; de ahí que no cuenten con objetivos, ni mecanismos de planificación explícitos, y aún así puedan resolver los problemas clasificados como complejos.

Maes (1993), mencionado en Laureano (2000) describe tres puntos claves relativos a estos agentes: 1) la funcionalidad emergente; lograda en base a la dinámica de la interacción de estos agentes con el entorno, 2) la descomposición de tareas: los agentes reactivos son vistos como una colección de módulos que operan de forma autónoma y son responsables de tareas específicas. 3) Los agentes reactivos tienden a operar con representaciones cercanas a los datos sin tratar.

Así la hipótesis de los agentes reactivos puede ser descrita de esta forma: los sistemas de agentes inteligentes reactivos pueden ser desarrollados a partir de agentes simples que no cuenten con modelos simbólicos internos y cuya inteligencia se derive del comportamiento emergente producto de las interacciones entre varios módulos.

Por lo anterior, el diseño de la comunicación de nuestro sistema de IG es muy importante. Y como se está trabajando con un diseño incremental, se sugiere que si encuentran en algún momento dificultades se regrese y se modifiquen (reduciendo o agrandando) los módulos.

Sin embargo los agentes de cada nivel se encuentran diseñados como módulos de: percepción, toma de decisión y acción, mostrados en la figura 2.4:

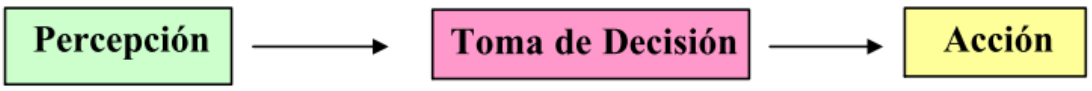


Figura 2.4 módulo de: percepción, toma de decisiones y acción. Elaboración tomada de Castrillón (2000).

Donde, tanto percepción como acción pueden representarse por valores numéricos o expresiones lingüísticas.

La figura 2.5 muestra un modelo básico de Interfaz Inteligente propuesto por Dave Khoelle, en el cual se identifican cuatro módulos (Khoelle, 1996):

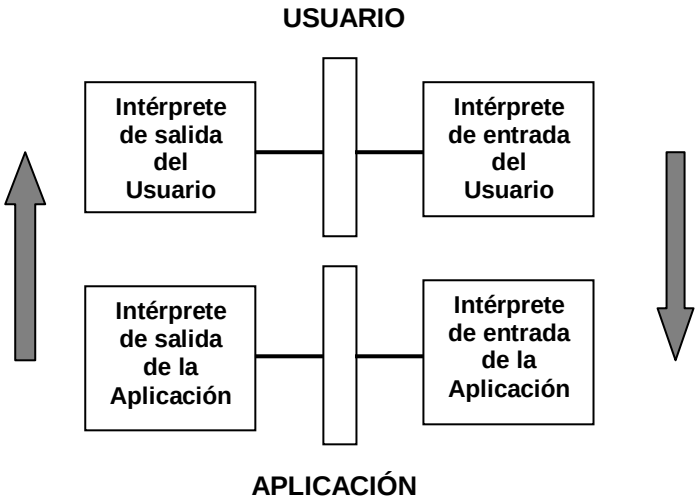


Figura 2.5 modelo básico de Interfaz Inteligente. (Khoelle, 1996)

- **Intérprete de Entrada del Usuario**: en esta parte del sistema se ubican todas aquellas funciones que hacen de la entrada del usuario un proceso más fácil, como por ejemplo: completar comandos, verificación de sintaxis, interpretación de abreviaturas, detección de opresión del *mouse*, entre otras.
- **Intérprete de Entrada de la Aplicación**: aquí es donde se toma la entrada y se hace entendible para el programa. Por ejemplo, si el usuario digitó un comando, esta parte del sistema la interpreta. En este punto puede hacerse uso de reconocimiento de planes.
- **Aplicación**: aquí es donde el trabajo interno del programa tiene lugar, como por ejemplo, creación de datos, realización de acciones de acuerdo a los comandos, preparación para la salida, entre otras aplicaciones.
- **Intérprete de Salida de la Aplicación**: esta parte del sistema es la responsable de determinar y presentar los datos al usuario de la mejor manera posible, dependiendo del mismo.
- **Intérprete de la Salida del Usuario**: una vez que el sistema determina cuál información mostrar y de qué manera, esta parte del sistema es la encargada de mostrar dicha información.

Con base en lo anterior y para el modelado de nuestra IG se tendrán los siguientes puntos:

- Entrada del agente reactivo: se aplicara un instrumento de evaluación para determinar el tipo de inteligencia por parte del alumno.
- Abstracción de la entrada del agente reactivo: el sistema reacciona de acuerdo al desempeño académico del tipo de inteligencia del alumno.
- Salida del sistema: la IG es la responsable de determinar qué y cómo se van a mostrar los datos al tipo de usuario.
- Interpretación de la salida del usuario: después de determinar qué datos se van a mostrar, en este módulo ya se puede visualizar dicha información”

2.2.2 Componentes

Para Dave Khoelle una interfaz inteligente debe poseer al menos uno de los siguientes componentes: modelo del usuario (modelo mental), comunicación multimodal, reconocimiento de planes, presentación dinámica, lenguaje natural, ayuda inteligente y/o adaptabilidad (KHOELLE, 1996). A continuación se describen cada uno de ellos.

2.2.2.1 Modelo del usuario

El modelo de usuario (MU) es una de las partes más importantes de una interfaz inteligente.

Es una compilación de la información que describe al usuario y la cual se usa para determinar cómo presentarle los datos, qué tipo de ayuda darle, y cómo interactúa el usuario con el sistema. Sin un modelo de usuario la interfaz no tendría ninguna información sobre la cual basar su comportamiento.

Cuando se desea generar un modelo de usuario debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Cuáles son los aspectos importantes.
- Qué comportamiento del usuario es el que suministra esa información.
- Qué se puede hacer con la información que se obtiene.

2.2.2.2 Comunicación Multimodal

Es el uso de varios métodos de comunicación dentro de una interfaz. La comunicación multimodal es importante especialmente en situaciones donde el usuario no puede usar todos sus sentidos en una tarea en particular. En muchos casos el uso de una interfaz multimodal requiere de un modelo del usuario. En esos casos, el modelo de usuario ayuda a determinar la mejor técnica de comunicación a usar dependiendo de la tarea requerida por el usuario. CHORIS y CUBRICON son ejemplos de sistemas que poseen comunicación multimodal (TYLER, 1991) y (NEAL, 1991) como uno de sus principales componentes. En CHORIS es el administrador de E/S el encargado de integrar la entrada multimodal (mouse clicks, lenguaje natural, ventanas, formas y menús). CUBRICON presenta diferentes tipos de salida (gráficas a color, tablas, histogramas, lenguaje natural escrito (textos), lenguaje natural hablado y formas) valiéndose de un Planificador de Salida.

La IG funciona inicialmente, después de ser aplicado el instrumento de evaluación, al determinar qué y cómo mostrarle la información dependiendo del tipo de inteligencia a presentar por parte del alumno: 1) auditivo, se muestra el problema a resolver agregando el componente auditivo (música clásica, previamente determinada por la especialista en pedagogía, 2) lingüista, se muestra el problema a resolver agregando además la vocalización de la descripción del problema a resolver, 3) lógico-matemático, tan solo se muestra el problema a resolver, y 4) visual, se presenta la problemática a resolver agregando en este caso la gráfica del problema a resolver.

2.2.2.3. Reconocimiento de Planes

Se usa en una interfaz inteligente para deducir lo que el usuario planea hacer. Tiene en cuenta el conocimiento del sistema, el modelo del usuario, y las acciones del usuario. La deducción de acciones ayuda al usuario ya que le permite al sistema suministrar guía, evitar la repetición de acciones del usuario y *entender* lo que el usuario desea hacer.

El reconocimiento de planes también puede ser usado para predecir el curso de las acciones del usuario, lo que le permitirá al primero suministrarle alguna guía al segundo en la sugerencia de acciones posteriores.

El NPSC es un ejemplo de un sistema con reconocimiento de planes implementado para predecir el comando requerido por el usuario (KHOELLE, 1996).

2.2.2.4. Presentación Dinámica

Para diferentes personas existen diferentes presentaciones por medio de las cuales la interpretación de los datos pueda ser más fácil y entendible. De igual manera, para diferentes tipos de datos e información requerida, también existen presentaciones más adecuadas. La presentación dinámica de datos consiste en la forma de presentarle los datos al usuario, de manera que éstos sean obvios, claros y fáciles de interpretar. El sistema con interfaz inteligente debe estar en capacidad de decidir de manera dinámica el tipo de presentación más adecuado, de acuerdo con el modelo del usuario que posee. SAGE y NPSC son ejemplos de sistemas que poseen presentación dinámica como uno de sus componentes (ROTH, 1991) y (KHOELLE, 1996). En el primero, la salida es creada a partir de los datos entrados al sistema con el fin de obtener gráficas claras e informativas. En el segundo, los datos son presentados en función del modelo del usuario

2.2.2.5. Lenguaje Natural

El lenguaje natural es una de las mejores formas para hacer un sistema más intuitivo. Su fortaleza reside en la eliminación de la necesidad de memorizar comandos reemplazando éstos por frases con estructura sintáctica y semántica definida, similar a la humana.
CUBRICON y CHORIS son ejemplos de sistemas que incorporan lenguaje natural como uno de sus componentes principales (NEAL, 1991) y (TYLER, 1991).

2.2.2.6. Ayuda Inteligente

La ayuda inteligente puede verse desde dos perspectivas: Ayuda con respecto al uso de la aplicación y ayuda con respecto al dominio de la misma. En ambos casos se trata de presentar al usuario la información de ayuda que él quisiera en un momento o situación en particular. El uso de ayuda inteligente requiere que se tenga conocimiento acerca de la funcionalidad de la aplicación. De igual forma, el sistema debe estar en capacidad de intuir el momento en el cual, un usuario requiere de su ayuda para realizar una tarea determinada. El NPSC es un ejemplo de un sistema que incorpora ayuda inteligente (Khoelle, 1996)

La IG ya cuenta con un archivo de planes y estrategias en que el diagnóstico reconoce el error y busca dentro de las técnicas remediales o de enseñanza dependiendo, como subsanar tal problemática.

2.2.2.7. Adaptabilidad

La adaptabilidad de la interfaz es un componente que le permite a esta última, determinar qué tipo de presentación debe hacer para un mayor ajuste a las necesidades del usuario, en función del modelo que ésta tenga del mismo. La adaptación es un paso en respuesta a la planeación, la cual, es el proceso en el cual los programas determinan qué retroalimentación y habilidades deberán darle al usuario dependiendo del modelo del usuario, para producir interfaces que pudieran ser preferidas por dicho usuario. Se busca entonces que el sistema se adapte al usuario de manera que la interacción entre ambos sea mejor.

2.3. Diseño y Desarrollo

Aunque específicamente no se encuentran en la bibliografía actual, metodologías para el diseño y desarrollo de sistemas con interfaz inteligente, varios autores como Höök (Höök, 1997) y Waern (Waern, 1997), hacen recomendaciones con respecto a las fases de diseño y técnicas de desarrollo de este tipo de sistemas.

2.3.1 Diseño

El propósito de que un sistema posea una interfaz inteligente debe ser parte del diseño desde su comienzo. Desafortunadamente, las metodologías para análisis del dominio de los sistemas con interfaz inteligente no están muy desarrolladas (Höök, 1997). Un análisis de los usuarios, sus tareas y necesidades es parte necesaria de cualquier desarrollo de un sistema de este tipo.

Höök presenta en uno de sus artículos las cinco fases de análisis, propuestas por Beyon, que se deben considerar cuando se están diseñando sistemas adaptativos (Höök, 1997):

- **Análisis funcional**. Ayuda a establecer las funciones principales del sistema.
- **Análisis de datos**. Se refiere a la representación y entendimiento del significado y la estructura de los datos en la aplicación.
- **Análisis del conocimiento de tareas**. Se enfoca en las características cognitivas que el sistema requiere del usuario, como por ejemplo, la estrategia de búsqueda requerida, el modelo mental asumido, entre otras.
- **Análisis del usuario**. Determina el alcance de la población de usuarios a la que el sistema va a responder.
- **Análisis del entorno**. Cubre el entorno dentro del cual va a operar el sistema. Los aspectos físicos del entorno y otras características tales como la cantidad y el tipo de usuarios que se necesita soportar.

2.3.2. Técnicas de desarrollo

Muchas de las técnicas y herramientas usadas en los computadores vienen del campo de la inteligencia artificial. Existen dos áreas principales que se aplican en las interfaces inteligentes: el modelamiento del usuario y el diálogo en lenguaje natural, según lo presenta en su artículo Annika Waern (Waern, 1997).

El término modelamiento del usuario se usa con dos significados diferentes. En metodologías de diseño de software, éste se usa para denotar el análisis de la prospectiva del usuario de un sistema computacional que va a ser desarrollado. En el área de investigación de las interfaces inteligentes, se usa para denotar un modelo del usuario que el sistema mantiene y al cual adapta su comportamiento. Se asume que cualquier programa que adapta su comportamiento a algunas características del usuario, mantiene un modelo del usuario. Tales programas pueden ser adaptables o auto adaptables. Un programa adaptable permite al usuario seleccionar cómo se deberá adaptar el sistema, mientras que uno auto adaptable se adapta autónomamente, deduciendo las necesidades del usuario a partir de sus interacciones con el sistema. En el caso de estudio se considera este último.

2.3.3 Interfaz inteligente CHORIS (Tyler, 1991)

CHORIS (the Computer-Human Object-oriented Reasoning Interface System), es una arquitectura genérica para interfaces inteligentes desarrollada por el grupo de investigación del *Lockheed Artificial Intelligence Center.* Este sistema ha sido diseñado para permitir a un amplio rango de usuarios la interacción efectiva con varios tipos de sistemas complejos.

Todo el proyecto gira en torno al diseño de un conjunto de módulos de razonamiento independientes manejados por bases de conocimiento de dominio específico. A continuación se describen las bases de conocimiento y los módulos de razonamiento que componen la arquitectura propuesta.

Bases de Conocimiento (BC): Choris se compone de tres tipos de bases de conocimiento: uno que contiene el modelo del usuario, otro que contiene el dominio y el último que compone la interfaz misma:

- **La BC del Modelo del Usuario**, contiene información correspondiente al usuario del sistema, como por ejemplo: preferencias, habilidades, estereotipo. Se compone de tres niveles: El nivel general, que contiene las preferencias y habilidades de los usuarios. El segundo nivel, que contiene los estereotipos posibles de los usuarios del sistema, lo cual le permite a la interfaz inferir al sistema los valores por defecto de algunas de las variables del modelo del usuario, evitando la realización de observación de comportamiento del mismo con el fin de obtener dichos valores. Y por último, un tercer nivel, el cual es un conjunto de modelos de usuarios, en donde se encuentra la información particular de cada uno de los usuarios del sistema como por ejemplo preferencias, habilidades, interacciones pasadas, entre otras.

- **La BC del dominio**, contiene información relacionada por ejemplo con las tareas típicas de alto nivel que puede realizar un usuario en el sistema. Se entiende por tareas de alto nivel como secuencias de comandos que son llevados a cabo en algún orden con el fin de alcanzar alguna meta.

- **La BC de la interfaz**, contiene la información del estado de comunicación con el usuario, o lo que es lo mismo, el contenido de la interfaz y el estado del diálogo. Cada uno de los posibles elementos de la pantalla es representado como un objeto por separado, y existe un objeto de despliegue que contiene apuntadores hacia cada uno de los objetos que se encuentran en un momento dado en la pantalla.

Por medio de un conjunto de reglas, la interfaz puede utilizar la información anterior para determinar el conocimiento que el usuario tiene, tanto del dominio de la aplicación, como de la interfaz misma, y puede entonces modificar su comportamiento de manera acorde.

Para nuestro caso de estudio, nuestra IG contara con una base de conocimiento del usuario, donde contendrá la información del estilo de aprendizaje y la información del usuario, como por ejemplo su desempeño en el uso del sistema.

En el caso de la BC de la interfaz, este componente tendrá un comportamiento reactivo de acuerdo al desempeño del alumno y tipo de inteligencia.

2.4 Modelo cognitivo

Este modelo está relacionado con el estudio de la persona, las teorías cognitivas (cuyas bases se encuentran en la psicología cognitiva), establecen cómo el ser humano percibe, guarda y recupera la información de su memoria a corto plazo, y cómo esta información es usada para tomar decisiones y cómo da soluciones y resuelve problemas. El usuario es un ser adaptable, flexible e involucrado de manera proactiva en la interacción con el entorno en busca de soluciones.

Este modelo se basa en la existencia de tres puntos de vista:

1) El *modelo conceptual*, o descripción del sistema desde el punto de vista del ingeniero que lo ha diseñado, por lo que se tratará de una descripción precisa y coherente.

2) El *modelo mental* o imagen que el usuario se hace sobre cómo es y cómo funciona el sistema, y que será el que ayude y guíe al usuario en su toma de decisiones.

3) La *interfaz*, que es el conjunto de estética, representaciones utilizadas, documentación, entre otras, que usa el diseñador para tratar de guiar al usuario hacia un modelo mental lo más cercano al conceptual y lo más práctico posible.

En general, desde el enfoque cognitivo, la interacción persona computadora se concibe como la presentación de problemas a un usuario que tiene que resolverlos. Por esto muchas de las teorías que se aplican en psicología se aplican también aquí. Particularmente han resultado de gran influencia las de Newell y Simon (1992), sobre la *resolución de problemas*, que se puede considerar como una serie interconectada de objetivos y sub-objetivos en jerarquía, lo que conduce a un modelo muy global del ser humano y relativamente sencillo de su comportamiento, y gracias a lo cual se han logrado derivar modelos formales como los de Bovair et al. (1990), Kieras y Polson (1985), o Card y otros (1983). Se consideran modelos cognitivos porque aportan mecanismos que permiten analizar y describir el conocimiento que el usuario posee o debe poseer del sistema**.** En el siguiente capítulo se describirá con precisión la del modelo cognitivo a nuestra IG.

2.5 Modelos de interfaz de última generación

Porta (2002), menciona que la última generación de interfaces gráficas de usuario se puede clasificar en tres posibles categorías aunque a veces se convierten en categorías superpuestas de acuerdo con el tipo de entradas y salidas que acepten o proporcionen.

2.5.1 Interfaces de usuario multimedia

Proporcionan al usuario diferentes tipos de salidas (al menos dos). Están enfocados hacia el multimedia (como texto, gráfico, sonido, entre otras.). Hoy en día la mayoría de interfaces desarrolladas explotan el multimedia de alguna forma.

2.5.2 Interfaces de usuario multimodales

Esta categoría se puede considerar como un subconjunto de las interfaces de usuario multimedia. Para ser más estrictos, las de multimedia normalmente se concentran en el medio utilizado y las multimodales se concentran más en los canales de percepción (vista, oído, tacto, entre otras.) (Turk, Robertson, 2000).

Una definición de interfaz multimodal aparece en Montoro M., (2000): Estos sistemas tratan de implicar varias de las posibles modalidades de comunicación que utilizan las personas. Estas modalidades comprenden habla, reconocimiento de gestos, reconocimiento de la posición de la mirada, del movimiento de los labios, de la expresión facial, de la escritura, entre otras.

2.5.3 Interfaz perceptiva de usuario

La fusión de las anteriores interfaces introduce el concepto de Perceptual User Interface (PUI: en español interfaz perceptiva de usuario), que busca adquirir unas interfaces más naturales e intuitivas que aprovechan conocimientos de la forma natural en que las personas interacciona entre ellas y con el mundo.

Las PUIs pueden utilizar la vista y el leguaje humano mediante el reconocimiento y generación movimiento de iris y de la voz. En la figura siguiente se muestra la relación entre los tres puntos anteriores del flujo de información en las interfaces de usuario.

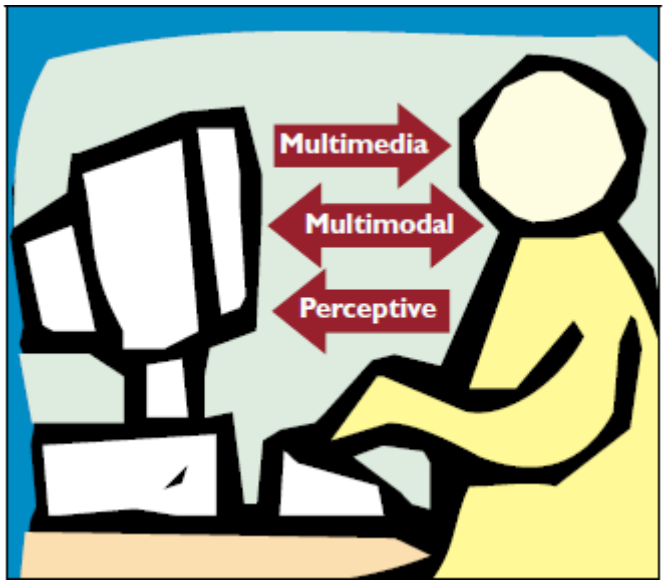


Figura 2.6 interfaz perceptiva de usuario (PUI). Fuente (Turk y Robertson, 2000).

2.6 Análisis de los requerimientos para el desarrollo de interfaz con base en los modelos de estudio cognitivo, y el modelo de interfaz de última generación

A continuación se presentan las tablas de los requerimientos de la interfaz para nuestra IG, en intersección con el enfoque de análisis para la interfaz de usuario y el modelo instruccional propuesto en esta tesis.

2.6.1 Análisis de requerimientos para diseño de la interfaz de aprendizaje bajo el enfoque cognitivo

El enfoque cognitivo a utilizarse para nuestro sistema IG, será por medio del modelo mental, el cual hace referencia sobre como es y cómo funciona el sistema y será el que ayude y guíe al usuario en su toma de decisiones. Este enfoque aporta los elementos necesarios que permiten analizar y describir el conocimiento que el usuario posee o debe poseer del sistema, de lo anterior se puede describir en la siguiente tabla el comportamiento que tendrá el usuario humano al estar interactuando con el sistema.

Requerimientos	Desarrollo del modelo mental	Permite la abstracción en el diseño de la interfaz
Análisis de tipo de usuario	sí	sí
Organización de temas y tipos de usuario	sí	sí
Adaptabilidad para cada tipo de usuario	sí	sí
Especificación de componentes de acuerdo al tipo de usuario	sí	sí
Evaluación de cada tema	sí	sí

Tabla 2.1 tabla de requerimientos, tomando en consideración el análisis cognitivo para el desarrollo de la interfaz de nuestro sistema IG. Diseño propio

2.6.2 Tabla de análisis de requerimientos para el diseño de la selección de la interfaz con base al modelo de estudio de interfaz de última generación

Con base en este enfoque se considera como óptimo el proceso de comunicación persona-persona. Y se agrega un alto nivel de interactividad en la interfaz.

2.6.2.1 Tabla de análisis de selección de la interfaz con base al modelo de estudio de interfaz de última generación

Requerimientos generales para el diseño de la interfaz para la interacción de nuestro sistema:

El primero consiste en conseguir la comunicación entre el sistema y los usuarios. Las principales características que debe presentar la interfaz son: facilidad de aprendizaje y facilidad de uso, por ello resulta útil beneficiar al mayor número de usuarios, señalando de forma muy especial *la capacidad de adaptación* a las características que éstos puedan presentar El segundo consiste en implementar diferentes modos de liberar a las personas del uso de una interfaz rígida, eliminando las barreras de comunicación presentes en la mayoría de los sistemas actuales.

En párrafos anteriores se mencionó que las Interfaces de última generación incluyen entre otras: interfaz de usuario multimedia; *Interfaz de usuario multimodales; Interfaz perceptiva de usuario; entre otras.* Para nuestro caso de estudio se utilizará una interfaz de tipo multimedia, en la tabla siguiente se detalla la características que esta debe tener de acuerdo al tipo de usuario (auditivo, lingüista, matemático y visual).

Tipo usuario	Presentación de la interfaz
Auditivo	La interfaz para este tipo de usuario es de tipo matemática, adicionalmente se agrega una melodía
Lingüista,	La interfaz para este tipo de usuario es de tipo matemática, adicionalmente hay una descripción de la problemática a resolver por medio de sonido (voz)
Matemático	La interfaz para este tipo de usuario es de tipo netamente matemática
Visual	La interfaz para este tipo de usuario es de tipo matemática, adicionalmente se presenta el problema por medio de imágenes referentes a la problemática a resolver, como pudiera ser fracciones, alguna gráfica, entre otras.
Adaptabilidad al tipo de usuario	El sistema tiene la posibilidad de adecuarse al estado de ánimo del usuario. El usuario tiene la posibilidad de modificarla o desactivarla a su gusto

Tabla 2.2 requerimientos de la interfaz, de acuerdo al tipo de usuario. Diseño propio

2.7 Tipos de razonamiento

Una de las vertientes de mayor desarrollo dentro del estudio psicológico del pensamiento ha sido la psicología del razonamiento. Desde esta perspectiva se concibe el pensar como un acto de razonamiento, es decir, como un proceso a través del cual las personas infieren datos a partir de cierta información inicial. Este proceso se realiza de manera cotidiana, y su función es, en último término, el entendimiento y predicción del comportamiento del entorno (Anderson, 1985; De Vega, 1984). El estudio psicológico del razonamiento intenta describir las operaciones y procesos mentales subyacentes al acto de razonar. En otras palabras más simples, el razonamiento es la facultad humana que permite resolver problemas**.**

A pesar de la discrepancia de opiniones en torno a la definición del *razonamiento*, en lo que respecta a los tipos de razonamiento, hay un mayor acuerdo entre los teóricos. Los cuales los dividen en dos principales tipos de razonamiento: deductivo e inductivo. En el primero se infieren consecuencias particulares a partir de reglas generales, mientras que el razonamiento inductivo involucra la inferencia de reglas generales a partir de un número limitado de observaciones particulares. En general, la literatura describe modelos distintos para ambos tipos de razonamiento (Hunt, 1982; Sternberg, 1986).

Existen dominios y sobre todo las interfaces inteligentes con características reactivas en donde estos tipos de razonamiento pueden ir ligados a los distintos tipos de dominios en los que se centra el proceso de enseñanza-aprendizaje. En el caso de estudio se utilizará la resolución de ecuaciones de primer grado con una incógnita.

2.7.1 Razonamiento deductivo

El razonamiento deductivo opera con proposiciones previamente estipuladas, las cuales son utilizadas para derivar una conclusión irrefutablemente válida.

Los filósofos griegos fueron los primeros en contribuir de manera importante al desarrollo de un método sistemático para descubrir la verdad. Aristóteles y sus discípulos implantaron el razonamiento deductivo como un proceso del pensamiento en el que de afirmaciones generales se llega a afirmaciones específicas aplicando las reglas de la lógica. Es un sistema para organizar hechos conocidos y extraer conclusiones, lo cual se logra mediante una serie de enunciados que reciben el nombre de silogismos, los mismos comprenden tres elementos: a) la premisa mayor, b) la premisa menor y c) la conclusión.

He aquí un ejemplo: a) todos los hombres son mortales (premisa mayor), b) Sócrates es hombre (premisa menor); por lo tanto, c) Sócrates es mortal (conclusión).
Si las premisas del razonamiento deductivo son verdaderas, la conclusión también lo será. Este razonamiento permite organizar las premisas en silogismos que proporcionan la prueba decisiva para la validez de una conclusión (Dávila, 2006)

2.7.2 Razonamiento inductivo

El razonamiento inductivo permite inferir conclusiones cuando sólo se dispone de información parcial. Las conclusiones inductivas, por lo tanto no pueden sostenerse como irrefutables, a diferencia de lo que sucede en el razonamiento deductivo (Anderson, 1985).

El razonamiento inductivo, por lo tanto consiste en obtener conclusiones generales a partir de premisas que contienen datos particulares. Por ejemplo, de la observación repetida de objetos o acontecimientos de la misma índole se establece una conclusión para todos los objetos o eventos de dicha naturaleza. Por ejemplo:

Premisas:

· He observado el cuervo número 1 y era de color negro.

· El cuervo número 2 también era negro.

· El cuervo número 3 también

Conclusión:

· Luego, todos los cuervos son negros.

En este razonamiento se generaliza para todos los cuervos.

La diferencia entre ambos razonamientos se capta en los ejemplos siguientes:

A. Método Deductivo: Todos los mamíferos tienen pulmones.
Todos los conejos son mamíferos.
Por lo tanto, todos los conejos tienen pulmones.

B. Método Inductivo: Todos los conejos que fueron observados tienen pulmones.
Por lo tanto, todos los conejos tienen pulmones. (Dávila, 2006).

2.7.3 Razonamiento cuantitativo

En los modelos basados en el razonamiento cuantitativos los valores de las variables de estado son magnitudes continuas en el dominio de los números reales, mientras que en los modelos cualitativos los valores son magnitudes discretas entre un número reducido de clases o categorías las cuales pueden ser representadas tanto de manera simbólica como numéricamente (Celli, 1991a).

Los métodos de modelado cuantitativo y de simulación cuantitativa han alcanzado un alto grado de madurez: tienen un esquema de aplicación perfectamente definidos, gozan de una terminología común y pueden ser perfectamente clasificados según su interpretación de la variable *tiempo* como: continuos, discretos o de eventos discretos (o una combinación de ellos).

2.7.4 Razonamiento cualitativo

Los fenómenos de la vida y la posibilidad del hombre de interactuar con ellos han creado una fuerte y amplia discusión metodológica entre los aspectos cualitativos y cuantitativos. Los enfoques cualitativos se han estigmatizado como no-científicos o pre-científicos, sin embargo, el resurgimiento contemporáneo de la investigación cualitativa se debe, en cierta forma, a la crisis de la corriente positivista dominante (Sisto, 2007; Martínez, 2008; Padrón, 2008; Izcara, 2009).

Desde principios de la segunda mitad de siglo, matemáticos como Volterra y Maraval (Volterra 1960; Maraval 1961) y economistas como Simon y Lancaster, trabajaron sobre el conocimiento cualitativo y su representación en sistemas reales. Estos últimos utilizaban el orden causal (Simon 1953) y la estática comparativa (Lancaster, 1962), para realizar el análisis de modelos económicos complejos o de los que no se conocía bien su descripción.

En el área de la matemática trabajos importantes sobre estos temas pueden ser, la teoría cualitativa de los sistemas dinámicos (Poincaré 1944) centrada en el estudio del diagrama de fases y de sus propiedades geométricas o topológicas, o la teoría de las catástrofes (Thom, 1977; Zeeman 19077), centrada en una clasificación de las singularidades.

La aplicación de las técnicas cualitativas en la Inteligencia Artificial, surgieron a mediados de los ochenta en torno al razonamiento cualitativo: la teoría desarrollada por Forbus denominada *QPT (Qualitative Process Theory)* (Forbus, 1983; Forbus 1984), el programa *ENVISION* de Kleer y Brown (De Kleer, 1984) y Kuipers que hace el salto de las ecuaciones diferenciales a restricciones cualitativas entre variables (Kuipers, 1984), dando origen al sistema *QSIM.*

2.7.4.1 Razonamiento propuestos por Forbus

Debido a la naturaleza del trabajo que se centra en el comportamiento cualitativo de los posibles procesos de interfaz dinámicos (razonamiento cualitativo), se hará una descripción de las pautas desarrolladas por Forbus (1984).

Forbus (1984) creó una teoría relacionada con los procesos dinámicos. Esta teoría implica la definición de: (a) sus conceptos; (b) los tipos de razonamiento diferentes involucrados en estos procesos; (c) sus implicaciones para el razonamiento causal. Esta teoría organiza las teorías de dominio alrededor de procesos físicos. En el caso del dominio, estamos estudiando, ecuaciones de primer grado con una incógnita. El modelo mental cualitativo diseñado, para una IG permite a través de los diferentes tipos de razonamiento propuesto por Forbus (1984), el ensamblaje del análisis cognitivo del proceso de enseñanza-aprendizaje de los expertos.

En el trabajo propuesto por Laureano-Cruces et al. (2003), se representa un dominio de estudio a través de marcos conceptuales, los cuales fueron desarrollados para diferentes conceptos mediante escenas de procesos físicos. Estos eran expuestos por personajes que caminan a través de un bosque y descubren las propiedades que son necesarias para la comprensión de los conceptos involucrados en la teoría. En la contraparte el proceso de aprendizaje del estudiante, se desenvuelve en un laboratorio virtual; ofreciendo una respuesta inmediata a cambios particulares (pantallas reactivas). En el caso de las pantallas reactiva, el proceso está limitado por la ecuación de movimiento que permite las dependencias funcionales (Forbus, 1984).

De acuerdo con Forbus (1984), existen siete tipos de razonamiento que puede implicar un proceso dinámico y que puede utilizarse para generar tareas de aprendizaje. Cada uno de ellos resuelve tipos de problema diferentes, permitiendo así tener un conjunto de estrategias de aprendizaje diferentes.

1. Definición actividad: deducción de lo que ocurre en un momento dado. Este razonamiento da respuestas directas a preguntas como: ¿Qué está pasando aquí?
2. Predicción: Definición de lo que sucederá en un futuro posible basado en información incompleta.
3. Postdicción: con base en una situación actual concreta explicar cómo se ha llegado a ella. La postdicción es considerada como un tipo de razonamiento no deductivo y mucho más difícil de considerar. Debido precisamente a la dificultad para encadenar los hechos hacia atrás con información incompleta. Este tipo de razonamiento tiene dos fases: 1) un conjunto de explicaciones posibles, y 2) construcción de explicaciones; donde se selecciona la mejor. (Aliseda, 1997).

4. Análisis escéptico: determinación de la consistencia de una descripción con respecto a una situación física.
5. Cuantitativa interpretación: inferencia de otras particularidades y ¿qué más puede suceder dado una descripción parcial de la situación y algunas observaciones sobre su comportamiento.
6. Planeación experimental: planificación de acciones para obtener más información acerca de una situación particular, dado el conocimiento de lo que puede ser observado y manipulado.
7. Razonamiento causal: causa y efecto. Este tipo de razonamiento proporciona una herramienta para confirmar una hipótesis que proviene de un comportamiento observado o postulado. Es útil para la generación de: explicaciones, medir la interpretación y experimentar la planificación y obviamente de aprendizaje.

Conclusiones del capítulo II

En este capítulo se concluye que el modelo cognitivo a ser utilizado para nuestro sistema IG reactivo consistirá en el uso de los modelos mentales para modelar las necesidades del usuario con respecto a su interacción con la computadora, para determinar cómo es y cómo funciona el sistema, y que será el que ayude y guíe al usuario en su toma de decisiones.

También se ha hecho hincapié de la importancia que tiene la interfaz, ya que de ella depende, por ejemplo, la facilidad o dificultad que un usuario pueda tener al querer usar un sistema determinado. Hoy en día, los sistemas se hacen cada vez más complejos, lo mismo que sus interfaces; las interfaces no son lo suficientemente flexibles, es decir, no se adaptan a los diferentes usuarios; las interfaces no cambian a medida que las necesidades de los usuarios lo hacen. De lo anterior se determina la importancia y el uso de la implementación de Interfaces Inteligentes.

Para el modelo cognitivo de la interfaz y debido a la naturaleza del sistema es necesario contar con el uso de una interfaz multimedia que le proporcionará al usuario diferentes tipos de salidas (al menos dos), como texto, gráfico, sonido, entre otras.

La presentación de las interfaces de acuerdo al tipo de usuario, se logra~~ra~~ utilizando elementos del campo de la inteligencia artificial, donde se incluyen a los sistemas inteligentes, bajo un comportamiento reactivo de acuerdo al desempeño del alumno.

Por medio de la teoría de Forbus (interfaz dinámica) se hará una descripción de las siete clases de razonamientos que puede involucrar un proceso dinámico y con base en ellos se pueden generar tareas de aprendizaje. Cada uno de ellos resuelve diferentes clases de problemas permitiendo ensamblar diferentes estrategias de aprendizaje.

Capítulo III

Teorías pedagógicas para el sistema de IG

Resumen

En este capítulo se presentan los principios teóricos pedagógicos, necesarios para la implementación de los métodos didácticos elegidos para el dominio de la resolución de ecuaciones de primer grado con una incógnita.

Además se hace una descripción del comportamiento reactivo de la interfaz, con el fin de transpolar la teoría de Gardner al entorno cognitivo de nuestra IG.

3.1 Introducción

La solución de problemas es uno de los procesos más importantes del aprendizaje de la matemática, debido a que contribuyen al desarrollo de las habilidades cognitivas de orden superior: el análisis, la síntesis, la comprensión, la clasificación y la creación de relaciones.

Shoenfeld (1990), menciona que la enseñanza de la matemática debe de ser un medio para la utilización de heurísticas de solución de problemas, que al poder ser verbalizados estos procesos de razonamiento, dan como resultado un aprendizaje significativo.

El proceso de solución de estos problemas no solamente implica un proceso implícito de disposición mental y emocional por parte del educando, sino la utilización de una metodología clara que le permite de esa manera establecer conexiones entre sus conocimientos previos y el contexto del nuevo problema a resolver. De acuerdo con Polya (2002) y Shoenfel (1985), mencionan que las principales dificultades que presentan los alumnos al resolver problemas matemáticos radican en la falta de comprensión de la problemática a resolver, la incorrecta simbolización del enunciado, carencia para definir y aplicar estrategias de solución, confusión a la hora de aplicar algún algoritmo de solución, además de la dificultad para expresar verbalmente los resultados obtenidos.

Dada la importancia que tiene la solución de problemas de índole matemático en la construcción de habilidades cognitivas de orden superior mencionadas anteriormente; y en la búsqueda de algunas alternativas didáctica de solución, se encontró que las nuevas tecnologías, podrían incidir de manera favorable en esos aprendizajes, debido al uso que tienen estas en los alumnos.

Por lo que se planteó el desarrollo de un prototipo de Interfaz Gráfica (IG), que facilite la comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades cognitivas en la solución de problemas matemáticos; problemática detectada previamente en los alumnos de las licenciaturas de la Unidad Académica Profesional Nezahualcóyotl; que carecen de conocimientos significativos en el área de la matemática, en particular en la aritmética, álgebra básica, geometría analítica y trigonometría.

Por lo anterior es necesario identificar las principales dificultades que presentan los estudiantes a la hora resolver problemas matemáticos, para que estas necesidades puedan ser implementados en una IG.

El trabajo se desarrollo con base en tres ejes temáticos: solución de problemas (diseño del instruccional del mecanismo del proceso de enseñanza-aprendizaje), modelos de solución y la implementación de estos en un IG. La primera toma las aportaciones de la pedagogía: con el constructivismo, el procesamiento de la información, el aprendizaje significativo y la didáctica de la matemática; el segundo hace referencia a los modelos de solución tomando como parámetros las inteligencias múltiples de Gardner, y por último como son implementadas las características anteriores a la IG.

3.1.1 Aprendizaje significativo en la matemática

La enseñanza de la matemática juega un papel importante en la formación de individuos que sean capaces de asumir las exigencias científicas y técnicas que demanda el actual desarrollo social.

Son pocas las experiencias referidas en la literatura pedagógica respecto de la utilización del aprendizaje significativo en la enseñanza de la matemática; tampoco abundan en los libros de texto los ejemplos y actividades docentes que muestren como trabajar en esa dirección. Con relación a esto se cita: ....*cuando una persona se interesa en aplicar los principios psicológicos para perfeccionar su práctica docente, se encuentra con la carencia de sugerencias concretas para hacerla más efectiva. Lo anterior ocurre porque comúnmente los textos disponibles son muy generales, con amplías revisiones teóricas, pero que extraña vez resaltan las prescripciones teóricas para solucionar los problemas dentro de la clase*. (Guzmán y Hernández, 1993).

El aprendizaje significativo en la Matemática se presenta a partir de la conexión de sus conocimientos previos relacionados con el contenido matemático a ser procesado, generando la integración de dichos conocimientos, con la nueva información adquirida e incorporación de la metacognición para solucionar la nueva situación presentada. Previamente el estudiante tiene una plena conciencia de los objetivo a alcanzar y conoce las actividades encaminadas a generar la solución del problema presentado, mediante el aprendizaje colaborativo. Entonces se identifican las siguientes ventajas del Aprendizaje Significativo en la enseñanza de la Matemática:

- Una mayor motivación por parte de los alumnos en los nuevos conocimientos.
- Aporta al desarrollo de las habilidades, hacia el trabajo individualizado.
- La edad en la incursión a estos aspectos es básicamente, en la enseñanza básica y en los primeros grados de la enseñanza media.

En suma, para adquirir un aprendizaje significativo es necesario lo siguiente:

1. Presentar la conciencia de los conocimientos previos de los alumnos que se encuentran relacionados con los que van a asimilar.
2. Comprobar si los alumnos dominan esos conocimientos, y en el caso que tengan dificultades en los mismos elaborar actividades para su reactivación.
3. Planear actividades diferenciadas orientadas a los alumnos que presentan dificultades.
4. Elaborar una situación de partida, teniendo en cuenta que la misma debe estar vinculada con la práctica, o con otras disciplinas, o con el desarrollo histórico de la propia matemática.
5. Hacer visible la insuficiencia de conocimientos, al no poder resolver la situación presentada con los conocimientos que ellos ya poseen, y a continuación orientarlos para el objetivo.
6. El conocimiento se debe elaborar mediante la articulación del conocimiento anterior con los nuevos conocimientos.
7. Resumir los aspectos más importantes de la clase, así como enfatizar la relación entre el nuevo contenido con los conocimientos previos.

3.2 Diseño del Instruccional del Mecanismo del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje

Algo importante a tomar en cuenta como punto de partida en este capítulo, es considerar que un modelo es una figura mental que nos ayuda a entender las cosas que no podemos ver o explicar directamente (Dorin, Demmin y Gabel, 1990). Por lo tanto, un modelo instruccional es la representación visual o conceptual de un proceso instruccional, fundamentado y desarrollado bajo una teoría pedagógica particular (p.e. ADDIE, análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación; fundamentado en el conductismo instructivista), que muestra las principales fases de un proceso instruccional y la relación que guardan cada una entre ellas. (Acuña-Garduño, 2008).

Son múltiples las definiciones que se han realizado sobre diseño instruccional, a continuación se presentan algunas desde la perspectiva de diferentes autores:

- Para Bruner (1969) el diseño instruccional (DI) se ocupa de la planeación, la preparación y el diseño de los recursos y ambientes necesarios para que se lleve a cabo el aprendizaje.
- Reigeluth (1983) define al DI como la disciplina interesada en prescribir métodos óptimos de instrucción, al crear cambios deseados en los conocimientos y habilidades del estudiante.
- En el caso de Berger, C. y Kam, R., (1996) se incluye el análisis de necesidades de aprendizaje, las metas y el desarrollo de materiales y actividades instruccionales, evaluación del aprendizaje y seguimiento.
- Mientras que según Broderick (2001) el DI es el arte y ciencia aplicada de crear un ambiente instruccional y los materiales, claros y efectivos, que ayudarán al alumno a desarrollar la capacidad para lograr ciertas tareas.
- Algo más amplia resulta la definición De Richey, Fields y Foson (2001) en la que se apunta que el DI supone una planificación instruccional sistemática que incluye la valoración de necesidades, el desarrollo, la evaluación, la implementación y el mantenimiento de materiales y programas.

Un elemento esencial a considerar en la preparación de un sistema para el diseño instruccional, es la sólida sustentación que esta debe tener en aspectos de teoría del aprendizaje, porque permite examinar todas las dimensiones del diseño instruccional (Shiffman, 1995).

3.2.1 Teoría del aprendizaje

En sentido general la teoría del aprendizaje describe la manera en que los teóricos del aprendizaje creen que las personas aprenden nuevas ideas y conceptos. El propósito de esta teoría es el de comprender e identificar los procesos mentales y a partir de ellos tratar de desarrollar modelos y métodos para que la instrucción sea más efectiva (Shiffman, 1995).

3.2.2 Los modelos instruccionales: relación entre las teorías del aprendizaje y el diseño instruccional

De acuerdo con Gros (1997) *los modelos de diseño instruccional tienen como finalidad establecer un puente entre las teorías de aprendizaje y la práctica al diseñar y construir un sistema instruccional*. Los modelos de diseño instruccional se pueden utilizar para producir los siguientes materiales: módulos para lecciones, los cursos de un currículo universitario y los cursos de capacitación y entrenamientos para el trabajo.

Existen diversos modelos de diseño instruccional de acuerdo con Fernández (2002) se originaron en las décadas de los 70s, en sus inicios el diseño instruccional venía desarrollándose con los esquemas clásicos representados por autores como Dick y Carey (1976), Brigs y Gagné (1976), entre otros, quienes ofrecían un modelo de diseño sistemático y lineal que se orientaba bajo los principios conductistas y neoconductistas del aprendizaje.

Estos modelos se basaban en la taxonomía de Bloom. Hace medio siglo, Bloom (1956) y sus colegas idearon una taxonomía de objetivos educativos:

- Cognitivos (resultados intelectuales)
- Afectivos (relacionados con intereses, actitudes, aprecio y métodos de ajuste) (Gronlund, 2000)

Psicomotor (destrezas motrices)

Los resultados educativos tienden a enfatizar los objetivos cognitivos que, categorizados, comprenden conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. Merguel (1998) señala que la mayoría de los modelos instruccionales actuales son muy parecidos a un diagrama de flujo con fases por las que el diseñador se mueve durante el desarrollo de la instrucción.

Por lo tanto el diseño didáctico se encarga de la comprensión, el mejoramiento y la aplicación de métodos de enseñanza, que produzcan los mejores resultados en los estudiantes.

Diseño Tutorial: al resultado de un diseño didáctico se le conoce como modelo, y es éste la representación final de un conjunto integrado de componentes estratégicos que nos permitirán (Laureano, Mora, Ramírez y De Arriaga-Gómez, 2011; Laureano, Mora, Ramírez y Gamboa, 2009; Laureano, Mora, Ramírez y Gamboa 2010; Sánchez, Laureano, Mora y Ramírez, 2011b):

1. Secuenciar el material,
2. Utilizar ejemplos,
3. La incorporación de la práctica en un determinado momento, y
4. El uso de estrategias pedagógicas (ya sea llamadas de atención o para motivar a los estudiantes).

Otro aspecto importante de este modelo didáctico es que debe mostrar los diferentes aspectos que entran en juego en la enseñanza, con el fin de alcanzar los objetivos deseados del mejor modo posible y bajo las condiciones anticipadas.

3.2.2.1 Clasificación de los modelos instruccionales

Hoy día hay diversos modelos de diseño instruccional, los cuales pueden ser clasificados por generación y por teorías educativas que los sustentan (Luzardo, 2004). Sin embargo se pueden clasificar en cuatro generaciones de modelos de diseño instruccional:

- La primera generación de modelos instruccionales se origina en 1960, los cuales se fundamentan en el conductismo, son lineales, sistemáticos y prescriptivos; se enfocan en los conocimientos y destrezas académicas y en objetivos de aprendizaje observables y medibles.
- La segunda generación surgió en 1970, tienen su procedencia en los diseños instruccionales de la primera generación, se fundamentan en la teoría de sistemas, de la enseñanza y aprendizaje.
- La tercera generación principia en l980, se fundamenta en la teoría cognitiva, y se ocupa de la comprensión de los procesos de aprendizaje, el conocimiento debe estar sustentado en la práctica y resolución de problemas.

- La cuarta generación originada en 1990, se plantea como modelos heurísticos, los cuales se fundamentan en las teorías constructivistas y de sistemas. Se caracterizan por estar centrados en el proceso de aprendizaje, en la creatividad del estudiante y no en los contenidos específicos (Luzardo, 2004). Este enfoque encuentra en la teoría de sistemas su punto de intersección con la teoría de los sistemas tutores inteligentes

Existe otra clasificación de los modelos instruccionales de acuerdo con Quiles y Carballo (2000), basada en la función e intención de cada uno de los modelos instruccionales, y se clasifican en:

- Modelos descriptivos. Describen un determinado ambiente de aprendizaje, especulando cómo las variables de interés serán afectadas. Explican la manera como se produce el aprendizaje en el ser humano.
- Modelos prescriptivos. Proporcionan las maneras de proceder para realizar las tareas que permitirán apoyar el aprendizaje. Se identifican las condiciones de instrucción que optimizarán el aprendizaje, la retención y la transferencia de lo aprendido (Gagné y Dick, 1983). Esquematizan cómo un ambiente puede ser alterado o construido a fin de afectar las variables de interés de un cierto modo, haciendo efectivo el logro deseado.
- Modelos procedimentales. Se deben desarrollar progresivamente a través de la práctica valiéndose de ejemplos y situaciones recurrentes y variadas. Determinan cómo lograr la meta valiéndose de ejemplos, prácticas, pequeñas secuencias, retroalimentación. La práctica debe ser deliberada, guiada primero e independiente después.
- Modelos declarativos. Determinan por qué alcanzar la meta, apoyándose de analogías, instrucción por descubrimiento y diferencias individuales.

Esta evolución y diversidad dio origen en consecuencia a diferentes métodos instruccionales, donde se puede observar que estas generaciones de modelos son aplicados de acuerdo a las necesidades de las instituciones y personas, tanto en un ambiente de aprendizaje presencial como a distancia.

Para el desarrollo de nuestro sistema de IG, se tomaron los modelos instruccionales de cuarta generación basados en modelos heurísticos, debido a la naturaleza de estos, que se caracterizan por estar centrados en el proceso de aprendizaje, en la creatividad del estudiante y no en los contenidos específicos, y que dan pie a la generación de los sistemas tutores inteligentes; además del modelo instruccional procedimental, que consiste en el desarrollo práctico del proceso de aprendizaje utilizando para ello ejemplos y situaciones recurrentes y variadas.

3.2.3 Taxonomías de los objetivos instruccionales

Estos objetivos instruccionales se basaban en la taxonomía de Bloom y sus colegas quienes idearon una taxonomía de objetivos educativos hoy día llamados instruccionales: *cognitivos* (resultados intelectuales), *afectivos* (relacionados con intereses, actitudes, aprecio y métodos de ajuste) (Gronlund, 2000) y *psicomotor* (destrezas motrices). Los resultados educativos tienden a enfatizar los objetivos cognitivos que, categorizados, comprenden *conocimiento*, *comprensión*, *aplicación*, *análisis*, *síntesis* y evaluación.

3.2.4 Taxonomía planteada por Castañeda

Esta taxonomía mencionada en Mora, Laureano y Velasco (2011), está desarrollada en base a los llamados objetivos instruccionales (OI). De acuerdo con Castañeda, García y González (2006), la estructura de un OI consta básicamente de un verbo que representa las operaciones cognitivas subyacentes a la acción, y sustantivos que representan conocimientos donde se manifiestan las operaciones cognitivas. Por lo anterior es necesario el uso de dos taxonomías para analizar los OI:

- La primera permite identificar la operación cognitiva subyacente en el OI
- La segunda permite identificar el tipo de conocimiento (factual, conceptual o procedimental) implícito en el OI
- Las operaciones cognitivas y el tipo de conocimiento se identifican de acuerdo con las capacidades cognitivas necesarias en el dominio específico de conocimiento o materia (Sánchez et al. 2010; 2011b) y a las taxonomías para analizar los OI (Castañeda et al., 2006; González, Castañeda y Maytorena, 2009). Esta taxonomía nos auxilia en la identificación de las operaciones cognitivas subyacentes en un OI está compuesta por tres subcategorías de operaciones cognitivas:

1) Comprender y organizar conocimiento,

2) Aplicar conocimiento a situaciones cotidianas, y

3) Resolver problemas.

Cada subcategoría está compuesta por un conjunto de operaciones cognitivas que lleva a cabo funciones específicas, por ejemplo la categoría comprender y organizar reúne a las operaciones identificar, clasificar y traducir. Así, por ejemplo, la *operación cognitiva*: demanda acciones necesarias para el tratamiento del conocimiento involucrado en el dominio específico. Así se tienen los siguientes tipos de conocimiento:

- *Factual, referente a los hechos.*
- *Conceptual, se refiere al conocimiento contextualizado en un domino específico.*
- *Procedimental, se refiere al conocimiento que involucra un orden específico*
- *Autorregulatorio, se refiere a la cognición en general y a la conciencia y el conocimiento sobre la propia cognición, es decir, a la capacidad con que cuenta el usuario para darse cuenta de su aprendizaje visto a través de lo que ha aprendido y lo que ha aprendido mal y es necesario corregir.*

En la siguiente la tabla se muestra de manera resumida las categorías de los tipos de OI mencionados en el enfoque de Castañeda S. (2005):

Categoría de operación cognitiva	**Operación cognitiva**	**Tipo de conocimiento: Factual**	**Tipo de conocimiento: Conceptual**	**Tipo de conocimiento: Procedimental**	**Tipo de conocimiento: Autorregulatorio**
Comprender y organizar conocimiento	Observar Identificar Clasificar Traducir	Conocimiento previo	Abstracción	Reglas que se aplican para cada concepto	Orientación al Logro. Materiales: evaluación y regulación
Aplicar conocimiento	Analizar Inferir Comparar	Conocimiento previo	Abstracción	Analiza los procedimientos para cada concepto	Orientación al Logro. Materiales: evaluación y regulación
Resolver	Tomar decisiones Evaluar Corregir errores	Conocimiento previo	Conceptos involucrados en el procedimiento que decide utilizar	Decide los procedimientos para cada concepto	Orientación al Logro. Materiales: evaluación y regulación

Tabla 3.1 categorización de los OI bajo el enfoque de Castañeda S. (2005). Fuente Mora-Torres, et al. (2011).

3.3 Sistemas de diseño instruccional

En la realización de diseño de sistemas instruccionales que requieren nuevos programas de entrenamiento y formación, se recomienda ampliamente la utilización de metodologías basadas en modelos.

3.3.1 Modelo ASSURE de Heinich y Col

Heinich, Molenda, Russell y Smaldino (1993) desarrollaron el modelo ASSURE incorporando los eventos de instrucción de Robert Gagné para asegurar el uso efectivo de los medios en la instrucción. El modelo ASSURE tiene sus raíces teóricas en el constructivismo, partiendo de las características concretas del estudiante, sus estilos de aprendizaje y fomentando la participación activa y comprometida del estudiante.

ASSURE presenta seis fases o procedimentos:

1. Analizar las características del estudiante. Ante de comenzar, se debe conocer las características de los estudiantes, en relación a:
    - Características Generales: nivel de estudios, edad, características sociales, físicas.
    - Capacidades específicas de entrada: conocimientos previos, habilidades y actitudes.
    - Estilos de Aprendizaje.
2. Establecimiento de objetivos de aprendizaje, determinando los resultados que los estudiantes deben alcanzar al realizar el curso, indicando el grado en que serán conseguidos.
3. Selección de estrategias, tecnologías, medios y materiales.
    - Método instruccional que se considera más apropiado para lograr los objetivos para esos estudiantes particulares.
    - Los medios que serían más adecuados: texto, imagen es, video, audio, y multimedia.
    - Los materiales que servirán de apoyo a los estudiantes para el logro de los objetivos.

4. Organizar el escenario de aprendizaje. Desarrollar el curso creando un escenario que propicie el aprendizaje, utilizando los medios y materiales seleccionados anteriormente. Revisión del curso antes de su implementación, especialmente si se utiliza un entorno virtual comprobar el funcionamiento óptimo de los recursos y materiales del curso.
5. Participación de los estudiantes. Fomentar a través de estrategias activas y cooperativas la participación del estudiante.
6. Evaluación y revisión de la implementación y resultados del aprendizaje. La evaluación del propio proceso llevará a la reflexión sobre el mismo y a la implementación de mejoras que redunden en una mayor calidad de la acción formativa. En la figura 3.1 se muestran los componentes del modelo ASSURE.

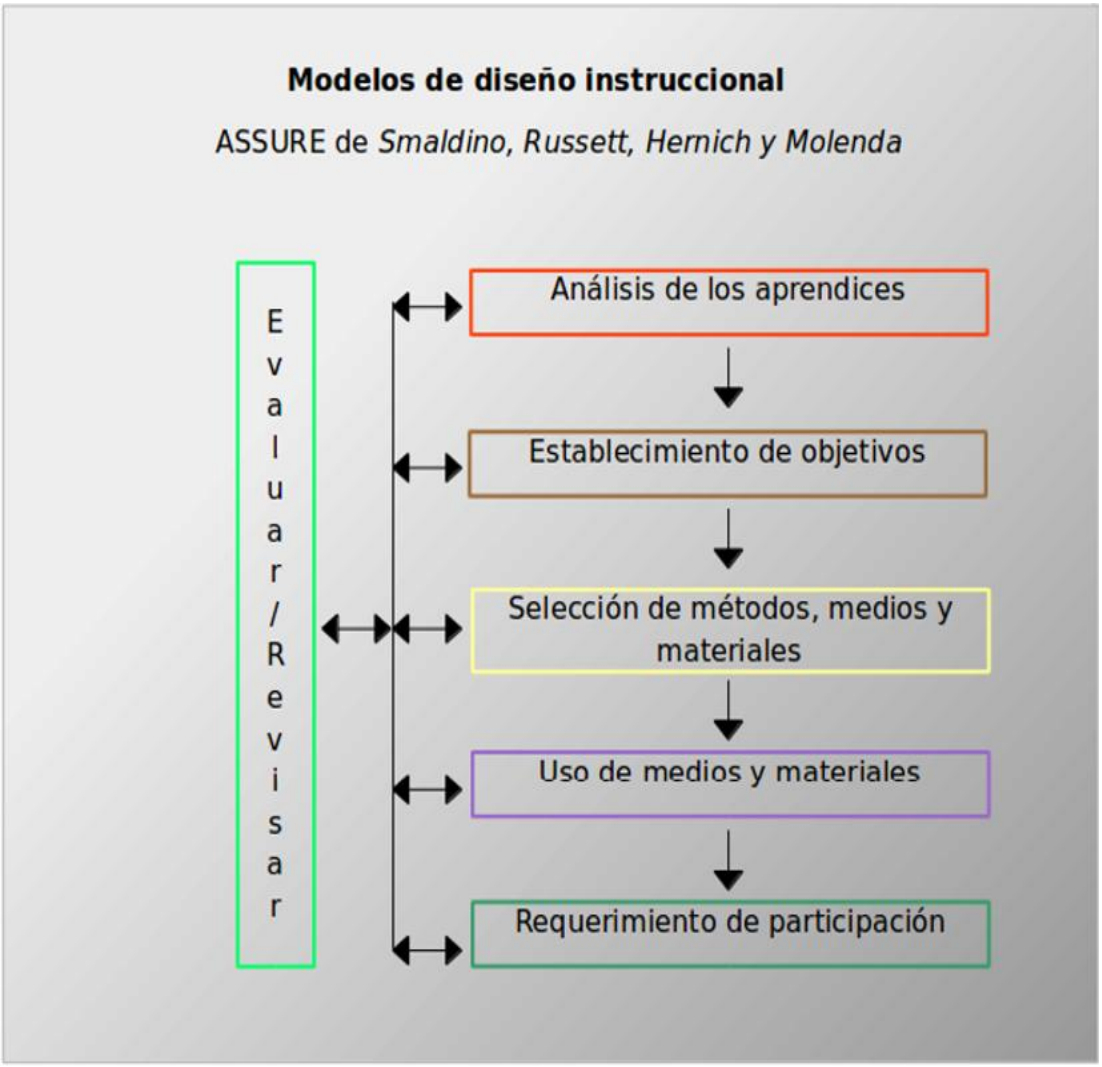


Figura 3.1 diagrama del modelo ASSURE

3.3.2 Modelo ADDIE

En 1975, la Universidad del Estado de Florida desarrolló el modelo instruccional ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación), bajo la metodología de sistemas de diseño instruccional y sustentado en un marco teórico conductista. Sin embargo, de acuerdo a Herrera (2007), el modelo ADDIE también ha sido utilizado bajo un marco teórico constructivista, o bien combinando ambos, Rivera (2000) define las fases del modelo ADDIE de la siguiente manera:

- **Análisis.** Constituye la plataforma para las demás fases del diseño instruccional.
- **Diseño.** Utiliza el producto de la fase de análisis para planificar una estrategia y diseñar la instrucción
- **Desarrollo**. Se elaboran los planes de la lección y los materiales que se van a utilizar.
- **Implementación.** Se divulga eficientemente la instrucción, y puede ser desarrollada en diferentes espacios: salones de clases, laboratorios y otros contextos.
- **Evaluación.** Se mide la efectividad y eficiencia de la instrucción. La evaluación deberá darse en todas las fases del proceso instruccional, en la figura 3.2 se muestran las fases del modelo ADDIE.

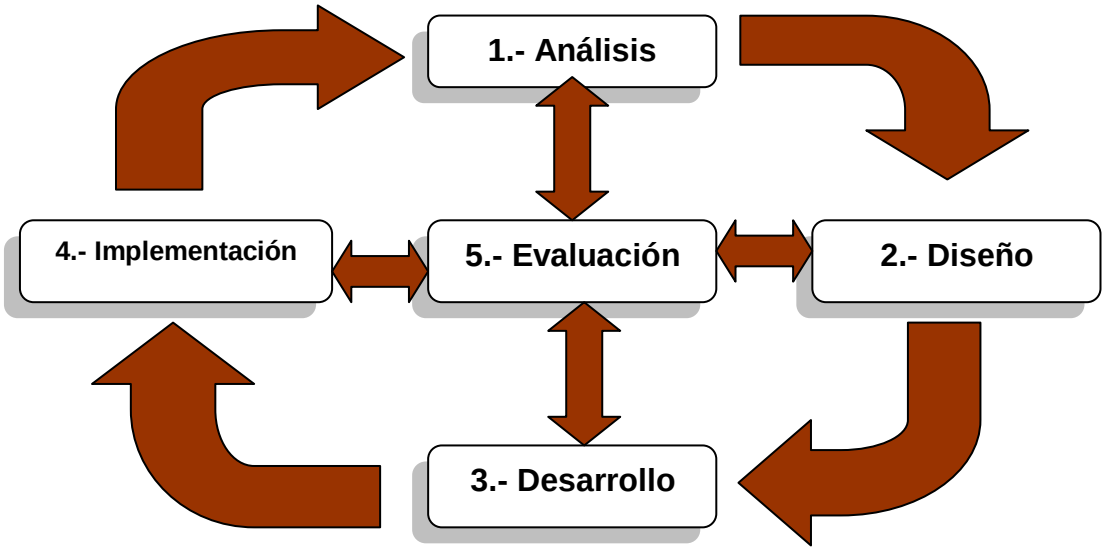


Figura 3.2 diagrama del modelo ADDIE

3.4 Descripción del modelo instruccional de la IG

Una diferencia propia entre modelos instruccionales tradicionales y la propuesta para nuestro sistema de IG, es que los últimos son capaces de percibir lo que sabe el estudiante y cómo va en su progreso, a través de la interacción entre los módulos de enseñanza a ser mostrado en el sistema, por lo que el aprendizaje, se puede ajustar según las necesidades del estudiante, (Perkins, 1995). A continuación explicaremos nuestra IG reactiva bajo la lógica de un modelo instruccional adaptativo bajo la conceptualización de los estilos de aprendizaje, en particular a la propuesta por Gardner.

3.4.1.3. Modelo cognitivo de aprendizaje

En Laureano et al., (2000), se menciona que un modelo cognitivo de aprendizaje tiene el propósito de explicar el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Estos procesos han sido utilizados con éxito en el análisis del:

- Dominio o área de conocimiento
- Modelamiento de conductas reactivas
- La resolución de problemas para representar la forma en que el novato migra hacia la experticia
- Un modelo integral que además de incluir el aprendizaje de habilidades cognitiva incluye las afectivas, motivacionales y sociales.

En nuestro caso de estudio resolución de ecuaciones de primer grado con una incógnita, se requiere del modelo cognitivo de aprendizaje para modelar nuestra área de conocimiento. Al tener una interfaz reactiva, que el comportamiento del sistema responda al comportamiento del alumno y de esta manera poder tener un cambio en el proceso cognitivo del educando en el dominio de interés

De acuerdo a Ryder & Redding (1993), mencionado en Laureano –Cruces y de Arriaga (2000) es recomendable un ACT en tareas que:

1. Involucran un alto grado de complejidad del problema y toma de decisiones.
2. Requieren una carga de trabajo fuerte o mucha atención por parte del individuo.
3. Subyace el desarrollo de habilidades, por ejemplo, que requieren mucha práctica para lograr la pericia.
4. Requieren grandes cantidades de información para ser asimilada durante la instrucción.

5. Los expertos consideran difíciles durante la verbalización o demostración a través de otras acciones, para inferir el proceso cognitivo.
6. Conllevan una considerable cantidad de dudas individuales de acuerdo al número de estrategias cognitivas disponibles.

El dominio de nuestra IG, que se denotará como MALV (asignado este nombre por las iniciales de las inteligencias de Gardner utilizadas en nuestro proyecto, matemática, auditiva, lingüista y visual), se encuentra ubicado en el punto número 3, desarrollo de habilidades, en este caso resolución de ecuaciones de primer grado con una incógnita.

3.5 Esquemas o modelos mentales

Laureano (2000), define a los modelos mentales como abstracciones funcionales con respecto al trabajo o trabajos que proporcionan un marco deductivo, para la solución de problemas.

En este sentido, se tiene entonces que un esquema mental es distinto de otras formas de representación de conocimiento, como lo son las redes semánticas debido a que no cuentan con un mecanismo de interpretación para saber si una afirmación es o no verdadera.

Uno de los propósitos de los modelos mentales es encontrar relaciones entre los modelos cualitativos y las explicaciones causales, que permitan al estudiante obtener un aprendizaje significativo por medio de distintas estrategias de aprendizaje como pueden ser las siguientes:

- explorar,
- solicitar demostraciones tutoriales,
- y/o explicaciones,
- y/o resolución de problemas.

Jonshon-Laird (1988), mencionado en Laureano (2000) propone 5 restricciones para los posibles esquemas mentales:

1. El principio de computabilidad: los esquemas mentales y los mecanismos para su construcción e interpretación deben ser computables.

2. El principio de ser finito: un esquema mental debe ser finito en tamaño y no puede representar de forma directa un dominio infinito.
3. El principio del constructivismo: un esquema mental está construido con base a un conjunto de elementos que tienen un arreglo en una estructura, y que representan un estado de asuntos.
4. El principio de economía de modelos: la descripción de un solo estado de asuntos es representada por un solo esquema mental, aun cuando la descripción sea incompleta o indeterminada.
5. Los esquemas mentales pueden representar situaciones no determinísticas, sí y sólo si, su uso no es computacionalmente intratable; como un crecimiento exponencial de combinaciones.

Para nuestro caso de estudio el producto será un modelo cualitativo cognitivo basado en los distintos tipos de razonamiento propuesto por Forbus mencionado y adaptado para procesos dinámicos (Laureano et al., 2003b).

3.5.1 Metodología para desarrollar los modelos mentales cualitativos

El modelo mental cualitativo propuesto por (Laureano et al., 2004) está diseñado tomando como punto de partida un entorno elemental que recibe el nombre de marco y será implementado en un sistema de software representado por procesos dinámicos que permiten ensamblar el análisis cognitivo del proceso de enseñanza del experto guiado por los distintos tipos de razonamiento propuesto por Forbus mencionado en (Laureano et al., 2003b).

De acuerdo a lo anterior, se hará uso de los siguientes razonamientos, acotándolos al dominio de investigación (ecuaciones de primer grado con una incógnita); razonamiento definición de actividad e interpretación cuantitativa:

1. Definición actividad: este tipo de razonamiento da respuestas directas a preguntas como: ¿Qué está pasando aquí? Para nuestro caso, en cada momento de la resolución de la ecuación es necesario que el alumno se pregunte esto, para poder dar continuidad a su solución de manera satisfactoria.

5. interpretación cuantitativa: el estudiante recibirá, paso a paso los elementos a considerar para verificar el seguimiento del proceso de resolución de la ecuación de primer grado con una incógnita, en base a los datos que se cuantifican y verifican.

Para aplicar lo anterior se utilizará una IG reactiva. Donde se mostrará en la IG, el tipo de intervención didáctica de acuerdo a la situación presentada; las tácticas didácticas hacen referencia a los distintos errores cometidos por el estudiante en un dominio específico, en este caso de nuestro sistema que se acotara al dominio de enseñanza ecuaciones de primer grado con una incógnita.

3.6 Modelos de estilos de aprendizaje

El término *estilo de aprendizaje* se refiere al hecho de que cada persona utiliza su propio método o estrategias para aprender. Aunque las estrategias varían según lo que se quiera aprender, cada uno tiende a desarrollar ciertas preferencias o tendencias globales, tendencias que definen un estilo de aprendizaje. Son los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores relativamente estables de cómo los alumnos perciben interacciones y responden a sus ambientes de aprendizaje, es decir, tienen que ver con la forma en que los estudiantes estructuran los contenidos, forman y utilizan conceptos, interpretan la información, resuelven los problemas, seleccionan medios de representación (visual, auditivo, kinestésico). Los rasgos afectivos se vinculan con las motivaciones y expectativas que influyen en el aprendizaje, mientras que los rasgos fisiológicos están relacionados con el género y ritmos biológicos, como puede ser el de sueño-vigilia, del estudiante.

La noción de que cada persona aprende de manera distinta a las demás permite buscar las vías más adecuadas para facilitar el aprendizaje, sin embargo hay que tener cuidado de no “etiquetar”, ya que los estilos de aprendizaje, aunque son relativamente estables, pueden cambiar; pueden ser diferentes en situaciones diferentes; son susceptibles de mejorarse; y cuando a los estudiantes se les enseña según su propio estilo de aprendizaje, aprenden con más efectividad.

3.6.1 Los Estilos de Aprendizaje según P. Honey y A. Mumford

Honey y Mumford (1986) toman como referencia el análisis de la teoría de Kolb (1984), para llegar a una aplicación de los estilos de aprendizaje.

Al igual que Kolb, también considera cuatro estilos, que a su vez son las cuatro fases de un proceso cíclico de aprendizaje.

Activo:

- Los estudiantes con predominancia en el estilo activo se implican plenamente en nuevas experiencias, son de mente abierta, nada escépticos y acometen con entusiasmo las tareas nuevas.
- Crecen ante los desafíos y se aburren con largos plazos.
- Son personas que gustan de trabajar en grupo y se involucran en diversas actividades.

Reflexivo:

- Los estudiantes con un estilo de aprendizaje predominantemente reflexivo también aprenden con las nuevas experiencias, sin embargo, no les gusta implicarse directamente en ellas.
- Les gusta considerar las experiencias y observarlas desde diferentes perspectivas
- Reúnen la información y la analizan con tranquilidad antes de llegar a una conclusión.
- Observan y escuchan a los demás, pero no intervienen hasta que se han adueñado de la situación.

Teórico:

- Este tipo de estudiantes aprende mejor cuando la información se les presenta como parte de un sistema, modelo, teoría o concepto.
- Les gusta analizar y sintetizar; si la información es lógica y es buena.
- Enfocan los problemas de forma escalonada, por etapas lógicas.
- Les gusta analizar y sintetizar.
- Son profundos en su forma de pensamiento.
- Buscan la racionalidad y la objetividad huyendo de lo subjetivo y de lo ambiguo.

Pragmático:

- Su forma de acceder a la información es mediante la aplicación práctica de las ideas.
- Descubren el aspecto positivo de las nuevas ideas y aprovechan la primera oportunidad para experimentarlas.
- Tienden a ser estudiantes impacientes cuando hay alguien que teoriza en exceso.

A partir de la descripción de los estilos de Honey y Mumford (1986), Alonso, Gallego y Honey (1994), crearon una lista de características que determinan con claridad el campo e destrezas de cada estilo, esta lista corresponde al cuestionario que ellos llamaron "**Honey - Alonso**".

Lista de características principales	
Estilo activo	• Animador • Improvisador • Descubridor • Arriesgado • Espontáneo
Estilo reflexivo	• Ponderado • Concienzudo • Receptivo • Analítico • Exhaustivo
Estilo teórico	• Metódico • Lógico • Objetivo • Crítico • Estructurado
Estilo pragmático	• Experimentador • Práctico • Directo • Eficaz • Realista

Tabla 3.2 cuestionario "Honey – Alonso. Elaboración basada en Alonso, Gallego y Honey (1994).

3.6.2 Howard Gardner y la Teoría de las Inteligencias Múltiples

El psicólogo Howard Gardner (Gardner y Hatch, 1989), mencionado en Rodríguez et al. (2010), expone en su teoría sobre las inteligencias múltiples, que la inteligencia humana posee ocho dimensiones de representación de inteligencias: musical, corporal-cinestésica, lingüística, lógico-matemática, espacial, interpersonal, intrapersonal y naturalista.

Gardner sostiene que la práctica educativa se centra fundamentalmente en las inteligencias matemática y lingüística y que debido al carácter múltiple de la inteligencia humana se debe ampliar la perspectiva con el fin de considerar las diversas habilidades de las personas, proponiendo a los alumnos proyectos que admitan modos alternativos de expresión simbólica, creando proyectos grupales que inviten a los alumnos a trabajar con el lenguaje de los medios de comunicación y con sistemas simbólicos por los que sientan una mayor afinidad e induciendo una mayor diversidad de sistemas simbólicos en las diferentes materias.

Hasta la fecha Howard Gardner y su equipo de la universidad de Harvard han identificado ocho tipos distintos de inteligencias:

- La inteligencia *lógica-matemática* utiliza el pensamiento lógico para entender causa y efecto, conexiones, relaciones entre acciones y objetos e ideas. Contiene la habilidad para resolver operaciones complejas, tanto lógicas como de matemática. También comprende el razonamiento deductivo e inductivo y la solución de problemas críticos. En nuestra cultura se ha considerado siempre como la única inteligencia.
- Inteligencia *lingüística*, consiste en la habilidad de pensar en palabras y usar el lenguaje para expresar y entender significados complejos. Sensibilidad en el uso y significado de las palabras, su orden, sonidos, ritmos e inflexiones.
- Inteligencia *visual espacial*, consiste en la habilidad de pensar y percibir en forma de un modelo mental del mundo en tres dimensiones, la persona con alta inteligencia visual puede transformar temas en imágenes.
- Inteligencia *auditiva musical* consiste en la habilidad para pensar en términos de sonidos, ritmos y melodías; la producción de tonos y el reconocimiento y creación de sonidos

- Inteligencia *corporal-kinestésica,* consiste en la habilidad para usar los movimientos del cuerpo como medio de autoexpresión. Esto envuelve un gran sentido de coordinación y tiempo. Incluye el uso de las manos para crear y manipular objetos físicos.
- Inteligencia *intrapersonal,* consiste en la habilidad para entenderse a uno o una mismo. La persona está consciente de sus puntos fuertes y de sus debilidades para alcanzar las metas de la vida. No está asociada a ninguna actividad concreta.
- La *inteligencia intrapersonal y la interpersonal,* consiste en relacionarse y entender a otras personas. Armonizar y reconocer las diferencias entre las personas y apreciar sus perspectivas siendo sensitivo o sensitiva a sus motivos personales e intenciones.
- *Inteligencia naturalista*, consiste en el entendimiento del mundo natural incluyendo las plantas, los animales y la observación científica de la naturaleza.

Conclusiones del capítulo III

En este capítulo se han descrito, algunos de los modelos instruccionales más relevantes en el ámbito educativo con la finalidad de considerar las características que debe incluir nuestro modelo instruccional.

Para el diseño de nuestro sistema instruccional, se utilizarán los siguientes modelos instruccionales, de acuerdo a las necesidades específicas de nuestro sistema: modelo de cuarta generación basados en paradigmas heurísticos, que se caracterizan por estar centrados en el proceso de aprendizaje, en la creatividad del estudiante y no en los contenidos específicos, y que dan pie a la generación de los sistemas tutores inteligentes; además del modelo instruccional procedimental, que consiste en el desarrollo práctico del proceso de aprendizaje utilizando para ello ejemplos y situaciones recurrentes y variadas.

Además, también se hará uso del modelo ASSURE el cual se fundamenta en el constructivismo, partiendo de las características concretas del estudiante, sus estilos de aprendizaje y fomentando la participación activa y comprometida del estudiante, desglosándose este en seis fases o procedimientos, que se describen de manera breve a continuación:

1. Analizar las características del estudiante.

2. Establecimiento de objetivos de aprendizaje.

3. Selección de estrategias, tecnologías, medios y materiales.

4. Organizar el escenario de aprendizaje.

5. Participación de los estudiantes.

6. Evaluación y revisión de la implementación y resultados del aprendizaje.

El modelo instruccional ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación), será utilizado para la implementación del desarrollo de nuestro sistema de diseño instruccional, ya que se acopla perfectamente a la metodología de desarrollo de sistemas (Proceso unificado de desarrollo), el cual será descrito en el capítulo cinco.

Además se incluirá el modelo mental cualitativo propuesto por Laureano (2003), en la implementación de nuestro sistema de software, donde debido a la dinámica de nuestro sistema, es necesario representar los procesos dinámicos, que permitan ensamblar el análisis cognitivo del proceso de enseñanza del experto, guiado por las siete clases de razonamiento utilizadas en los procesos dinámicos Cada uno de ellas resuelve diferentes clases de problemas permitiendo ensamblar diferentes estrategias de aprendizaje.

También se ha presentado en este capítulo los diferentes estilos de aprendizaje, destacando el empleado en esta IG (inteligencias múltiples de Gardner). Se selecciono esta teoría debido a la descripción que realizó él, al considerar el carácter múltiple de la inteligencia humana, ampliando la perspectiva con el fin de considerar las diversas habilidades de las personas.

En el siguiente capítulo se da una formalización del sistema que permite la implementación de la IG. También muestra cómo se realizó el análisis y adecuación de los reactivos seleccionados de acuerdo a la teoría de Gardner, previo a su implementación en el sistema, haciendo énfasis en el diseño de la interfaz de acuerdo a las estrategias cognitivas y pedagógicas mencionadas en este capítulo.

Capítulo IV

Modelo instruccional y su implementación en la IG

Capítulo IV

Resumen

En este capítulo se presenta el problema a resolver a detalle, donde se refiere las características del modelo mental de nuestra problemática a resolver y el comportamiento que tendrá la interfaz gráfica (IG), además se describen los elementos dinámicos del entorno que intervienen para disparar las didácticas pedagógicas.

4.1 Introducción

Como ya se mencionó anteriormente en capítulos anteriores se hará uso de una IG, para presentar las interfaces adecuadas de acuerdo al tipo de inteligencia identificada previamente por el sistema. La IG cuenta con una intervención de tipo didáctica, que consiste en el producto de los distintos errores cometidos por el estudiante en el dominio específico, en este caso ecuaciones de primer grado con una incógnita

En la implementación del sistema se utiliza el modelo ASSURE el cual se fundamenta en el constructivismo, partiendo de las características concretas del estudiante, sus estilos de aprendizaje, fomento a la participación activa y comprometida de él.

Dada las características dinámicas de nuestra IG, se requiere que la implementación cuente con modelo mental cualitativo, donde se representan los procesos mentales que permitan ensamblar el análisis cognitivo del proceso de enseñanza del experto, guiado por las siete clases de razonamiento utilizadas en los procesos dinámicos de Forbus (1984).

4.1.1 Reseña histórica de los modelos cualitativos

Los primeros trabajos importantes sobre simulación cualitativa y semicualitativa a considerarse, son los relacionados con la teoría cualitativa de los sistemas dinámicos (Poincare 1944), posteriormente aparecieron estudios matemáticos sobre conocimiento cualitativo y su representación en sistemas reales (Volterra 1960; Maravall 1961).

Por parte de los economistas también hubo aportaciones como los de Simon (1953) que usaba orden causal y Lancaster (1962) que utilizaba estática comparativa para modelos complejos o de descripción vaga.

Dentro del área de la inteligencia artificial aparecen las primeras aproximaciones en los años ochenta, apareciendo teorías como QPT (Qualitative Process Theory) (Forbus 1983; Forbus 1984), más tarde aparece el programa ENVISION (De Kleer 1984) y más tarde en (Kuipers 1984) se da el salto de las ecuaciones diferenciales a las restricciones cualitativas dando origen a QSIM (Kuipers 1986).

4.1.2. Modelo

Partiremos primero por identificar el objetivo de cualquier tipo de modelado, el cual consiste en representar parcialmente la realidad de la parte del mundo que nos interesa. Todo ello con el propósito de facilitar el entendimiento de alguna problemática específica. Para nuestro caso, se trata de modelar nuestra IG con el propósito de predecir y explicar su comportamiento.

De manera general podemos definir modelo, como un arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo, es una representación en pequeño de una parte del mundo real, un esquema teórico generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja el cual se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento.

Los modelos sirven para dar una representación más abordable de la realidad, inferir información, que de otra forma sería imposible obtener. Es importante entonces, determinar sobre qué aspectos del referente es necesario inferir conocimiento, esto nos ayudará a determinar los aspectos a modelar y cuál de ellos es posible despreciar.

4.2 Características del modelo mental y su representación de la conducta de la IG

Como forma de representación de los modelos mentales que especifican las distintas inteligencias se utilizará pseudocódigo. En la figura 4.1 se muestra la validación del cuestionario inicial para determinar el estilo de aprendizaje (auditivo, lingüista, lógico-matemático o visual), de manera que al corresponderle algún estilo de aprendizaje, la IG se adecue a su tipo de inteligencia.

Para la validación del tipo de inteligencia se utilizó un instrumento de evaluación determinada con el experto en pedagogía, el cual consiste en un cuestionario de 20 preguntas donde, se hace una diferenciación de las distintas inteligencias, para la adecuación de nuestra IG dependiendo del tipo de inteligencia del alumno.

Pseudocódigo para seleccionar estilo de aprendizaje, de acuerdo al instrumento de evaluación

```
Inicio
    si estilo de aprendizaje auditivo
        Mostrar contenidos de tipo auditivo
    fin-si
    si estilo de aprendizaje lingüista
        Mostrar contenidos de tipo lingüista
    fin-si
    si estilo de aprendizaje lógico – matemático
        Mostrar contenidos de tipo lógico – matemático
    fin-si
    si estilo de aprendizaje visual
        Mostrar contenidos de tipo visual
    fin si
Fin
```

Figura 4.1 pseudocódigo para la selección del estilo de aprendizaje, de acuerdo a la evaluación del cuestionario inicial de nuestra IG.

4.2.1 Resolución de ecuaciones de primer grado con una incógnita

El proyecto se enfoca en una rama de la matemática que es el álgebra, su importancia radica en es la base para temas más avanzados y complejos; sin una debida maduración cognitiva esos nuevos temas serán muy difíciles de comprender y mucho menos de aplicar y analizar. Es por ello que surge la propuesta de un IG que ayude precisamente en esta rama de la matemática, tomando como referencia para ello el subtema de ecuaciones de primer grado con una incógnita.

Las ecuaciones permiten dar respuestas a problemas de situaciones reales, y el proceso consiste en transpolar estas situaciones a: 1) un lenguaje matemático compuesto de letras, 2) números y símbolos de operaciones matemáticas, con el fin de resolverlas.

4.2.2 Carácter del álgebra y su diferencia con la aritmética

El concepto de la cantidad en álgebra es mucho más amplio que en aritmética.

En aritmética las cantidades se representan por medio de números y éstos expresan valores determinados. Así, 20 expresa un solo valor; veinte; para expresar un número mayor o menor que éste habrá que escribir un número distinto de 20.

En álgebra, para lograr la generalización, las cantidades se representan por medio de letras, las cuales pueden representar todos los valores. Así ***a*** representa el valor que nosotros asignemos, y por tanto puede representar 20 o más de 20 o menos de 20, a nuestra elección, aunque conviene advertir que cuando en un problema asignamos a una letra un valor determinado, esa letra no puede representar, en el mismo problema, otro valor distinto del que le hemos asignado (Baldor, 1998).

4.2.3 Notación algebraica

Los símbolos son usados en álgebra para representar cantidades, éstos son los números y las letras.

Los números se emplean para representar cantidades conocidas y determinadas

Las letras se emplean para representar toda clase de cantidades, ya sea conocidas o desconocidas.

Las cantidades conocidas se expresan por las primeras letras del alfabeto: a, b, c, d,…

Las cantidades desconocidas o también conocidas como ***variables*** se representan por las últimas letras del alfabeto: ***u, v, w, x, y, z.***

A continuación de desglosan los elementos más importantes a considerar para la conceptualización del algebra elemental

4.2.3.1 Fórmulas

Consecuencia de la generalización que implica la representación de las cantidades por medio de letras son las fórmulas algebraicas.

De acuerdo con Baldor una fórmula algebraica: es la representación por medio de a) letras, b) de una regla, o c) de un principio general.

4.2.3.2 Signos del álgebra

Los signos empleados en el uso del álgebra son de tres tipos: 1) signos de operación,2) signos de relación y 3) signos de agrupación.

Los signos de operación: en álgebra se verifican con las cantidades las mismas operaciones que en aritmética: suma, resta, multiplicación, división, potencia y extracción de raíces, que se identifican con los signos siguientes:

1. El signo de la sum es "+ ", que se lee más. Así por ejemplo a + b, se lee " a más b".
2. El signo de la resta "- ", que se lee menos. Así por ejemplo a - b, se lee " a menos b".
3. El signo de la multiplicación "x ", que se lee multiplicado por. Así por ejemplo a x b, se lee "a multiplicado por b".

   En algunas ocasiones, en lugar del signo x suele emplearse un punto entre los factores y también se indica la multiplicación colocando los factores entre paréntesis. Así por ejemplo: ***a•b y (a)(b)*** equivalen a ***a* x *b.***

   Entre factores literales o entre un factor numérico y uno literal el signo de multiplicación suele omitirse. Así por ejemplo ***abc*** equivale a ***a* x *b* x *c; 5xy equivale a 5* x *x* x *y.***
4. El signo de la división es ÷, que se lee divido entre. Así ***a ÷ b se lee*** "a dividido entre b". También se indica la división separando el dividendo y el divisor por medio de una raya, ya sea horizontal o en diagonal por ejemplo. Así ***m/n*** equivale a ***m ÷ n.***
5. El signo de elevación a potencia o exponente, que se identifica como un número pequeño colocado en la parte de arriba derecha de una cantidad, indica las veces que dicha cantidad llamada base, se toma como factor. Así a^3 = aaa; b^5= bbbbb.

   Cuando una letra no tiene exponente, se considera que su valor es la unidad.
6. El signo de Raíz es √, llamado signo radical, y bajo este signo se coloca la cantidad a la cual se le extrae la raíz. Así √a equivale a raíz cuadrada de a

4.2.3.3 Signos de relación

Se emplean estos signos para indicar la relación que existe entre dos cantidades. Los principales son.

=, que se lee igual a. Así, a = b se lee “a igual a b”.

>, que se lee mayor que. Así, a > b se lee “a mayor que b”.

<, que se lee menor que. Así, a < b + c se lee “a menor que b+c”.

4.2.3.4 Signos de agrupación

Los signos de agrupación son: el paréntesis ordinario ( ), el paréntesis angular o corchete [ ] y las llaves { }.

Estos signos indican que la operación colocada entre ellos debe efectuarse primero. Así, (a + b) c indica que el resultado de la suma de a y b debe efectuarse primero y posteriormente el resultado multiplicarse por c; [a – b] m indica que la diferencia entre a y b debe realizarse primero posteriormente el resultado se debe de multiplicar por m; {a + b} ÷ {c – d}, indica que la suma de a y b debe dividirse entre la diferencia de c y d.

4.2.3.5 Leyes formales de las operaciones con los números reales

Para la resolución de las operaciones necesarias en una ecuación de primer grado con una incógnita, es necesario conocer las leyes de las operaciones fundamentales de los números reales. A continuación se describen las emplearse en esta tesis:

Suma y adición

1. Axioma de uniformidad: la suma de dos números es siempre igual, es decir única; así ***a = b*** y ***c = d,*** se tiene que ***a + c = b + d.***

2. Axioma de conmutatividad***: a + b = b + a.***

3. Axioma de asociatividad: (***a + b) + c = a + (b + c).***

4. Axioma de identidad o módulo de la suma: hay un número y sólo un número, el cero, de modo que ***a + 0 = 0 + a,*** para cualquier valor de ***a***.

Multiplicación

1. Axioma de uniformidad: el producto de dos números es siempre igual, es decir, único, así si ***a = b*** y ***c = d***, entonces ***ac = bd.***

2. Axioma de conmutatividad: ***ab = ba***.

3. Axioma de asociatividad: ***(ab)c = a(bc)***

4. Axioma de distributividad: con respecto a la suma se tiene ***a (b +c) = ab + ac.***

5. Axioma de identidad, o módulo del producto: hay un número y sólo un número, el uno (1), de modo que ***a.1 = 1.a = a*** para cualquier valor de a.

6. Axioma de existencia del inverso: para todo número real a ≠ 0 (a distinto de cero) corresponde un número real, y sólo uno, x, de modo que ***ax = 1***. Este número ***x*** se llama inverso reciproco de ***a***, y se representa por ***1/a.***

4.2.3.6 Paso para la resolución de ecuaciones enteras de primer grado con una incógnita

De acuerdo con Baldor, este sería el algoritmo o pasos a seguir en la solución de ecuaciones enteras de primer grado con una incógnita (Baldor, 1998):

1. Se efectúan las operaciones indicadas, si las hay (suma, resta, multiplicación o división).

2. Se hace la transposición de términos, reuniendo en un miembro todos los términos que contengan incógnitas y en el otro miembro todas las cantidades conocidas.

3. Se reduce, términos semejantes en cada miembro.

4. Se despeja la incógnita dividiendo ambos miembros de la ecuación por el coeficiente de la incógnita.

4.3 Modelado del problema

Como ya se mencionó anteriormente se utilizará una IG como medio de comunicación entre el sistema y el usuario. Esta IG cuenta con una intervención de tipo didáctica. Las tácticas didácticas, que tienen que ver con los objetivos instruccionales del sistema, las cuales se refieren a los distintos errores cometidos por el estudiante en el dominio específico, en este caso resolución de ecuaciones de primer grado con una incógnita.

4.3.1. Introducción

El entorno de nuestra IG, se centra en un entorno de entrenamiento. De acuerdo con Gutiérrez (1994) mencionado en Laureano et al. (2010), en este tipo de sistemas se requiere el guiar el proceso de enseñanza y adiestramiento de cada alumno en particular, para lo cual es necesario del uso de las estrategias instruccionales, que se dividen en *estrategias operativas* (para guiar al alumno) y *estrategias didácticas* (para conseguir los objetivos), para nuestro caso de estudio se abordará tan solo las didácticas o cognitivas.

Lo anterior con el fin de poder clasificar los distintos tipos de elementos conceptuales que componen nuestro sistema de aprendizaje. Utilizando este marco teórico que se muestra en la figura. 4.2 y en la figura 4.3 el procedimiento a seguir en la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita, de acuerdo con Baldor (1988). El dominio del sistema de aprendizaje se centra en las ecuaciones de primer grado con una incógnita.

A continuación se muestra gráficamente la clasificación de los conceptos de nuestro sistema:

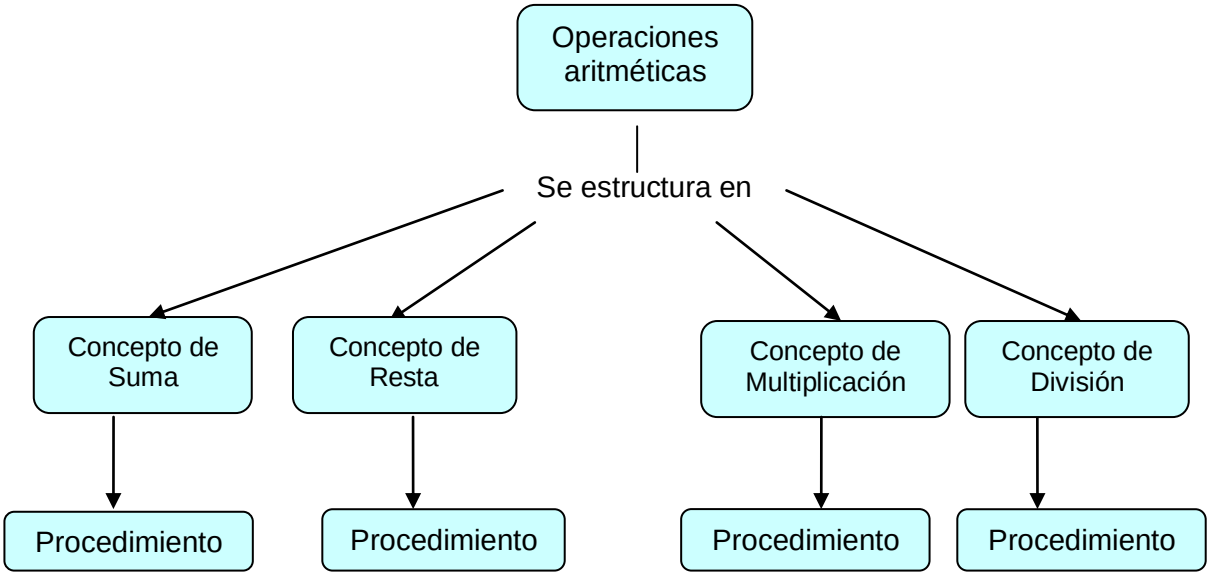


Figura 4.2 jerarquía de Clases de Conceptos. Elaboración propia basada en Laureano (2000)

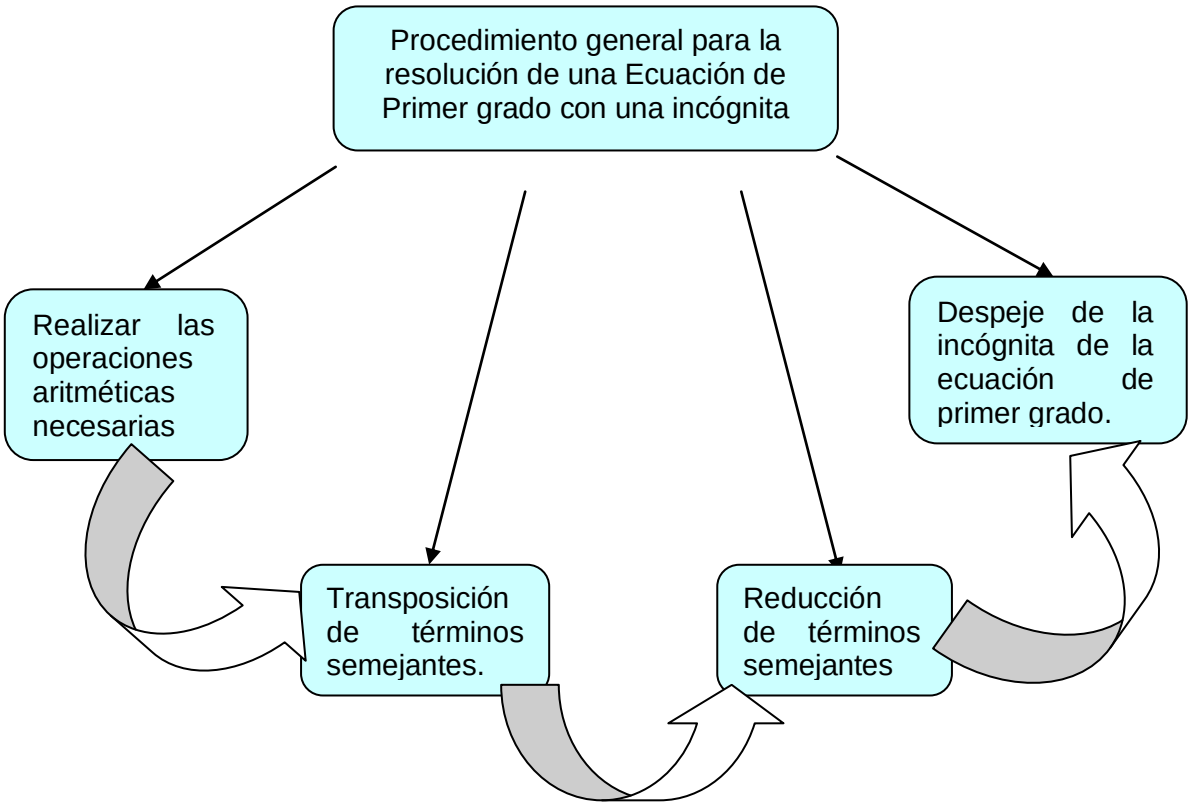


Figura 4.3 gráfica del seguimiento del procedimiento en la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita de acu*erdo con Baldor (1988)*

4.3 Objetivos instruccionales de la IG

En el diseño de nuestra IG, lo primero que se asocia a cada concepto u habilidad son los objetivos instruccionales (OI) representados por las habilidades y capacidades cognitivas que el tutor quiere transmitir al alumno.

Como ya se había mencionado en el capítulo tres, en la tabla 3.1, se utilizarán tres OI de acuerdo al contexto del dominio que nos ocupa, tomados de la taxonomía de Castañeda (2005). A continuación se definen y se relacionan con nuestro dominio, resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita.

Comprender: Este objetivo esta relacionado con el conocimiento previo por parte del alumno.

El alumno debe conocer previamente los conceptos teóricos divididos en: operaciones aritméticas: suma resta, multiplicación y división. Más los conceptos de los procesos para la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita.

Aplicación: este objetivo esta relacionado con la puesta en práctica de los conocimientos aprendidos anteriormente.

Por lo tanto el alumno el alumno aplicará correctamente el procedimiento para ser capaz de:

1) *identificar una ecuación de primer grado con una incógnita,*
2) *realizar las operaciones aritméticas necesarias*
3) *aplicar adecuadamente la transposición de términos semejantes.*
4) *realizar la reducción de términos semejantes*
5) *comprender y aplicar el proceso para el despeje de la incógnita de la ecuación de primer grado.*

Donde, dependiendo del desempeño académico del alumno dentro de los diferentes escenarios de la resolución de la ecuación de primer grado con una incógnita, el sistema reactivo desencadenará las estrategias remediales pertinentes.

Resolver: *En este objetivo el alumno debe ser capaz de tomar las decisiones que el considera adecuadas sobre el procedimiento a seguir en la solución de ecuaciones primer grado con una incógnita.*

Una vez que se han determinado los objetivos instruccionales, éstos se deben refinar en el plan instruccional en términos de las actividades que deben realizar tanto el profesor como el alumno. Estas actividades las denominaremos *estrategias instruccionales*: se encargan de proponer al alumno ejercicios, de motivar al alumno, de hacer llegar al alumno las comunicaciones del sistema (mediante explicaciones, comentarios, una muestra gráfica, etc.), de dar una continuidad a la sesión instruccional. Lo anterior se lograra mediante las intervenciones de la IG.

4.3.1 Estrategias Instruccionales

Las estrategias instruccionales se dividen en: Laureano et al. (2010):

- Estrategias Cognitivas
- Estrategias Operativas

Como ya se mencionó, el énfasis se enfoca en las *estrategias cognitivas*: determinan las actividades en las que el sistema debe implicar al alumno (dar una explicación, realizar un ejercicio práctico, realizar un test, etc.) para conseguir el OI que se plantea.

Nuestra IG es un sistema computacional, orientada al alumno, diseñada tomando en consideración la teoría de las inteligencias múltiples. Se iniciará el sistema aplicando un cuestionario para determinar qué tipo de inteligencia posee el alumno, para determinar de acuerdo a la teoría de Gardner que tipo de inteligencia posee y de esa manera, que se le presenten las interfaces de acuerdo a su estilo de aprendizaje, las cuales pueden ser: 1) auditivo, 2) lingüista, 3) lógico-matemático y 4) visual) (Ver apéndice A).

1. Estrategias para la presentación del material instruccional

1.1 Dar una explicación de un concepto

1.1.1 general

1.1.2 breve

1.1.3 detallada (paso a paso)

1.2 Mostrar ejemplos de operación experta

1.3 Proponer un ejercicio práctico:

1.3.1 operación de un procedimiento

1.3.2 análisis de un fallo

2. Estrategias para evaluar el conocimiento y las capacidades adquiridas por el alumno

2.1 Evaluar mediante un test

2.2 Evaluar mediante un ejercicio práctico

3. Estrategias para el tratamiento de errores

3.1 Estrategias para la descripción de errores

3.2 Explicación del error

3.2.1 a nivel superficial

3.2.2 a nivel detallado

4. Estrategias para la corrección de errores

4.1 Informar (explicación de conocimiento)

4.2 Consolidar (explicación de comportamiento)

4.3 No comentar

5. Estrategias para remediar errores

5.1 Rehacer un ejercicio práctico

5.2 Mostrar remedio

5.3 Proponer un ejerció similar

5.4 No hacer nada

Para nuestra IG se utilizarán tan solo las estrategias 1 y 5, que tienen que ver con las "Estrategias para la presentación del material instruccional" y "Estrategias para remediar errores", y de estas la 1.3, 5.1 y 5.2, las cuales fueron seleccionadas tomando como criterio los objetivos instruccionales a cumplir.

4.4. Formalización de la Descripción Pedagógica del Dominio

Un Tutor debe ser concebido como un experto tanto en el dominio que enseña, como en el proceso instruccional (métodos y principios que aplica para llevar a cabo la enseñanza), de modo que la carencia de alguno de estos conocimientos hace que la enseñanza resulte poco efectiva.

De aquí que al construir una IG de aprendizaje, se ha de tener en cuenta que el conocimiento del dominio no sólo debe estar compuesto por los conceptos, las reglas, modelos, propios de la materia a enseñar, sino que además esta materia debe estar organizada de una manera pedagógica adecuada al proceso instruccional que se vaya a poner en práctica.

En nuestro caso estamos tratando de enseñar conocimiento procedimental asociado a sistemas matemáticos, el sistema computacional debe ser capaz de plantear los problemas, además de resolverlos, así como poder dar explicaciones de acuerdo al desempeño del alumno dentro de la IG.

4.4.1 Organización Pedagógica del Dominio

El dominio no sólo debe representar los conceptos a enseñar, sino que debe estar organizado de forma que la enseñanza de los mismos resulte sencilla, clara y eficaz.

En el proceso de instrucción resulta necesario conocer en que orden deben ser presentados los conceptos, qué relaciones existen entre ellos y de qué forma esas relaciones ayudan en el proceso, la dificultad de aprendizaje de cada concepto, sus pre-requisitos, los posibles diferentes puntos de vista, considerando las diferentes formas de explicar y las diferentes formas en que puede ser presentado a los alumnos (de acuerdo a su tipo de inteligencia).

De aquí que tenga una gran cantidad de información de tipo didáctico asociada a cada concepto o a cada grupo de conceptos que debe conocerse a la hora de enseñar.

4.4.1.1. Relaciones entre procedimientos

Se utilizará un grafo genético (Laureno-Cruces, et al., 2000) para manifestar las relaciones entre los procedimientos a realizar se muestran en la Figura 4.3, son nodos que representan los procesos a desarrollar y sus enlaces que indican, orden o prerrequisitos de conocimiento antes de acceder a uno de ellos.

Las relaciones que se utilizan para modelar los entornos didácticos son las siguientes:

- **Pre_requisito:** antes de tratar un nuevo concepto debe de comprobarse si el alumno posee los conocimientos básicos para aprenderlo. Esta relación nos dice qué elementos son necesarios a tal efecto.

- **Siguiente:** marca el orden en que deben ser enseñados los conceptos. Esta relación puede ser usada para eliminar el indeterminismo en el mecanismo de selección de conceptos.

- **Parte_De:** refleja la posible descomposición de un concepto señalando las partes que lo componen.

- **Es_Un_Pre:** señala la relación entre un concepto y sus ejemplos más representativos. El Tutor puede enseñar primero estos ejemplos y después el concepto general contribuyendo de esta forma a un mejor entendimiento y a un aprendizaje más rápido por parte del alumno.

La información que aporta la organización del dominio a través de estas relaciones, junto con la información del usuario (modelo del estudiante), es utilizada por la IG para plantear cada sesión de entrenamiento; para así decidir que concepto y que estrategia instruccional aplicar.

De acuerdo con Galvis (1997), un micromundo es un ambiente en el que un estudiante puede explorar y probar sus ideas con base en la simulación, diseñados con el fin de introducir conceptos, en nuestro contexto referente a la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita.

La Figura 4.4, muestra el tipo de relaciones que se tienen dentro de este Micromundo, las cuales nos muestran las distintas etapas secuenciales para la resolución de la ecuación de primer grado con una incógnita.

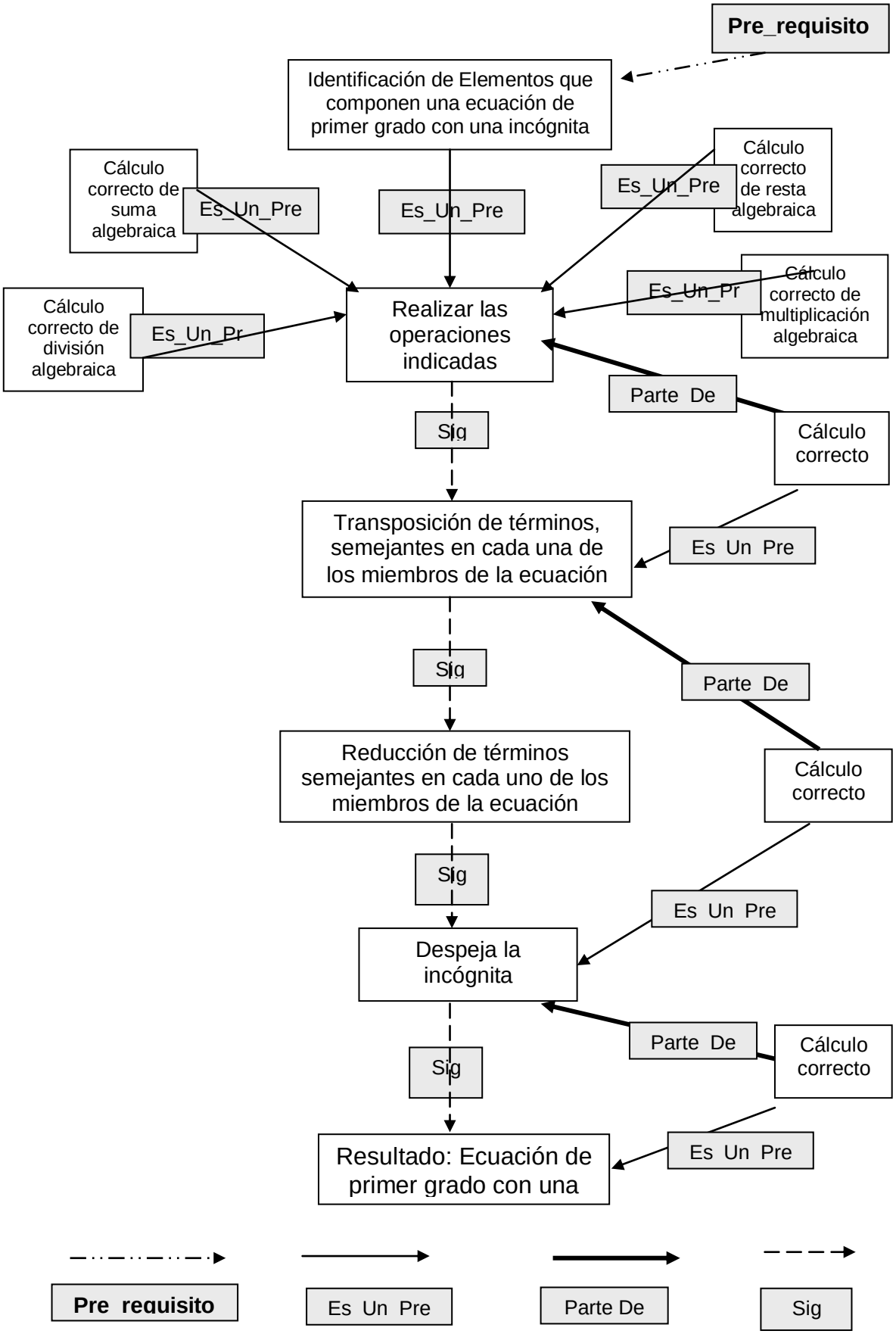


Figura 4.4 grafo que muestra el procedimiento necesario para la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita, considerando una situación óptima (no se requiere de las estrategias cognitivas)

4.4.1.2. Estrategias cognitivas

Aquí los distintos objetivos instruccionales llevan asociados los distintos escenarios, determinados por el algoritmo de solución de la ecuación de primer grado con una incógnita, que servirán para plantear al alumno distintas situaciones a analizar en las que esté implicado el proceso al que se asocia dicho objetivo instruccional. Donde, de acuerdo al grafo genético anterior se tiene vinculación con los objetivos instruccionales de acuerdo a la tabla 4.1:

Descripción del proceso del grafo	Objetivo instruccional vinculado al grafo genético
Identificación de Elementos que componen una ecuación de primer grado con una incógnita	***Comprender***: Este objetivo está relacionado con el conocimiento previo **(pre-requisito)** que debe tener el alumno: conocimiento previo de resolución de operacione*s aritméticas: suma resta, multiplicación y división. Más los conceptos de los procesos para la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita.*
Realizar las operaciones indicadas	***Aplicación***: este objetivo está relacionado con la puesta en práctica de los conocimientos aprendidos anteriormente, en este caso operaciones aritméticas (Es_Un_Pre y Parte_De). *Por lo tanto el alumno el alumno aplicará correctamente el procedimiento para ser capaz de:* *1) identificar una ecuación de primer grado con una incógnita, realizar las operaciones aritméticas necesarias, y además* (Es_Un_Pre y Parte_De) ***Resolver:*** *En este objetivo el alumno debe ser capaz de tomar las decisiones que él considera adecuadas sobre el procedimiento a seguir en la solución de ecuaciones primer grado con una incógnita, en este paso realizar las operaciones aritméticas pertinentes*
Transposición de términos, semejantes en cada una de los miembros de la ecuación	***Aplicación***: este objetivo está relacionado con la puesta en práctica de los conocimientos aprendidos anteriormente, en este caso operaciones aritméticas e identificación del concepto de términos semejantes (Es_Un_Pre y Parte_De). *Por lo tanto el alumno el alumno aplicará correctamente el procedimiento para ser capaz de:*

	1) *Aplicar adecuadamente la transposición de términos semejantes* (Es_Un_Pre y Parte_De) ***Resolver:*** *En este objetivo el alumno debe ser capaz de tomar las decisiones que él considera adecuadas sobre el procedimiento a seguir para realizar la trasposición de términos semejantes*
Reducción de términos semejantes en cada uno de los miembros de la ecuación	***Aplicación***: este objetivo está relacionado con la puesta en práctica del conocimiento del concepto de términos semejantes (Es_Un_Pre y Parte_De). *Por lo tanto el alumno el alumno aplicará correctamente el procedimiento para ser capaz de:* 1) *Reducir los términos semejantes de la ecuación de primer grado con una incógnita* (Es_Un_Pre y Parte_De) ***Resolver:*** *En este objetivo el alumno debe ser capaz de tomar las decisiones que él considera adecuadas sobre el procedimiento a seguir para realizar la trasposición de términos semejantes*
Despeja la incógnita	***Aplicación***: este objetivo está relacionado con la puesta en práctica del conocimiento previo de reducción de términos semejantes y de las operaciones involucradas en el despeje de una incógnita en la resolución de una ecuaciónde perimer gardo con una incógnita (Es_Un_Pre y Parte_De). *Por lo tanto el alumno el alumno aplicará correctamente el procedimiento para ser capaz de:* 1) *Aplicar adecuadamente el despeje de una incógnita en una ecuación de primer grado* (Es_Un_Pre y Parte_De) ***Resolver:*** *En este objetivo el alumno debe ser capaz de tomar las decisiones que él considera adecuadas sobre el procedimiento a seguir para el despeje de una incógnita en una ecuación de primer grado.*
Resultado: Resolución de Ecuación de primer grado con una incógnita	Para la resolución de la ecuación de primer grado con una incógnita fue requerido del procedimiento adecuado de los pasos anteriores, por lo que de acuerdo al grafo genético de la figura 4.4 se vinculan condiciones: Es_Un_Pre y Parte_De.

Tabla 4.1 objetivos instruccionales de acuerdo a grafo genético de la figura 4.4

Nuestro Micromundo estará constituido por diferentes escenarios, configurados de acuerdo a los objetivos instruccionales que estarán ligados a los errores que se pueden presentar en el procedimiento de la resolución de la ecuación de primer grado con una incógnita.

En el escenario que nos ocupa *presentación de ecuación de primer grado con una incógnita,* los objetivos instruccionales propuestos son:

1. El estudiante debe ser capaz de comprender el concepto de ecuación de primer grado con una incógnita, para poder continuar con la resolución de la misma, en base a los procesos mostrados en las figura 4.4.

Actividad definitoria: consiste en una serie de experiencias visuales que permiten al estudiante identificar los componentes que integran una ecuación de primer grado con una incógnita, de acuerdo a un conocimiento precedente, constituida por los siguientes componentes: números, letras, signos algebraicos, signos de relación y signos de agrupación; por medio de lo anterior en base a una fórmula previa se pueden definir las relaciones matemáticas utilizadas para predecir la ecuación de primer grado con una incógnita.

En el caso de las operaciones previas, hace referencia a resolver las operaciones aritméticas necesarias de acuerdo a la fórmula de la ecuación; posteriormente se procede a la trasposición de los términos semejantes en cada una de las partes de la fórmula; a continuación se procede a la reducción de los términos semejantes en cada una de las partes de la ecuación y por último, se procede al despeje de la incógnita (dividiendo cada una de las partes de la ecuación), en la figura 4.5 (pseudocódigo), se muestra la descripción referida anteriormente y se modela a partir de esto la conducta de la IG para ecuaciones de primer grado con una incógnita.

Para las cuatro inteligencias se sigue el mismo procedimiento de resolución de la ecuación, diferenciado por la reacción de los eventos dinámicos de la tarea cognitiva.

A continuación se describen las características que tendrá la IG de acuerdo al tipo de inteligencia:

- Inteligencia auditiva: la IG muestra el problema en su modalidad matemática a resolver en la pantalla y adicionalmente hay una grabación musical, determinada previamente con la pedagoga.

- Contenidos de tipo alumno lingüista: el sistema muestra el problema a resolver en la pantalla y adicionalmente hay una grabación con la descripción de la problemática a resolver.

- Contenidos de tipo alumno lógico-matemático: la IG muestra el problema a resolver en la interface.

- Contenidos de tipo alumno visual: la IG muestra el problema a resolver de manera gráfica, puede ser la presentación de una función o de una figura geométrica representativa de tal problemática (para el dominio de solución ecuación de primer grado con una incógnita será representado de manera gráfica por medio de la gráfica de la ecuación a resolver).

Además el sistema contará con la flexibilidad si en algún momento el alumno no desea hacer uso de las características antes mencionadas de acuerdo a su tipo de inteligencia, podrá cuando así lo desee habilitar o deshabilitar tales características.

En este caso contamos con una conducta reactiva. Es reactiva porque es una conducta situada, cuyo comportamiento es encapsulado con el fin de responder en la modalidad de estímulo-respuesta. La Figura 4.5 representa la conducta de la IG para el dominio ecuación de primer grado con una incógnita.

Inicio

1.- si Ecuación de primer grado con una incógnita

1.1 hacer

operaciones algebraicas

1.2 mientras haya operaciones indicadas por realizar

Salida: ecuación de primer grado con una incógnita con operaciones algebraicas realizadas

2.-ordenar elementos de la ecuación

2.1 hacer

transposición de miembros similares en ambos lados de la ecuación

2.2 mientras no se concluya separación de términos semejantes

Salida: términos semejantes separados de un lado y otro de la ecuación

3.- reducción de términos semejantes de la ecuación de primer grado con una incógnita

3.1 hacer

reducción de términos semejantes

3.1 mientras haya términos semejantes por reducir

Salida: ecuación de primer grado con una incógnita reducida de acuerdo a sus términos semejantes

4.-Se despeja incógnita dividiendo ambos miembros de la ecuación por el coeficiente de la incógnita

4.1 hacer

despeje de la incógnita, dividiendo ambos miembros de la ecuación por el coeficiente de la incógnita

Salida: resolución de ecuación de primer grado con una incógnita

Fin

Figura 4.5 pseudocódigo para la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita.

4.5 Estrategias cognitivas

El escenario referente al planteamiento de la ecuación de primer grado con una incógnita, comienza mostrando una posible ecuación, que se deberá de acotar a la fórmula general a mostrarse por parte de la IG, y con base en la revisión de este desarrollo por parte del estudiante, desencadenará una serie de acciones acordes al objetivo instruccional, de acuerdo a la siguiente clasificación de errores, que se muestran en la figura 4.6, donde los contenidos se acotarán a los estilos de aprendizaje del alumno.

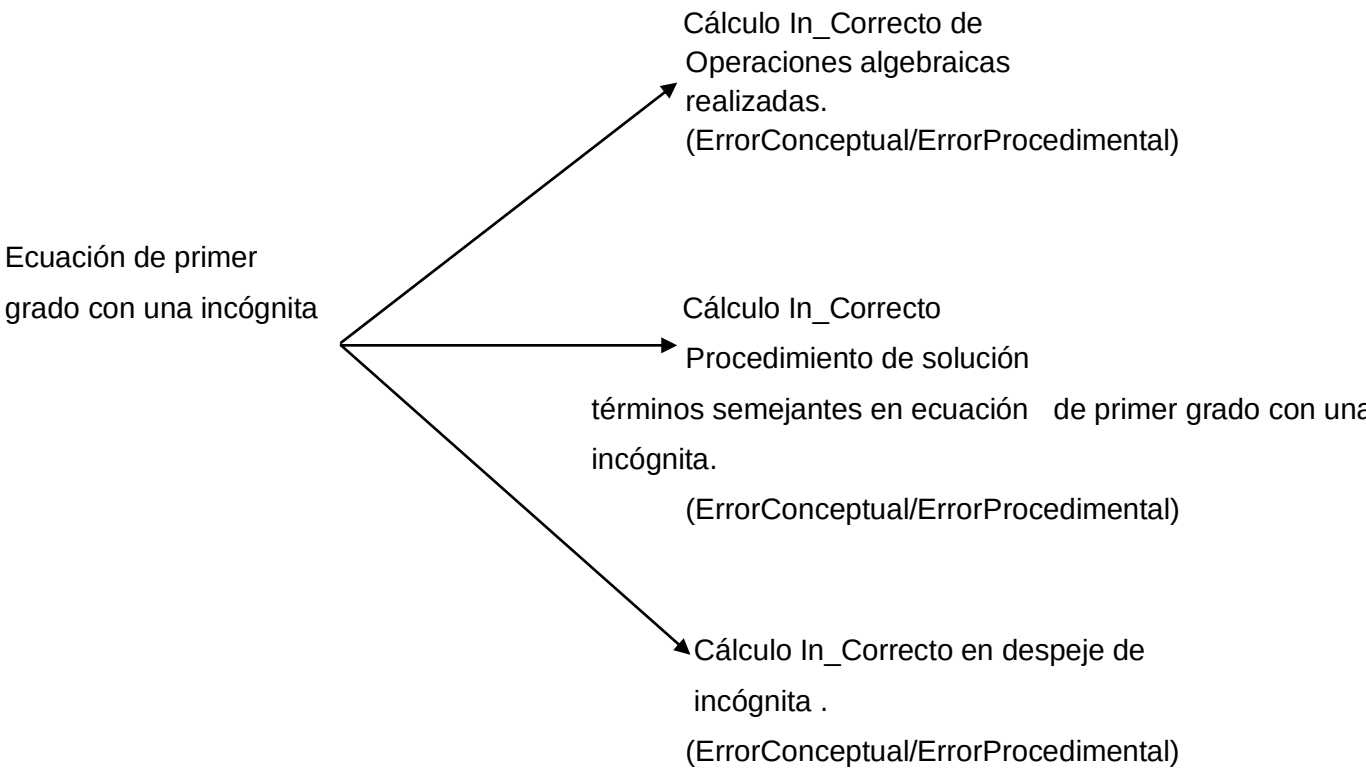


Figura. 4.6 diagrama que describe la clasificación de errores para una ecuación de primer grado con una incógnita. Creación propia.

A continuación se detallan las intervenciones y se muestran las estrategias cognitivas que serán expuestas a través de la IG.

4.5.1. Inicio del sistema

Ecuación de Primer grado con una incógnita.

Procedimiento de solución

Ecuación de Primer grado con una incógnita que se describe a continuación y con la que el alumno estará interactuando continuamente:

Una ecuación de una variable $mx + n = 0$ definida sobre los $\mathbb{R}$, es decir, con $\{m, n, x\} \supset \mathbb{R}, m \neq 0$

Fórmula general de ecuación de primer grado con una incógnita: ***mx*** + ***n*** = ***0***

En la figura 4.7, se muestra el pseudocódigo general para el manejo de errores para la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita.

```
Inicio
        1.-  si ERROR al realizar operaciones algebraicas en ecuación de primer grado
        con una incógnita entonces
                        Mostrar: ventanas de ayuda para operaciones
                        algebraicas, delimitadas por el estilo de aprendizaje del alumno
            fin-si
        2.- si ERROR en reducción de términos semejantes
                        Mostrar: ventanas de ayuda para reducción de términos
                        semejantes de acuerdo al tipo de inteligencia
           fin-si
        3.- si Error en despeje de incógnita
                        Mostrar: ventanas de ayuda para despeje de incógnita en la
                        ecuación de primer grado de acuerdo al estilo de aprendizaje
           fin-si
Fin
```

Figura 4.7 pseudocódigo general para el manejo de errores para la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita.

4.5.2. Tácticas didácticas del ERROR 1 del pseudocódigo de la figura 4.7 (realización de operaciones algebraicas)

Realización de operaciones algebraicas

ERROR de Tipo Procedimental en el Cálculo de las operaciones algebraicas.

TÁCTICA UTILIZADA:

El cálculo de las operaciones algebraicas en una ecuación de primer grado con una incógnita, se refiere a la resolución de la ecuación, utilizando para ello las operaciones algebraicas que involucran las leyes de los signos (suma, multiplicación y sus inversos: resta y división).

Esto se lleva a cabo para poder obtener la ecuación de primer grado con una incógnita, lo que permitirá avanzar hacia los siguientes pasos del procedimiento de la resolución de la ecuación: reducción de términos y despeje de la incógnita.

Al ser el error de tipo procedimental, se debe enfocar principalmente al alumno a aplicarle las estrategias cognitivas, que se refieren a las actividades en las que la IG debe involucrar al alumno, como son: dar una explicación (1.4), realizar un ejercicio práctico (1.3), etc.

En las estrategias para la corrección de errores también se debe considerar, precisamente las estrategias que tienen que ver con la corrección de errores como son: 4.1 informar (explicación de conocimiento) y 4.2 consolidar (explicación de comportamiento).

Debido a que en este avance de la resolución de la ecuación de primer grado con una incógnita, es indispensable el correcto uso de las operaciones algebraicas también se hará uso en esta parte de las estrategias que tienen que ver con la corrección de errores: 5.1 rehacer un ejercicio práctico, 5.2 mostrar remedio y proponer un ejercicio similar.

A continuación en la tabla 4.2 se detalla el Error 1, de acuerdo al pseudocódigo de la figura 4.7, que es de tipo procedimental y las estrategias cognitivas a ser utilizadas.

Tácticas de error	Descripción	Estrategia cognitiva
1 Realización de operaciones algebraicas	Problema al realizar operaciones algebraicas, debido a problemas con los signos.	1.3 Ayuda por medio de ventanas sobre un ejercicio con respecto al tema adecuado al estilo de aprendizaje: 1) en el caso de los alumnos lógicos matemáticos no se adiciona ningún elemento multimedia, 2) para los alumnos auditivos se muestra la ventana sobre el ejercicio y además se cuenta con el elementos multimedia del la música, 3) alumnos lingüistas, se presenta la ventana con el ejercicio y se adiciona la grabación describiendo el contenido de la ventana del ejercicio, y 4) para el alumno visual el contenido del ejercicio se adecua a la resolución del mismo de manera visual (gráficas, recta numérica). 5.1 Por medio de ventanas se muestra como rehacer un ejercicio práctico relacionado con el tema, adaptando los contenidos de esta ventana al estilo de aprendizaje del alumno. 5.2 Por medio de ventanas mostrar remedio y proponer un ejercicio similar adaptando el ejercicio propuesto al estilo de aprendizaje y en su caso al adicionamiento de algún elemento multimedia.
	Problema al realizar operaciones algebraicas, debido a olvido con operadores de tipo entero y quebrados.	1.3 Ayuda por medio de ventanas sobre un ejercicio con respecto al tema adecuado al estilo de aprendizaje: 1) en el caso de los alumnos lógicos matemáticos no se adiciona ningún elemento multimedia, 2) para los alumnos auditivos se muestra la ventana sobre el ejercicio y además se cuenta con el elementos multimedia del la música, 3) alumnos lingüistas, se presenta la ventana con el ejercicio y se adiciona la grabación describiendo el contenido de la ventana del ejercicio, y 4) para el alumno visual el contenido del ejercicio se adecua a la resolución del mismo de manera visual (gráficas, recta numérica). 5.1 Por medio de ventanas se muestra como rehacer un ejercicio práctico relacionado con el tema, adaptando los contenidos de esta ventana al estilo de aprendizaje del alumno

	Problema al realizar operaciones algebraicas, debido a olvido con operadores de tipo entero y quebrados sin común denominador.	1.3 Ayuda por medio de ventanas sobre un ejercicio con respecto al tema adecuado al estilo de aprendizaje: 1) en el caso de los alumnos lógicos matemáticos no se adiciona ningún elemento multimedia, 2) para los alumnos auditivos se muestra la ventana sobre el ejercicio y además se cuenta con el elementos multimedia del la música, 3) alumnos lingüistas, se presenta la ventana con el ejercicio y se adiciona la grabación describiendo el contenido de la ventana del ejercicio, y 4) para el alumno visual el contenido del ejercicio se adecua a la resolución del mismo de manera visual (gráficas, recta numérica). 5.1 Por medio de ventanas se muestra como rehacer un ejercicio práctico relacionado con el tema, adaptando los contenidos de esta ventana al estilo de aprendizaje del alumno

Tabla 4.2 detalle l Error 1, de acuerdo al pseudocódigo de la figura 4.7, que es de tipo procedimental y las estrategias cognitivas a ser utilizadas.

4.5.3 Tácticas didácticas del ERROR 2

Reducción de términos semejantes en ecuación de primer grado con una incógnita.

ERROR de Tipo Procedimental en la reducción de términos semejantes.

TÁCTICA UTILIZADA:

Debido a que el tipo de error presentado para las tácticas didácticas 1 y las tácticas didácticas 2 tiene que ver con conceptos similares, las ayudas que serán por medio de ventanas serán análogas a las presentadas en las tácticas del error1. Procedimiento reducción de términos semejantes, involucra la realización de operaciones algebraicas, donde se pueden presentar las siguientes problemáticas a resolver en este procedimiento, esto dependerá de la ecuación de primer grado con una incógnita que se le presente al usuario:

- Problema al realizar operaciones algebraicas, debido a problemas con los signos
- Problema al realizar operaciones algebraicas, debido a olvido con operadores de tipo entero y quebrados.
- Problema al realizar operaciones algebraicas, debido a olvido con operadores de tipo entero y quebrados sin común denominador.

Todas estas estrategias adaptadas al estilo de aprendizaje del alumno.

4.5.4 Tácticas didácticas del ERROR 3

ERROR de Tipo Procedimental despeje de la incógnita de la ecuación de primer grado con una incógnita.

TÁCTICA UTILIZADA:

Debido a que la resolución de la ecuación de primer grado con una incógnita, involucra conocimientos algebraicos, las estrategias a ser implementadas en este tipo de error igualmente serán por medio de ventanas que de acuerdo al tipo de alumno estas se adapten a él; en el caso del procedimiento despeje de la incógnita de la ecuación de primer, la posible problemática a presentarse en este procedimiento es sobre problemas con los signos, en la tabla 4.3 se muestran las estrategias a ser aplicadas:

Tácticas de error	Descripción	Estrategia cognitiva
1 Realización de operaciones algebraicas	Problema al realizar operaciones algebraicas, debido a problemas con los signos.	1.3 Ayuda por medio de ventanas sobre un ejercicio con respecto al tema adecuado al estilo de aprendizaje: 1) en el caso de los alumnos lógicos matemáticos no se adiciona ningún elemento multimedia, 2) para los alumnos auditivos se muestra la ventana sobre el ejercicio y además se cuenta con el elementos multimedia del la música, 3) alumnos lingüistas, se presenta la ventana con el ejercicio y se adiciona la grabación describiendo el contenido de la ventana del ejercicio, y 4) para el alumno visual el contenido del ejercicio se adecua a la resolución del mismo de manera visual (gráficas, recta numérica). 5.1 Por medio de ventanas se muestra como rehacer un ejercicio práctico relacionado con el tema, adaptando los contenidos de esta ventana al estilo de aprendizaje del alumno.

Tabla 4.3 tácticas didácticas a ser aplicadas para el ERROR 3

Conclusiones del capítulo IV

Hasta este punto del documento se ha realizado el análisis del comportamiento de la IG con base en los siguientes puntos:

- Descripción del modelo del dominio a enseñar (ecuación de primer grado con una incógnita). En este apartado se hizo una descripción detallada de los elementos involucrados y conocimientos previos que se deben tener para poder hacer uso de la IG: 1) concepto de número, 2) conocimiento de lo que es una variable, 3) signos de álgebra, 4) signos de relación, 5) signos de agrupación y 6) fórmula general para la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita.

- A partir de lo anterior se analizaron los objetivos instruccionales a desarrollar en la IG y se determinó a partir de la naturaleza del sistema tres OI:

    a) Conocimiento: este objetivo está relacionado con el conocimiento previo por parte del alumno, para nuestro caso de estudio se requiere que tenga conocimiento de las operaciones aritméticas básicas.
    b) Comprensión: como y cuando utilizar las operaciones aritméticas en la resolución de una ecuación de primer grado con una incógnita.
    c) Aplicación: este objetivo está relacionado con poner en práctica los dos incisos anteriores.

También se ha expuesto en éste capítulo, el comportamiento que se espera de la IG, de acuerdo a lo siguiente:Presentación al estudiante de los contenidos de acuerdo a su estilo de aprendizaje, asesorar al estudiante acerca de cómo debería aprender un contenido determinado y cuáles son las habilidades esperadas que necesitan un proceso de monitorización, con el fin de que pueda cumplir los objetivos del tema en tiempo y forma

Consideramos que todo lo anterior es posible lograrlo, gracias a la unión de los requerimientos mencionados en el capítulo tres, acotados con los requerimientos del modelo instruccional ASSURE (Ver sección 3.3.1), el cual se fundamenta en el constructivismo, partiendo de las características concretas del estudiante, sus estilos de aprendizaje y fomentando la participación activa y comprometida de él**.**

Capítulo V

Metodología para la implementación de la IG

RESUMEN

En este capítulo se sintetizan los métodos, las herramientas y los procedimientos que provee la ingeniería de software a fin de considerarlos para el desarrollo de nuestra IG. Se describen y analizan los principales paradigmas de proceso de desarrollo de software.

Lo anterior se lleva a cabo con el fin de seleccionar el paradigma más adecuado para este proyecto, adecuando el paradigma seleccionado a cada una de las fases de desarrollo del software. Se describe la metodología a utilizarse inmersa en las actividades de cada una de las fases de desarrollo del proceso seleccionado, así como los algoritmos a ser implementados, arquitectura del sistema, entre otras actividades, todo esto desde la perspectiva de ingeniería de software, haciendo énfasis en el diseño de la interfaz de acuerdo a las estrategias cognoscitivas y pedagógicas mencionadas en los capítulos 3 y 4.

5.1 Introducción

En los últimos años la complejidad de las actividades humanas ha aumentado, producto de la sofisticación tecnológica y la globalización e integración de las condiciones de trabajo.

Esta situación ha provocado que aparezcan problemas y necesidades más complicadas que a su vez requieren soluciones más complejas. Esta creciente complejidad de los problemas o actividades descansa en fuentes, principalmente humanas, que sin ser expertos han adquirido habilidades y conocimientos importantes de una organización o sistema.

En este sentido, ha habido un fuerte impulso en el desarrollo del software educativo, gran parte del mismo ha sido realizado en forma desorganizada y poco documentada, y considerando el aumento exponencial que sufrirá en los próximos años, surge la necesidad de lograr una metodología disciplinada para su desarrollo, mediante los métodos, procedimientos y herramientas, que provee la ingeniería de software para construir programas educativos de calidad, siguiendo las pautas de las teorías educativas y de la comunicación subyacentes.

El software educativo por su naturaleza, tiene características propias en cuanto a la forma de comunicación con el usuario, las cuales no se pueden cuantificar de forma tradicional (mediante métricas), porque están relacionadas con conductas de aprendizajes (Gallego, 1997).

Pero, las reglas en la construcción de un sistema de software son las mismas ya sea educativo, comercial, de investigación, o de otro tipo.

Partiremos entonces por definir que es ingeniería del software, por algunos autores:

- “Ingeniería de Software es la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo de operación (funcionamiento) y mantenimiento del software: es decir, la aplicación de ingeniería al software”, (IEEE, 1993).
- Ingeniería de software es una disciplina de la ingeniería que comprende todos los aspectos de la producción del software desde las etapas iníciales de la especificación del sistema hasta el mantenimiento de este después que se utiliza (Sommerville, 2004).
- Ingeniería de Software es una disciplina que integra el proceso, los métodos, y las herramientas para el desarrollo de software de computadora (Pressman, 2005).

La ingeniería de software está compuesta por una serie de modelos que abarcan los métodos, las herramientas y los procedimientos. Estos modelos se denominan frecuentemente *paradigmas de la ingeniería del software* y la elección de un paradigma se realiza básicamente de acuerdo a la naturaleza del proyecto y de la aplicación, los controles y las entregas a realizar.

Debido a las características particulares de los desarrollos educativos, ya que se deben tener en cuenta los aspectos pedagógicos y de la comunicación con el usuario, en cada caso en particular, la respuesta a la problemática debe basarse en una adaptación de los actuales paradigmas de desarrollo a las teorías educativas que permitan satisfacer una demanda en especial.

Para la construcción de un sistema de software, el proceso puede describirse sintéticamente como: la obtención de los requisitos del software, el diseño del sistema de software (diseño preliminar y diseño detallado), la implementación, las pruebas, la instalación, el mantenimiento y la ampliación o actualización del sistema.

El proceso de construcción está formado por etapas que son: la obtención de los requisitos, el diseño del sistema, la codificación y las pruebas del sistema. Desde la perspectiva del producto, se parte de una necesidad, se especifican los requisitos, se obtiene el diseño del mismo, el código respectivo y por último el sistema de software. Algunos autores sostienen que el nombre *ciclo de vida* ha sido relegado en los últimos años, utilizando en su lugar *proceso de software*, cambiando la perspectiva de producto a proceso. (Juzgado, 1996)

Por lo anterior definiremos a la Ingeniería de software como “La aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación o mantenimiento del software, así como, la documentación asociada, todo ello de modo que sea eficaz, eficiente y cuantificable (en cuanto al tiempo de realización)”.

5.2 El proceso de desarrollo de software

Un proceso es un conjunto de actividades, acciones y tareas que se ejecutan cuando va a crearse algún producto del trabajo (Pressman, 2005). Una actividad busca lograr un objetivo amplio (por ejemplo, comunicación con los participantes) y se desarrolla sin importar el dominio de la aplicación, tamaño del proyecto, complejidad del esfuerzo o grado de rigor con el que se usará la ingeniería de software. Una acción (diseño de la arquitectura) es un conjunto de tareas que producen un producto importante del trabajo (por ejemplo, un modelo del diseño de la arquitectura). Una tarea se centra en un objetivo pequeño pero bien definido, por ejemplo modelar el diagrama general del caso de uso del sistema, que produce un resultado tangible.

En el contexto de la ingeniería de software, un proceso no es una prescripción rígida de cómo elaborar software computacional. Por el contrario, es un enfoque adaptable que permite que las personas que hacen el trabajo (el equipo de software) busquen y elijan el conjunto apropiado de acciones y tareas para el trabajo. Se busca siempre entregar el software en forma oportuna y con calidad suficiente para satisfacer al cliente y a las necesidades del usuario final (considerar que no necesariamente el cliente y el usuario final son la misma persona)

La estructura del proceso de la ingeniería de software se fundamenta en la identificación de pequeñas actividades estructurales que sean aplicables a todos los proyectos de software, sin importar su tamaño o complejidad.

El problema del software se reduce a la dificultad que afrontan los desarrolladores para coordinar las múltiples tareas de un gran proyecto de software. La comunidad de desarrolladores necesita una forma coordinada de trabajar. Necesita un proceso que integre las múltiples facetas de desarrollo.

5.2.1 Modelos de proceso de desarrollo de software

Para resolver los problemas reales de una industria, un ingeniero del software o un equipo de ingenieros deben incorporar una estrategia de desarrollo que acompañe al proceso, métodos y herramientas necesarias para la generación de un producto de software.

Esta estrategia a menudo se llama modelo de proceso o paradigma de ingeniería del software. Se selecciona en base a una serie de cuestionamientos que tienen que ver con la naturaleza del proyecto, tipo de aplicación, métodos y herramientas a utilizarse, así como fecha y productos a entregar.

5.2.1.1 Modelo en cascada

Este modelo se recomienda utilizarse cuando se requiere realizar adaptaciones, o mejoras bien definidas a un sistema ya existente (por ejemplo, una adaptación para software de contabilidad que es obligatorio hacer debido a cambios en las regulaciones gubernamentales). También se aconseja este modelo cuando ocurre un cierto número limitado de nuevos esfuerzos de desarrollo, pero sólo cuando los requerimientos están bien definidos y tienen una estabilidad razonable.

En este modelo, el producto evoluciona a través de una secuencia de fases ordenadas en forma lineal y permitiendo iteraciones al estado anterior, las cuales son mostradas en la figura 5.1.

El número de etapas suele variar, pero en general suelen ser:

- Análisis de requerimientos
- Análisis de requisitos del sistema
- Diseño
- Codificación
- Pruebas

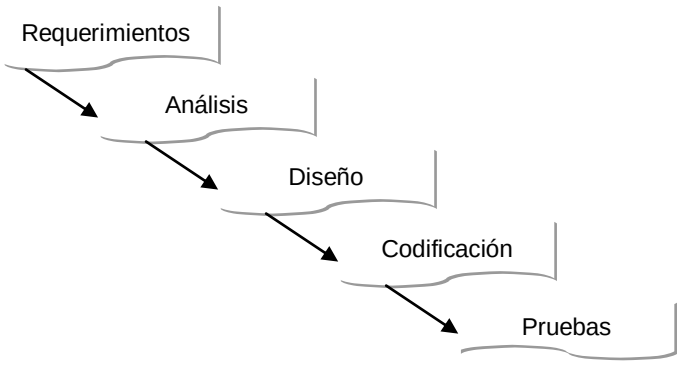


Figura 5.1 gráfica que muestra el modelo de proceso en cascada de software.
Jacobson et al. (2000)

5.2.1.2 El modelo espiral

El *modelo en espiral,* propuesto originalmente por Boehm (1988), es un modelo de proceso de software evolutivo que conjuga la naturaleza iterativa de construcción de prototipos con los aspectos controlados y sistemáticos del modelo lineal secuencial. Proporciona el potencial para el desarrollo rápido de versiones incrementales del software. En el modelo espiral, el software se desarrolla en una serie de versiones incrementales. Durante las últimas iteraciones, se producen versiones cada vez más completas del sistema diseñado, las cuales se muestran en la figura 5.2.

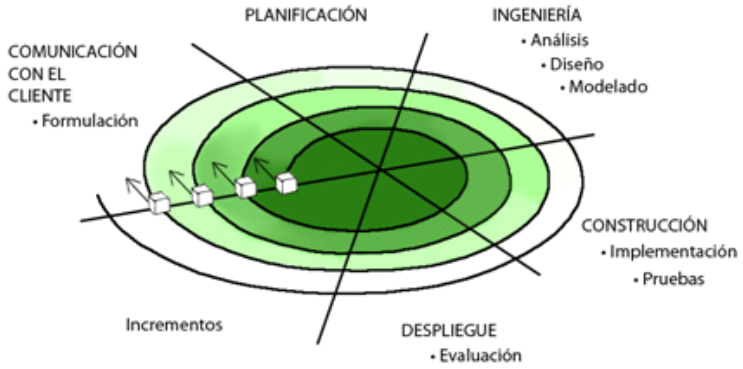


Figura 5.2 gráfica que muestra el modelo del proceso de software en espiral

5.2.1.3 El proceso unificado

El Proceso Unificado (Jacobson et al., 2000), es un proceso de desarrollo de software, definido como “el conjunto de actividades necesarias para trasformar los requisitos del usuario en un sistema software”, (Figura 5.3). Sin embargo el Proceso Unificado es más que un simple proceso; es un marco de trabajo genérico que puede especializarse para una gran variedad de sistemas de software, para diferentes áreas de aplicación, diferentes tipos de organizaciones, diferentes niveles de aptitud y diferentes tamaños de proyectos.

El Proceso Unificado está basado en componentes, lo cual quiere decir que el sistema de software en construcción está formado por componentes de software interconectados a través de interfaces bien definidas.

El Proceso Unificado, utiliza el Lenguaje Unificado de Modelado (Unified Modeling Language, UML) para modelar los esquemas necesarios en las diferentes fases del desarrollo del software de un sistema: 1) análisis, 2) diseño, 3) implementación, 4) pruebas y 5) mantenimiento.

No obstante, los verdaderos aspectos que se definen del Proceso Unificado se resumen en tres partes –dirigido por casos de uso, centrado en la arquitectura, e iterativo e incremental. Esto es lo que lo hace único al Proceso Unificado, la descripción de este proceso se puede observar en la figura 5.3.

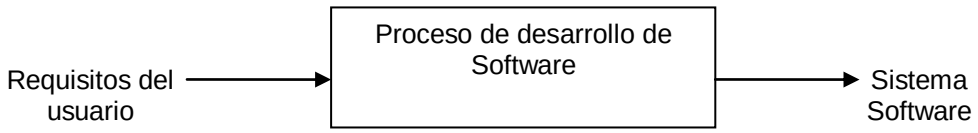


Figura 5.3 gráfica que muestra la descripción del proceso de desarrollo de software

Dirigido por Casos de Uso

Un caso de uso, es un fragmento de funcionalidad del sistema que proporciona un resultado de valor a un usuario. Los casos de uso modelan los requerimientos funcionales del sistema.
· Todos los casos de uso juntos constituyen el **modelo de casos de uso**.
· Los casos de uso también **guían el proceso de desarrollo** (diseño, implementación, y prueba).

Centrado en la Arquitectura

La **arquitectura** de un sistema software se describe mediante diferentes **vistas** del sistema en construcción. El concepto de arquitectura software incluye los aspectos **estáticos** y **dinámicos más significativos** del sistema.
La arquitectura es una vista del diseño completo con las características más importantes resaltadas, dejando los detalles de lado. Los casos de uso y la arquitectura están profundamente relacionados.

Es iterativo e incremental

Es práctico dividir el trabajo en partes más pequeñas o miniproyectos. Cada miniproyecto es una iteración que resulta en un incremento.

Los desarrolladores basan la selección de lo que se implementará en una iteración en dos factores. En primer lugar, la iteración trata un grupo de casos de uso que juntos amplían la utilidad del producto desarrollado hasta ahora. En segundo lugar, la iteración trata los riesgos más importantes.

Las iteraciones sucesivas se construyen sobre los productos (productos) de desarrollo tal como quedaron al final de la última iteración. Al ser miniproyectos, comienzan con los casos de uso y continúan a través del trabajo de desarrollo subsiguiente –análisis, diseño, implementación y prueba-, que termina convirtiendo en código ejecutable los casos de uso que se desarrollaron en la iteración. Por supuesto, un incremento es aditivo. Especialmente en las primeras fases del ciclo de vida, los desarrolladores pueden tener que reemplazar un diseño superficial por uno más detallado o sofisticado. En fases posteriores, los incrementos son típicamente aditivos.

5.2.1.4 La vida del Proceso Unificado

El proceso Unificado se repite a lo largo de una serie de ciclos que constituyen la vida de un sistema, como se muestra en la figura 5.4. Cada ciclo concluye con una versión del producto para los clientes. Cada ciclo consta de cuatro fases: inicio[2], elaboración, construcción y transición.

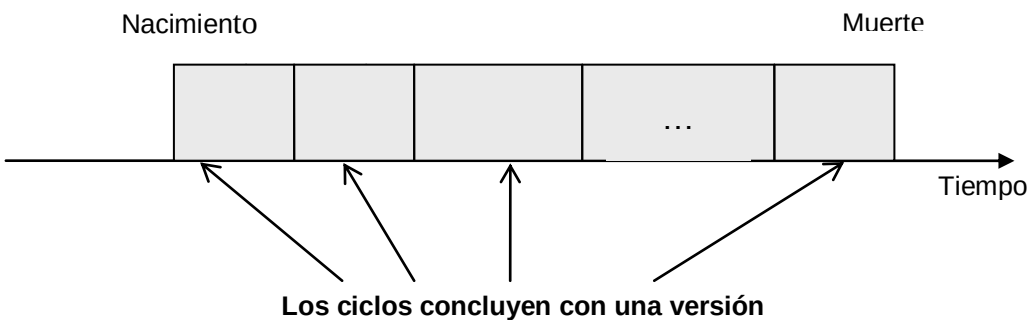


Figura 5.4 gráfica que muestra el ciclo de vida de un proceso de software

[2] También se suele utilizar el término “fase de comienzo”:

5.2.1.5 Las fases del Proceso Unificado

Un proyecto que utiliza como metodología el Proceso Unificado (PU) organiza el trabajo y las iteraciones en cuatro fases fundamentales, de las que indicamos las actividades a realizar en cada una de ellas y que detallamos a continuación:

1. **Inicio**: visión aproximada, análisis del negocio, alcance, estimaciones imprecisas.
2. **Elaboración**: visión refinada, implementación iterativa del núcleo central de la arquitectura, resolución de los riesgos altos, identificación de más requisitos y alcance, estimaciones más realistas.
3. **Construcción**: implementación iterativa del resto de requisitos de menor riesgo y elementos más fáciles, preparación para el despliegue, donde el despliegue será la configuración del hardware del sistema, los nodos de proceso y los componentes empleados por ellos.
4. **Transición**: pruebas beta, despliegue, que se mencionó anteriormente que será la configuración del hardware.

Esto NO se corresponde con el antiguo ciclo de vida en cascada o secuencial, o el de espiral; en el primero se definía todos los requisitos y después se realizaba completamente el diseño o la mayor parte del mismo. Mientras que el de espiral se realizan demasiados cambios que pueden repercutir en el tiempo de entrega del producto final.

Después de exponer todo lo anterior, se determinó hacer uso de la metodología del Proceso Unificado de Desarrollo (RUP), por la flexibilidad que presenta por sus características propias, ya que permite el modelado de casos de uso del sistema en general, está enfocado a la arquitectura del sistema, lo que permite tener una vista del sistema tanto estática como dinámica con sus componentes y por último la flexibilidad que presenta al ser un proceso interactivo e incremental, si así lo requiere el buen funcionamiento del producto final (Sistema de software).

5.3 Metodología. Etapa análisis de requerimientos (RUP)

Los requerimientos especifican qué es lo que el sistema debe hacer (sus funciones) y sus propiedades esenciales y deseables. La captura de los requerimientos tiene como objetivo principal la comprensión de lo que los usuarios finales y el desarrollador esperan que haga el sistema.

5.3.1 El proceso de especificación de los requisitos

Consiste en establecer de un modo conciso, claro y preciso el conjunto de requisitos que deben ser satisfechos por el software a desarrollar. El objetivo es determinar en forma total y consistente los requisitos de software. El análisis se realiza sobre la salida resultante, la descomposición de los datos, el procesamiento de los mismos, las bases de datos y las interfaces de usuario. (Juzgado, 1996).

De acuerdo con Juzgado (1996), mencionado en Cataldi (2000), se debe considerar que un requisito es una condición o característica que debe tener el programa para satisfacer un documento formal. Estos requisitos pueden ser funcionales, o no funcionales (de rendimiento) o de interfaces. Los primeros especifican la función que el programa debe característica numérica y lo últimos determinan las características de las interfaces, usuario-software, software-hardware y software-software.

5.3.1.1 Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales de un sistema describen lo que el sistema debe hacer. Estos requerimientos dependen del tipo de software que se desarrolle, de los posibles usuarios del software y del enfoque general tomado por la organización. Sin embargo, los requerimientos funcionales del sistema describen con detalle la función de éste, sus entradas, salidas, excepciones. (Sommerville, 2004). De acuerdo a lo anterior se realiza una adecuación a nuestra propuesta de implementación de sistema observada en la tabla 5.1.

ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS	
Actividades a realizar	Definir y desarrollar los requisitos del software y de las Interfaces
Documentos de salida	Especificación de los requisitos del software, requisitos de interfaces de usuario, de interfaces con otro software y con hardware.
Técnicas a usar	Diagrama de casos de usos Análisis estructurado: diccionario de datos (DD). Técnicas orientadas a los datos: • Diagrama entidad relación. Requerimientos no funcionales del sistema.

Tabla 5.1 especificación de requisitos

Como se había mencionado en el capítulo 3, se hará una combinación del modelo ADDIE (Analisis, Design, Development, Implementation y Evaluation) y el Proceso Unificado de Desarrollo para la generación de nuestra IG, se detalla en la tabla 5.2.

FASE	MODELO ADDIE	PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO
Análisis	De acuerdo con Sarmiento (2004); Es la base de las otras fases del diseño; en esta parte se define el problema a resolver (mayor detalle ver capítulo 4.3). *Generar un sistema computacional (IG), que ayude en el proceso de enseñanza-aprendizaje del área del álgebra en específico la parte que tiene que ver con las ecuaciones de primer grado con una incógnita*	De acuerdo con Pressman (2010); Es la descripción del sistema en general: *Implementar un sistema (IG) que ayude en el proceso de enseñanza-aprendizaje del área del álgebra en específico la parte que tiene que ver con las ecuaciones de primer grado con una incógnita*

Tabla 5.2 combinación del modelo ADDIE y el Proceso Unificado de Desarrollo, para la fase de análisis.

Como podemos observar en la etapa de análisis de los dos modelos, estos coinciden con el mismo objetivo.

Como parte de la fase del análisis en el proceso unificado de desarrollo, se tiene el diagrama general de caso de uso, el cual representa de manera general del funcionamiento del sistema (figura 5.5).

5.3.1.2 Diagrama General de Caso de uso

Un caso de uso representa una unidad funcional coherente de un sistema, subsistema o clase. En un caso de uso uno o más actores interaccionan con el sistema que realiza algunas acciones. Elementos de un modelo de casos de uso:

- Actores: no todos los actores representan a personas interactuando con el sistema. Pueden ser actores otros sistemas o hardware externo que interactuará con el sistema. Puede ser que en ocasiones un actor pueda actuar como uno o varios actores.
- Casos de uso: especifica una secuencia de acciones, incluyendo variantes, que el sistema puede llevar a cabo, y que producen un resultado observable de valor para un actor concreto.
- Relaciones: son los vínculos que se generan entre los actores y los casos de uso.

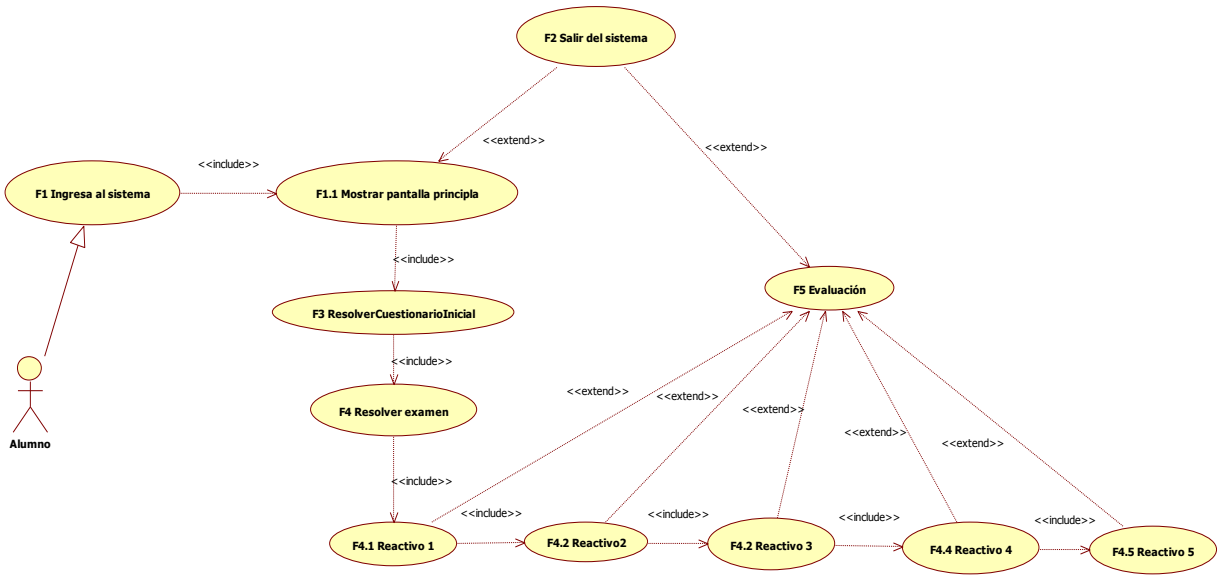


Figura 5.5 diagrama general de caso de uso del sistema (IG). Elaboración propia

Descripción del caso de uso general, tabla 5.3

Caso de uso	Descripción del funcionamiento del caso de uso general
F1	En este caso de uso el usuario ingresa al sistema
F1.1	Al ingresar al sistema y estar registrado el sistema permite ingresar a la pantalla principal
F2	Al estar dentro de la pantalla principal, el sistema tiene la flexibilidad de permitir el salir del sistema
F3	Para poder hacer uso del sistema (IG), se le solicita al alumno el resolver un cuestionario inicial, esto con el fin de determinar el tipo de inteligencia que posee para que el sistema se adecue a su estilo de aprendizaje
F4	Resolver los reactivos del F4.1. – F4.5.
F5	Evaluación del tema, además de que también permite el poder salir del sistema

Tabla 5.3 descripción del caso de uso general

5.3.1.3 Análisis estructurado: diccionario de datos (DD)

El diccionario contiene "datos acerca de los datos" es decir, definiciones de otros objetos del sistema, en lugar de simples "datos en bruto“, (Date, 2001). De acuerdo con Korth y Silberschatz (2006), el diccionario de datos almacena información acerca de la estructura de la base de datos, y la información de autorización, y datos acerca de las relaciones.

Sintaxis de acuerdo con Silverschartz, (2006), para el diseño del diccionario de datos:

- Metadatos_relación (nombre_relación, numero_de_atributos, organización_almacenamiento, ubicación)
- Metadatos_atributos (nombre_atributo, nombre_relación, tipo_dominio, posición, longitud)
- Metadatos_usuarios (nombre_usuario, contraseña_cifrada, grupo)
- Metadatos_índices (nombre_índice, nombre_relación, tipo_índice, atributo_índice)

Tipos de información que nuestro sistema almacenará:

- *Los nombres de las relaciones.*
- *Los nombres de los atributos de cada relación.*
- *Los dominios de los atributos*
- *Las restricciones de integridad de cada relación (por ejemplo, las restricciones y clave). .*

A continuación se muestra el diccionario de datos de la tabla alumno, donde se describen los nombres de los atributos, tipos de datos y las relaciones con otras tablas (llaves foráneas)

Alumno

Column name	DataType	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comment
Matricula	INT	✓	✓							
Nombre_Alumno	VARCHAR(45)									
Área	VARCHAR(45)									
Carrera	VARCHAR(45)									
E-mail	VARCHAR(45)									
Nombre_Usuario	VARCHAR(45)									
Cont_Usuario	VARCHAR(45)									
Tipo_Alumno	VARCHAR(45)									
Cuestionario_Inicial_Id_Pregunta_Cuestionario_Inicial	INT	✓	✓							
Examenes_Id_Examen	INT		✓							

Tabla 5.4 diccionario de datos para la tabla alumno

Tabla del diccionario de datos para el cuestionario inicial, donde se describen los nombres de los atributos, tipos de datos y las relaciones con otras tablas (llaves foráneas)

Cuestionario_Inicial

Column name	DataType	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comment
Id_Pregunta_Cuestionario_Inicial	INT	✓	✓							
Descripción	VARCHAR(45)									

Tabla 5.5 diccionario de datos para la tabla cuestionario inicial

Tabla del diccionario de datos para las estrategias pedagógicas, donde se describen los nombres de los atributos, tipos de datos y las relaciones con otras tablas (llaves foráneas)

Estrategias_Pedagogicas

Column name	DataType	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comment
Id_Estrategias_Pedagogicas	INT	✓	✓							
Reactivos_Id_Reactivo	INT		✓							
Reactivos_Examenes_Id_Examen	INT		✓							

Tabla 5.6 diccionario de datos para la tabla estrategias pedagógicas

Tabla del diccionario de datos para el historial, donde se describen los nombres de los atributos, tipos de datos y las relaciones con otras tablas (llaves foráneas)

Historial

Column name	DataType	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comment
Id_Historial	INT	✓	✓							
Alumno_Matricula	INT		✓							
Alumno_Cuestionario_Inicial_Id_Pregunta_Cuestionario_Inicial	INT		✓							
Cuestionario_Inicial_Id_Pregunta_Cuestionario_Inicial	INT		✓							
Examenes_Id_Examen	INT	✓	✓							
Reactivos_Id_Reactivo	INT	✓	✓							
Reactivos_Examenes_Id_Examen	INT	✓	✓							

Tabla 5.7 diccionario de datos para la tabla historial

Tabla del diccionario de datos para la tabla reactivos, donde se describen los nombres de los atributos, tipos de datos y las relaciones con otras tablas (llaves foráneas)

Reactivos

Column name	DataType	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default	Comment
Id_Reactivo	INT	✓	✓							
Nombre_Reactivo	VARCHAR(45)									
Respuesta_Reactivo	VARCHAR(45)									
Examenes_Id_Examen	INT	✓	✓							
Imagen	LONGBLOB									
Paso1	LONGBLOB									
Paso2	LONGBLOB									
Paso3	LONGBLOB									
Paso4	LONGBLOB									

Tabla 5.8 diccionario de datos para la tabla reactivos

5.3.1.4 Técnicas orientadas a los datos. Diagrama entidad relación

Silverschartz, (2006), define el modelo de datos entidad-relación (E-R), como un modelo basado en una percepción del mundo real, consistente en objetos básicos llamados entidades y de relaciones entre estos objetos. Se desarrolló para facilitar el diseño de base de datos permitiendo la especificación de un esquema de una empresa que representa la estructura lógica completa de su base de datos. El modelo de datos E-R es uno de los diferentes modelos de datos semánticos; el aspecto semántico del modelo yace en la representación del significado de los datos; es extremadamente útil para hacer corresponder los significados e interacciones del mundo real de una empresa a un esquema conceptual general.

Entidad: es una “cosa” u “objeto” del mundo real, que se distingue de todos los demás. Por ejemplo, cada persona es un desarrollo de una entidad. Cada entidad tiene un conjunto de propiedades irrepetibles e univocas.

Atributo: describen las propiedades que posee cada miembro de un conjunto de entidades.

Para nuestro caso de estudio se muestra a continuación las consideraciones para el modelado de nuestro modelo de entidad relación de acuerdo al diccionario de datos. Ver figura 5.6

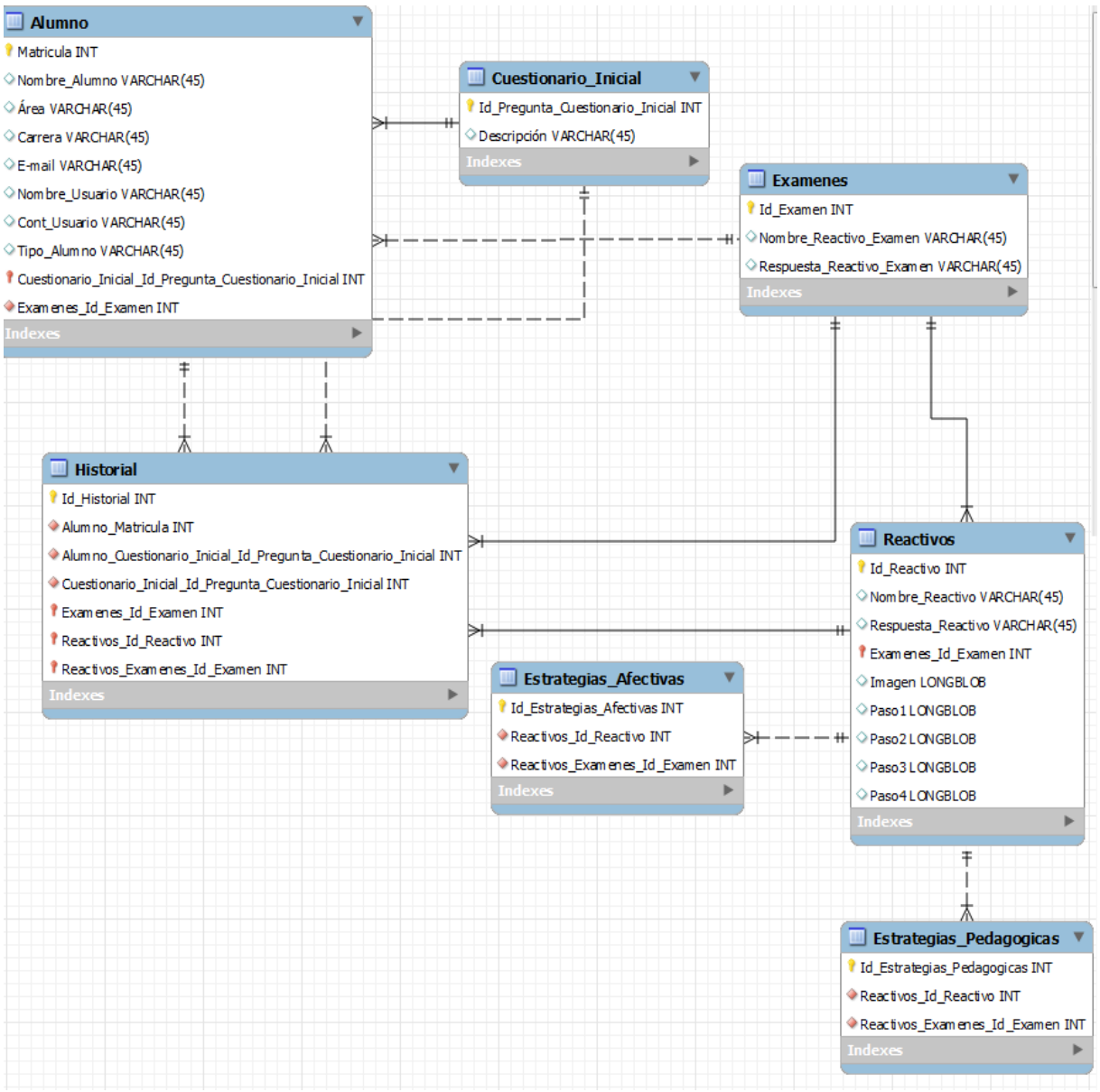


Figura 5.6 modelo entidad relación de la IG

5.3.2.1 Requerimientos no funcionales del sistema

Los requerimientos no funcionales, como su nombre sugiere, son aquellos requerimientos que no se refieren directamente a las funciones específicas que proporciona el sistema, sino a las propiedades iniciales de éste como la fiabilidad, el tiempo de respuesta y la capacidad de almacenamiento. Además de las restricciones del sistema como la capacidad de los dispositivos de entrada/salida y las representaciones de datos que se utilizan en las interfaces del sistema.

Los requerimientos no funcionales, son restricciones de los servicios o funciones ofrecidos; hacen referencia a aspectos que tienen que ver con cuestiones específicas como el rendimiento del sistema, seguridad, respuesta esperada en caso de funcionar en un entorno Web y todo lo que impacta en su eficacia y eficiencia del sistema. El incumplimiento de un requerimiento no funcional puede significar la inutilidad del sistema. Por ejemplo, si un sistema de vuelo no cumple sus requerimientos de fiabilidad, no se certificará como seguro para su funcionamiento. Ver tabla 5.9.

Nombre Software	Descripción	Versión
Programa: MySQL	Software utilizado para la realización del modelo entidad relación y para el diccionario de datos.	Workbench 6.1.6 CE Versión: 6.1.6
Programa: MySQL	Software utilizado para la realización de la base de datos. Adicionalmente también se utilizará para la conexión a la base de datos.	Server 5.5 Versión: 5.5
Programa: StarUML	Software utilizado para la realización de los Diagramas de casos de uso general, clases, para el modelo de datos.	Versión: 5.0
Microsoft Word	Software utilizado para la generación de la documentación del sistema	Versión 2007
Net Beans	Software para desarrollar las clases del sistema.	Versión 8.0

Tabla 5.9 requerimientos no funcionales de las necesidades de software de la IG.

Hardware utilizado	Descripción	Características
Servidor Alienware Aurora Intel(R)	ServidorUaem. Este equipo será utilizado para almacenar la información del software	Core(TM) i7CPU 920 @ 2.67GHz. RAM 6GB DD 1TB. Arquitectura x86_64
Hewlett-Packard HP 1000 Notebook PC Intel(R)	Equipo donde se desarrollará el sistema	Celeron(R) CPU B820 @ 1.70GHz. RAM 2GB DD 500GB. Arquitectura x86_64
Hewlett-Packard Company Hp Compaq 6200 Pro SFF Pc Intel(R)	Equipo en la se implementará el sistema	Core(TM) i5-2500 CPU @3.30 GHz (4CPUs) RAM 4GB. DD 720GB. Arquitectura x86_64

Tabla 5.10 requerimientos no funcionales, con respecto al hardware a utilizarse en la IG

Debido a la naturaleza del sistema se requieren también las siguientes características:

- Preferentemente actualización continúa del navegador (Para mejorar la eficiencia del sistema).
- Seguridad mediana en el servidor, para evitar alguna infiltración indebida en la base de datos.
- Almacenamiento de un gran volumen de información.
- Facilidad de acceso y consulta.
- Presentación amigable.
- Uso de una “navegación” individualizada.
- Multiplataforma.
- Dinámico e interactivo.

5.4 Proceso de Diseño

El proceso de diseño es la piedra angular para la obtención de un producto coherente que satisfaga los requisitos de software. El diseño desde el punto de vista técnico comprende cuatro tipos de actividades: diseño de datos, arquitectónico, procedimental y diseño de interfaces y desde el punto de vista del proyecto evoluciona desde un diseño preliminar al diseño detallado (Cataldi, 2000).

5.4.1 Productos generados en la fase de diseño de la IG

El diseño de datos, modela las estructuras de datos necesarias para el desarrollo, el arquitectónico define las relaciones entre las estructuras del programa, considerando el desarrollo de módulos que se relacionan, mezcla la estructura de programas y de datos, y define las interfaces. El diseño procedimental transforma estructuras en descripción procedimental del software y por último el diseño de interface establece los mecanismos de interacción humano-computadora.

Una actividad importante a realizar es el diseño conceptual, lógico y físico de la base de datos, si la hubiera. Este proceso de diseño, es la correcta traducción de los requisitos de software en un producto.

Los diseños modulares, reducen la problemática de los cambios, permitiendo desarrollos en paralelo. Para la definición de los módulos se usan conceptos tales como la abstracción y el ocultamiento de la información derivados de la independencia funcional de los mismos.

Los módulos tienen una función específica y definida o sea cohesión máxima y mínima interacción con lo otros módulos o acoplamiento mínimo. La cohesión es una medida de la fortaleza funcional del módulo y la el acoplamiento es una medida de interdependencia de los módulos de un programa. Ver tabla 5.11.

PROCESO DE DISEÑO	
Actividades a realizar	Realizar el diseño arquitectónico, analizar el flujo de información, diseñar la base de datos, diseñar las interfaces, desarrollar los algoritmos, realizar el diseño detallado.
Documentos de salida	Descripción del diseño del software, de la arquitectura del software, del flujo de información, descripción de la base de datos, de las interfaces, de los algoritmos.
Técnicas a usar	Técnicas orientadas a los datos. Modelo lógico y físico de datos. Técnicas orientada a los objetos: • Modelo clase/objeto, • diagrama de módulos. Programación orientada a objetos: • Diagrama de procesos Técnicas formales de especificación: • Arquitectura del sistema

Tabla 5.11 descripción de las actividades del proceso de diseño de la IG

FASE	MODELO ADDIE	PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO
Diseño	**Diseño:** La fase de diseño implica la utilización de los resultados de la fase de análisis a fin de planificar una estrategia para el desarrollo de la instrucción. Durante esta fase, se debe delinear cómo alcanzar las metas educativas determinadas durante la fase de análisis y ampliar los fundamentos educativos. Para McGriff (2000) algunos de los elementos de la fase de diseño son los siguientes, generalmente propuestos por el experto del sistema didáctico: o Escribir los objetivos de la unidad o módulo. o Diseñar la evaluación. o Escoger los medios y el sistema de hacer llegar la información al alumnado. o Determinar el enfoque didáctico general. Planificar la formación, decidiendo las partes y el orden del contenido. o Diseñar las actividades para el alumnado. o Identificar los recursos necesarios.	De acuerdo con Pressman (2010); Es la modelación de la descripción del funcionamiento del sistema en general, por medio de diversos diagramas, además de incluirse los requerimientos del funcionamiento del sistema (hardware y software).

Tabla 5.12 comparativo de las actividades del proceso ADDIE y el proceso de diseño del RUP de las IG

De acuerdo con McGriff (2000) y la tabla anterior algunos de los elementos de la fase de diseño pueden incluir lo siguiente.

- Descripción de la población meta.
- Conducir el análisis de aprendizaje.
- Objetivos y temas a evaluar.
- Selección de forma de evaluación.

Así pues, en la fase de diseño el procedimiento a seguir para el profesor en el diseño de nuestro sistema sería. (Actividades previamente definidas en el capítulo 4):

- Escribir los objetivos de la unidad o módulo.
- Diseñar la evaluación.
- Escoger los medios y el sistema de hacer llegar la información al alumnado.
- Determinar el enfoque didáctico general.
- Planificar la formación, decidiendo las partes y el orden del contenido.
- Diseñar las actividades para el alumnado.
- Identificar los recursos necesarios.

De lo anterior se puede observar que de acuerdo al modelo ADDIE, la fase de diseño implica realizar una planificación sobre las estrategias del desarrollo de la instrucción. En esta fase, se debe delinear cómo alcanzar las metas educativas determinadas en el capítulo 4 y aplicar los fundamentos pedagógicos analizados en el capítulo 3.

Acotando lo anterior a la metodología del RUP, se tiene entonces que aquí es donde se va a modelar lo descrito anteriormente, pero ahora desde el punto de vista computacional: creación de las clases del modelo lógico y físico de datos de la IG. Descripción de la arquitectura de la IG, así como los algoritmos a ser utilizados en la implementación del sistema. Se detallan a continuación.

5.4.1.1 Técnicas orientadas a los datos. Modelo lógico y físico de datos

Modelo de clase de datos de la IG

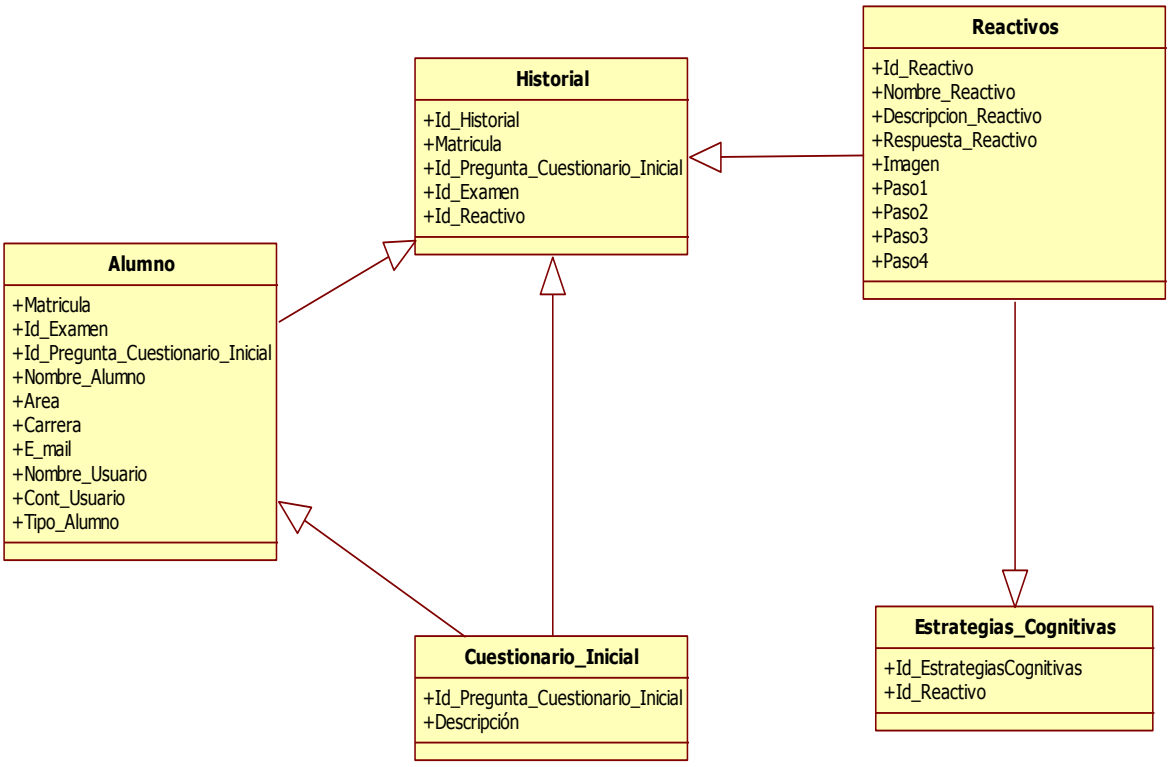


Figura 5.7. Modelo de clases de datos de la IG.

5.4.1.2 Técnica orientada a los objetos. Modelo clase/objeto

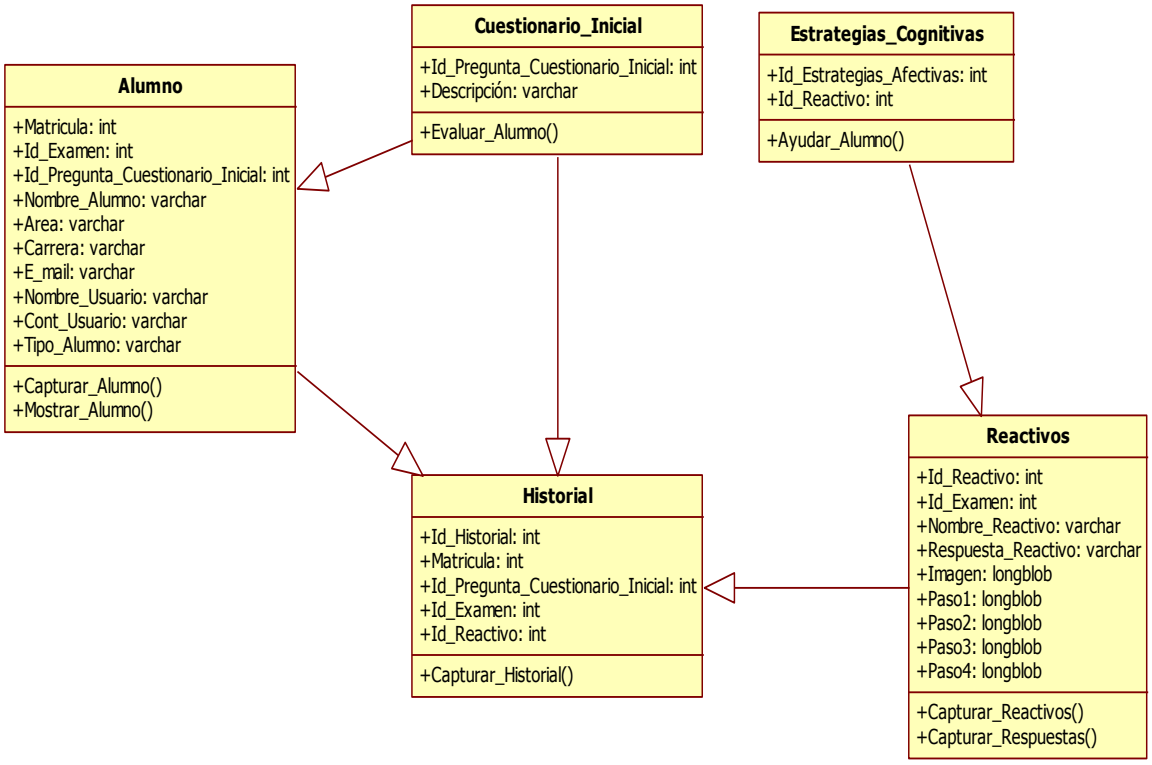


Figura 5.8. Modelo de clases de la IG.

5.4.1.3 Diagrama de módulos del sistema

Para la implementación del sistema se requiere que este funcione bajo una arquitectura cliente-servidor, donde por un lado se tenga la aplicación (código fuente) del sistema en el servidor, así como la base de datos, para un mejor control de la información y por otro lado, en la parte del cliente la interfaz, que muestra de manera trasparente el funcionamiento del sistema, todo esto desde un entorno vía web.

En la Figura 5.9 se muestran los módulos del sistema del funcionamiento del sistema bajo un entorno web

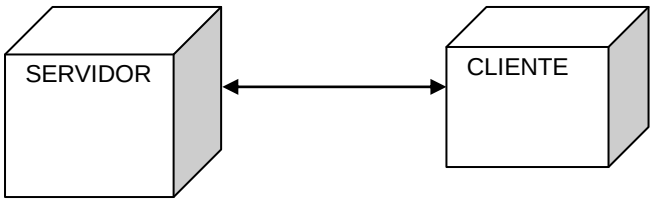


Figura 5.9. módulos del sistema bajo un entorno web

5.4.1.3 Programación orientada a objetos

Un diagrama de procesos, es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza.

Para modelar la secuencia de las actividades a realizar por el sistema, se hizo uso de la herramienta diagrama de flujo para mostrar de manera general el funcionamiento del sistema En la figura 5.10 se muestra el diagrama de proceso del funcionamiento de la IG.

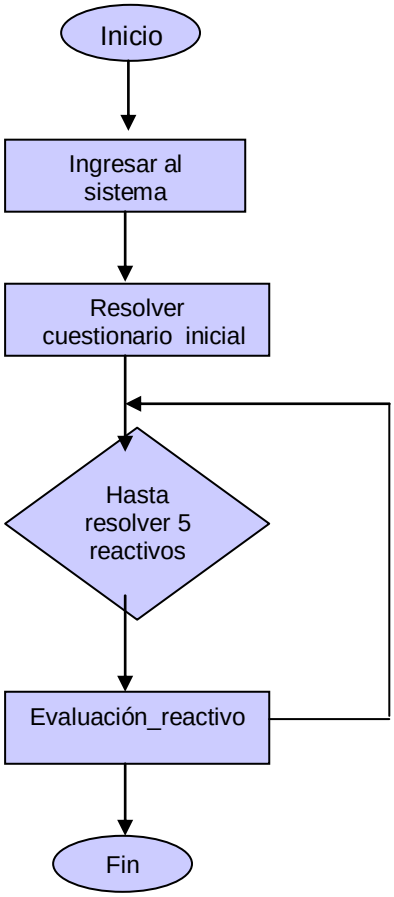


Figura 5.10 muestra el diagrama de proceso (diagrama de flujo) general del funcionamiento de la IG.

5.4.1.5 Técnicas formales de especificación

Arquitectura o esquema general del sistema

La figura 5.11 muestra el modelo de Interfaz Inteligente para nuestra IG. Modelo tomado de (Khoelle, 1996).

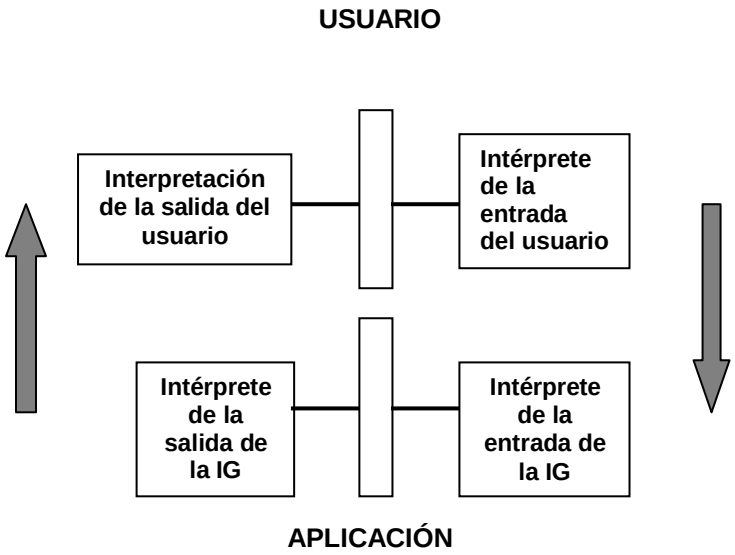


Figura 5.11 arquitectura de la IG. Elaboración propia basada en Khoelle (1996).

A continuación se describen los módulos de la arquitectura adecuados a nuestra IG.

Intérprete de la entrada del usuario: se aplicara un instrumento de evaluación para determinar el tipo de inteligencia por parte del alumno. (Ver anexo A).

Posteriormente el intérprete de la entrada del usuario reacciona al tipo de inteligencia, mostrando la interfase de acuerdo al tipo de inteligencia del alumno:

- De forma matemática (inteligencia matemática: de acuerdo con Godino (2002): un objeto matemático es todo lo que es indicado, señalado, nombrado cuando se construye, se comunica o se aprende matemática. Por lo anterior el reactivo a ser presenta tan solo será en su forma natural.

- De forma auditiva (inteligencia auditiva): Campbell (1993), destaca en su investigación sobre la música clásica, en especial la de Wolfang Amadeus Mozart, el impacto que tiene esta en la activación de los hemisferios cerebrales izquierdo y derecho, permitiendo de esta manera una mayor concentración al momento de la resolución de problemas de índole matemático. De esta manera se le presentará al alumno de este tipo de inteligencia el reactivo de forma matemática adicionándole música clásica en la resolución del reactivo.

- De forma lingüista (inteligencia lingüista): Goodenough, mencionado en Serrano (2005), dice que el lenguaje matemático, en su manifestación verbal, emplea los fonemas que son propios al lenguaje natural o materno: /e/, /cu/, /a/, /ci/, /on/. De acuerdo a lo anterior, comprende el sistema fonológico del lenguaje natural; estructurado de manera formal y abstracta con una mezcla de palabras, números, símbolos, figuras y conceptos que tienen un significado matemático dentro del lenguaje natural. Utilizando la justificación anterior, la presentación del reactivo para este tipo de alumno será de forma matemática adicionando una grabación donde se describa en lenguaje natural la sintaxis del reactivo a resolver.

- De forma visual (inteligencia visual): de acuerdo con Boll (1974), la potencialidad de un esquema viene determinada por la variedad de contenidos a los que se puede aplicar durante el periodo de preparación y organización de las operaciones concretas, los esquemas (formales) pueden ser, alternativamente, formas y contenidos y, por tanto, pueden actuar sobre lo real, sobre representaciones de lo real y sobre los propios esquemas. Por lo tanto, tomando en consideración el estudio de Boll (1974) sobre los esquemas formales y su representación a la hora de resolver operaciones concretas, se tiene entonces que estos actúan sobre contenidos reales bajando el nivel de abstracción en la resolución de contenidos matemáticos, haciendo por lo tanto más fácil su aprendizaje. Derivado de lo anterior se tendrá entonces la presentación del reactivo en forma matemática adicionando el esquema formal del mismo (gráfica de la ecuación), para su solución.

Al tener el alumno seleccionado su tipo de inteligencia, el sistema le mostrará la interfaz adecuada a él, donde tendrá la posibilidad de modificar o deshabilitar en su caso estos elementos multimedia por medio de un menú gráfico, que aparecerá en la parte izquierda del sistema.

Intérprete de la entrada de la IG*:* la IG interpreta los datos de entrada capturados previamente por el usuario, ya sea con el llenado de un formulario, la acción del mouse, etc., mostrando de esta manera un comportamiento lógico de funcionamiento por parte del sistema, acción-reacción.

Intérprete de la salida de la IG*:* la IG es la responsable de determinar qué y cómo se van a mostrar los datos al tipo de usuario, enviando en caso de ser necesario las ayudas de acuerdo al estilo de aprendizaje diagnosticado previamente.

Intérprete de la salida del usuario: después de determinar qué datos se van a mostrar de acuerdo al estilo de aprendizaje, en este módulo ya se puede visualizar dicha información al usuario.

5.5 Proceso de Implementación

Este proceso (ver tabla 5.13), produce código fuente, código de la base de datos y documentación, de base de acuerdo a los estándares utilizados. La salida de este proceso conduce a las pruebas de validación y verificación.

PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN	
Actividades a realizar	Crear los datos de prueba, crear código fuente, generar el código fuente, crear la documentación, planificar y realizar la integración de módulos.
Documentos de salida	Diagrama de subsistemas. Pantallas del sistema
Técnicas a usar	Lenguajes de programación.

Tabla 5.13 proceso de implementación.

FASE	MODELO ADDIE	PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO
Implementación	**Implementación:** La fase de desarrollo se estructura sobre las bases de las fases de análisis y diseño (McGriff, 2000). El propósito de esta fase es generar las unidades, módulos y los materiales didácticos de las mismas. Esto incluye el desarrollo de acciones como la escritura del texto del módulo didáctico, la programación de las páginas web (en caso de existir) y de los materiales multimedia. En esta fase de desarrollo también se realizan otras actividades como: o Trabajo con los productores/programadores para desarrollar los medios. o Desarrollo de los materiales del profesor si conviene.	De acuerdo con Jacobson, et al. (2004), el propósito de la implementación es desarrollar la arquitectura y el sistema como un todo. Siendo en nuestro caso la codificación de nuestra IG, en el dominio de las ecuaciones de primer grado con una incógnita.

Tabla 5.14 comparativo de las actividades del proceso ADDIE y el proceso de implementación del RUP.

Haciendo una comparación entre las características de estos dos modelos (ver tabla 5.14), se puede verificar que los dos son similares en cuanto a las tareas y productos a obtenerse, en el caso del modelo ADDIE, este esta enfocado exclusivamente a la generación de sistemas de índole pedagógico y en el caso de la metodología RUP a la generación de sistemas sin importar de que tipo sea, pudiéndose acoplar bien estos dos modelos.

5.5.1 Diagrama de subsistemas

La función de los subsistemas es mostrar que los requisitos a ser implementados sean los correctos, esto previamente fue modelado en la fase de diseño.

La figura 5.12, muestra el diagrama general de subsistema, el cual está compuesto por tres componentes: 1) archivos de la interfaz, 2) archivos java y 3) archivos sql.

Los archivos de la interfaz, están compuestos por el código generado de todo el conjunto de las interfaces que componen nuestro sistema.

Los archivo .java, contienen todo el código generado, derivado del control del sistema, en este módulo se tiene el control de todos los componentes y actúan como intermediario entre el módulo interfaz y los archivos de la base de datos.

Los archivos sql, contienen toda la información relacionada con la base de datos, es la encargada de contener los datos persistentes del sistema.

En la figura 5.12 se muestra el diagrama de subsistemas, el cual nos muestra el tipo de código fuente a generarse en la programación del sistema de IG y sus relaciones entre sí.

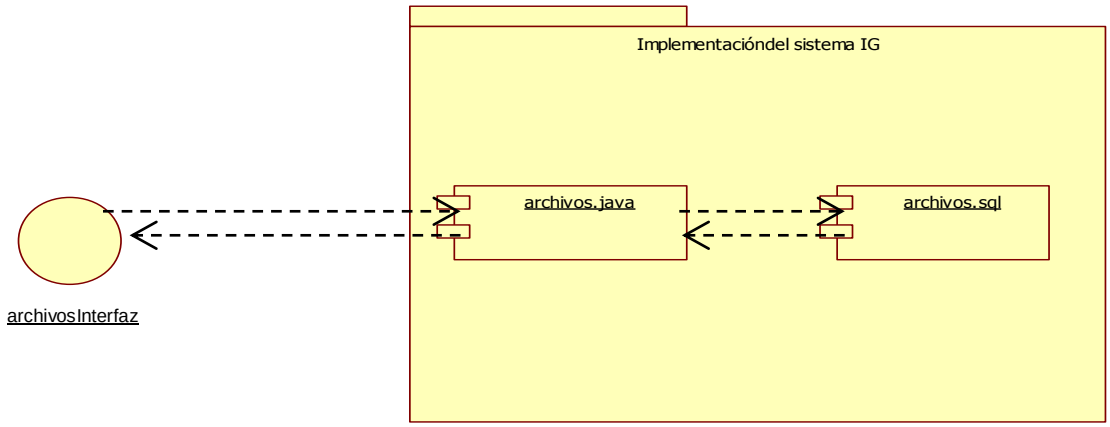


Figura 5.12 diagrama de subsistemas general de la IG

5.5.2 Descripción de las interfaces de la IG

La interfaz es la responsable de presentar y recibir la información y los conocimientos, se apoya en los recursos técnicos ofrecidos por la multimedia: gráficos, texto, sonido, animación, video, entre otros.

La IG estará integrada por las siguientes interfaces:

- Interfaz de ingreso: se le solicitará al alumno que ingrese sus datos para llevar un control y seguimiento de su desempeño académico.. Su función es tomar los datos, la información y los conocimientos que ingresa el alumno los cuales serán guardados en la base de datos (historial alumno) a través de la interacción con el teclado, los hipervínculos, los botones, iconos, ventanas, y menús del sistema.

- Como se había comentado en capítulos anteriores el sistema se adaptará al estilo de aprendizaje, esto determinado previamente por la aplicación del cuestionario inicial (interfaz cuestionario inicial).

- Interfaz Aplicación (MALV). En el extremo izquierdo de la pantalla de la aplicación se puede observar cuatro iconos que nos indican que se pueden habilitar o deshabilitar los recursos multimedia de los estilos de aprendizaje, dependiendo si el alumno no quiere hacer uso del recurso multimedia asignado previamente después de habérsele aplicado el cuestionario. Ver figura 5.13.

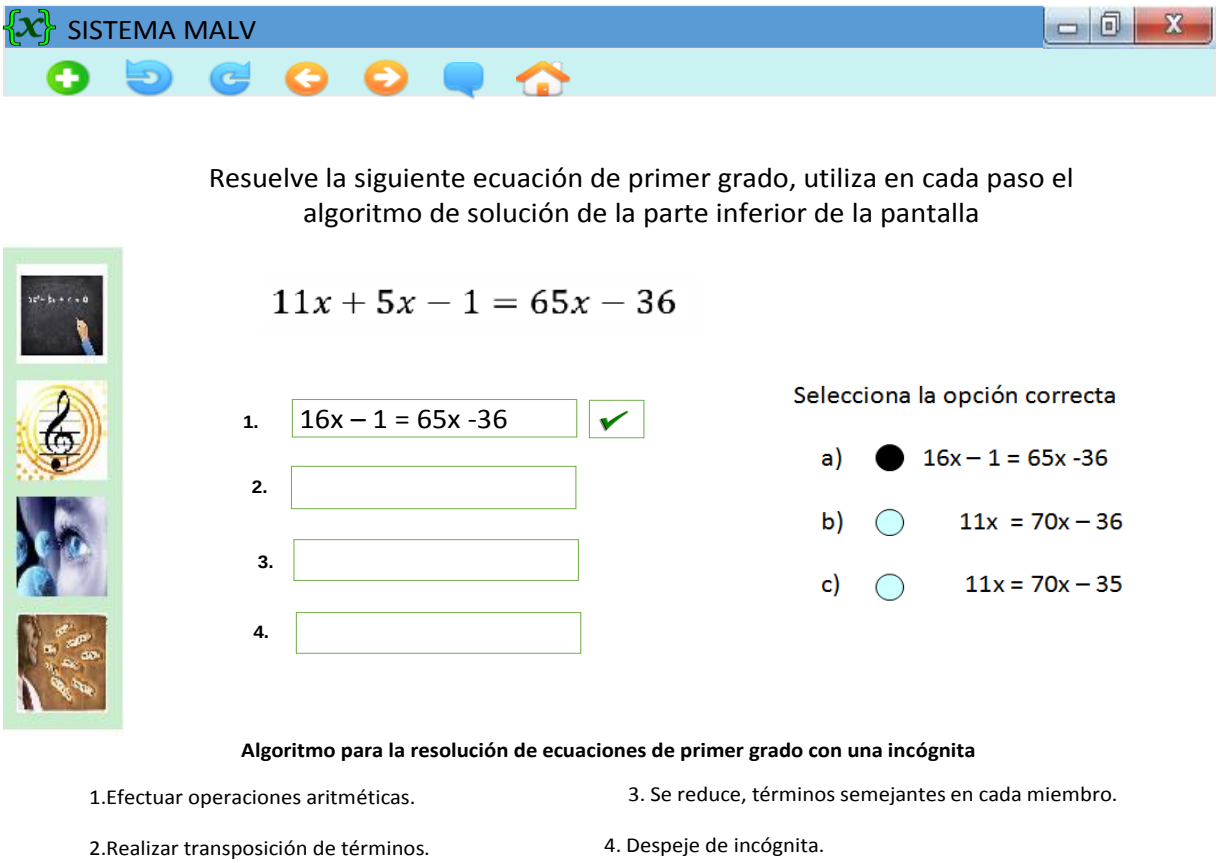


Figura 5.13. Pantalla principal de la aplicación, del sistema MALV. Estilo de aprendizaje lógico - matemático

- Para cada ejercicio de la ventana de aplicación, estará constituida por cuatro ventanas, que tienen que ver con el algoritmo de solución de la ecuación de primer grado.

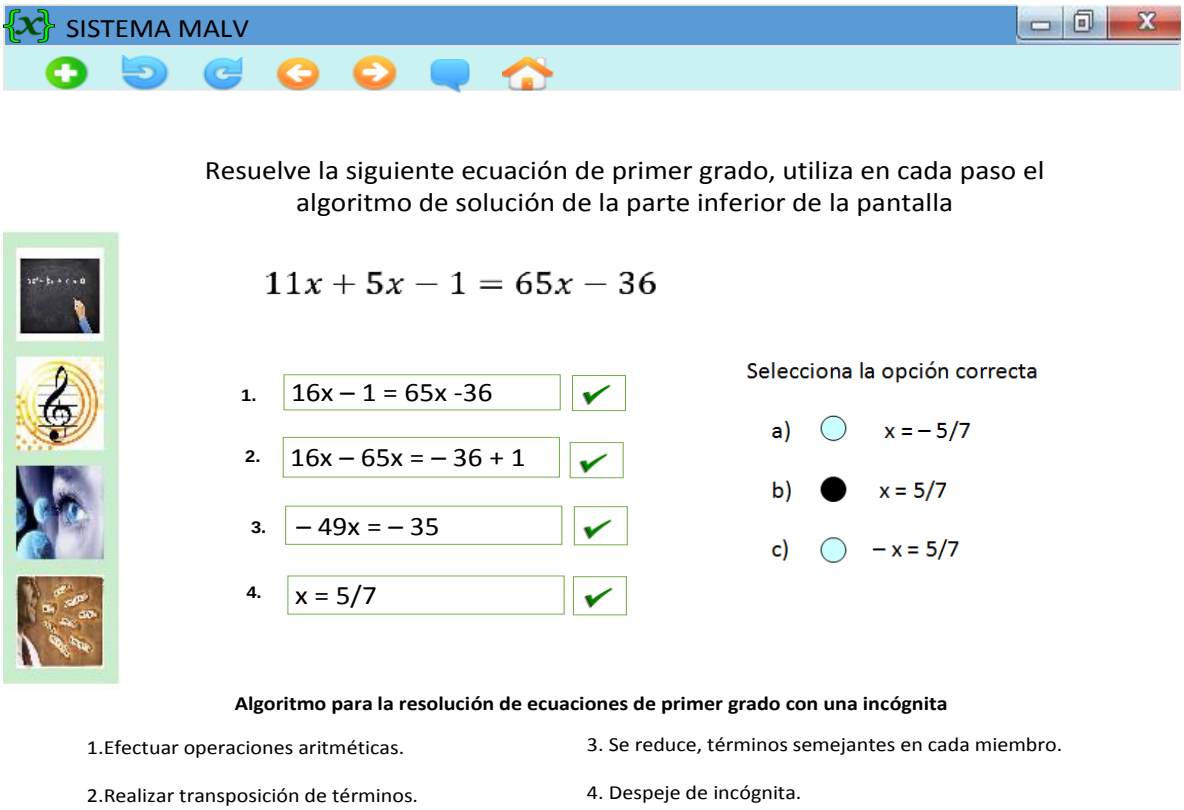


Figura 5.14. Pantalla principal de la aplicación, del sistema MALV. Estilo de aprendizaje lógico – matemático

- En caso que el alumno, en alguno de los pasos tuviera más de tres errores el sistema ya no le permitirá continuar, ya que son tres posibilidades y se observaría entonces que él alumno no está obteniendo un aprendizaje significativo en el desarrollo del problema.
- En la situación que el alumno tuviera un error el sistema detectará el tipo de error y mostrará una ventana de ayuda, igualmente adaptada al estilo de aprendizaje del alumno.
- El sistema igualmente, mostrará las ventanas de ayudas, además de los de felicitación cada vez que concluya con alguno de los ejercicios.

Conclusiones del capitulo V

En este capítulo se describió la metodología a utilizarse en el desarrollo de la IG, donde se detallaron los métodos, las herramientas y los procedimientos que provee la ingeniería de software a fin de considerarlos para el desarrollo de nuestro sistema.

Donde, fue necesario el analizar los principales paradigmas de desarrollo de software, para determinar el más idóneo en el desarrollo de la IG, de acuerdo a los requerimientos previamente determinados y descritos en el capítulo 4.

Después de seleccionar el paradigma de desarrollo de software más adecuado a las necesidades de nuestro sistema (Proceso Unificado de Desarrollo). Se hizo un desglose de cada una de las fases de desarrollo de este paradigma haciendo además un comparativo con el modelo ADDIE (para mayor detalle ver capítulo 3.3.2) el cual es una metodología para desarrollo de sistemas. Estas dos metodologías están compuestas por fases similares: a) análisis, b) diseño (desarrollo), c) implementación, d) pruebas (Evaluación).

En la fase de análisis se describen los requerimientos que especifican qué es lo que el sistema debe hacer (sus funciones) y sus propiedades esenciales y deseables. La captura de los requerimientos tiene como objetivo principal la comprensión de lo que los usuarios finales y el desarrollador esperan que haga el sistema.

En el caso de la fase de análisis del modelo ADDIE, se describe como el lugar donde se define el problema a resolver. Generar un sistema computacional (IG), que ayude en el proceso de enseñanza-aprendizaje del área del álgebra, en específico en la resolución de ecuaciones de primer grado con una incógnita.

Fase de Diseño, es la fase más importante en el desarrollo de software, debido a que es la fase que permite la obtención de un producto coherente que satisfaga los requisitos previamente definidos en la fase de análisis. El diseño desde el punto de vista técnico comprende cuatro tipos de actividades: diseño de datos, arquitectónico, procedimental y diseño de interfaces y desde el punto de vista del proyecto evoluciona desde un diseño preliminar a un diseño detallado.

En el caso de la fase de diseño del modelo ADDI, implica la utilización de los resultados de la fase de análisis a fin de planificar una estrategia para el desarrollo de la instrucción. Durante esta fase, se debe delinear cómo alcanzar las metas educativas determinadas durante la fase de análisis y ampliar los fundamentos educativos (determinados en el capítulo 4 previamente).

Fase de implementación del proceso RUP, es la etapa donde se genera el código fuente, código de la base de datos y documentación necesaria para el funcionamiento del sistema. La salida de este proceso conduce a las pruebas de validación y verificación.

Fase de implementación del modelo ADDI, estructura en base a las fases de análisis y diseño, definidas previamente. El propósito de esta fase es generar las unidades, módulos y los materiales didácticos de las mismas.

Como se puede observar las dos metodologías son muy similares, ayudando de esta manera a que el producto generado, en este caso un sistema de software educativo cumpla con las características necesarias para ser implementado.

Como parte de esta fase se hizo una descripción de las pantallas prototipo a ser implementadas, de acuerdo a la propuesta inicial del trabajo (orientadas al estudiante por medio de las inteligencias múltiples de Gardner). Donde la idea es que el sistema se adecue al estilo de aprendizaje del alumno, por medio de su vínculo de comunicación con el sistema, *la interfaz.*

Capítulo VI

Diseño de evaluación para la IG

Resumen

En este capítulo se desarrollará el tipo de evaluación de la que fue objeto nuestro sistema de IG, donde se mostrará los elementos a considerar para ello.

Considerando que la evaluación de los programas educativos radica en la determinación del grado de adecuación de dichos programas al contexto educativo, pensando además, que el propósito de nuestro sistema radica precisamente en ser un elemento de apoyo en el proceso cognitivo, en este caso, al dominio del álgebra, en particular a la resolución de las ecuaciones de primer grado con una incógnita.

Por lo tanto, es importante que la evaluación se haga tanto en sus aspectos pedagógicos y didácticos, como en los técnicos que hacen a la calidad del producto de software un elemento que debe contener ciertas pautas de garantía de calidad.

Básicamente, se realizan dos tipos de evaluaciones: 1) interna y 2) externa del software. Estas evaluaciones consideran las eventuales modificaciones sugeridas por el equipo de desarrollo y por los usuarios finales, teniéndose en cuenta a docentes y alumnos en el contexto del aprendizaje.

6.1 Introducción

En la fase de pruebas es preciso definir ciertos “criterios” para seleccionar un programa como “de acuerdo a las necesidades del docente”, y se debe considerar el uso de los vocablos evaluación y valoración que en muchos de los trabajos consultados se usan indistintamente para determinar si un programa dado cumple con los objetivos tanto técnicos como pedagógicos y didácticos para lo que fue creado.

6.1.1 Evaluación interna

Marqués (1995), menciona que se debe llevar a cabo una evaluación interna, que estará a cargo de los miembros del equipo de desarrollo del sistema (que se realiza al obtener la versión alfa) y otra evaluación externa en la que participan profesores y alumnos destinatarios del programa final, cuando se haya terminado el mismo, o esté casi listo.

Algunos autores, además de Marqués (1995) consideran que se pueden contemplar tres aspectos fundamentales en la evaluación de sistema de índole cognitivo en general: 1) aspectos técnicos, 2) pedagógicos y 3) funcionales.

- Los primeros permitirán asegurar la calidad del producto desde el punto de vista técnico específicamente, pudiéndose realizar un análisis estructural de elementos tales como el diseño de pantallas y la interface de comunicación (para mayor detalle consultar capítulo 5).

- Los aspectos pedagógicos, son aquellos que se refieren al fin con el que el software será utilizado. Por ello hay que analizar elementos como: los objetivos educativos, los contenidos y los caminos pedagógicos, que se deben considerar en toda buena programación didáctica (para mayor detalle consultar capítulo 4).

- Respecto de los funcionales, habría que considerar cuales son las ventajas que da al profesor como material didáctico y cómo facilita los aprendizajes de los alumnos.

Bork (1986), denomina a este tipo de evaluación interna como formativa, o sea la evaluación del proceso, como aquella realizada generalmente por los desarrolladores del sistema de software.

Para realizar las evaluaciones se utilizan listas de control o rúbricas, mediante planillas o plantillas de rúbricas y casillas de verificación, incluyendo no sólo preguntas cerradas, sino preguntas abiertas sobre diversos aspectos del programa. Estos resultados son los que necesita el equipo desarrollador para realizar las adecuaciones necesarias al sistema. Luego de producidos los cambios, se agregarán los efectos faltantes (como sonido, animaciones, imágenes y gráficos) y la carga de la base de datos, para proceder a emitir una versión denominada beta. (Marqués, 1995).

Para lo cual se requiere contar con la documentación generada en el desarrollo de software, para poder realizar las modificaciones necesarias de manera ágil.

6.1.2 Evaluación externa

La evaluación externa permite obtener sugerencias de los usuarios finales, en este caso de los alumnos y de los docentes que lo utilizarán como material didáctico. Durante este tipo de pruebas, se encuentran errores imprevistos no detectados y se verifica el cumplimiento de los programas con los objetivos educativos que se han considerado en el diseño.

Alfred Bork (1986) la denomina evaluación sumativa y es la evaluación del producto final que generalmente la realizan equipos distintos a los desarrolladores (en este caso los usuarios finales). La información se recoge mediante rúbricas y preguntas cerradas y abiertas a contestar luego de interactuar con el programa, durante un tiempo predeterminado.

En casi todas las investigaciones consideradas se denota la falta de herramientas de evaluación sencillas y de documentación de los programas educativos.

Como resultado de ambas evaluaciones, se obtendrá la primera versión del programa con su respectivo manual de usuario, conteniendo todos los aspectos que se consideren indispensables para el uso docente, con detalles técnicos, y del entorno pedagógico y didáctico en el que se desarrolló el programa.

6.2 Instrumentos de evaluación

En general, los instrumentos más usados, son los cuestionarios de valoración, donde las respuestas a estos cuestionarios son valoradas entre 0 y 5, por ejemplo, siendo el resultado el grado de conformidad del usuario con las afirmaciones propuestas.

Los instrumentos de evaluación, en forma de planillas se deben diseñar con inclusión de preguntas del tipo cerradas, abiertas, y casillas de verificación, permitiendo al usuario final la descripción de aspectos problemáticos y particulares del programa que no hayan sido tenidos en cuenta durante la creación del sistema. Se deberá tener en cuenta al redactar los cuestionarios la utilización de un vocabulario adecuado, sin destinatarios previstos en cada caso en particular. En la mayor parte de los cuestionarios relevados se consideran algunos aspectos claves o sobresalientes: como el logro de los objetivos, los aspectos técnicos, el desarrollo de contenidos, actividades y la documentación. Estos aspectos se categorizan en ítems, según cada propuesta.

Como cada propuesta de evaluación de software es particular, se deben analizar con cuidado las diferentes propuestas de evaluación de medios didácticos y en particular de software educativo, teniéndoselas sólo como una “guía” que luego se deberá “readaptar” a cada contexto educativo particular.

6.2.1 Las propuestas de selección y evaluación de software educativo

En las últimas décadas se han elaborado muchas propuestas con listas de criterios para seleccionar y evaluar el software educativo, algunas a nivel individual y otras a nivel institucional. Si bien varían en cuanto a contenido y estilo, todas ellas tienen un objetivo común, que es ayudar al docente a elegir y valorar un programa adecuado.

En cuanto a las propuestas de evaluación se puede citar el formulario para la evaluación de materiales informáticos de MicroSIFT (Microcomputer Software Information For Teachers) (1982) del Northwest Regional.

Educational Laboratory, de Oregon en Estados Unidos, (OCDE, 1989). Esta institución fue la primera que se dedicó a informar acerca del software educativo. Diseñó un instrumento que sirviera como base para el proceso de evaluación.

Salvas y Thomas (1964), elaboraron una lista de control para el Education Departament of Victoria, Australia. Coburn y Kelman (1985) intentaron dar orientaciones para la selección de software educativo como conjuntos de preguntas referidas a contenido de programa, pedagogía, manejo del programa y resultados de los estudiantes.

Carlos Dorado (1998) presenta una propuesta de evaluación: denominada guía de requerimientos y funcionalidades didácticas en el diseño y creación de sistemas interactivos multimedia. Esta es una de las listas más completas en cuanto al señalamiento de las actividades de comprensión que promueve: observar, retener, inferir, transferir, comparar, ordenar, clasificar, recuperar, presentar, interpretar, evaluar.

Meritxell Estebanell (1996) propone una ficha de evaluación de programas educativos, que se caracteriza por categorizar en: identificación del programa, requerimientos técnicos, descripción, análisis didáctico, ubicación, problemas y propuesta de integración curricular. Hace un gran hincapié en el análisis didáctico y los aprendizajes que se posibilita.

Un trabajo para tener en cuenta es el de Reeves (1993, 1997) con su matriz tridimensional en la que propone como dimensiones de análisis: la pedagógica, la matriz de evaluación y las dimensiones de interface de usuario, desglosando cada una en una lista de preguntas.

Otro trabajo igualmente interesante es la evaluación distribuida de software educativo de Sánchez y Alonso (1997) de la Universidad de Chile. Presentan una propuesta para mejorar y enriquecer la evaluación del software educativo que consiste en un cuestionario, que considera tres aspectos fundamentales de la producción del software educativo: el diseño de interfaces de usuario, la informática educativa y la comunicación visual. Presentan una forma de acceso innovadora mediante el acceso vía Internet, a fin de hacer más simple el proceso de evaluación del software educativo.

Pessacq et al. (1997), desarrollaron un método de evaluación de software educativo en el contexto de la Universidad Nacional de La Plata, agrupando las preguntas en tres categorías:

Contenidos, metodología de enseñanza y características de diseño del programa. Reunían en un cuarto grupo consideraciones generales. La intención era medir la utilidad de software en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Hacían especial hincapié en el diseño del programa o amigabilidad y en la filosofía del programa. Hablan del concepto de calidad verdadera como difícil de cuantificar, y polisémico pensado como satisfacción del usuario, y que como no es medible cuantitativamente, se puede estimar como satisfacción de usuario. Consideran que los resultados de la evaluación pueden permitir mejorar las versiones del programa.

6.3. Instrumento de evaluación para IG

Tomando en cuenta los criterios anteriores y debido a las características propias del sistema, se consideraron los siguientes criterios para la evaluación de la IG: 1) aspectos técnicos, 2) pedagógicos y 3) funcionales.

Dentro de los aspectos a considerar en la evaluación del criterio técnico es incluir el aspecto referente a la estética del sistema, quedando de la siguiente manera el instrumento de evaluación. Ver tabla 6.1, 6.2 y 63, respectivamente:

ASPECTOS TÉCNICOS Y ESTÉTICOS (marcar con una x)				
Aspecto	**Excelente**	**Alta**	**Correcta**	**Baja**
Entorno audiovisual (presentación, pantallas, sonido, tipo de letra)				
Calidad de los contenidos (texto, audiovisual, gráficos, cantidad)				
Navegación e Interacción (tipo de diálogo, entrada de datos, análisis respuestas)				
Originalidad y uso de tecnología avanzada				

Tabla 6.1 aspectos técnicos a evaluar para la IG. Tomado de Marqués (2001)

ASPECTOS PEDAGÓGICOS (marcar con una x)				
Aspecto	**Excelente**	**Alta**	**Correcta**	**Baja**
Capacidad de motivación				
Adecuación a los usuarios: contenidos actividades, entorno comunicación				
Potencialidad de los recursos didácticos (actividades, organizadores)				
Tutorización y evaluación (preguntas, refuerzos)				
Enfoque pedagógico actual				

Tabla 6.2 aspectos técnicos y estéticos a evaluar para la IG. Tomado de Marqués (2001)

ASPECTOS FUNCIONALES. UTILIDAD (marcar con una x)				
Aspecto	**Excelente**	**Alta**	**Correcta**	**Baja**
Eficacia. Puede facilitar el logro de los objetivos				
Facilidad de uso (entorno amigable)				
Versatilidad didáctica: modificable, niveles de dificultad, evaluación, Informes				

Tabla 6.3 aspectos funcionales a evaluar para la IG. Tomado de Marqués (2001)

Conclusiones del capítulo VI

En este capítulo se pudo observar la importancia que tiene la realización de las pruebas en el desarrollo de cualquier tipo de software, destacando en este caso el software de tipo pedagógico, donde se da relevancia a los siguientes puntos:

Es necesario realizar por un lado lo que sería la evaluación interna, la cual ya está considerada en la metodología del diseño de software (proceso RUP. Mayor información ver capítulo 5.2.1.3). En el desarrollo de un sistema de índole pedagógico, este tiene mayor relevancia, debido al impacto que tiene este en el proceso cognitivo de los estudiantes.

En el proceso de la evaluación interna, esta estará a cargo de los miembros del equipo de desarrollo del sistema (que se realiza al obtener una primera versión del sistema) y otra evaluación externa en la que participan profesores y alumnos destinatarios del programa final, cuando se haya terminado el mismo, o esté casi listo.

Marqués (1995), además de algunos otros actores coinciden, en que se deben consideran tres aspectos fundamentales en la evaluación de sistemas educativos: 1) aspectos técnicos, 2) pedagógicos y 3) funcionales.

- Los primeros permitirán asegurar la calidad del producto desde el punto de vista técnico específicamente.
- Los aspectos pedagógicos, son aquellos que se refieren al fin con el que el software será utilizado.
- Respecto de los funcionales, se considera las ventajas que el profesor observa como material didáctico de apoyo.

La evaluación externa consiste en una serie de sugerencias por parte de los usuarios finales, en este caso de los alumnos y de los docentes que lo utilizarán como material didáctico. Durante este tipo de pruebas, se encuentran errores imprevistos no detectados y se verifica el cumplimiento de los programas con los objetivos educativos que se han considerado en el diseño.

Para realizar las evaluaciones se utilizará un instrumento de evaluación, que consiste en una serie de preguntas de control o rúbricas, mediante planillas o plantillas de rúbricas y casillas de verificación, incluyendo no sólo preguntas cerradas, sino pudiendo también ser preguntas abiertas sobre diversos aspectos del programa, llevadas a cabo en un tiempo predeterminado.

Estos resultados son los que requiere el equipo desarrollador para realizar las adecuaciones necesarias al sistema. Luego de producidos los cambios, se agregarán los efectos faltantes (como sonido, animaciones, imágenes y gráficos) y la carga de la base de datos, para proceder a emitir una versión denominada beta.

Capítulo VII

Resultados y conclusiones finales

Resultados

Se realizó una prueba piloto (ver anexo B), donde se aplicó un examen de 6 preguntas a 29 alumnos (19 varones y 10 mujeres), encontrándose los siguientes resultados:

- Los datos muestran un mejor desempeño por parte de los alumnos de sexo masculino a diferencia de las mujeres, sin diferencia estadista significativa. Aunque se observan valores bajos para ambos grupos de estudiantes

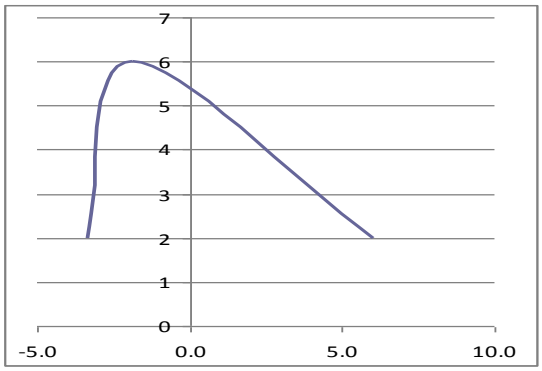
- Existe una media de 0.40 para los hombres y de 0.33 para las mujeres; su distribución es totalmente simétrica. La distribución es normal para los resultados obtenidos por las mujeres, ver tabla 7.2 y la distribución de los hombres muestra una distribución bimodal, ver tabla 7.1 con una curtosis platocúrtica con asimetría hacia la izquierda, es decir una calificación menor, que la normal o promedio aceptable.

	SEXO	PREG. 1	PREG. 2	PREG.3	PREG. 4	PREG. 5	PREG. 6	Media	Curtosis	Platotocurtica, con un sesgo hacia la izqierda.
1	**M**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	0.3	3.3	
2	**M**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	0.5	5.0	
3	**M**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	0.2	1.7	
4	**M**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	0.2	1.7	
5	**M**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	0.7	6.7	
6	**M**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	0.3	3.3	
7	**M**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	0.3	3.3	
8	**M**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	0.8	8.3	
9	**M**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	0.5	5.0	
10	**M**	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	0.5	5.0	
11	**M**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	0.2	1.7	
12	**M**	**1**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	0.5	5.0	
13	**M**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	0.2	1.7	
14	**M**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	0.2	1.7	
15	**M**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	0.0	0.0	
16	**M**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	0.8	8.3	
17	**M**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**	**1**	0.5	5.0	
18	**M**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	0.7	6.7	
19	**M**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	0.3	3.3	
		0.58	**0.32**	**0.42**	**0.32**	**0.42**	**0.37**	0.40	-0.6	**0.18**

Tabla. 7.1. Análisis de los datos del examen aplicado a los alumnos (caso varones)

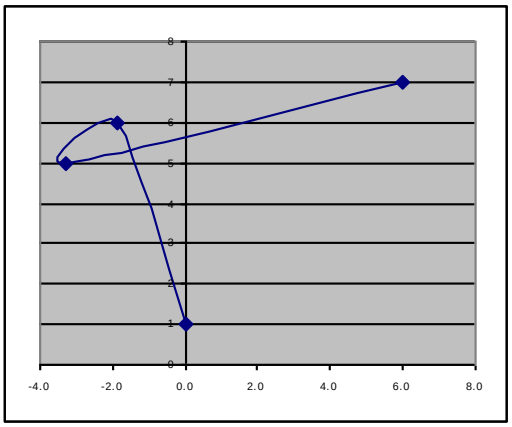
	SEXO	PREG. 1	PREG. 2	PREG.3	PREG. 4	PREG. 5	PREG. 6	Media	Curtosis	
20	F	0	0	0	0	1	0	0.17	6	
21	F	0	0	1	0	0	1	0.33	-1.875	
22	F	1	1	0	0	0	0	0.33	-1.875	
23	F	0	0	0	1	0	1	0.33	-1.875	
24	F	1	0	1	0	0	0	0.33	-1.875	
25	F	1	0	0	0	0	1	0.33	-1.875	
26	F	1	0	1	0	0	1	0.50	-3.3333	
27	F	1	0	0	0	1	1	0.50	-3.3333	
28	F	1	1	0	0	0	0	0.33	-1.875	
29	F	0	0	0	0	1	0	0.17	6	
		0.6	0.2	0.3	0.1	0.3	0.5	0.33	-0.943	1.6458062

Tabla. 7.2. Análisis de los datos del examen aplicado a los alumnos (caso mujeres)



	MUJERES
6.0	2
-1.9	6
-3.3	2

Gráfica 7.1 comportamiento de los datos de acuerdo a los resultados del examen, para el caso de las mujeres



	VARONES
0.0	1
-1.9	6
-3.3	5
6.0	7

Gráfica 7.2 comportamiento de los datos de acuerdo a los resultados del examen, para el caso de los varones

Al realizar el análisis de los datos se detectó que los tipos de errores encontrados, son precisamente los definidos en el capítulo 4, Errores de procedimiento.

Los ejercicios referidos muestran la importancia de identificar a través de la evaluación si la razón de que el alumno no consiga realizar adecuadamente la tarea está en el desconocimiento de los pasos que integran los procedimientos específicos que debe aprender. Sin embargo, la naturaleza de dicho ejercicio puede hacer pensar que tal identificación sólo es viable en tareas con objetivos claros para cuya realización es posible emplear un procedimiento de tipo algorítmico. Razón por la cual en el sistema aparece de manera continua el algoritmo para la solución de la ecuación de primer grado con una incógnita.

En cada paso del procedimiento de la resolución de la ecuación, se identificó el tipo de problema que el alumno podría tener en la resolución de la ecuación de primer grado con una incógnita, gracias al modelo del experto, lo que permitió identificar las posibles situaciones conflictivas del alumno en la resolución de la ecuación.

También se hizo uso del sistema, obteniéndose resultados muy favorables comparados con los realizados con la prueba piloto con igual cantidad de alumnos de la misma licenciatura (29: 22 hombres y 7 mujeres); hay que aclarar que en este caso tan solo se pudo probar con dos reactivos, se tomo en consideración del examen piloto donde se presentaron mayor cantidad de errores; en este caso se tuvo una media de .89 para los hombres y de 0.75 para las mujeres. Ver tablas 7.3 y 7.4

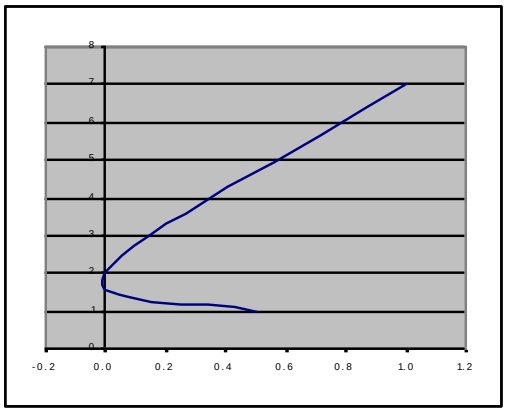
La distribución de los datos presenta una asimetría hacia la derecha considerable, lo que muestra resultados muy favorables con respecto al examen piloto. Ver gráfica 7.3 y 7.4

	SEXO	PREG. 1	PREG. 2	Media
20	F	1	1	1.00
21	F	0	0	0.00
22	F	1	1	1.00
23	F	1	0	0.50
24	F	1	1	1.00
25	F	1	1	1.00
26	F	1	1	1.00
27	F	1	1	1.00
28	F	1	1	1.00
29	F	0	0	0.00
		0.8	0.7	0.75

Tabla. 7.3. Análisis de los datos usando el sistema prototipo MALV (caso mujeres)

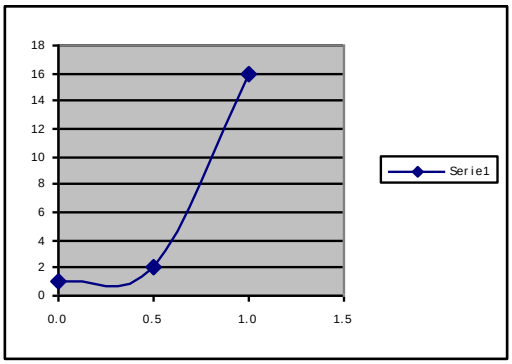
	SEXO	PREGUNTA1	PREGUNTA2	MEDIA
1	M	1	1	1.0
2	M	1	1	1.0
3	M	0	0	0.0
4	M	1	1	1.0
5	M	1	1	1.0
6	M	1	1	1.0
7	M	1	1	1.0
8	M	1	1	1.0
9	M	1	0	0.5
10	M	1	1	1.0
11	M	1	1	1.0
12	M	1	1	1.0
13	M	1	1	1.0
14	M	1	1	1.0
15	M	1	1	1.0
16	M	1	1	1.0
17	M	1	1	1.0
18	M	1	1	1.0
19	M	1	0	0.5
		0.95	0.84	0.89

Tabla. 7.4. Análisis de los datos usando el sistema prototipo MALV (caso hombres)



	MUJERES
1.0	7
0.0	2
0.5	1
6.0	RANGO

Gráfica 7.3 comportamiento de los datos utilizando el sistema prototipo MALV, para el caso de las mujeres



	HOMBRES
0.0	1
0.5	2
1.0	16
16.0	RANGO

Gráfica 7.4 comportamiento de los datos utilizando el sistema prototipo MALV, para el caso de los hombres

En las siguientes tablas de resultados se pueden apreciar las observaciones realizadas al sistema, las cuales fueron de índole técnico, pedagógicos y funcionales. En cuanto a su diseño en la parte técnica se seguirá trabajando en las mejoras de acuerdo a la información proporcionada, además de la implementación de más reactivos para la verificación de la validez del sistema. A continuación se detallan los resultados de la evaluación del sistema prototipo MALV:

ASPECTOS TÉCNICOS Y ESTÉTICOS (marcar con una x)				
Aspecto	**Excelente**	**Alta**	**Correcta**	**Baja**
Entorno audiovisual (presentación, pantallas, sonido, tipo de letra)	26	3		
Calidad de los contenidos (texto, audiovisual, gráficos, cantidad)		23	6	
Navegación e Interacción (tipo de diálogo, entrada de datos, análisis respuestas)		18	11	
Originalidad y uso de tecnología avanzada	15	12	2	

Tabla 7.5 Evaluación del sistema prototipo MALV, sobre los aspectos técnicos y estéticos

ASPECTOS PEDAGÓGICOS (marcar con una x)				
Aspecto	**Excelente**	**Alta**	**Correcta**	**Baja**
Capacidad de motivación	28	3		
Adecuación a los usuarios: contenidos actividades, entorno comunicación		23	6	
Potencialidad de los recursos didácticos (actividades, organizadores)		18	11	
Tutorización y evaluación (preguntas, refuerzos)		18	11	
Enfoque pedagógico actual		23	6	

Tabla 7.6 Evaluación del sistema prototipo MALV, sobre los aspectos pedagógicos

ASPECTOS FUNCIONALES. UTILIDAD (marcar con una x)				
Aspecto	**Excelente**	**Alta**	**Correcta**	**Baja**
Eficacia. Puede facilitar el logro de los objetivos	23	6		
Facilidad de uso (entorno amigable)	23	6		
Versatilidad didáctica: modificable, niveles de dificultad, evaluación, Informes		20	9	

Tabla 7.7 Evaluación del sistema prototipo MALV, sobre los aspectos funcionales

Cabe resaltar que se detectó que la mayoría de los alumnos de la licenciatura de la ingería en sistemas inteligentes son alumnos de tipo matemático 75%, 15% visual, 5% auditivo y 5% lingüista. Esto es importante, mencionar ya que se piensa hacer uso de este sistema en las demás licenciaturas que son del área administrativa y de las ciencias sociales, donde se cree que estos resultados se modificarán de manera considerable.

Otra consideración a mencionar con el sistema, es que se pueden detectar que tipo de problemáticas (saberes muy puntuales donde el alumno tiene deficiencias) tiene el alumno, y en su caso el profesor a cargo de la asignatura trabajar de manera precisa para su mitigación.

Otro punto a considerar por parte de la evaluación que llevó a cabo con el sistema, es que a los alumnos les grado cuando el sistema les proporcionaba las ayuda cuando tenían problemas específicos en la resolución de los ejercicios y que además estás eran de acuerdo a su estilo de aprendizaje, donde se podía modificar en caso de no desear ese elemento multimedia, gracias al uso de las TIC.

Aportaciones y trabajos futuros

Aportaciones

Las contribuciones científicas de este trabajo son las siguientes:

El trabajo se propone desde un enfoque innovador a las propuestas existentes dentro de los sistemas tutoriales inteligentes, ya que se plantea la aplicación de los conceptos del uso de las inteligencias múltiples de Gardner a estos sistemas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Se realiza un análisis de las inteligencias propuestas por Gardner que pudieran de alguna manera estimular el aprendizaje en el sistema, seleccionándose cuatro: auditivo, lingüista, lógico y visual.

El trabajo está enfocado al módulo del estudiante, donde se describen las estrategias cognitivas que ayuden a mejorar su desempeño académico, al identificar los posibles errores y de esa manera poderlos remediar. Esto es otro aporte, porque generalmente estos tipos de sistemas están enfocados al módulo tutor, donde se indica que enseñar y como enseñar.

Trabajo futuro

Los siguientes puntos presentan el trabajo futuro que puede realizarse alrededor de esta investigación:

Propuesta de utilización de algún algoritmo adaptativo para la determinación del conocimiento significativo del estudiante, ya que tan solo se tiene implementado por medio de reglas heurísticas.

Implementación de los componentes faltantes del sistema tutor inteligente en matemática.

Continuar con el llenado de más reactivos en la base de datos, que puedan ser utilizado por las otras licenciaturas de la Unidad Académica Profesional Nezahualcóyotl: aritmética para la licenciatura en educación para la salud, comercio internacional, ingeniería en trasporte e ingeniería en sistemas inteligentes. Algebra para las ingenierías en transporte y sistemas inteligentes y algunas otras temáticas de matemática.

Fuentes bibliográficas

Acuña-Garduño E. (2008). Análisis y diseño de entornos virtuales de aprendizaje colaborativo. Propuesta metodológica. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco, México D.F. 2008.

Aliseda, A. (1997). Seeking Explanations: Abduction in Logic, Philosophy of Science and Artificial Intelligence. Amsterdam: Institute for Logic, Language and Computation, Universidad de Amsterdam.

Alonso, C.M.; Gallego, D.L. y Honey, P. (1994). Cuestionario Honey-Alonso de estilos de aprendizaje. En Estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnósticos y mejora. Ediciones Mensajero. Bilbao,España 1994; 103-21.

Anderson, R. A., et al. (1985). Becoming a nation of readers. Washington, DC: National Institute of Education.

Anderson, J. and B. Reiser.(1986). “The LISP Tutor”. Byte 10:159-175.

Anderson, J. R. (1985). Cognitive Psychology and its Implications (2nd Ed.). New York: Freeman

Anderson et al. (1987) John R. Anderson, Albert T. Corbett, Brian J. Reiser, Essential Lisp, Addison-Wesley.

Baldor, A. (1988) Algebra. Publicaciones Cultural. 16ª edición, México.

Batanero, C y Godino, J. (2005). Perspectivas de la educación estadística como área de investigación. Líneas de investigación en Didáctica de las Matemáticas (pp. 203-226). Badajoz: Universidad de Extremadura.

Berger, C. y Kam, R. (1996). Training and instructional design. Laboratorio de Investigación Aplicada. Penn State University.

Bloom, S. (1956). Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals; pp. 201-207; (Ed.) David McKay Company, Inc.

Boehm B. (1988). A Spiral Model of Software Development and Enhancement, IEEE Computer, IEEE, 21(5): 61-72, May 1988

Boll, M. (1974). Historia de las Matemáticas. Ed. Diana, México. 1974.

Bork A. (1986). El ordenador en la enseñanza. Análisis y perspectivas de futuro, Barcelona, Gustavo Gili.

Bovair, S., Kieras, D. E., & Polson, P. G. (1990). The acquisition and performance of text editing skill: A cognitive complexity analysis. Human-Computer Interaction. 5(1, 1-48.

Bruner, J. (1991). Actos de significado. Más allá de la revolución cognitiva. Ed. Alianza. Madrid. 2002.

Burns, Hugh L. and Capps Charles G. (1988). Foundations of Intelligent Tutoring Systems; edited by M. Polson and J. J. Richardson, Lawrence Erlbaum Associates Publishers. USA.

Cambell, D. (1993). El efecto Mozart. Ediciones Urano, Barcelona.

Carbonell, J. (1970). AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer assisted instruction. IEEE transaction on Man Machine System. Vol.11, Nro. 4, p. 190-202.

Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1983). The psychology of human-computer interaction. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Castañeda de L., Vázquez L. M. y Vázquez, E. (2005) Los profesores en el uso y diseño de objetos de aprendizaje. Virtual Educa México. Revista Digital e-spacio UNED, España. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/view.php?pid=bibliuned:197

Castañeda, S. García, R. y González, R. (2006). Diseñando exámenes, en: S. Castañeda (Ed. Educación, aprendizaje y cognición: teoría en la práctica. México, Manual Moderno, pp. 145-170.

Castrillón, D. (2000). Un Modelo de Interfaz Inteligente Basado en Agentes para Ambientes de Aprendizaje Colaborativo, Tesis de Magister en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas Postgrado en Ingeniería de Sistemas, Medellín, 2000.

Cataldi, Z. (2000). Metodología de diseño, desarrollo y evaluación de software educativo. Tesis de maestría . UNLP. 2000, Argentina.

Cellier, F.E. (1991). Qualitative Modeling and Simulation: Promise or Illusion. In Proceedings WSC'91, Winter Simulation Conference, Phoenix, Ariz., December 8–11, pp. 1086–1090.

Coburn P., Kelman P. et al. (1985). Practical guide to computers in Education , Reading Massachusetts. Addison Wesley, citado en Squires y Mc Dougall (1994)

Craing, SD, Hu, X., Graesser, AC, Bargagliotti AE, Sterbinsky, A., Cheney, KR, & Okwumabua, T. (2013). The impact of a technology-based mathematics after-school program using ALEKS on student's knowledge and behaviors. Computers & Education, 68, 495-504

Cuevas, A. (1998). Hacia la clasificación de la computación en la enseñanza de las matemáticas, en Investigaciones en Matemática Educativa II. (Editor F. Hitt). Grupo Editorial Iberoamérica. México, págs. 273-288

Chan, Tak-Wai; Baskin, Arthur B. (1990). Learning Companion System., edited by Claude Frasson, Gilles Gauthier: Intelligent Tutoring System: at the crossroad of artificial intelligence and education : Ablex Publishing Corporation. Norwood, New Jersey, USA.

Date C. (2001). Introducción a los sistemas de bases de datos. Séptima. Edición. Editorial Pearson Educación, 2001.

Dávila, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. Laurus, num. pp. 180-205

Davis, R. B. (1979). What classroom role should the PLATO computer system play (Montrale N. J., USA: AFIPS pess.)

Davis, R. et al. (1977). Representing knowledge about mathematics for computer – aided teaching: Part II–The diversity of roles that a computer can play in assisting learning. In E. W. Elcock & D. Michie (Eds). Machine representations of knowledge (pp. 387-421). Dordrecht. The Netherlands: D. Reidel.

De Kleer, J., & Brown, J. (1984). A qualitative physics based on confluences. Artificial Intelligence, 24, 7–83.

De Vega, M. (1984). Introducción a la Psicología Cognitiva. Madrid: Alianza Editorial S.A.

Derry, S., et al. (1989). Fuzzy remedies to problems in diagnostic modeling. In D. Bierman, J. Breuker, and J. Sandberg (Eds.). Artificial Intelligence and Education: Synthesis and reflection. (pp. 81-85). Amsterdam: IOS Press.

Derry, S. (1989). Strategy and expertise in word problem solving. In M. Pressley, C. McCormick, & G. Miller (Eds.) Cognitive strategy research: From basic research to educational applications. New York, NY: Spriger Verlag.

Díaz, F et al (2002). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. (2da. edición). McGrawNHill."México.

Dick, W y L. Carey (1976) Diseño sistemático de la instrucción. Bogotá: Ediciones Voluntad.

Dorado C. (1998). Citado por Marqués (1998) y comunicación vía e-mail del 26 mayo de 1999, cdorado@pie.xtec.es

Dorin, H., Demmin, P., Gabel, D. (1990). Chemistry: The study of matter. (3rd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, Inc.

Dubinsky, E. (1989). On Teaching Mathematical Induction, II. Journal of Mathematical Behavior, 8.

EDUCOM (1989). Software snapshots: Where are you in the picture? Washington D. C. EDUCOM, citado en Squires y Mc Dougall (1994).

Falgueras, J. (2000). Usabilidad informática; Diseño actual de la interfaz de usuario. Tesis doctoral. Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación. Universidad de Málaga.

Falkenauer, E. (1999). Evolutionary Algorithms: Applying Genetic Algorithms to Real-World Problems. Springer, New York, Pág 65-88.

Fernández, S. (2002a). Sitios con Contenidos Educativos. Serie de Televisión Las tecnologías de información y la comunicación en la educación. México: Dirección General de Televisión Educativa, Secretaría de Educación Pública.

Ferreira, A., Salcedo, P., Kotz, G. & Barrientos, F. (2012). La Arquitectura de ELE-TUTOR: Un Sistema Tutorial Inteligente para el Español como Lengua Extranjera. Revista Signos, 45(79) 102-131. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=157023091001

Feurzeig, W., Papert, S. et al. (1969). Programming-Languages as a Conceptual Framework for Teaching Mathematics. Final Report on the first fifteen months of the Logo project, BBN Report No. 1989, Bolt Beranek and Newman, Cambridge, MA.

Forbus K.D. (1983). Qualitative reasoning about space and motion. Gentner and Stevens, pag.53-73.

Forbus, K. (1984). Qualitative Process Theory. En Revista Artificial Intelligence. 24: 85-168.

Gagne, R.M. y Briggs, S.J. (1974). Principles of instructional design. Nueva York, Holt, Rinehart and Winston (Traducción castellana: Planificación de la enseñanza, Mexico: Trillas, 1976).

Gagné, R.M. y Dich, W., (1983). Instructional Psychology. Ann. Rev. of Psychology, Vol. 34, pp. 261-295.

Galvis, A. (1997). Micromundos Lúdicos Interactivos: aspectos críticos en su diseño y desarrollo. Informática Educativa, 10(2):191-204. Bogotá: enseñanza para la comprensión (artículo en línea). EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Núm. 28/ Marzo 2009.

Galaviz, M. (2006). Apoyo a la enseñanza de la Matemática utilizando un Ambiente de aprendizaje basado en Instructores Interactivos de Diversiones Matemáticas: Modelo para el Maestro. CICESE UABC. México.

Gallego D, Alonso C.: (1997): Los Sistemas Multimediales desde una Perspectiva Pedagógica en Multimedia**,** UNED, Madrid.

García, H., Reyes C. and Morales, R. (2002). Diseño e Implementación de Mapas Cognitivos Difusos para Tutoriales Inteligentes. Memorias del XV Congreso Nacional y I Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI. Vol. I, pp. 51 – 59, octubre, 2002.

Gardner, M., & Hatch, (1989). Inteligencias Múltiples de ir a la escuela: implicaciones para la Educación de la teoría de las inteligencias múltiples. Investigador Educativo, págs. 4-9.

Gardner H. (1993): Las inteligencias múltiples. La teoría en la práctica. Barcelona. Paidós

Godino J. (2002). Competencia y comprensión matemática: ¿qué son y cómo se consiguen? Uno: Revista de didáctica de las matemáticas. No. 29, 2000.

González, D., S. Castañeda y M. Maytorena (2009), Estrategias referidas al aprendizaje, la instrucción y la evaluación, México, Pearson Educación.
Goodenough, W. (1971). Cultura, lenguaje y sociedad. En: J. Kahn (Comp.) (1975), El concepto de cultura: textos fundamentales (pp. 157-244). Barcelona: Anagrama.

Gronlund, N. (2000). How to write and use instructional objectives. 6th edition. Upper Saddle River, NJ: Merrill.

Gros, B. (1997). Diseños y programas educativos. Barcelona. Ariel.

Guzmán, J. y Hernández, G. (1993). Implicaciones educativas de seis teorías psicológicas. La Habana: UNAM.

Halmos, P. (1980). The heart of Mathematics. American Mathematical Monthly, 87, pp. 519-524.

Hawkes, L. W & Derry, S. J. (1989/90). Error diagnosis and fuzzy reasoning techniques for intelligent tutoring systems. Journal of AI in Education, 1, pp. 43-56.

Heinich, R., Molenda, M, Russell, J. y Smaldino, S. (1993). Modelo ASSURE

Honey P. y Mumford A. (1986). The Manual of Learning Styles. Berkshire: Ardingly: House.

Höök, K. (1997). Steps to take before IUI becomes real. To be presented at the workshop “The reality of intelligent interface technology” to be held in Edimburg, March 25, 1997.

Hunt, M. (1982). The Universe Within. Sussex: Harvester Press.

IEEE (1993). Standard IEEE 830-1993: Recommended Practice for Software Requirements Specifications. Institute of Electronic and Electrical Engineers Press.

Izcara, S. (2009). La praxis de la investigación cualitativa. México: Plaza y Valdés.

Jacobson I., Grady B. and Rumbaugh J. (2000). El proceso unificado de desarrollo de software. Editorial Pearson Educación, S.A., Madrid, 2000.

Johnson-Laird, P. N. (1983) Mental Models. Cambridge: Cambridge University Press. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Johnson, D. et. al. (1995). Los nuevos círculos de aprendizaje. San Fco.: Jossey Bass Publishers.

Johnson, D. & Johnson, R. (1997). Learning to lead teams: Developing leadership skills. Edina, MN: Interaction Book Company.

Johnson W. L, Rickel J.W. & Lester J.C. (2000). Animated Pedagogical Agents: Face-to-Face, Interaction in Interactive Learning Environments, International Journal of Artificial Intelligence in Education, 11(2000), 47-78.

Johnson, W. L; Rickel, J. & Lester, J. (2000) Animated Pedagogical Agents: Faceto- Face Interaction in Interactive Learning Environments. International Journal of AIED.

Johnson, W.L. and Hayes-Roth, B., The First Autonomous Agents Conference. The Knowledge Engineering Review 13(2), pp. 1-6, 1998.

Johnson, W. L. (1986). Intention-based diagnosis of novice programming errors. Morgan Kauffman.

Juzgado, J. (1996). Procesos de construcción del software y ciclos de vida. Universidad Politécnica de Madrid

Kaput, J. (1992). Technology and mathematics education. In D. Grouws (Ed.), A handbook of research on mathematics teaching and learning (pp. 515-556). New York: Macmillan.

Kieras, D. E., & Polson, P. G. (1985). An approach to the formal analysis of user complexity. InternationalJournal of Man-Machine Studies, 22, 365-394.

Kohelle, D. (1996). Intelligente User Interfaces: An Independent Study Project.

Kuipers B. (1984). Commonsense Reasoning about casuality: deriving behavior from Structure. Bobrow and Hayes, pag 169-203. .

Kim, J. H. (1989). CIRCSIM-Tutor: An Intelligent Tutoring System for Circulatory Physiology. Ph.D. Thesis, Illinois Institute of Technology.

Kim, J. H. (2000) Natural Language Analysis and Generation for Tutorial Dialogue. Ph.D. tesis, Illinois Institute of Technology.

Kolb, D. A. (1984). Experimental learning: experience as the source of learning and development. New Jersey: Prentice Hall

Lancaster K. (1962). The scope of qualitative economics. Q. Journal Economy nº 80. pag.99- 123 1962.

Laureano-Cruces, A. L. (2000). Interacción Dinámica en Sistemas de Enseñanza Inteligentes, Tesis de Doctorado en Investigación Biomédica Básica, Instituto de Investigación Biomédica, UNAM, 2000.

Laureano-Cruces, A., F. de Arriaga. (2000). Reactive Agent Design for Intelligent Tutoring Systems. En Cybernetics and Systems (an International Journal). Vol. 31, pp. 1- 47. ISSN: 0196-9722. (Ed). TAYLOR & FRANCIS.

Laureano-Cruces, A., Terán-Gilmore, A., de Arriaga, F, El Alami M. (2003).La Importancia de las Estrategias Cognitivas en el Diseño del Currícula Didáctico. Vol. I, pp. 35 – 41. En el XVI Congreso Nacional y II Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI. Zacatecas, 22-24 de octubre del 2003.

Laureano-Cruces, A., Terán-Gilmore, A., de Arriaga, F. (2003b). Un Enfoque Didáctico-Cognitivo del A análisis de los Conceptos de los Sistemas de un Grado de Libertad. En Revista Digital Universitaria. http://www.revista.unam.mx/ Vol. 4, Núm. 7, 30 de noviembre de 2003.

Laureano-Cruces, A., Ramírez-Rodríguez, J., Terán-Gilmore, (2004). A. Evaluation of theTeaching-Learning Process With Fuzzy Cognitive Maps. En Memorias de Ibero-American Conference on Artificial Intelligence. IBERAMIA 2004.

Laureano-Cruces, A.L., Mora-Torres, M., Ramírez-Rodríguez, J. Gamboa- Rodríguez, F. (2009). Emotions as an Element that Maximizes the Effectiveness of a Pedagogical Agent. Proceedings de E-Learn 2009 World Conference on ELearning in Corporate Govermment, Healthcare, & Higher Education, pp. 2817- 2822.ISBN: 1-880094-76-2. Chesapeake, VA: AACE. www. EdiTLib.org. Vancouver, Canada, October 26-30.

Laureano-Cruces, A., Mora-Torres, M., Ramírez-Rodríguez, J., Gamboa- Rodríguez, F. (2010). Implementation of an affective-motivational architecture tied to a teaching learning process. En Proceedings de E-Learn 2010 World Conference on E-Learning in Corporate Govermment, Healthcare, & Higher Education, pp. 1930-1938. ISBN: 1-880094-53-5. Orlando, Florida, October 18-22.

Laureano-Cruces, A.L. Rodríguez-García, A. (2011). Design and implementation of an educational virtual pet using the OCC theory. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. Volume 3, Issue 1, pp. 61-71. DOI 10.1007/s12652- 011-0089 4.

Lester, J.C. y B.A. Stone.(1997). Increasing Believability in Animated Pedagogical Agents. En Memorias Autonomous Agents 97, pp. 16-21. Marina del ReyCalifornia USA.ISBN: 0-89791-877-0/97/02. 1997.

Lieberman, H. (1995). Letizia: An Agent that Assists Web Browsing", In proceedings of IJCAI 95, AAAI press.

Litman d. J. and Silliman. S. (2004). Itspoke: An Intelligent Tutoring Spoken Dialogue System. In Proceedings of the Human HLT/NAACL, Boston, MA, May.

Luzardo M. (2004). Herramientas Nuevas para los Ajustes Virtuales de la Educación: Análisis de los Modelos de Diseño Instruccional (Tesis de Doctorado, Tecana American University).

Macaulay, L.A. (1995b), Human Computer Interaction for Software Designers, Thomson International Press, ISBN 1-850-32177-9. Macaulay, L.A., (1995c).

Maes, P. 1993. Situated Agents Can Have Goals. Designing Autonomous Agents: Theory and Practice from Biology to Engineering and Back, pp. 49-70. The MIT Press Cambidge, Massachusetts London, England.

Maravall D. y De Castro A. (1961). Métodos matemáticos para la Ingeniera. Ed. Dossat, Madrid.

Marqués, P. (1995). Metodología para la elaboración del software educativo en Software Educativo. Guía de uso y Metodología de diseño, Barcelona 1995.

Martínez, M. (2008). Epistemología y metodología cualitativa. México: Trillas.

McCalla, G.,Nwana, H. (1990). Intelligent tutoring systems: an overview. Artificial Intelligence Review, 4(4), 251-277.

Meritxell E. (1996). Ficha de Evaluación de Programas Educativos, Universidad de Girona.

MicroSIFT (1982). Evaluation guide for Microcomputer-Based Instructional Packages. Microcomputer Software Information for Teachers. (MicroSIFT): Northwest Regional Laboratory, Oregon, citado en Squires y Mc Dougall (1994).

Moher, T. y Schneider, G.M. [1982]. Methodology and Experimental Research in Software Engineering. International Journal of Man-Machine Studies, 16(1), 65-87

Montoro, M. (2000). Entornos Inteligentes. Un nuevo paradigma de interacción. Tesis en Departamento de Ingeniería Informática: Universidad Autónoma de Madrid, 2000.

Murray, T. (1999) "Authoring Intelligent Tutoring Systems: An Analysis of the state of the art". International Journal of Artificial of Artificial Intelligence in Education.(12) 98-129.

Neal, J. & Shapiro, S. Intelligent Multi-media Interface Technology. In: J. W. Sullivan, A. W. Tyler (eds): Intelligent User Interfaces, ACM Press, 1991

Newell, A. y Simon, H. (1972). Human problem solving. Prentice-Hall.

Parkes, A. and Self J. (1990) Towards "Interactive Video": A Video-Based Intelligent Tutoring Environment. In Frasson C. and Gauthier G. (Eds) Intelligent Tutoring Systems: At the Crossroad of Artificial Intelligence and Education. Ablex, Norwood, NJ.

Perkins, D. (1995). La enseñanza y el aprendizaje. La Teoría Uno y más allá de la Teoría Uno, en La escuela inteligente, cap. 3, pp. 68, 70 y 75, Barcelona, Gedisa. ISBN: 8474325609 ISBN-13: 9788474325607.

Pessacq R., Iglesias O. et al. (1997). Evaluation of University Educational Software. John Wiley & Sons. Apl. Eng. Educ. 5: 181.185.

Poincaré, H. (1944). Ciencia y método. Madrid: Espasa.

Polson, M. & Richarson, J.J. (1988) Foundations of Intelligent Tutoring Systems. New York: Lawrence Erlbaum Associates Inc. Publisher.

Polya, G. (2002). Cómo plantear y resolver problemas.Ed. Trillas. México.

Porta, M. (2002): Vision-based user interfaces: methods and applications. Int. J. Human-Computer Studies.

Pressman R. (2005). Ingeniería de software. Un enfoque práctico. Séptima edición. Editorial Mc Graw Hill. México

Pressman R. (2010). Ingeniería de software. Un enfoque práctico. Séptima edición. Editorial Mc Graw Hill. México

Reigeluth, C. y Stein, F. (1983). The Elaboration Theory of Instruction. En C. M. Reigeluth (ed.). Instructional design: theories and models: an overwiev of their current status. Hildsdale, New Yersey: L. Erlbaum. 335-381.

Reeves T. C. (1993). Evaluating technology based learning , in Piskurich. ASTD. Handbook of Information Technology, citado en Reeves T. C. (1997).

Rodríguez-Aguilar, R., Laureano-Cruces, A. y Sánchez, J. (2010, c). Diseño de un ambiente virtual de aprendizaje: un enfoque reactivo a las distintas inteligencias Desarrollo Tecnológico. ISBN 978-607-707-097-9, pp. 494-505. XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de Informática y Computación ANIEI 2010 en Puerto Vallarta, Jalisco, México, 13 al 15 de octubre del 2010.

Salvas A., Thomas G. (1964). Evaluation of software, Melbourne, Department of Victoria, citado en Squires y Mc Dougall (1994)

Sarmiento, M. (2004). La enseñanza de las matemáticas y las NTIC. Una estrategia de formación permanente. Tesis doctoral inédita, Universitat Rovira i Virgili.

Silverschartz, A., Korth, H., Sudarshan S. 2006 Fundamentos de Bases de Datos. Quinta edición. Editorial McGrawHill, 2006.

Simon H. A. Causal ordering and identiability Studies of Econometric Models, Hood W. C. and Koopmans T.C. eds., pag. 49-74 1953.

Solomon, C. (1987). Entornos de Aprendizaje con Ordenadores; Una reflexión sobre teorías del aprendizaje y la educación, Paidos España.

Sommerville I. (2004). Ingeniería del Software, Prentice Hall. ISBN:8478290745 January 2005. 687 páginas 7ª. Edición.

Sternberg, R.J. (1985,a). Beyond IQ. A triarchic theory of human intelligence. Nueva York: Cambridge University Press (Traducción castellana de 1985, con el título Más allá del CI. Bilbao: DDB).

Sternberg, R.J. (1986). Beyond IQ. New York: Cambridge University Press-

Suppes, P. (1967). On using computers to individualize instructiono In D. D. Bushnell and D. W. Allen (Eds.), The computer in American education. New York: Wiley. Pp. 11-24.

Thom R. (1977). Stabilite structurelle et morphogenese. InterEditions, Paris.

Turk, M. & Robertson, G. (2000). Perceptual User Interfaces" Communications of the ACM. vol.43, nº3, pp. 32-34.

Tyler, S., et al. An Intelligent Interface Architecture for Adaptive Interaction. In: J. W. Sullivan, A. W. Tyler (eds): Intelligent UserInterfaces, ACM Press, 1991.

Volterra L. (1960). Lecons sur la theorie mathematique de la lutte pour la vie. aris Gauthiers Villars.

Waern, A. (1997). What is an Intelligent Interface? Notes for an introduction seminar, March 1997.

Wenger, E., (1987) Artificial intelligence and tutoring systems: Computational and cognitive approaches to the communication of knowledge. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1987.

Zeeman E. (1977). Catastrophe theory. Addison-Wesley, 1977.Conference on Articial Intelligence (AAAI'93), pag 649-654 (1987).

Fuentes electrónicas

Acuña-Garduño, González-Beltrán, Herrera-batista (2008).Tecnologías de la información y la comunicación para apoyar el aprendizaje colaborativo. Revista Electrónica Cognición N.10 ISSN 1850-1974. Consultado el 13 de julio de 2014. Disponible en: http://www.cognicion.net/index.php?option=com_content&view=article&id=57:tecnologas-de-la información-y-la-comunicacin-para-apoyar-el-aprendizaje.

Broderick, C. L. (2001). What is Instructional Design? Disponible en: http://www.geocities.com/ok_bcurt/whatisID.htm.

Cataldi, Zulma; Lage, Fernando J. (2009) Sistemas tutores inteligentes orientados a la Comisión Europea (2013). Consultado el 13 de julio de 2014. Disponible en: http://www.intelligent-tutor.eu

Lewis, C. H., & Rieman, J. (1993). Task-centered user interface design: A pratical introduction. Consultado 10 Mayo 2014. Disponible en: http://oldwww.acm.org/perlman/uidesign.html .

Luck M., McBurney P., Shehory O., Willmott S. (2005). Agent technology: computing as interaction. A Roadmap for agent-based computing Consultado el 13 de julio de 2014. Disponible en: http://www.agentlink.org/roadmap/index.html

Marqués, P. (2001). Consultado el 13 de julio de 2014. Disponible en: http://dewey.uab.es/pmarques/evalua.htm .

McGriff, S. J. (2000). Instructional System Design (ISD): Using the ADDIE Model. Consultado el 13 de julio de 2014. Disponible en: http://www.personal.psu.edu/users/s/j/sjm256/portfolio/kbase/IDD/ADDIE.pdf

Merguel B, (1998). Diseño Instruccional y Teoría del Aprendizaje, Universidad de Saskatchewan, Canadá. Consultado el 13 de julio de 2014. Disponible en: www.usask.ca/education/coursework/802papers/mergel/espanol.pdf.

Mora-Torres, M.; Laureano-Cruces, A. L.; Velasco-Santos, P. (2011) "Estructura de las emociones dentro de un proceso de enseñanza-aprendizaje", Revista Perfiles Educativos-UNAM, XXXIII (131):64–79. Disponible en: http://www.iisue.unam.mx/seccion/perfiles/.

Padrón, J. (2007). Tendencias epistemológicas de la investigación científica en el siglo XXI. Cinta de Moebio. No. 28, 1-28. Consultado el 6 de julio de 2014. Disponible en: http://www.moebio.uchile.cl/28/padron.html-

Peñalosa, E. y Castañeda, S. (2009). El Análisis Cognitivo de Tareas, Base para el Diseño de Instrumentos de Evaluación en el Aprendizaje en Línea. Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa, 2 (1), pp. 162-185. Moebio. No. 28, 1-28. Consultado el (2 de junio 2014).
Disponible http://www.rinace.net/riee/numeros/vol2-num1/art9.pdf.

Reeves T. C. (1997). Evaluation tolos Consultado el 13 de julio de 2014. Disponible en: www.mime1.marc.gatech.edu/ MM_tools/evaluation.html

Sánchez J. y Alonso O. (1997). Evaluación distribuida de software educativo a través de Web. Consultado el 13 de julio de 2014. Disponible en: www.dcc.uchile.cl/~oalonso/educacion/

Serrano, W. (2005) ¿Qué constituye a los lenguajes natural y matemático?. SAPIENS, Caracas, v. 6, n. 1, Consultado el 13 de julio de 2014. Disponible en: <http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1317-58152005000100004&lng=es&nrm=iso>.

Sisto, V. (2008). La Investigación como una Aventura de Producción Dialógica. Psicoperspectivas, 114-136. Consultado el 13 de julio de 2014. Disponible en: http://www.psicoperspectivas.cl.

Tello, E. (2008). Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y la brecha digital: su impacto en la sociedad de México. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC). Vol. 4, n.º 2. UOC. ISSN 1698-580X. Consultado el 13 de julio de 2014. Disponible en: http://www.uoc.edu/rusc/4/2/dt/esp/tello.pdf .

Anexo A

Inteligencia musical	1	2	3	4	5
Se da cuenta cuando la música esta desentonada o se escucha					
Recuerda las melodías de las canciones					
Toca un instrumento, canta en un coro o en algún tipo					
Canturrea sin darse cuenta					
Tamborilea rítmica-mente sobre la mesa o escritorio mientras trabaja					

Puntaje total*2.5%

Inteligencia Visual (espacial)	1	2	3	4	5
Lee mapas, gráficos y diagramas con facilidad					
Le gusta resolver rompecabezas, laberintos y otras actividades visuales similares.					
Dibuja figuras avanzadas para su edad.					
Le gusta observar imágenes, diapositivas u otras presentaciones visuales.					
Cuando lee, aprovecha más las imágenes que las palabras					

Puntaje total*2.5%

Inteligencia Lingüística	1	2	3	4	5
Cuenta bromas, chistes o inventa cuentos increíbles					
Disfruta los juego de palabras					
Disfruta leer libros					
Escribe correctamente.					
Tiene buena memoria para los nombres, lugares fechas y trivialidades					

Puntaje total*2.5%

Inteligencia Lógica-Matemática	1	2	3	4	5
Se le facilita darle solución algún tipo de problema.					
Se le facilita realizar operaciones matemáticas de manera mental					
Le gusta clasificar y jerarquizar objetos					
Tiene un buen sentido de causa y efecto					
Disfruta las clases de matemática					

Puntaje total *2.5%

Anexo B

Examen Diagnóstico de Evaluación Matemática

Semestre: ( ) Sexo: (M) (F)

I.- Marque la respuesta correcta de la resolución de las siguientes ecuaciones de primer grado con una incógnita

1.- $8x - 4 + 3x = 7x + x + 14$

a) $x = 10/3$ b) $x = 6$ c) $x = 5/9$ d) $x = 1$

2.- $5y + 6y - 81 = 7y + 102 + 65y$

a) $y = 3$ b) $y = 183/83$ c) $y = -3$ d) $y = -183/83$

3.- $x - (2x + 1) = 8 - (3x + 3)$

a) $x = 5$ b) $x = -3$ c) $x = 11/4$ d) $x = 3$

4.- $71 + [-5x + (-2x + 3)] = 25 - [-(3x + 4) - (4x + 3)]$

a) $x = 48/7$ b) $x = 3$ c) $x = 0$ d) $x = 48/9$

5.- $(x + 1)(x - 2) - (4x - 1)(3x + 5) - 6 = 8x - 11(x - 3)(x + 7)$

a) $x = 234/52$ b) $x = 231/18$ c= $x = 4.5$ d) $x = 13$

6.- $3(x - 2)^2 (x + 5) = 3(x + 1)^2 (x - 1) + 3$

a) 24/19 b) no tiene solución para x c) 78/57 d) $x(6x - 57)+72$

ANEXO C

Índice de siglas

BC	Bases de conocimiento
CAI	Computer Aided Instruction
CCC	Computer Curriculum Corporation
CHORIS	The Computer-Human Object-oriented Reasoning Interface System
CUBRICON	Cubrc inteligente Conversacional. Nombre dado por las fueras aéreas de USA
HCI	Human Computer Interaction
IA	Inteligencia artificial
IG	interfaz gráfica
ITSEL	InTeractive SEt Languaje
LISP	Intelligent Tutoring System creado por Lisp
M.I.T	Instituto Tecnológico de Massachusetts
MALV	Significado de las iniciales de las inteligencias, matemática, auditiva, lingüista y visual
MU	Modelo de usuario
NSF	National Science Foudation
PU	Interfaz perceptiva de usuario. En inglés (Perceptual User Interface)
QPT	Qualitative Process Theory
RUP	Proceso unificado de Desarrollo
SAGE	Sistema algebraico computacional (en inglés CAS) escrito en Python
STI	Sistema Tutor Inteligente
TICCIT	Time-shared Interactive Computer Controlled Information Television
U.S.A	Estados Unidos de América

CURRICULUM VITAE

DATOS PERSONALES

ESCOLARIDAD:

PROFESIONAL:	1990-2001 Universidad Autónoma Metropolitana, Plantel Iztapalapa, Lic. en Computación (Titulada).
MAESTRIA:	2002- 2005 UNAM-IIMAS, C.U Maestría en Ciencias Computacionales (Títulada).
TEMA DE TESÍS:	**"Tutor Inteligente de Didáctica General"**
ÁREA DE DESARROLLO:	Sistemas Basados en conocimiento, Nuevas Tecnologías, desarrollo de software inteligente.

Experiencia Laboral:

Del 23 de agosto de 2007 a la fecha, laboró como Profesora de tiempo completo, además de dirigir la Coordinación de la Lic. en Ing. en Sistemas Inteligentes en la Unidad Académica Profesional "Nezahualcóyotl"-UAEMex.

Docencia:

Impartición de cursos a nivel licenciatura en la Unidad Académica Profesional "Nezahualcóyotl" – UAEMex., UAM-I y en la U.T.N, con asignaturas relacionadas con el área de la computación, además de impartición de cursos de posgrado en la Maestría en Ciencias Computacionales de la UAEMex.

Investigación:

He sido responsable en diversos proyectos de investigación financiados por la propia institución ("Modelo de un Tutor Inteligente aplicado al área de las matemáticas", "Modelación logística de políticas de consolidación de trasporte utilizando para su solución herramientas de inteligencia artificial).

Congresos:

Rosa María Rodríguez-Aguilar, Ana Lilia Laureano-Cruces, Jorge Manuel Alejandro Sánchez de Antuñano. "Diseño de un Ambiente Virtual de Aprendizaje: un enfoque reactivo a las distintas inteligencias". XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de Informática y Computación ANIEI 2010

Rosa María Rodríguez Aguilar, Jorge Manuel Alejandro Sánchez de Antuñano, José Luis Miguel Castillo González. "Mejora en el proceso de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas". *Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico, 24 al 26 de noviembre de 2010, Cuernavaca Morelos, México*

Es autora y co-autora de varios trabajos publicados en extenso desprendidos de participaciones en Conferencias.

Artículos:

Rosa María Valdovinos Rosa, Rosa María Rodríguez Aguilar, José Julio Nares Hernández, Adrián Trueba Espinoza y Roberto Alejo Eleuterio. "Entorno Educativo virtual como apoyo en la enseñanza de la teoría del delito". ISSN: 1665-6180, núm. 14. Revista Apertura, Universidad de Guadalajara. Abril 2011.

Rosa María Rodríguez-Aguilar, Jorge Manuel Alejandro Sánchez de Antuñano y Ana Lilia Laureano-Cruces. "Intelligent Tutoring System: An approach to the model of the students using multiple intelligences". Journal Research in computing science. Advances in computing science. ISSN 1870-4069, Vol.58. November 2012. México, D.F.

Rosa María Rodríguez Aguilar, José Luis Miguel Castillo González y Alicia Lucrecia Lira Campos. "Diseño de un tutor inteligente". ISSN: 1665-6180, núm. 18. Revista Apertura, Universidad de Guadalajara. Abril 2013.

Reconocimientos:

Perfil PROMEP (Programa de la SEP) desde 2012.