



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ACAPULCO**

**DISEÑO DEL MÓDULO DEL ESTUDIANTE DE UN SISTEMA
TUTOR INTELIGENTE**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MAESTRO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

PRESENTA:

ING. SAYURI VIANNEY DE LA CRUZ RAMOS

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. MIRIAM MARTÍNEZ ARROYO

CO-DIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSÉ ANTONIO MONTERO VALVERDE

ACAPULCO, GRO., DICIEMBRE 2019

El presente trabajo de tesis fue desarrollado en el Instituto Tecnológico de Acapulco, perteneciente al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC-CONACYT).

Con domicilio para recibir y oír notificaciones en Av. Instituto Tecnológico de Acapulco s/n,
Crucero del Cayaco, Acapulco, Guerrero, México. C.P. 39905.

Becario:	Sayuri Vianney de la Cruz Ramos.
CVU:	852303
Núm. de apoyo:	627109
Grado:	Maestría



Descargo de Responsabilidad Institucional

La que suscribe C. Sayuri Vianney De la cruz Ramos, alumna de la Maestría en Sistemas Computacionales, con número de control G17320010 declara que el presente documento intitulado “Diseño del Módulo del Estudiante de un Sistema Tutor inteligente” es un trabajo propio y original, el cuál no ha sido utilizado anteriormente en institución alguna para propósitos de evaluación, publicación y/o obtención de algún grado académico.

Además, se han recogido todas las fuentes de información utilizadas, las cuales han sido citadas en la sección de referencias bibliográfica de este trabajo.

Nombre: Ing. Sayuri Vianney de la Cruz Ramos

Fecha y firma_____

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi familia en especial, por ser mi razón y mi motivación entera.

A mi madre Irasema, por las veces en que aún en mi desespero y estrés, estuvo ahí para apoyarme, para darme una palabra de aliento y no me dejó sola, aun cuando no podía estar por completo con ella.

A mi padre Carlos, por desde pequeña pedirme llegar en mi educación, lo más lejos posible y hacerme querer ampliar mis propias expectativas. Sobre todo, por confiar en mi capacidad y mi fortaleza.

A mis hermanos, por ser el complemento perfecto de este quinteto. A Carlos, que aún en su extraña forma de amarnos, siempre tiene una manera de demostrarlo. A Naomi y Anja, por siempre brindarme palabras de aliento y estar orgullosas de mí. Por quererme y sostenerme, cuando siento que ya no puedo.

A Ernesto, por ingresar junto conmigo a este proyecto, aun cuando no estaba completamente de acuerdo. Y, sin embargo, ser ese ser que me apoya en todas mis decisiones, aunque suenen a locura.

Agradecimientos

Primero que nada, agradezco a Dios por permitirme llegar hasta aquí. Por al fin llegar a la meta y nunca dejarme de su mano, a pesar de que muchas veces sentí que ya no podía más.

Al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo y patrocinio para la realización de este proyecto de tesis.

Agradezco de gran manera a mi asesora, la Dra. Miriam Martínez Arroyo por la paciencia, el apoyo y la dedicación a este proyecto. Y al Dr. Eduardo De la cruz Gámez por su guía.

A mis compañeros de maestría, les agradezco que a pesar de las adversidades y en ocasiones, diferencias de opiniones, al final pudimos tener una gran unión, compañerismo y apoyo entre todos. A Cristián, por ser un gran mentor y un apoyo incondicional y a Marbe y Selma por su amistad y por creer en mí.

A mi familia, que es mi gran apoyo incondicional en todo momento. No somos la familia perfecta, pero el amor que nos tenemos siempre prevalece.

A Ernesto, por ser mi apoyo incondicional en todo momento, por ser mi pilar, mi fortaleza, la luz en mis días más oscuros. Y aunque la vida es incierta, siempre tendrá un lugar en mi corazón.

Resumen

En el presente trabajo se muestran los avances en el desarrollo de un Sistema Tutor Inteligente (STI) con una arquitectura típica, conformada por Módulo del Dominio, Módulo del Tutor y Módulo del Estudiante. Particularmente nos enfocamos al desarrollo del Módulo del Estudiante. El sistema consta de tres módulos:

- El Módulo de estilos de aprendizaje se utiliza para la detección de la forma en la que el estudiante aprende mejor, llamada Estilo de aprendizaje.
- El Módulo de inteligencias múltiples determina el tipo de inteligencia del estudiante, de las ocho existentes según Gardner.
- El Módulo de evaluación presenta la enseñanza de una materia en particular, de manera individualizada.

La interfaz gráfica fue realizada con el lenguaje C#, vinculado con la herramienta GeNie; que se utilizan para crear la clasificación dentro de los canales de aprendizaje con Redes bayesianas, con las cuales se construyeron escenarios aptos para la evaluación del estudiante, los cuales son el fundamento para la materia de enseñanza y permiten modelar el comportamiento del estudiante. El sistema se probó con una muestra de 30 alumnos con la materia de Investigación de Operaciones.

Palabras clave: *Sistema Tutor Inteligente, Módulo del Estudiante, Redes Bayesianas, Estilos de Aprendizaje.*

Tabla de contenido

Capítulo I: Introducción	1
1.1 Antecedentes del problema	2
1.1.1 Principios básicos para el diseño de un STI.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Hipótesis	6
1.5 Justificación	6
1.6 Alcances y Limitaciones	7
1.6.1 Alcances.....	7
1.6.2 Limitaciones.....	7
Capítulo II: Estado del arte	8
Capítulo III: Marco teórico	15
3.1 Sistema Tutor Inteligente	15
3.2 Módulos	16
3.2.1 Módulo del tutor.	16
3.2.2 Módulo del Dominio.....	16
3.2.3 Módulo del Estudiante.....	17
3.2.3.1 Estilos de aprendizaje.	17
3.2.3.2 Estado de conocimiento.....	18
3.2.3.3 Perfil psico-sociológico.	18
3.3 Inteligencias múltiples de Gardner.	18
3.4 Investigación de Operaciones	20
3.5 Conceptos de herramientas y técnicas de trabajo	21
3.5.1 SCRUM.....	21
3.5.2 Enterprise Architect.	22
3.5.3 Sprintometer.....	23
3.5.4 My SQL.	24
3.5.5 Visual Studio.....	25
3.6 Lenguaje de programación.....	26
3.6.1 C#.....	26
3.6.2 CMap Tools.	26
3.6.3 SMILE (Structural Modeling Inference and Learning Engine).	27
3.6.4 Genie.....	27
3.6.5 Redes Bayesianas.....	28
3.6.6 Inferencia bayesiana.....	29
3.6.7 Test Adaptativo Informatizado (TAI).....	31
3.6.8 Estilos de Aprendizaje.	33
Capítulo IV: Metodología	35
4.1 Arquitectura de un Sistema Tutor Inteligente (STI)	35

.....	35
4.2 Descripción del Método.....	36
4.2.1 Técnicas utilizadas: Redes Bayesianas y Test Adaptativos Informatizados (TAI).	36
4.2.2 Algoritmo de propagación de probabilidades para redes con forma de árbol.	40
4.3 Descripción del Software.....	46
4.4 Diseño de la base de datos del módulo del Estudiante	47
4.5 Módulo Estilos de aprendizaje.....	47
4.5.1 Detección de los Estilos de Aprendizaje.....	48
4.6 Módulo Inteligencias múltiples.....	50
4.7 Módulo de evaluación.....	53
Capítulo V: Resultados y conclusiones.....	55
5.1 Resultados.....	55
5.2 Conclusiones.....	71
5.3 Trabajo Futuro	72
Bibliografía.....	74
Anexos	76
ANEXO A: Propagación de probabilidades en el programa	76
ANEXO B: Test de Investigación de Operaciones y para la detección del Estilo de aprendizaje (Escrito).....	77
ANEXO C: Base de datos de las preguntas de la materia	78
ANEXO D: Datos generales de los alumnos	81
ANEXO E: Ejemplos de algunos exámenes escritos resueltos	82
ANEXO F: Cálculo de la probabilidad de la Red bayesiana de Estilos de aprendizaje	85
ANEXO G: Alumnos realizando el Test escrito y el Test del sistema	86

Lista de tablas

Tabla 3.1 Modelo de aprendizaje VAK, Bandler y Grinder.	34
Tabla 4.1 Test de VAK (Bandler & Grinder).	48
Tabla 4.2 Nomenclatura de la RB Estilos de Aprendizaje.....	49
Tabla 4.3 Preguntas para las Inteligencias múltiples.	51
Tabla 4.4 Inteligencias múltiples, sus características y cantidad de preguntas asignadas.	52
Tabla 4.5 Nomenclatura de la RB del Nivel de Aprendizaje.....	54
Tabla 5.1 Calificaciones del test escrito.	68
Tabla 5.2 Calificaciones del test del sistema.	69

Lista de figuras

Figura 1.1 Evolución de los Sistemas de Enseñanza (Urretavizcaya, 2001).	2
Figura 3.1 Disciplinas principales que conforman un STI (Fuente: Elaboración propia).	15
Figura 3.2 Modelo de Investigación de Operaciones. (Fuente: Elaboración propia).	21
Figura 3.3 Proceso de la Metodología SCRUM (Herizont, 2019).	22
Figura 3.4 Proceso del desarrollo de una aplicación (Ceballos, 2014).	26
Figura 3.5 Arquitectura de Genie y SMILE (Fuente: Elaboración propia).	27
Figura 3.6 Ejemplo de Red Bayesiana inicial del Modelado de una pregunta. (Fuente: Elaboración propia).	28
Figura 3.7 Estructura de un Test Adaptativo. (Fuente: Elaboración propia).	32
Figura 4.1 Arquitectura típica e interacción de los Módulos de un Sistema Tutor Inteligente (Ferreira, 2012).	35
Figura 4.2 Arquitectura del Módulo del Estudiante. (Fuente: Elaboración propia).	36
Figura 4.3 Modelo Estructural de la Red Bayesiana (Fuente: Elaboración propia).	39
Figura 4.4 Redes en forma de árbol y poli árbol (INAOE, 2014).	41
Figura 4.5 Módulos del proceso del Software (Fuente: Elaboración propia).	46
Figura 4.6 Base de datos del sistema (Fuente: Elaboración propia).	47
Figura 4.7 Red bayesiana de estilos de aprendizaje (Fuente: Elaboración propia).	49
Figura 4.8 Red Bayesiana que define el Módulo de Evaluación (Fuente: Elaboración propia). ..	53
Figura 4.9 RB de la evaluación de un estudiante Lógico-Matemático (Fuente: Elaboración propia).	54
Figura 5.1 Pantalla de inicio del programa (Fuente: Elaboración propia).	56
Figura 5.2 Pantalla de registro de nuevo usuario (Fuente: Elaboración propia).	56
Figura 5.3 Login para usuario ya existente (Fuente: Elaboración propia).	57
Figura 5.4 Pantalla de bienvenida al Test de Estilos de Aprendizaje (Fuente: Elaboración propia).	58
Figura 5.5 Pregunta del Test de Estilos de Aprendizaje que detecta aprendizaje Auditivo (Fuente: Elaboración propia).	58
Figura 5.6 Pregunta del test de Estilos de Aprendizaje que detecta el aprendizaje Kinestésico (Fuente: Elaboración propia).	59
Figura 5.7 Resultado obtenido en el Test para diagnosticar Estilos de aprendizaje (Fuente: Elaboración propia).	59
Figura 5.8 Pregunta del test del Perfil Psicosociológico (Fuente: Elaboración propia).	60
Figura 5.9 Otra pregunta del test del Perfil Psicosociológico (Fuente: Elaboración propia).	60
Figura 5.10 Resultado probable obtenido de realizar el test del Perfil Psicosociológico (Fuente: Elaboración propia).	61
Figura 5.11 Tema de la materia que se muestra con Estilo de Aprendizaje Visual (Fuente: Elaboración propia).	61
Figura 5.12 Tema de la materia que se muestra con Estilo de Aprendizaje Kinestésico (Fuente: Elaboración propia).	62
Figura 5.13 Tema de la materia que se muestra con Estilo de Aprendizaje Kinestésico (Fuente: Elaboración propia).	62

Figura 5.14 Ejemplo de resultado Visual en el sistema (Fuente: Elaboración propia).....	63
Figura 5.15 Alumnos realizando prueba escrita y después, por medio del tutor (Fuente: Elaboración propia).....	63
Figura 5.16 Red Bayesiana inicial (Fuente: Elaboración propia).....	64
Figura 5.17 Caso 1, resultado Visual (Fuente: Elaboración propia).....	65
Figura 5.18 RB del Caso 1 (Fuente: Elaboración propia).....	65
Figura 5.19 Caso 2, resultado Kinestésico (Fuente: Elaboración propia).....	66
Figura 5.20 RB del Caso 2 (Fuente: Elaboración propia).....	66
Figura 5.21 Caso 3, resultado Auditivo (Fuente: Elaboración propia).....	67
Figura 5.22 RB del Caso 3 (Fuente: Elaboración propia).....	67
Figura 5.23 Gráfica que muestra la mejora de los estudiantes al utilizar el STI, en comparación con el test escrito (Fuente: Elaboración propia).....	70

Tabla de fórmulas

Fórmula 1. Cálculo de λ -mensaje de B a A.	42
Fórmula 2. Calcular π -mensaje de A a B.	43
Fórmula 3. Calcular λ -valor de B, sin instanciar B.	43
Fórmula 4. Calcular la probabilidad a posteriori.	44
Fórmula 5. Calcular la probabilidad a posteriori, con variables instanciadas.	44

Capítulo I: Introducción

Existen diversas herramientas educativas enfocadas a optimizar el aprendizaje, sin embargo, en muchas universidades no optan por utilizarlas por falta de apertura o conocimiento acerca de éstas. Una de estas herramientas son los Sistemas Tutores Inteligentes, los cuales son programas de computadora que modelan los estados psicológicos, nivel de conocimiento, características, gustos y preferencias de los estudiantes para proporcionarles instrucción individualizada.

Los Sistemas Tutores Inteligentes comenzaron a desarrollarse en los años ochenta con la idea de poder impartir el conocimiento usando alguna forma de inteligencia para poder asistir y guiar al estudiante en su proceso de aprendizaje. Se buscó emular el comportamiento de un tutor humano, es decir a través de un sistema que pudiera adaptarse al comportamiento del estudiante, identificando la forma en que el mismo resuelve un problema a fin de poder brindarle ayudas cognitivas cuando lo requiera. (Cataldi Zulma, 2009).

En este trabajo se propone un entorno virtual propuesto en el que los estudiantes tendrán las herramientas necesarias para incrementar y mejorar su aprovechamiento escolar en cualquier materia de enseñanza, de esta forma se atenderá la problemática planteada anteriormente.

1.1 Antecedentes del problema

La educación en la actualidad, ha cambiado y evolucionado de manera vertiginosa. Es por eso que los estudiantes necesitan métodos y técnicas de enseñanza específicos, para generar un mejor aprendizaje de acuerdo a sus necesidades.

Los Sistemas de Enseñanza Asistida por Computadora fueron evolucionando de forma notoria, hasta llegar a los que hoy conocemos como Sistemas Tutores Inteligentes, los cuales comenzaron a aparecer en los años 80 y poseían una base muy sólida con respecto a lo que debían saber con respecto a la enseñanza: qué enseñar, cómo enseñarlo y qué es lo que el alumno sabe. A continuación, la figura 1.1 muestra la evolución de los sistemas.

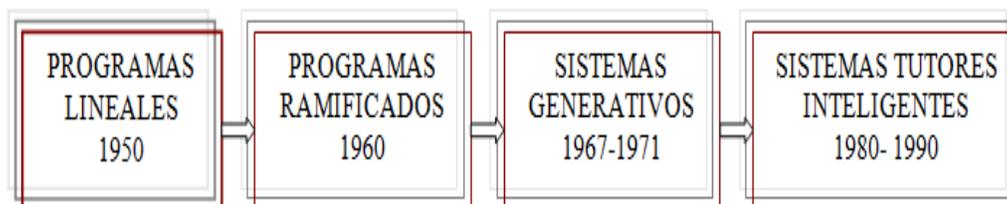


Figura 1.1 Evolución de los Sistemas de Enseñanza (Urretavizcaya, 2001).

Un Sistema Tutor Inteligente actúa como un tutor particular del estudiante, por lo que debe poseer libertad para actuar de acuerdo a las necesidades del estudiante. Por ese motivo se busca diseñar un sistema adaptable de acuerdo a los conocimientos previos y a la capacidad de evolución de cada estudiante y las concepciones de la naturaleza del conocimiento que subyacen en las prácticas de enseñanza. El Sistema Tutor Inteligente está conformado por tres módulos, los cuales son: Módulo de Dominio, Módulo del Tutor y Módulo del Estudiante.

En este caso, el módulo a desarrollar y en el cual se trabajará es el Módulo del Estudiante. El Módulo Estudiante del STI tiene por objetivo realizar el diagnóstico cognitivo del alumno y el modelado del mismo para una adecuada retroalimentación del sistema. Este módulo se divide en tres sub módulos principales:

- a) Estilos de aprendizaje.
- b) Estado de conocimientos.
- c) Perfil psico-sociológico del estudiante.

1.1.1 Principios básicos para el diseño de un STI.

Según *Anderson, et. al* (1987), en *Cognitive principles in the design of computer tutors*, existen ocho principios básicos para el diseño de un tutor inteligente, que son los siguientes:

- 1.- Representar la competencia del estudiante como un conjunto de producción.
- 2.- Comunicar la estructura de objetivos subyacente a la solución de problemas.
- 3.- Proporcionar instrucción en el contexto de resolución de los problemas.
- 4.- Promover una comprensión abstracta sobre la resolución de problemas.
- 5.- Minimizar la carga de la memoria de trabajo.
- 6.- Proporcionar retroalimentación inmediata sobre los errores.
- 7.- Ajuste el volumen y complejidad de la instrucción con el aprendizaje.
- 8.- Facilitar aproximaciones sucesivas a la habilidad que se quiere alcanzar.

1.2 Planteamiento del problema

En la educación, diversas áreas suelen ser de gran dificultad para los estudiantes. Aunado a esto, encontramos que los estudiantes no poseen en muchas ocasiones, una educación individual y enfocada únicamente a sus necesidades.

Aquí surgen dos inconvenientes fundamentales, en primer lugar, en ocasiones está el hecho de estudiar un área de difícil asimilación y, en segundo lugar, hacerlo de manera autodidacta.

Por ello, el principal problema se centra en que cada estudiante debe tener la posibilidad de elegir el estilo de aprendizaje de acuerdo a sus preferencias, habilidades y requerimientos.

El presente estudio inició con el fin de cubrir y resolver ese problema, que, de acuerdo a su estilo de aprendizaje, el estudiante aprenda de forma autónoma e independiente al tutor humano.

Existen diversos tutores inteligentes para facilitar estos aspectos, sin embargo, en algunas ocasiones son de difícil acceso, adquisición, comprensión o instalación.

En este caso, el que se desarrollará será de fácil acceso y adquisición, con una interfaz gráfica y amigable, así como comprensible para alumnos de nivel licenciatura, de todos los niveles de conocimiento, distintos estilos de aprendizaje e inteligencias múltiple.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Desarrollar el Módulo del Estudiante de un Sistema Tutor inteligente, que determine el estilo de aprendizaje y se ajuste a la enseñanza del alumno, para su evaluación; y por medio de esto se personalice su enseñanza.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Desarrollar la interfaz del Módulo del Estudiante del Sistema Tutor Inteligente.
- Establecer los Estilos de Aprendizaje del Estudiante.
- Detectar los tipos de Inteligencia múltiple del Estudiante.
- Presentar un caso particular, en este caso es la materia de Investigación de Operaciones, de nivel licenciatura.
- Permitir a los estudiantes la visualización de los temas de la materia de Investigación de Operaciones: Unidad I: Origen y evolución de la investigación de operaciones, Unidad II: Programación lineal y Unidad III: Cadenas de Márkov; adaptados a sus estilos de aprendizaje, gustos y preferencias.

1.4 Hipótesis

El determinar el estilo de aprendizaje del estudiante permitirá mejorar su rendimiento a través de la presentación de los temas de acuerdo a su estilo de aprendizaje y tipo de inteligencia.

Nota: Esto se comprobará a través de una comparación entre el rendimiento inicial y el rendimiento final, así como entre un grupo sin determinar el estilo de aprendizaje y otro en el que ya ha sido determinado el estilo de aprendizaje.

1.5 Justificación

Este proyecto busca que los estudiantes puedan obtener un aprendizaje personalizado y adaptable de acuerdo a sus necesidades y requerimientos. Esta herramienta educativa-adaptativa propone reconocer las deficiencias del estudiante a través de un diagnóstico y así conocer su estado de conocimiento previo, con lo cual se le va a proporcionar material específico que cubra sus necesidades.

La utilidad de este trabajo radica en la profundización desde una perspectiva diferente que se hará en dicha área y que esto permitirá a sus estudiantes entrar en materia de manera reactiva y didáctica. Y con ello se les evitará caer en la monotonía y el desconocimiento, que generalmente provocan desaprobación o deserción. La motivación personal para llevar a cabo este proyecto, se centra en el deseo de contribuir a que los estudiantes, con conocimiento previo o no, se sientan atraídos por la materia y la herramienta les sea útil para apoyarse en el aprendizaje de la misma.

1.6 Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances.

- El presente trabajo comprende el diseño de un STI, enfocándonos al Módulo del Estudiante.
- El proyecto está enfocado hacia estudiantes de Nivel Superior y en la materia de Investigación de Operaciones.
- Se presentará el contenido al estudiante, con respecto al estilo de aprendizaje detectado a través de un Test de diagnóstico. Debido a que todos los estudiantes poseen distintas necesidades de tutorado, el sistema modificará la forma de presentar los temas, con respecto a cada estudiante.

1.6.2 Limitaciones.

- El sistema no contendrá el Módulo del Dominio ni el Módulo del Tutor.
- Al término de este proyecto, cualquier cambio o módulo extra se contemplará como trabajo a futuro, para algún proyecto distinto.
- El crecimiento de la base de datos utilizada, se tendrá que realizar un módulo extra independiente del proyecto actual.

Capítulo II: Estado del arte

Como se mencionó, existen diversos tutores inteligentes, así como diferentes trabajos relacionados en esta área. Al respecto, *Cataldi y Lage (2010)*, en *Modelado del Estudiante en Sistemas Tutores Inteligentes*, proponen un sistema adaptable, de acuerdo a las características, gustos, preferencias y estilos de aprendizaje del estudiante, mediante una enseñanza y aprendizaje interactivo. Propone redefinir los componentes básicos y las interfaces del Modelo del Estudiante, según esto, debido a su importancia y a que esto puede servir para que este módulo derive en funcionalidades independientes al Sistema en general.

De este proyecto se tomará en cuenta el utilizar las ideas de Gardner de su Teoría de las inteligencias múltiples, la cual propone ocho tipos de inteligencia distintas: Inteligencia lingüístico-verbal, Inteligencia lógico-matemática, Inteligencia espacial o visual, Inteligencia musical, Inteligencia corporal-kinestésica, Inteligencia intrapersonal, Inteligencia interpersonal e Inteligencia naturalista. Esta teoría nos servirá para determinar el estado psico-sociológico del estudiante, ya que determinará el potencial y características significativas de cada individuo, que reflejan sus fortalezas y debilidades. Esto ayudará debido a que no todos los individuos aprenden de la misma manera y esto permitirá al sistema realizar aún mejor su función de adaptabilidad.

Otro ejemplo de Sistema Tutor Inteligente es PCMAT, *Martins, et al. (2011)*, *Mathematics Collaborative Educational System*, que forma parte del trabajo de *Peña Ayala (2013)*, *Intelligent and Adaptive Educational-Learning Systems: Achievements and Trends*. PCMAT es un Sistema

Educacional Adaptativo, basado en una evaluación progresiva, la cual se realiza a partir de la detección de las características y estilo de aprendizaje del estudiante. La detección del estilo de aprendizaje se lleva a cabo a partir de las Estrategias de VARK, que son un Modelo desarrollado como instrumento para determinar la preferencia de los alumnos al procesar la información desde el punto de vista sensorial, no hablan de fortalezas, sino de preferencias sensoriales.

Por otro lado, este sistema se presenta como una Herramienta de Arquitectura Hipermedia Adaptativa Educativa, que es un tipo de herramienta que ofrece al alumno recursos que facilitan su trabajo personalizado y cooperativo. Se trata de una interfaz adaptable, un sistema que crea un modelo del usuario individual y lo aplica para la adaptación a ese usuario, por ejemplo, para adaptar el contenido de una página hipermedia al conocimiento y los objetivos del usuario, o sugerir los enlaces más relevantes a seguir.

Estas dos características particulares, son las que se tomarán en cuenta en el proyecto. Debido a que también es un Sistema Adaptable y estará basado en la gestión y modificación del modelo de usuario, considerando el nivel de conocimiento del sujeto sobre los conceptos que se presentan, sus características y estilos de aprendizaje. El estilo de aprendizaje será determinado a través de las Estrategias de VARK, considerando cuatro modalidades sensoriales: Visual, Auditivo, Lectura-Escritura y Quinestésico, al igual que se realizó en el sistema PCMAT.

Por su parte, *Jarusek y Pelanek (2012)*, presentan *A web-based problem solving tool for introductory computer science*, en la conferencia *Proceedings of the 17th anual conference ACM*

on *Innovation and technology in computer science education*, donde proponen *Problem Solving Tutor*, el cual es un STI que modela el desempeño de los estudiantes en ejercicios donde el único criterio de desempeño es el tiempo para resolver un problema. Ejemplos de estos ejercicios son rompecabezas lógicos como Sudoku o problemas de programación y matemáticas adecuadamente formulados. Lo que hay que destacar de este sistema es que los datos que emplea son tiempos de resolución de problemas de estudiantes reales que lo utilizan para practicar la resolución de ejercicios, es un sistema ya probado.

En el trabajo de *Rodríguez Aguilar, Castillo González y Lira Campos (2013), Diseño de un sistema tutorial inteligente*, se presenta un Sistema Tutor inteligente con la finalidad de ayudar a la enseñanza en la asignatura de Matemáticas, para alumnos de nivel licenciatura. Este Sistema, pretende ser un detonante para la mejora de los alumnos en esta materia, a través de la detección del estilo de aprendizaje, estrategias pedagógicas específicas y un proceso de enseñanza uno a uno, que es el objetivo de los STI. De este proyecto lo que llama la atención para ser implementado es la propuesta de desarrollo del STI de Laureano & De Arriaga (2010), que es la siguiente:

- Diseño del gráfico de conocimiento utilizando como metas los objetivos instruccionales.
- Diseño del modelo cognitivo que permita citar las características del usuario, a fin de detectar el tipo de inteligencia que permita adaptar el material didáctico.
- Diseño de distintos escenarios que son parte de la interfaz que faciliten una detección de las distintas inteligencias.

- Dentro de estos escenarios, realizar un análisis previo de cada reactivo y ponderarlo por medio de pesos, sobre qué tipo de inteligencia corresponde a cada uno.
- Diseño del proceso de enseñanza-aprendizaje desde dos perspectivas: la inteligencia relacionada con el tipo de conocimiento y la inteligencia identificada en el usuario.
- Adaptación del motor de inferencia reactivo que se integrará al proceso de enseñanza-aprendizaje a través de los escenarios.

Por otro lado, en el trabajo de *Granados, et al. (2016), Metodología para desarrollar un sistema tutor inteligente basado en la web, para estudiantes de ingeniería*, se desarrolla un sistema tutor inteligente basado en la web, a través de una arquitectura básica de un STI y una plataforma SGA (Sistema Gestor de Aprendizaje), que en este caso es Moodle. Todo con un enfoque más hacia el módulo del Estudiante, para que se acople a las particularidades de este.

Este proyecto interesa, ya que se tiene pensado adoptar la Taxonomía de Bloom, para determinar el estado y nivel de conocimiento del estudiante. Este es un sistema que consiste en una clasificación de los diferentes objetivos y habilidades del estudiante. Esto se logra a través de actividades de aprendizaje como preguntas de opción múltiple, juegos, comprensión lectora, entre muchas más. Siempre siendo fiel a la estructura de la Taxonomía de Bloom que trata de: Crear, Evaluar, Analizar, Aplicar, Comprender y Recordar.

En el proyecto de *López Tavares, et al. (2016), Sistema de Tutores Inteligentes para Ayudar a Estudiantes de Bachillerato en la Solución de Problemas de Matemáticas*, se propone y se

implementó en un grupo de prueba un STI para ocuparse de las deficiencias de los alumnos en matemáticas básicas, la problemática se basa en el conocimiento que poseen y las habilidades para resolver problemas de esta área.

Lo interesante de este proyecto es la forma en que lo desarrollaron e implementaron. Además, de agregar funcionalidades al STI, como el uso de imágenes y la división del procedimiento en secciones. La interfaz muestra a través de secciones las lecciones implementadas en el STI, ponderando cada pregunta o conjunto de preguntas con cierto valor para evaluar una sección específica.

Como ya mencionamos el tutor es para resolver problemas de matemáticas básicas, en específico, Geometría. Así que, por ejemplo, de los 20 reactivos del bloque de Espacio y Forma, siete son para evaluar la resolución de problemas de perímetro, área y volumen, el 35% del total de esta sección, lo que fue considerado un porcentaje significativo para realizar los módulos piloto. Esta forma de asignar los valores y distribuirlos a los reactivos, es la más viable para el STI a desarrollar.

Mientras tanto, en *Sánchez Román, Guerrero García, et al. (2016), Propuesta de arquitectura de Sistema Tutor Inteligente para desarrollar las habilidades algorítmicas*, se aborda el uso de un STI con el objetivo de desarrollar habilidades algorítmicas, debido al incremento en

la deficiencia en el aprendizaje de programación. Según lo que plantea, el STI generará un conjunto de estrategias pedagógicas y didácticas en el módulo tutor que personalizarán el proceso de aprendizaje de acuerdo a las necesidades particulares de cada alumno. De la misma forma se pretende realizar el proyecto propio, pero enfocado hacia el módulo del estudiante.

Algo más para destacar de este proyecto, con respecto al propuesto, es el uso que hace también de la Taxonomía de Bloom, la cual se implementará. En este hacen uso de ella para determinar el nivel del proceso cognitivo, en el caso personal se usará para determinar el Estado de conocimiento del estudiante.

El trabajo de *Al-Hanjori, Shaath, et al. (2017), Learning computer networks using intelligent tutoring system*, describe un sistema de tutoría inteligente que ayuda al alumno a estudiar las redes de computadoras, se desarrolló utilizando la herramienta de autoría ITSB (Intelligent Tutoring System Builder), que es una herramienta que permite la construcción de un STI.

Esta herramienta de desarrollo consta de dos sistemas: Sistema de formulario del profesor a través del cual se agregan los materiales, preguntas y respuestas. Y los estudiantes del sistema a través del cual aprender, por supuesto, los materiales y la respuesta ejercicios. En este proyecto se muestra una propuesta y un avance acerca de cómo se desarrolló. El aspecto a tomar en cuenta de este proyecto es el ejemplo de cómo desarrollaron ese avance, en el que muestran

parte de la interfaz, sus gráficos y estructura. Además de que utilizan una arquitectura de STI típica, y que es la que se implementará en este proyecto.

Por último, en el trabajo de *Salinero Cepas (2017), de Sistema de Tutorización Inteligente para el Autoaprendizaje*, realizan un Sistema de Tutorización para el Autoaprendizaje que consiste en una aplicación web que realiza la mayoría de las funciones de un tutor.

El sistema es capaz de hacerse cargo de un número indefinido de alumnos de forma totalmente personalizada, adaptándose a los resultados, preferencia y al estilo de aprendizaje del estudiante.

El ITS (Intelligent Tutoring System) se retroalimentará de cada caso para los futuros problemas que deba abordar. Esta se considera una herramienta de apoyo en el aula, sin el objetivo de sustituir por completo a un tutor humano, si no de complementar su exhaustivo trabajo.

Este proyecto describe varios puntos importantes que van a la par del proyecto propio y que serán tomados en cuenta:

- Está basado en la metodología Scrum para el desarrollo de cada actividad del proyecto.
- Utiliza el Sistema de Aprendizaje Adaptativo ALS (Adaptive Learning Systems).
- Se creó conforme a una arquitectura típica de un STI.
- Dispone de un Modelo del Estudiante dinámico.

Capítulo III: Marco teórico

3.1 Sistema Tutor Inteligente

Un tutor inteligente es un sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñárselo (VanLehn, 1988).

Los STI son sistemas que modelan la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación y el dominio del conocimiento del especialista y el entendimiento del estudiante sobre ese dominio. Wolf (1984).

Un sistema que incorpora técnicas de IA (Inteligencia Artificial) a fin de crear un ambiente que considere los diversos estilos cognitivos de los alumnos que utilizan el programa (Giraffa, 1997).

Debido al enfoque que presenta, un Sistema Tutor Inteligente está íntimamente relacionado con diferentes ciencias, las cuales son: Computación, Educación y Psicología; éstas trabajan de la mano para conformarlo e interactúan entre sí, tal como se muestra en la Fig. 3.1:

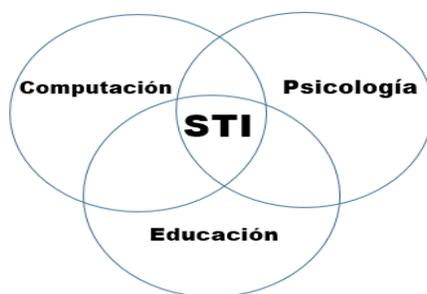


Figura 3.1 Disciplinas principales que conforman un STI (Fuente: Elaboración propia).

3.2 Módulos

3.2.1 Módulo del tutor.

En el Módulo Tutor del STI es donde se define y aplica una estrategia pedagógica de enseñanza, contiene los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para alcanzarlos. Selecciona los problemas, monitorea el desempeño, provee asistencia y selecciona el material de aprendizaje para el estudiante. Integra el conocimiento acerca del método de enseñanza, las técnicas didácticas y del dominio a ser enseñado. Consta de: a) Protocolos Pedagógicos: almacenados en una base de datos, con un gestor para la misma, b) Planificador de Lección: que organiza los contenidos de la misma y c) Analizador de Perfil: analiza las características del alumno, seleccionando la estrategia pedagógica más conveniente.

3.2.2 Módulo del Dominio.

El Módulo Dominio tiene el objetivo global de almacenar todos los conocimientos dependientes e independientes del campo de aplicación del STI. Entre sus sub módulos están los siguientes: a) Parámetros Básicos del Sistema: los cuales se almacenan en una base de datos, b) Conocimientos: son los contenidos que deben cargarse en el sistema, a través de los conceptos, las preguntas, los ejercicios, los problemas y las relaciones, c) Elementos Didácticos: Son las imágenes, videos, sonidos, es decir material multimedia que se requiere para facilitarle al alumno apropiarse de conocimiento en la sesión pedagógica. (Russell y Norvig, 2003; Nilssen, 2001; Genesereth y Nilsson, 2001).

3.2.3 Módulo del Estudiante.

El Módulo Estudiante del STI tiene por objetivo realizar el diagnóstico cognitivo del alumno, y el modelado del mismo para una adecuada retroalimentación del sistema. Para el módulo estudiante se han planteado los siguientes sub módulos: Estilos de aprendizaje, Estado de conocimiento y Perfil Psicosociológico.

3.2.3.1 Estilos de aprendizaje.

Está compuesto por una base de datos con los estilos de aprendizajes disponibles en el sistema, los métodos de selección de estilos y las características de cada uno de ellos. Un estilo de aprendizaje es la forma de clasificar el comportamiento de un estudiante de acuerdo a la manera en que toma la información, forma las estrategias para aprender, cómo entiende y cómo le gusta analizar la información que está utilizando para acceder a un conocimiento determinado. En otras palabras, es una forma agrupar o clasificar un estudiante de acuerdo a un perfil en relación con la información, ya que este estilo evoluciona y cambia de acuerdo a las variables de entorno y ambientales que afectan al estudiante.

En otras palabras, es una forma de agrupar o clasificar un estudiante de acuerdo a un perfil en relación con la información, ya que este estilo evoluciona y cambia de acuerdo a las variables de entorno y ambientales que afectan al estudiante.

3.2.3.2 Estado de conocimiento.

Contiene el mapa de conocimientos obtenido inicialmente a partir del módulo del dominio y que el actualizador de conocimientos irá modificando progresivamente a través de los resultados obtenidos en las evaluaciones efectuadas por el módulo del tutor quien le enviará dichos resultados procesados.

3.2.3.3 Perfil psico-sociológico.

Para determinar el perfil psico-sociológico se usa la Teoría de las Inteligencias Múltiples de Gardner, esta misma señala no existe una inteligencia única en el ser humano, sino una diversidad de inteligencias que evidencian las potencialidades y aspectos más significativos de cada individuo, en función de sus fortalezas y debilidades para la expansión de la inteligencia. Señala que las inteligencias trabajan juntas para: a) resolver problemas cotidianos, b) crear productos o c) para ofrecer servicios dentro del propio ámbito cultural. (Gardner 1993, 2001).

3.3 Inteligencias múltiples de Gardner.

Según Howard Gardner, todos los seres humanos son capaces de conocer el mundo de modos diferentes. Según el análisis de las inteligencias todos somos capaces de conocer el mundo a través del lenguaje, del análisis lógico-matemático, de la representación espacial, del pensamiento musical, del uso del cuerpo para resolver problemas o hacer cosas, de una comprensión de los demás individuos y de una comprensión de nosotros mismos. Donde los individuos se diferencian

es en la intensidad de estas inteligencias y en las formas en que recurre a esas mismas inteligencias y las combina para llevar a cabo diferentes labores, para solucionar problemas diversos y progresar en distintos ámbitos. El autor de la teoría, Howard Gardner, diferencia ocho tipos de inteligencia:

1. **Inteligencia Lógico-Matemática:** capacidad de entender las relaciones abstractas. La que utilizamos para resolver problemas de lógica y matemáticas. Es la inteligencia que tienen los científicos. Se corresponde con el modo de pensamiento del hemisferio lógico y con lo que nuestra cultura ha considerado siempre como la única inteligencia.

2. **Inteligencia Lingüística:** capacidad de entender y utilizar el propio idioma. La que tienen los escritores, los poetas, los buenos redactores. Utiliza ambos hemisferios.

3. **Inteligencia Espacial:** capacidad de percibir la colocación de los cuerpos en el espacio y de orientarse. Consiste en formar un modelo mental del mundo en tres dimensiones, es la inteligencia que tienen los marineros, los ingenieros, los cirujanos, los escultores, los arquitectos o los decoradores.

4. **Inteligencia Corporal-Kinestésica:** capacidad de percibir y reproducir el movimiento. Aptitudes deportivas, de baile. Capacidad de utilizar el propio cuerpo para realizar actividades o resolver problemas. Es la inteligencia de los deportistas, los artesanos, los cirujanos y los bailarines.

5. Inteligencia Musical: capacidad de percibir y reproducir la música. Es la de los cantantes, compositores, músicos, bailarines.

6. Inteligencia Intrapersonal: capacidad de entenderse a sí mismo y controlarse. Autoestima, autoconfianza y control emocional. No está asociada a ninguna actividad concreta.

7. Inteligencia Interpersonal: capacidad de ponerse en el lugar del otro y saber tratarlo. Nos sirve para mejorar la relación con los otros (habilidades sociales y empatía). Nos permite entender a los demás, y la solemos encontrar en los buenos vendedores, políticos, profesores o terapeutas. La inteligencia intrapersonal y la interpersonal conforman la Inteligencia Emocional y juntas determinan nuestra capacidad de dirigir nuestra propia vida de manera satisfactoria.

3.4 Investigación de Operaciones

La investigación de operaciones también conocida como teoría de la toma de decisiones, es una rama de la ingeniería industrial. También tiene relación con la ingeniería en sistemas y la investigación en todas sus ramas. Consiste en el uso de modelos matemáticos, estadísticos y algoritmos. Su objetivo es realizar la toma de decisiones, con la finalidad de mejorar y optimizar el funcionamiento de los procesos. En esta disciplina se destacan las siguientes características esenciales:

- Una fuerte orientación a Teoría de Sistemas.

- La participación de equipos interdisciplinarios.
- La aplicación del método científico en apoyo a la toma de decisiones.

En base a estas propiedades, una posible definición es: la Investigación Operativa es la aplicación del método científico por equipos interdisciplinarios a problemas que comprenden el control y gestión de sistemas organizados (hombre- máquina); con el objetivo de encontrar soluciones que sirvan mejor a los propósitos del sistema (u organización) como un todo, enmarcados en procesos de toma de decisiones. La figura 3.2 muestra el modelo de Investigación de operaciones.

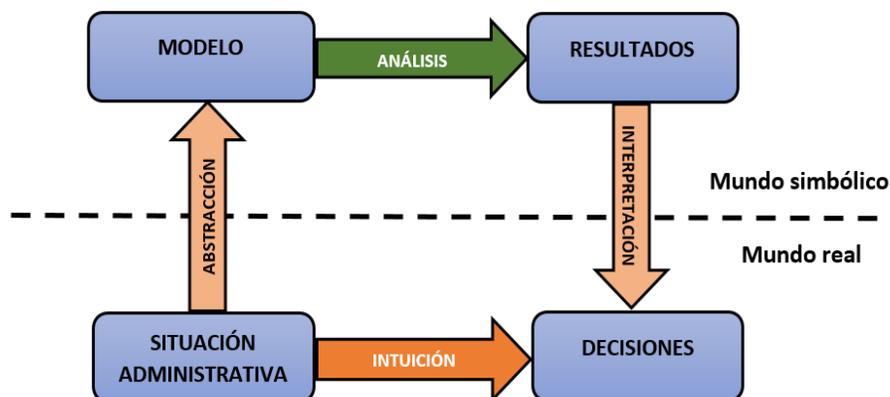


Figura 3.2 Modelo de Investigación de Operaciones. (Fuente: Elaboración propia).

3.5 Conceptos de herramientas y técnicas de trabajo

3.5.1 SCRUM.

Es una metodología para gestionar el desarrollo de software, cuyo principal objetivo es maximizar el retorno de la inversión para su empresa (ROI). Se basa en construir primero la

funcionalidad de mayor valor para el cliente y en los principios de inspección continua, adaptación, auto-gestión e innovación. La figura 3.3 muestra el modelo del proceso de Scrum.

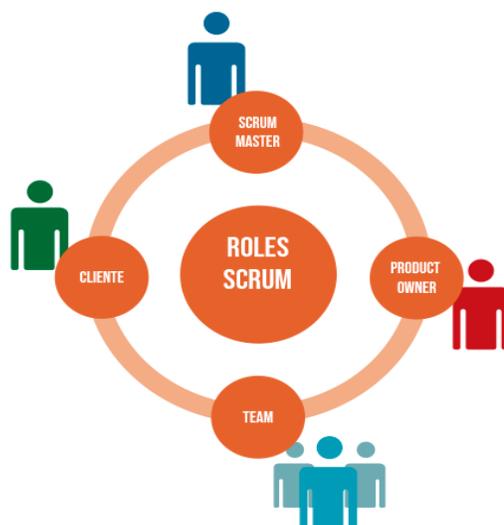


Figura 3.3 Proceso de la Metodología SCRUM (Herizont, 2019).

3.5.2 Enterprise Architect.

Enterprise Architect 6.5 (EA) de Sparx Systems es una herramienta flexible y completa para el modelado con UML bajo plataforma Windows. Provee lo más nuevo en desarrollo de sistemas, administración de proyectos y modelado de negocios. EA es una herramienta que abarca integralmente el ciclo de vida, cubriendo el desarrollo de software desde el levantamiento de los requerimientos, a través de las etapas de análisis, modelo de diseño, prueba y finalmente el mantenimiento. EA soporta el estándar UML 2.1, definido por el OMG. Con EA, los desarrolladores de software pueden utilizar los 13 diagramas de UML 2.1, incluyendo:

- Diagramas Estructurales: Clase, Objeto, Compuesto, Paquete, Componente y Despliegue.

- Diagramas de Comportamientos: Casos de Uso, Comunicación, Secuencia, Descripción de la Interacción, Actividad, Estado y Tiempo.

- Extendido: Análisis (actividad simple) y Personalizado (para requisitos, cambios).

EA combina la especificación UML 2.1 con una interfaz intuitiva, para facilitar el modelado a todo el equipo de desarrollo de software. EA es una herramienta multi-usuario, basada en Windows, diseñada para ayudar a construir software robusto y fácil de mantener. Con esta herramienta se pueden emitir reportes de la documentación proporcionada durante el proceso de desarrollo.

3.5.3 Sprintometer.

Es una completa herramienta de gestión y seguimiento de proyectos profesionales, basado en Scrum, la cual, es una metodología diseñada específicamente para la gestión integral de proyectos y programación externa. Las características y funciones principales de Sprintometer son:

- Permite mostrar toda la información en cómodos gráficos y estadísticas.
- Incluye tecnología Scrum permitiendo el seguimiento de proyectos XP.

- Permite realizar un completo seguimiento tanto del desarrollo del proyecto como de las pruebas efectuadas.
- Permite realizar diferentes predicciones y seguimientos de la desviación prevista de Sprint-iteración de la fecha de finalización y en la composición de los equipos.
- Permite exportar a Microsoft Excel todos los gráficos y hojas de cálculo realizadas.
- Permite importar archivos en formato XML para incorporarlos a la base de datos generada desde la propia aplicación.

3.5.4 My SQL.

My SQL es un sistema de gestión de base de datos relacional o SGBD. Este gestor de base de datos es multihilo y multiusuario, lo que le permite ser utilizado por varias personas al mismo tiempo, e incluso, realizar varias consultas a la vez, lo que lo hace sumamente versátil. MySQL es un sistema de administración de bases de para bases de datos relacionales. Así, MySQL no es más que una aplicación que permite gestionar archivos llamados de bases de datos.

Existen muchos tipos de bases de datos, desde un simple archivo hasta sistemas relacionales orientados a objetos. MySQL, como base de datos relacional, utiliza múltiples tablas para almacenar y organizar la información. MySQL fue escrito en C y C++ y destaca por su gran adaptación a diferentes entornos de desarrollo, permitiendo su interacción con los lenguajes de

programación más utilizados como PHP, Perl y Java y su integración en distintos sistemas operativos.

También es muy destacable, la condición de código abierto de MySQL, que hace que su utilización sea gratuita e incluso se pueda modificar con total libertad, pudiendo descargar su código fuente. Esto ha favorecido muy positivamente en su desarrollo y continuas actualizaciones, para hacer de MySQL una de las herramientas más utilizadas por los programadores orientados a Internet.

3.5.5 Visual Studio.

Visual Studio es un paquete que proporciona un editor de código avanzado, diseñadores de interfaces de usuario apropiados, depurador integrado y muchas otras utilidades para facilitar un desarrollo rápido de aplicaciones.

La palabra “Visual” hace referencia, desde el lado del diseño, al método que se utiliza para crear la interfaz gráfica de usuario si se dispone de la herramienta adecuada (con Microsoft Visual Studio se utiliza el ratón para arrastrar y colocar los objetos prefabricados en el lugar deseado dentro de un formulario) y desde el lado de la ejecución, al aspecto gráfico que toman los objetos cuando se ejecuta el código que los crea, objetos que formarán la interfaz gráfica que el usuario de la aplicación utiliza para acceder a los servicios que esta ofrece.

3.6 Lenguaje de programación

3.6.1 C#.

Es un lenguaje orientado a objetos que permite desarrollar una amplia gama de aplicaciones para la plataforma Microsoft .NET, su objetivo es permitir abordar el desarrollo de aplicaciones complejas con facilidad y rapidez, pero sin sacrificar la potencia y el control. A pesar que el lenguaje C# forma parte de la plataforma .NET, es un lenguaje independiente. C# es la evolución de sus lenguajes antecesores: C y C++. En la figura 3.4 se muestra el proceso de las etapas del desarrollo.

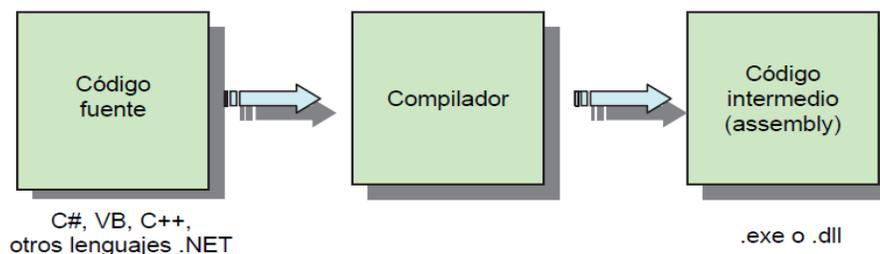


Figura 3.4 Proceso del desarrollo de una aplicación (Ceballos, 2014).

3.6.2 CMap Tools.

Es un generador de mapas de ideas, esquemas, diagramas, mapas conceptuales o como se considere llamar a este recurso que combina texto con imágenes y flechas para organizar conceptos e ideas de una forma sencilla y práctica. Se trata de una herramienta accesible, que proporciona resultados óptimos y es utilizada en muchos ámbitos, como educación, investigación o divulgación.

3.6.3 SMILE (Structural Modeling Inference and Learning Engine).

El motor de aprendizaje, inferencia y modelado estructural (por su traducción al español) SMILE, es una librería completamente portátil de clases de C++, que implementa métodos gráficos de teoría de decisiones, como redes bayesianas y diagramas de influencia, directamente sujetos a incluirse en sistemas inteligentes.

3.6.4 Genie.

Es un entorno de desarrollo para la construcción de modelos gráficos de decisión, creado en el Decision Systems Laboratory de la Universidad de Pittsburgh. Este software académico gratuito, se creó con el fin de apoyar la enseñanza y permitir su utilización en el área de investigación. El núcleo de su implementación se basa en el motor de razonamiento SMILE para Modelos gráficos probabilísticos. Genie es la interfaz de usuario para Windows de SMILE y es un entorno de desarrollo versátil y amigable con el usuario. La figura 3.5 muestra su arquitectura:

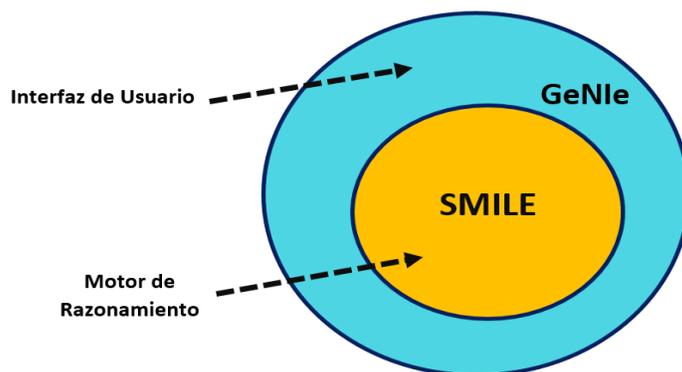


Figura 3.5 Arquitectura de Genie y SMILE (Fuente: Elaboración propia).

3.6.5 Redes Bayesianas.

Las Redes Bayesianas son un método probabilístico que permiten describir y representar desde una perspectiva matemática y probabilística eventos y sucesos del mundo real todo esto con la ayuda de un conjunto de variables y relaciones de dependencia entre ellas. Una red bayesiana consiste en un grafo acíclico dirigido (GAD) y un conjunto correspondiente de distribuciones de probabilidad condicionales. En otras palabras, las redes bayesianas sirven como una herramienta de modelado semántico y una representación económica de una distribución de probabilidad conjunta. En una red bayesiana, cada nodo corresponde a una variable, que a su vez representa una entidad del mundo real. Denotaremos a los nodos y variables con letras mayúsculas, como X y utilizaremos la misma letra en minúscula, x, para referirnos a un valor cualquiera de la variable X. Los arcos que unen los nodos indican relaciones de influencia causal. La figura 3.6 muestra el modelado de una red bayesiana.

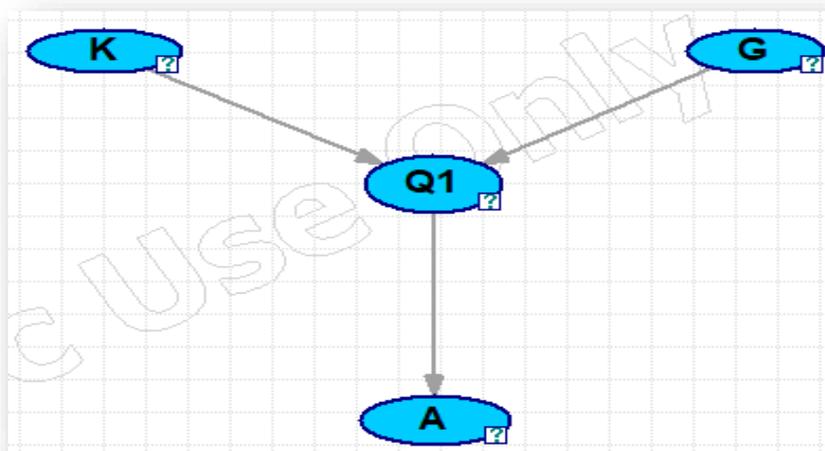


Figura 3.6 Ejemplo de Red Bayesiana inicial del Modelado de una pregunta. (Fuente: Elaboración propia).

Las redes bayesianas modelan un fenómeno mediante un conjunto de variables y las relaciones de dependencia entre ellas. Dado este modelo, se puede hacer inferencia bayesiana; es decir, estimar la probabilidad posterior de las variables no conocidas, en base a las variables conocidas. Estos modelos pueden tener diversas aplicaciones, para clasificación, predicción y diagnóstico. Además, pueden dar información interesante en cuanto a cómo se relacionan las variables del dominio, las cuales pueden ser interpretadas en ocasiones como relaciones de causa-efecto. Inicialmente, estos modelos eran construidos “a mano” basados en un conocimiento experto, pero en los últimos años se han desarrollado diversas técnicas para aprender a partir de datos, tanto la estructura como los parámetros asociados al modelo. También es posible el combinar conocimiento experto con los datos para aprender el modelo.

3.6.6 Inferencia bayesiana.

La incertidumbre es natural en el proceso de razonamiento donde se pueden establecer reglas para inferir de manera deductiva una proposición determinada que puede ser verdadera o falsa, según sea el límite de esta estimación. Dentro de los métodos de razonamiento se encuentran los Modelos Bayesianos, que simulan diferentes condiciones de incertidumbre cuando no se conoce si es verdadera o falsa la hipótesis enunciada en un rango de variación. Todos los modelos bayesianos tienen en común la asignación de la probabilidad como medida de creencia de una hipótesis, así es que, la inferencia es un proceso de reajuste de medidas de creencia al conocerse

nuevos axiomas. Cuando se utilizan evidencias y observaciones para establecer que una suposición sea cierta, es lo que se denomina como Inferencia Bayesiana.

La inferencia bayesiana observa la evidencia y calcula un valor estimado según el grado de creencia planteado en la hipótesis. Esto implica que al tener mayor cantidad de datos disponibles se podrá obtener resultados más satisfactorios. La ventaja fundamental del uso de la inferencia bayesiana radica en la utilidad que se le da para la toma de decisiones, actualmente su uso es frecuente por que se obtienen resultados más acertados en el contexto de parámetros desconocidos.

Existen diferentes tipos de algoritmos para calcular las probabilidades posteriores, que dependen del tipo de grafo y de si obtienen la probabilidad de una variable a la vez o de todas. Los principales tipos de algoritmos de inferencia son:

1. Una variable, cualquier estructura: algoritmo de eliminación (variable elimination).
2. Cualquier variable, estructuras sencillamente conectadas: algoritmo de propagación de Pearl.
3. Cualquier variable, cualquier estructura: agrupamiento (junction tree), simulación estocástica y condicionamiento.

3.6.7 Test Adaptativo Informatizado (TAI).

Es una prueba construida para fines de evaluación psicológica o educativa, cuyos ítems se presentan y responden mediante un ordenador y se va adaptando al nivel de competencia progresivo que va manifestando la persona. Su uso proporciona una evaluación de habilidades o conocimientos, precisa y eficiente, así como que presenta posibilidades de aplicación en la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

La evaluación educativa es un proceso en el que se realizan inferencias sobre lo que el alumno sabe, basándose en evidencias derivadas de observaciones sobre lo que éste dice o hace en determinadas situaciones. La necesidad de disponer de mecanismos de evaluación efectivos es esencial dentro de cualquier proceso de instrucción. A través de la evaluación, es posible identificar lo que el alumno sabe, así como sus puntos fuertes y puntos débiles; observar su propio proceso de aprendizaje, y decidir en qué dirección dirigir ese proceso de aprendizaje.

En McCormack y Jones (1997) se esbozan las líneas que deben ser seguidas durante el proceso de evaluación: Evaluar el conocimiento del alumno antes o durante una lección, estimular que el alumno contemple el material que ha estudiado, ofrecer al alumno la posibilidad de revisar los conceptos que ha estudiado, y facilitar la posibilidad de que éste pueda indicar si ha entendido los conceptos estudiados con suficiente claridad. La idea fundamental de un Test Adaptativo es imitar de forma automática el comportamiento de un examinador (profesor).

Esto es, si un examinador le presenta al alumno un ítem demasiado difícil para él, este dará una respuesta errónea y, por lo tanto, la siguiente vez, el examinador presentará una pregunta algo más fácil, y viceversa.

En general, en los TAI, los ítems se muestran de uno en uno, y la presentación de cada ítem, así como la decisión de finalizar el test y la evaluación del alumno se toman dinámicamente, basándose en las respuestas del alumno. El objetivo final de un test adaptativo es diagnosticar el nivel de conocimiento del alumno. La estructura del test se muestra en la figura 3.7.

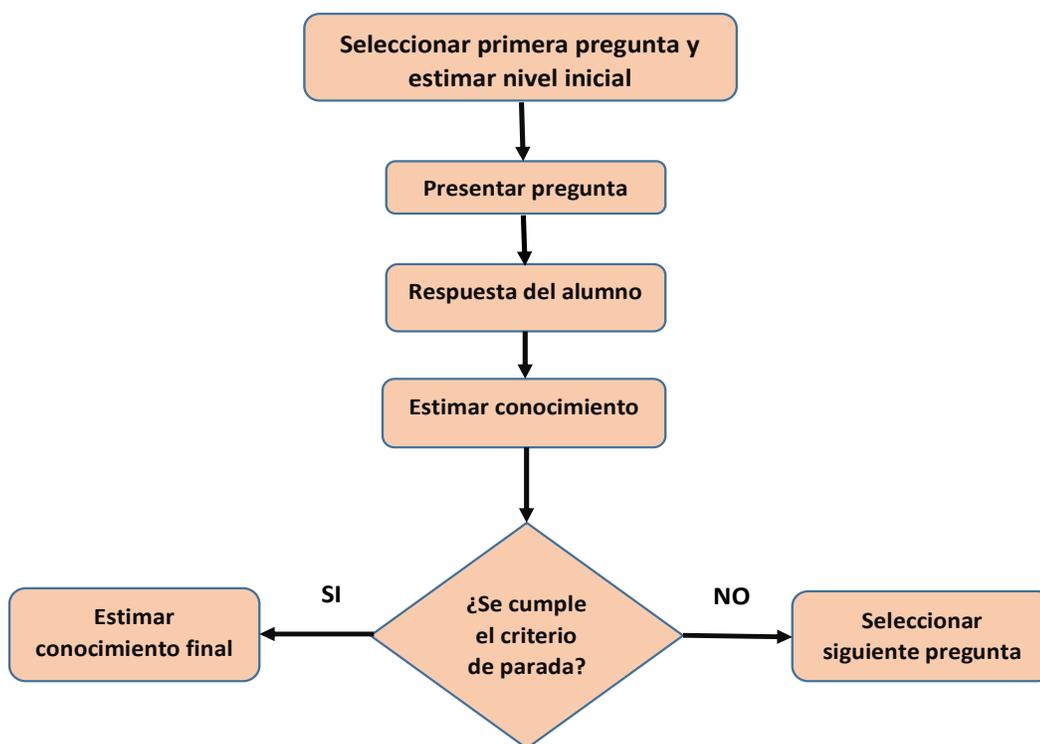


Figura 3.7 Estructura de un Test Adaptativo. (Fuente: Elaboración propia).

3.6.8 Estilos de Aprendizaje.

Los siguientes conceptos fueron tomados del Manual de Estilos de Aprendizaje, diseñado en el año 2004, por la Dirección de Coordinación Académica, de la Dirección General del Bachillerato (Gómez, 2004).

En el manual se define que 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 persona 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.

Los rasgos cognitivos 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 o kinestésico).

Los rasgos afectivos se vinculan con la motivación y las experiencias que intervienen en el proceso de aprendizaje, mientras que los rasgos fisiológicos están relacionados con el género y ritmos biológicos.

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, se debe 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 (Gómez, 2004).

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS
Visual	<ul style="list-style-type: none"> • Organizado. • Ordenado. • Observador. • Aprende lo que ve.
Auditivo	<ul style="list-style-type: none"> • Aprende mejor cuando recibe explicaciones oralmente y cuando puede hablar y explicar esa información a otra persona.
Kinestésico	<ul style="list-style-type: none"> • Aprende lo que experimenta directamente, aquello que involucra movimiento.

Tabla 3.1 Modelo de aprendizaje VAK, Bandler y Grinder.

Cada estilo abarca una forma diferente de explicar la manera en que se manifiesta en los estudiantes cómo aprender, de tal forma que es posible rescatar aquel que más se adapte a las necesidades de quienes lo utilizan, posibilitando la generación de estrategias para la enseñanza.

Estos se definen ante la necesidad de enmarcar las diferencias entre las variadas formas de aprender, los cuales, en base a ciertas consideraciones, constituyen el primer paso para llegar al entendimiento y alcanzar los objetivos planteados en esta investigación (Gómez Sánchez, 2012).

Capítulo IV: Metodología

4.1 Arquitectura de un Sistema Tutor Inteligente (STI)

Como se mencionó, el STI está conformado por tres módulos, los cuales son: Módulo de Dominio, Módulo del Tutor y Módulo del Estudiante. La arquitectura de este sistema, con respecto a estos módulos posee la estructura clásica de un tutor inteligente, tal como se aprecia en la Figura 4.1:

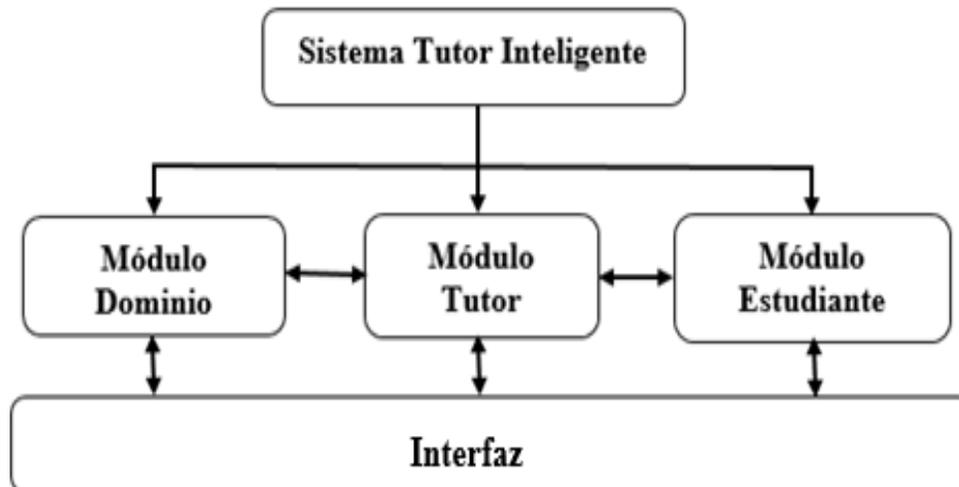


Figura 4.1 Arquitectura típica e interacción de los Módulos de un Sistema Tutor Inteligente (Ferreira, 2012).

Cabe destacar que, en este caso particular, el módulo a desarrollar y en el cual se trabaja es el Módulo del Estudiante. Este módulo contiene toda la información acerca del estudiante y cuyo objetivo es realizar el diagnóstico cognitivo del alumno y el modelado del mismo para una adecuada retroalimentación del sistema. El Módulo del Estudiante está conformado por sus propios módulos, representados en la Figura 4.2:

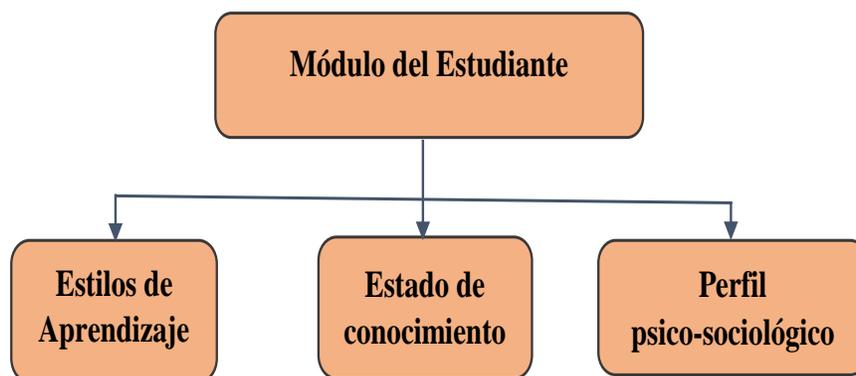


Figura 4.2 Arquitectura del Módulo del Estudiante. (Fuente: Elaboración propia).

4.2 Descripción del Método

Una vez definido cómo está conformado el Sistema Tutor Inteligente y los módulos que a este componen, es importante resaltar dos aspectos esenciales para el desarrollo del presente trabajo: las Redes Bayesianas, que se requieren para tratar con la incertidumbre que suele estar presente en un proceso de aprendizaje y los Test Adaptativos, que permiten al sistema conocer la preparación del alumno, es decir que tanto conoce o desconoce de un tópico determinado con la finalidad de posicionarlo en una etapa inicial o en una etapa media.

4.2.1 Técnicas utilizadas: Redes Bayesianas y Test Adaptativos Informatizados (TAI).

Las aplicaciones de las redes bayesianas son diversas, ya que permiten conseguir soluciones a problemas de decisión, en casos de incertidumbre. Principalmente se pueden utilizar para crear modelos para la clasificación, predicción y diagnóstico. Una vez definidas las redes

bayesianas, el siguiente paso es realizar la inferencia, es decir, estimar la probabilidad posterior de las variables no conocidas, en base a las variables conocidas.

En este caso particular las Redes Bayesianas se usan como Modelo de Diagnóstico y Clasificación, para generar la evaluación del estudiante, así como para determinar la forma más apta en la que aprende el individuo, a lo que se le llama Estilos de aprendizaje. En resumen, se genera el clasificador por medio de las Redes Bayesianas, el cual será la base para realizar el Sistema Tutor Inteligente.

Los Test Adaptativos son básicamente test administrados por computadora donde la presentación de cada ítem y la decisión de finalizar el test se toman de forma dinámica basándose en la respuesta del alumno para la evaluación es una técnica ampliamente usada en el campo de la educación.

Las redes bayesianas se utilizan aunadas a los test adaptativos informatizados, es por ello que lo primero que se define es el modelo estructural de las RB, es decir, qué variables forman parte de la red y qué tipo de relaciones existen entre dichas variables. Los nodos considerados son los siguientes:

- Nodos pregunta, que son representados por la letra P y que se podrán responder correcta o incorrectamente.

- Nodos concepto, tema y asignatura, representados por C, T y A, respectivamente, y que se considerarán sabidos o no sabidos.

Los tipos de relaciones son:

- Relaciones concepto-pregunta: Considerando que conocer un determinado concepto influirá positivamente en contestar adecuadamente una pregunta relacionada con él, y no conocerlo influirá en contestarla incorrectamente.

- Relaciones de prerrequisito: Se establecen entre los conceptos, entre los temas, o bien entre tema y concepto. Se considera que el conocimiento de un concepto (o tema) es condición indispensable para el conocimiento de un concepto (o tema) que tiene al anterior como prerrequisito.

- Relaciones de agregación: Aquí, a partir de la probabilidad de conocer cada uno de los conceptos de un tema, se construye una calificación para el tema, y a partir de éstas, una calificación global de la asignatura. La representación gráfica de las redes bayesianas del TAI, se muestra en la Fig. 4.3:

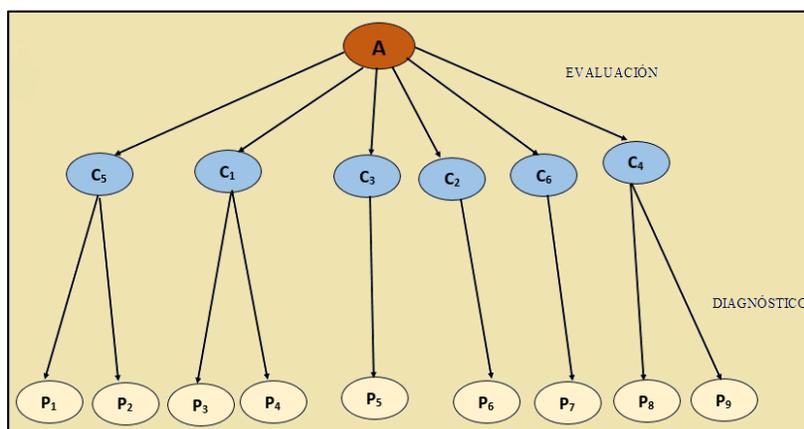


Figura 4.3 Modelo Estructural de la Red Bayesiana (Fuente: Elaboración propia).

Esta red se divide en dos partes, las cuales son:

- La parte en la que aparecen conceptos y preguntas, que es la parte de la red bayesiana que se utilizará para, a partir de las respuestas del alumno, inferir qué conceptos domina y cuáles no domina.
- La parte en la que aparecen conceptos, temas y el nodo asignatura, que se utilizará para, a partir de la probabilidad de saber cada concepto, proporcionar una calificación para cada tema y cada asignatura.

Una vez determinado el tipo de nodos y las relaciones entre ellos, se especifican los parámetros. Es bien conocido que el problema de la especificación de los parámetros es uno de los problemas más difíciles en redes bayesianas lo cuales se pueden determinar en base a encuestas,

estadísticas y/o de manera arbitraria según sea el caso. Para facilitar su obtención en este caso, proponemos lo siguiente:

- La probabilidad a priori de saber cada concepto: Si se dispone de alguna información del alumno que va a tomar el test, se puede utilizar esta información. En caso contrario, se puede decir que, para cada concepto, es igualmente probable que el alumno lo conozca o no, y, con este argumento, partir de una distribución uniforme.

- Para las relaciones de prerrequisito se tiene que dar la probabilidad condicionada de o dado que se conocen o no sus prerrequisitos. Esta probabilidad será cero o dado que se conocen o no sus prerrequisitos. Esta probabilidad será cero si alguno de los prerrequisitos no es conocido. En caso de que todos ellos sean conocidos, será un número que reflejará qué parte del conocimiento "nuevo" es distinta del conocimiento de sus prerrequisitos.

- Para las relaciones de agregación (que se utilizarán en la evaluación del alumno) aquí, el profesor dará un peso que cuantificará la importancia que tiene cada tema dentro de la asignatura (o la de cada concepto dentro de un tema). La probabilidad condicionada se construirá a partir de una suma ponderada de dichos pesos.

4.2.2 Algoritmo de propagación de probabilidades para redes con forma de árbol.

Para la propagación en las RB se utiliza este algoritmo, el cual está diseñado para aplicarse a estructuras de tipo árbol, y se puede extender a poli árboles (grafos sencillamente conectados en

que un nodo puede tener más de un padre). La figura 4.5 muestra la forma de un árbol normal y un poli árbol.

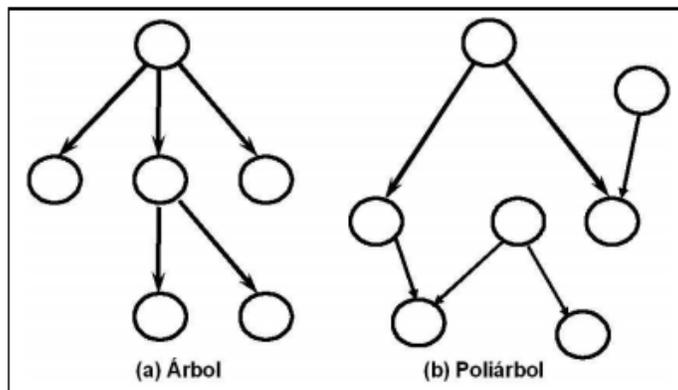


Figura 4.4 Redes en forma de árbol y poli árbol (INAOE, 2014).

Este algoritmo está conformado por dos fases principales:

- Fase de inicialización: En esta fase se obtienen las probabilidades a priori de todos los nodos de la red, obteniendo un estado inicial de la red que denotaremos por S_0 .

- Fase de actualización. Cuando una variable se instancia, se actualiza el estado de la red, obteniéndose las probabilidades a posteriori de las variables de la red basadas en la evidencia considerada, adoptando la red un estado que denotaremos por S_1 .

Este paso se repite cada vez que una variable se instancia, obteniéndose los sucesivos estados de la red. La idea principal en la que se basa el algoritmo es la siguiente:

Cada vez que una variable se instancia o bien cuando actualiza su probabilidad, informa a sus nodos vecinos mediante el paso de lo que llamaremos mensajes, de la siguiente forma:

- La variable envía a su padre un mensaje, que llamaremos el λ -mensaje, para informarle de que ha cambiado su valor/probabilidad.

- La variable envía a todos sus hijos un mensaje, que llamaremos el π -mensaje, para informarlos de que ha cambiado su valor/probabilidad.

Así, la información se va propagando por la red tanto en sentido ascendente como descendente. Estos mensajes asignan a cada variable unos valores que llamaremos λ -valor y π -valor. Multiplicando estos valores obtendremos las probabilidades a posteriori de cada una de las variables de la red.

Fórmulas de cálculo de λ y π -mensajes, λ y π -valores y probabilidades P^* :

1. Si B es un hijo de A, B tiene k valores posibles y A m valores posibles, entonces para $j=1,2,\dots,m$, el λ -mensaje de B a A viene dado por:

$$\lambda_B(a_j) = \sum_{i=1}^k P(b_i / a_j) \lambda(b_i).$$

Fórmula 1. Cálculo de λ -mensaje de B a A.

2. Si B es hijo de A y A tiene m valores posibles, entonces para $j=1,2,\dots,m$, el π -mensaje de A a B viene dado por:

$$\lambda_B(a_j) = \begin{cases} \pi(a_j) \prod_{\substack{c \in s(A) \\ c \neq B}} \lambda_c(a_j) & \text{si A no ha sido instanciada (*)} \\ 1 & \text{si } A = a_j \\ 0 & \text{si } A \neq a_j. \end{cases}$$

Fórmula 2. Calcular π -mensaje de A a B.

Donde $s(A)$ denota al conjunto de hijos de A.

Esta fórmula es válida en todos los casos. Otra fórmula de aplicación más sencilla, pero sólo es válida cuando todas las probabilidades $P^*(a_i)$ son no nulas, es $P(a_j) / \lambda_B(a_j)$.

Proporciona un π -mensaje distinto (pero proporcional al de la otra fórmula) e iguales probabilidades a posteriori.

3. Si B tiene k valores posibles y $s(B)$ es el conjunto de los hijos de B, entonces para $i=1,2,\dots,k$, el λ -valor de B viene dado por:

$$\pi(b_i) = \begin{cases} \prod_{c \in s(B)} \lambda_c(b_i) & \text{si B no ha sido instanciada} \\ 1 & \text{si } B = b_i \\ 0 & \text{si } B \neq b_i. \end{cases}$$

Fórmula 3. Calcular λ -valor de B, sin instanciar B.

4. Si A es padre de B, B tiene k valores posibles y A tiene m valores posibles, entonces para $i=1,2,\dots,k$, el π -valor de B viene dado por:

$$\pi(b_i) = \sum_{j=1}^m P(b_i / a_j) \pi_B(a_j).$$

Fórmula 4. Calcular la probabilidad a posteriori.

5. Si B es una variable con k posibles valores, entonces para $i = 1,2,\dots,k$ la probabilidad a posteriori basada en las variables instanciadas se calcula como:

$$P^*(b_i) = \alpha \lambda(b_i) \pi(b_i).$$

Fórmula 5. Calcular la probabilidad a posteriori, con variables instanciadas.

Pasos del Algoritmo. 1. Inicialización.

A. Inicializar todos los λ -mensajes y λ -valores a 1.

B. Si la raíz A tiene m posibles valores, entonces para $j = 1,\dots,m$, sea:

$$\pi(a_j) = P(a_j)$$

C. Para todos los hijos B de la raíz A, hacer:

Enviar un nuevo p-mensaje a B usando la Fórmula 2.

(En ese momento comenzará un flujo de propagación debido al procedimiento de actualización C).

Cuando una variable se instancia o una variable recibe un λ o π -mensaje, se usa uno de los siguientes procedimientos de actualización:

2. Actualización

A. Si una variable B se instancia a un valor b_j , entonces:

BEGIN

A.1. Inicializar $P^*(b_j) = 1$ y $P^*(b_i) = 0$, para todo $i \neq j$.

A.2. Calcular $\lambda(B)$ usando la fórmula 3.

A.3. Enviar un nuevo λ -mensaje al padre de B usando la Fórmula 1.

A.4. Enviar nuevos π -mensajes a los hijos de B usando la Fórmula 2.

END

B. Si una variable B recibe un nuevo λ -mensaje de uno de sus hijos y la variable B no ha sido instanciada todavía, entonces:

BEGIN

B.1. Calcular el nuevo valor de $\lambda(B)$ usando la Fórmula 3.

B.2. Calcular el nuevo valor de $P^*(B)$ usando la Fórmula 5.

B.3. Enviar un nuevo λ -mensaje al padre de B usando la Fórmula 1.

B.4. Enviar nuevos π -mensajes a los otros hijos de B usando Fórmula 2.

END.

C. Si una variable B recibe un nuevo π -mensaje de su padre y la variable B no ha sido instanciada todavía, entonces:

BEGIN

C.1. Calcular el nuevo valor de $\pi(B)$ usando la Fórmula 4.

C.2. Calcular el nuevo valor de $P^*(B)$ usando la Fórmula 5.

C.3. Enviar nuevos π -mensajes a los hijos de B usando Fórmula 2.

END.

4.3 Descripción del Software

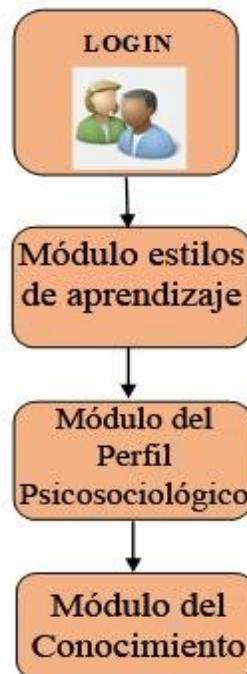


Figura 4.5 Módulos del proceso del Software (Fuente: Elaboración propia).

4.4 Diseño de la base de datos del módulo del Estudiante

Para el módulo que se desarrolló, se utiliza una base de datos con la finalidad de almacenar la información necesaria para el avance del alumno, el diseño de la base de datos esta expresado en la figura 4.3.

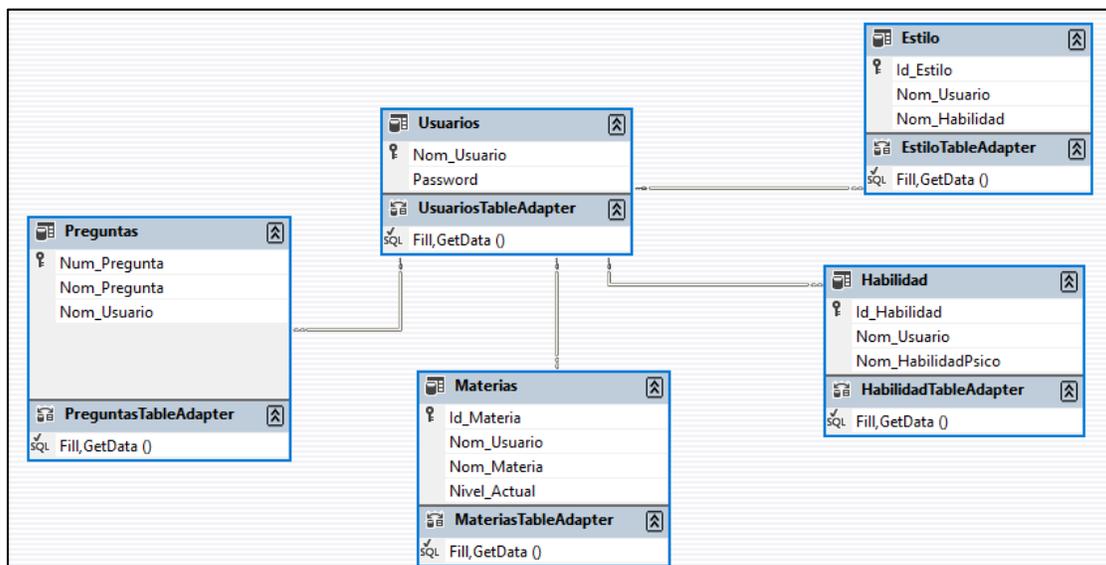


Figura 4.6 Base de datos del sistema (Fuente: Elaboración propia).

4.5 Módulo Estilos de aprendizaje

- Test Estilos de aprendizaje: Se evalúa al estudiante a través de un Test, conformado por una serie de preguntas que detectan el Estilo de aprendizaje.
- Mostrar el Estilo de aprendizaje obtenido: Se muestra el Estilo de aprendizaje obtenido como resultado del Test.
- Técnica: Red Bayesiana.

4.5.1 Detección de los Estilos de Aprendizaje.

Como ya se dijo con anterioridad, los Estilos de aprendizaje permiten presentar un conocimiento o información a los estudiantes, adaptado a sus gustos y preferencias, es decir; enfocado al método o estrategia de aprendizaje que se le facilita más a cada persona.

Para el presente proyecto, en primer lugar, se detectan los Estilos de aprendizaje a través de un Examen de diagnóstico basado en el Modelo de aprendizaje de VAK (Bandler y Grinder), que consta de una serie de preguntas que proporcionan información al final para saber si la persona es Visual, Auditiva o Kinestésica.

CANAL	PREGUNTA	VARIABLES
VISUAL	2.- ¿Prefieres seguir instrucciones escritas y no orales? 4.- ¿Recuerdas las cosas mejor cuando las ves de forma escrita? 7.- ¿Aprendes mejor a través de dibujos, diagramas y mapas? 9.- ¿Te gusta la lectura y llevarla a cabo de forma rápida? 13.- Cuando te piden deletrear una palabra, ¿simplemente usas la palabra en tu memoria visual?	2= PV1 4= PV2 7= PV3 9= PV4 13= PV5
AUDITIVO	1.- ¿Recuerdas mejor las cosas si lo dices en voz alta? 6.- ¿Disfrutas aprendiendo cuando tienes a alguien que te explica las cosas? 10.- ¿Prefieres escuchar la radio, que ver la televisión? 12.- ¿Prefieres escuchar radio, grabaciones y lecciones en audio? 15.- ¿Cuando lees en silencio, repites cada palabra para ti mismo?	1= PAU1 6= PAU2 10= PAU3 12= PAU4 15= PAU5
KINESTÉSICO	3.- ¿Te resulta más fácil aprender a través de prácticas como, por ejemplo, realizar una mezcla química en un laboratorio? 5.- ¿Prefieres aprender por medio de simulacros, juegos y prácticas? 8.- ¿Disfrutas el trabajar con tus manos? 11.- ¿Disfrutas trabajar junto a otros, en equipo? 14.- Cuando aprendes nuevo material, ¿tú mismo actúas, dibujas y realizas garabatos?	3= PK1 5= PK2 8= PK3 11= PK4 14= PK5

Tabla 4.1 Test de VAK (Bandler & Grinder).

La Red Bayesiana que define los estilos de aprendizaje, se representa en la figura 4.7:

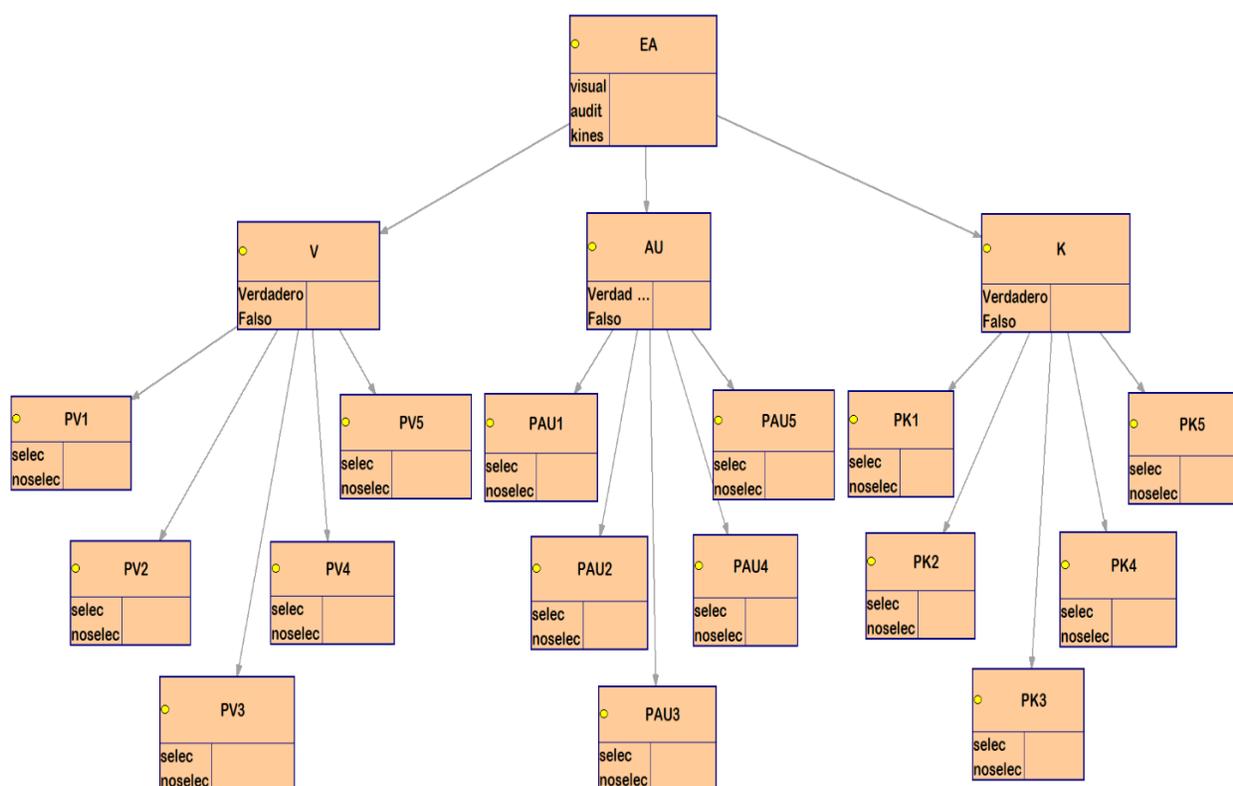


Figura 4.7 Red bayesiana de estilos de aprendizaje (Fuente: Elaboración propia).

Y sus variables están definidas y representadas en la Tabla 4.2 que se muestra a continuación:

NOMBRE DE LA VARIABLE	NOMENCLATURA	VALORES CUALITATIVOS
Estilo de aprendizaje	EA	visual, audit, kines
Estilo Visual	V	verdadero, falso
Estilo Auditivo	AU	verdadero, falso
Estilo Kinestésico	K	verdadero, falso
Preguntas del Estilo Visual	PV1, PV2, PV3, PV4, PV5	selec, noselec
Preguntas del Estilo Auditivo	PAU1,PAU2,PAU3,PAU4,P AU5	selec, noselec
Preguntas del Estilo Kinestésico	PK1,PK2,PK3,PK4,PK5	selec, noselec

Tabla 4.2 Nomenclatura de la RB Estilos de Aprendizaje.

4.6 Módulo Inteligencias múltiples

- Test Inteligencias múltiples: Una vez detectado el Estilo de aprendizaje y obtenido el resultado, se avanza al siguiente Test que es el de las Inteligencias múltiples.
- Evaluar el Perfil Psicosociológico y obtener el resultado: Se realiza el Test y se obtiene el resultado de alguna de las Inteligencias Múltiples.
- Con este resultado, se determina la cantidad de preguntas a realizar en el Test del Estado de conocimiento.
- Técnica: Test.

Una vez obtenido el Estilo de aprendizaje, como siguiente paso se detectan las Inteligencias múltiples. Test que nos permitirá determinar el tipo de Inteligencia del alumno. Esto se realiza mediante el Test de la Teoría de las Inteligencias múltiples de Gardner, el cual consiste en una serie de preguntas que determinarán qué tipo de Inteligencia posee el estudiante: Lingüística, Lógico-matemática, Espacial, Musical, Corporal-kinestésica, Interpersonal o Intrapersonal. El Test consta de las preguntas que se muestran en la tabla 4.3. Las preguntas se responden con un Verdadero o Falso y cada una de ellas le da un valor a las distintas Inteligencias.

- Lingüística: 2, 7, 15, 18 y 22.
- Lógico-matemática: 3, 8, 9, 24 y 29.
- Espacial: 10, 12, 17, 28 y 34.
- Musical: 6, 14, 21, 31 y 33.
- Corporal-kinestésica: 1, 16, 23, 30 y 32.
- Interpersonal: 5, 13, 20, 26 y 35.
- Intrapersonal: 4, 11, 19, 25 y 27.

Test de Gardner	
1.	¿Practico diferentes deportes?
2.	¿Me gusta participar en debates verbales vivos y animados?
3.	¿Llevo meticulosamente las cuentas de la economía doméstica?
4.	¿Escribo un diario personal?
5.	¿Sé escuchar?
6.	¿Entre mis gustos musicales preferidos está la música instrumental?
7.	¿Disfruto escribiendo cartas?
8.	¿Me deleito organizando viajes?
9.	¿Me atraen los temas científicos?
10.	¿El arte me llama mucho la atención?
11.	¿Tengo facilidad para alcanzar los objetivos y metas que me planteo?
12.	¿En ocasiones me encargo de montar los muebles?
13.	¿Se me da bien enseñar?
14.	¿Soy capaz de reconocer con facilidad una melodía?
15.	¿Me fascina la poesía?
16.	¿La cocina es algo que se me da bastante bien?
17.	¿Me oriento con facilidad?
18.	¿Leo con bastante frecuencia?
19.	¿Me organizo mi tiempo de manera eficiente?
20.	¿Las reuniones y quedar con gente son actividades con las que disfruto?
21.	¿Para crear ambiente suelo poner música de fondo?
22.	¿Me doy bastante maña para rellenar formularios e impresos?
23.	¿La decoración de mi casa es para mí una actividad importante y complaciente?
24.	¿Las matemáticas se me dan muy bien?
25.	¿Me conozco bastante bien: sé identificar mis sentimientos y humores?
26.	¿Disfruto con las relaciones sociales?
27.	¿Por lo general, soy capaz de predecir si conseguiré hacer algo?
28.	¿Me divierte conducir y creo no lo hago nada mal?
29.	¿El cálculo mental me resulta sencillo?
30.	¿Entre mis aficiones están las manualidades y el bricolaje?
31.	¿Tengo facilidad para recordar chistes, dichos, frases publicitarias o historias?
32.	¿El baile es algo que me encanta?
33.	¿Soy capaz de reproducir los sonidos que escucho?
34.	¿Se me da bien seguir planes y diagramas?
35.	¿Mis amigos y amigas opinan que soy bueno consolando?

Tabla 4.3 Preguntas para las Inteligencias múltiples.

Se asigna un punto por cada SÍ en las respectivas preguntas, a través de un marcador para cada categoría. Al final se realiza un conteo y en la categoría que predominen los puntos, es el tipo de Inteligencia que posee.

Este módulo es necesario, ya que se utiliza para determinar, de acuerdo a la inteligencia obtenida, la cantidad de preguntas a realizar al estudiante, tal como se muestra en la siguiente tabla 4.4:

INTELIGENCIA	NÚMERO DE PREGUNTAS	CARACTERÍSTICAS
Lingüística	12	Capacidad de entender y utilizar el propio idioma.
Musical	8	Capacidad de percibir y reproducir la música.
Espacial	8	Capacidad de percibir la colocación de los cuerpos en el espacio y de orientarse.
Corporal-kinestésica	10	Capacidad de percibir y reproducir el movimiento.
Interpersonal	10	Capacidad de ponerse en el lugar del otro y saber tratarlo.
Intrapersonal	8	Capacidad de entenderse a sí mismo y controlarse.

Tabla 4.4 Inteligencias múltiples, sus características y cantidad de preguntas asignadas.

Considerando aspectos biológicos, ciertas áreas del cerebro se activan dependiendo del tipo de inteligencia correspondiente, observándose que cierto tipo de inteligencias comparten aspectos comunes, por ejemplo, la lógica matemática, espacial, intrapersonal y musical, activan áreas del cerebro comunes. En este caso, para el Sistema Tutor Inteligente que se ha diseñado, se considera que al tener la capacidad de creación y abstracción los estudiantes pueden generar un resultado representativo con un menor número de preguntas que otros estudiantes que poseen otro tipo de inteligencia, que sobresalen en áreas sociales y culturales, por lo cual al no poseer un nivel de abstracción alto, necesitarían un mayor número de preguntas para ser evaluados considerando un margen de error que los coloque en igualdad de circunstancias.

4.7 Módulo de evaluación

- En este módulo se presentan las lecciones por unidad, las cuales son: Unidad I: Origen y evolución de la investigación de operaciones, Unidad II: Programación lineal y Unidad III: Cadenas de Márkov.

- El contenido temático se presenta de manera individualizada, de acuerdo a los resultados y combinaciones obtenidos en los Test.

- Técnica: Red Bayesiana para evaluar la evolución del aprendizaje del estudiante.

Cuando ya ha sido realizada la detección de los Estilos de aprendizaje y además se realizó el Test de las Inteligencias múltiples para determinar el número de preguntas a aplicar al estudiante, se procede a presentar las lecciones en el formato que se le asigna al alumno de acuerdo a sus resultados. La Red Bayesiana que define el avance en las lecciones, se representa en la figura 4.8:

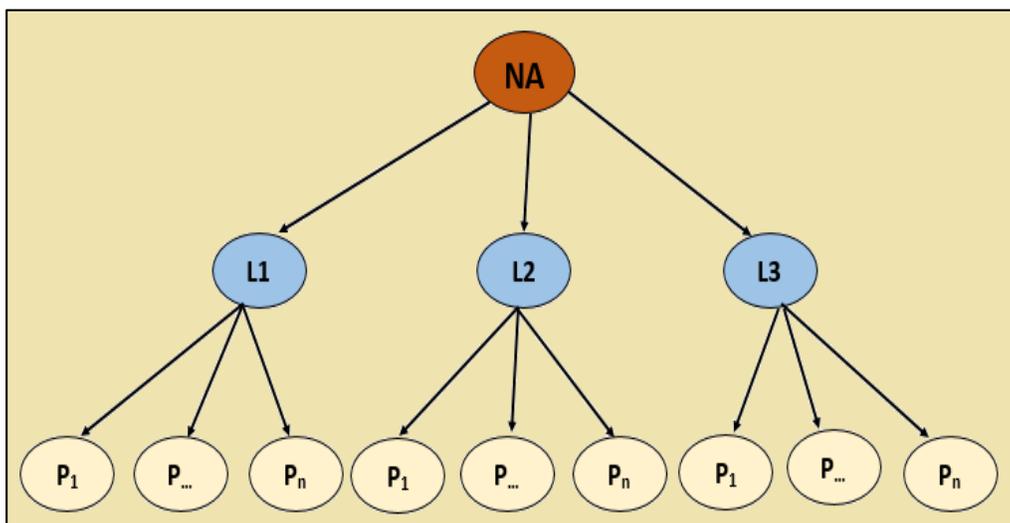


Figura 4.8 Red Bayesiana que define el Módulo de Evaluación (Fuente: Elaboración propia).

Este módulo está definido por 3 lecciones, conformadas por los temas antes mencionados.

Se definen las variables a utilizar en la tabla 4.5:

NOMBRE DE LA VARIABLE	NOMENCLATURA	VALORES CUALITATIVOS
Nivel de aprendizaje	NA	L1, L2, L3
Lección 1	L1	verdadero, falso
Lección 2	L2	verdadero, falso
Lección 3	L3	verdadero, falso

Tabla 4.5 Nomenclatura de la RB del Nivel de Aprendizaje.

A continuación, en la imagen 4.9 se observa un ejemplo de RB en la cual se genera la evaluación de las lecciones al estudiante, a través de 8 preguntas, debido a que obtuvo como resultado una Inteligencia Lógica-Matemática y a este tipo de inteligencia, se le asignó es cantidad de preguntas por su nivel de abstracción:

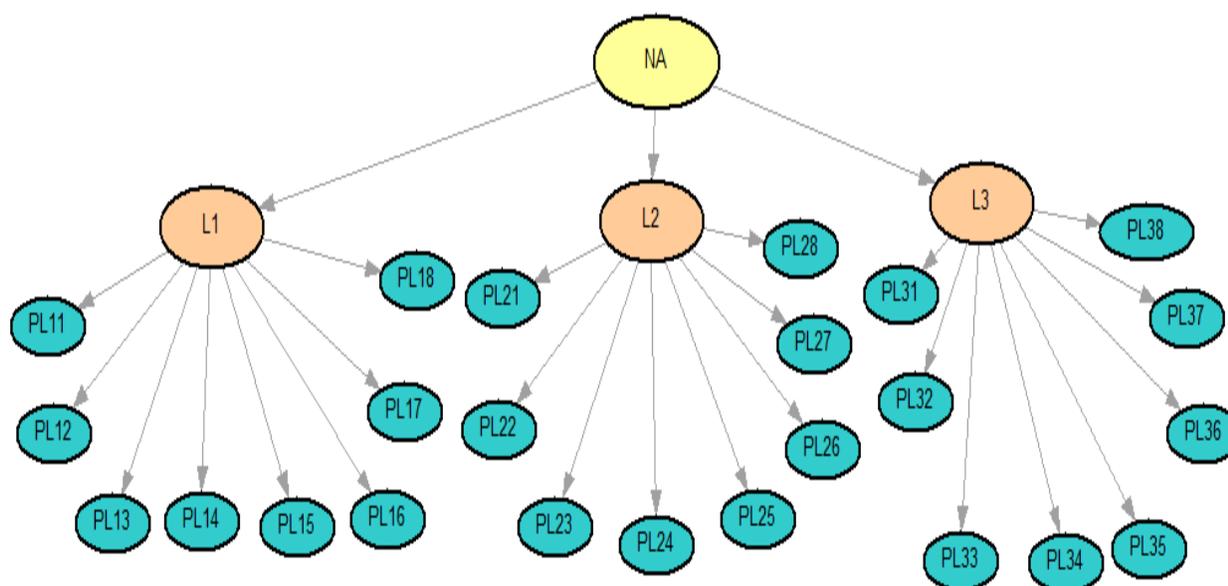


Figura 4.9 RB de la evaluación de un estudiante Lógico-Matemático (Fuente: Elaboración propia).

Capítulo V: Resultados y conclusiones

5.1 Resultados

El software desarrollado, se creó con el fin de mejorar el progreso de los estudiantes en la materia de Investigación de Operaciones, enfocado al tema de Cadenas de Márkov; a través de una instrucción individualizada. Sin embargo, se agregó una materia más para comprobar los resultados en dos casos de estudio diferentes.

Tomando como un segundo caso de estudio, el tema de Teoría de Conjuntos; de la materia de Matemáticas Discretas. Este software se puede ejecutar en cualquier equipo de cómputo con un sistema operativo Windows 10 y con características de hardware de como mínimo un procesador Core i3, para llevar a cabo una correcta ejecución.

El contenido del programa está conformado por el test para la detección de los Estilos de Aprendizaje, el test del Perfil Psicosociológico para la detección del tipo de inteligencia y de acuerdo a la materia a evaluar, se presenta el contenido temático personalizado de acuerdo a los resultados de ambos Test, en ese orden exacto.

Para ingresar al sistema se requiere de un usuario y una contraseña. En la pantalla de inicio se muestran las dos materias a seleccionar para ser evaluadas y una vista previa del login que se muestra en la figura 5.1 a continuación.



Figura 5.1 Pantalla de inicio del programa (Fuente: Elaboración propia).

Lo primero que se debe hacer es seleccionar una de las materias, al hacer esto, aparece el login en la pantalla principal. Si es un usuario nuevo el que accede, solicita un registro con un nombre y contraseña que quieran tener, este ejemplo se muestra en la figura 5.2 a continuación.



Figura 5.2 Pantalla de registro de nuevo usuario (Fuente: Elaboración propia).

Como se puede observar, el usuario puede ser cualquier nombre que no rebase la longitud de 15 caracteres y en contraseña, puede ser cualquier contraseña creada que no rebase los 6 caracteres.

Si es un usuario ya existente, únicamente se ingresa el usuario y contraseña previamente creados, ya que dichos datos se guardan y quedan registrados, permitiendo el ingreso al sistema.

Tal cual se muestra en la Fig. 5.3:

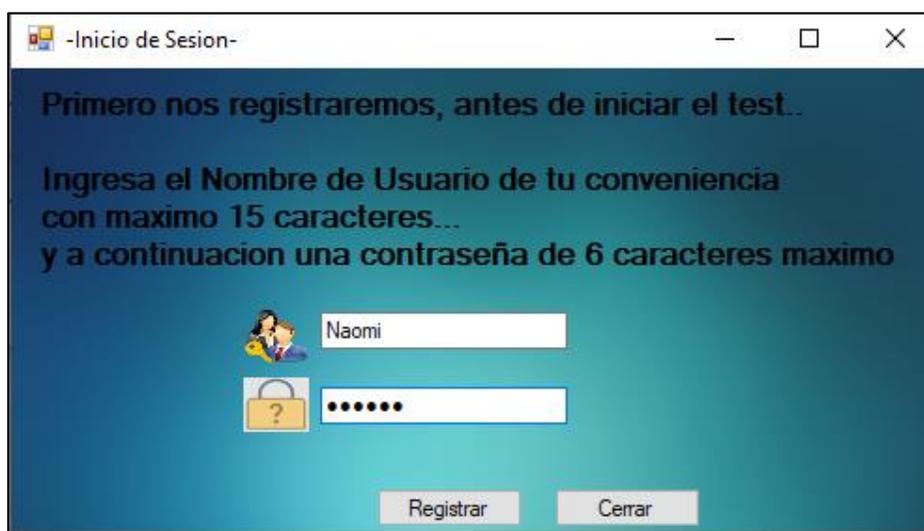


Figura 5.3 Login para usuario ya existente (Fuente: Elaboración propia).

Una vez que el nuevo usuario ingresa sus datos y se han validado de forma correcta, se comenzará la parte de interacción mediante los test.

Ya que se elige la materia a evaluar, el programa presenta una pantalla de bienvenida en la que se selecciona el primer test para comenzar, que es el de Estilos de aprendizaje. Tal como se muestra en la Fig. 5.4:

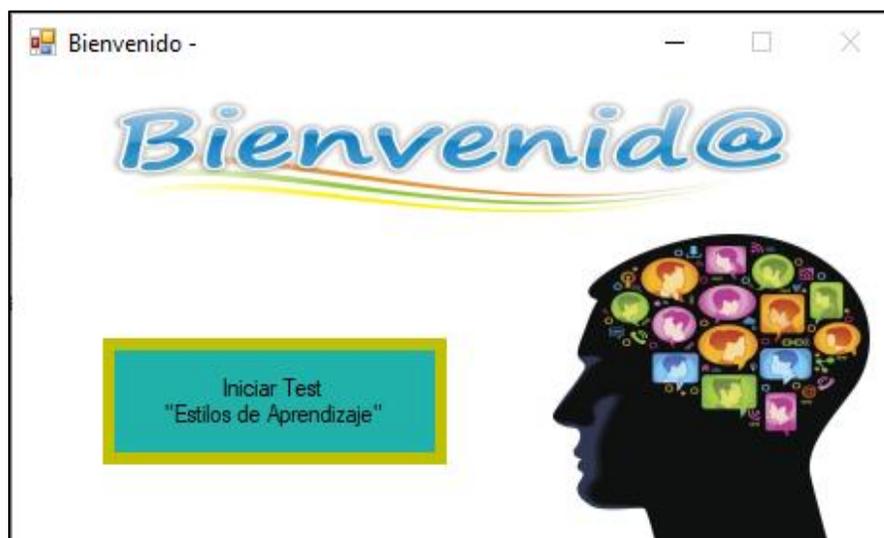


Figura 5.4 Pantalla de bienvenida al Test de Estilos de Aprendizaje (Fuente: Elaboración propia).

Como ya se mencionó, el test consta de una serie de preguntas que se responden con un SI o un NO. En las figuras 5.5 y 5.6 se muestran ejemplos de algunas de las interrogantes que se presentan:



Figura 5.5 Pregunta del Test de Estilos de Aprendizaje que detecta aprendizaje Auditivo (Fuente: Elaboración propia).



Figura 5.6 Pregunta del test de Estilos de Aprendizaje que detecta el aprendizaje Kinestésico (Fuente: Elaboración propia).

Ya que se han respondido todas las preguntas del test de Estilos de aprendizaje, el programa arroja el resultado obtenido en alguno de los canales de aprendizaje. En la Fig. 5.7 se muestra el ejemplo de uno de los posibles resultados a obtener, que es el canal de aprendizaje Kinestésico:

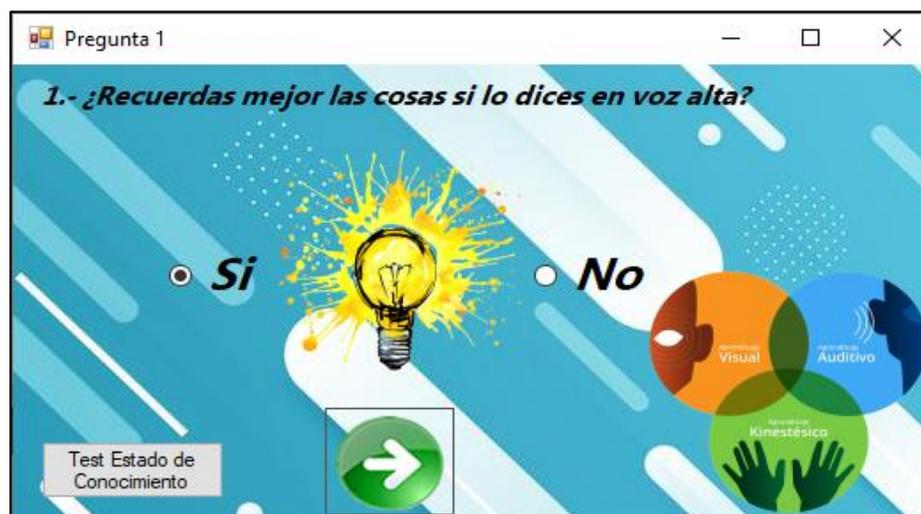
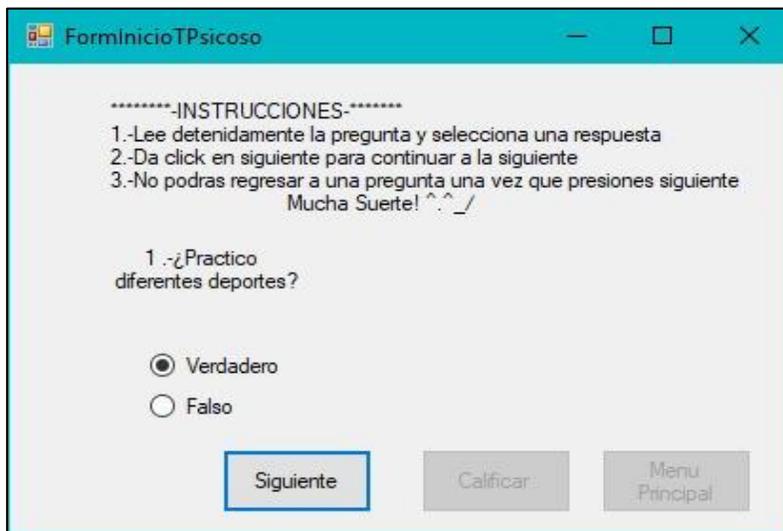


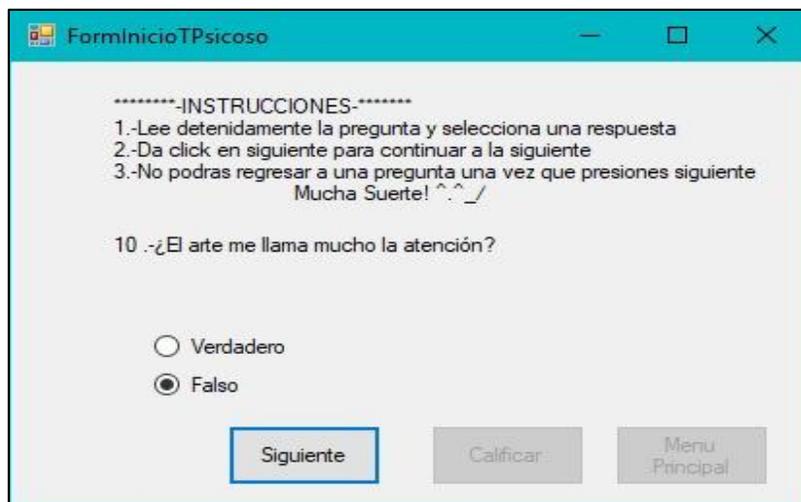
Figura 5.7 Resultado obtenido en el Test para diagnosticar Estilos de aprendizaje (Fuente: Elaboración propia).

El paso a seguir es realizar el test para la detección del Perfil Psicosociológico, que está conformado por preguntas que proporcionan qué tipo de inteligencia se posee. Algunas de las preguntas que se incluyen en el test se muestran en las figuras 5.8 y 5.9, tal como se observa a continuación:



The screenshot shows a window titled "FormInicioTPsicoso" with a teal header. The content includes instructions and a question. The instructions are: "*****-INSTRUCCIONES-*****", "1.-Lee detenidamente la pregunta y selecciona una respuesta", "2.-Da click en siguiente para continuar a la siguiente", and "3.-No podras regresar a una pregunta una vez que presiones siguiente". Below the instructions is the question "1.-¿Practico diferentes deportes?". There are two radio buttons: "Verdadero" (selected) and "Falso". At the bottom are three buttons: "Siguiente" (highlighted with a blue border), "Calificar", and "Menu Principal".

Figura 5.8 Pregunta del test del Perfil Psicosociológico (Fuente: Elaboración propia).



The screenshot shows a window titled "FormInicioTPsicoso" with a teal header. The content includes instructions and a question. The instructions are: "*****-INSTRUCCIONES-*****", "1.-Lee detenidamente la pregunta y selecciona una respuesta", "2.-Da click en siguiente para continuar a la siguiente", and "3.-No podras regresar a una pregunta una vez que presiones siguiente". Below the instructions is the question "10.-¿El arte me llama mucho la atención?". There are two radio buttons: "Verdadero" and "Falso" (selected). At the bottom are three buttons: "Siguiente" (highlighted with a blue border), "Calificar", and "Menu Principal".

Figura 5.9 Otra pregunta del test del Perfil Psicosociológico (Fuente: Elaboración propia).

Al igual que el primer test, el del Perfil Psicosociológico muestra una ventana con los resultados al terminar de responder todas las preguntas del mismo, dependiendo de las respuestas acertadas. En la Fig. 5.10 se muestra uno de los posibles resultados:

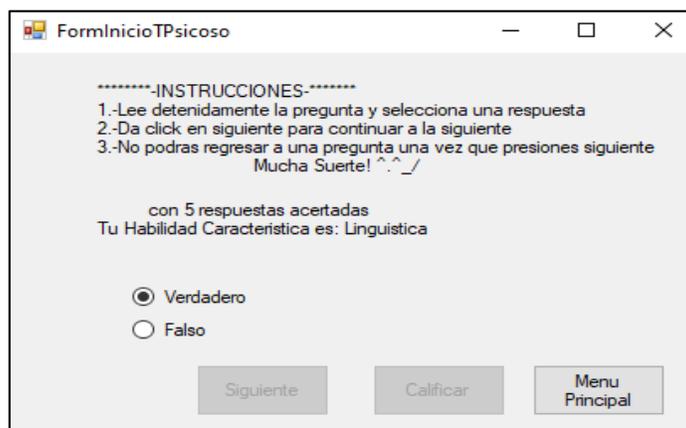


Figura 5.10 Resultado probable obtenido de realizar el test del Perfil Psicosociológico (Fuente: Elaboración propia).

Como siguiente paso, se mostrará la lección de la materia seleccionada, de acuerdo al Estilo de aprendizaje obtenido. En el ejemplo de la figura 5.11 se observa como el contenido se presenta en formato escrito y gráfico, debido a que el estudiante obtuvo un resultado Visual.



Figura 5.11 Tema de la materia que se muestra con Estilo de Aprendizaje Visual (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 5.12 se presenta el contenido de la pregunta en un formato de video y práctica, en el cual se debe visualizar el video en primer lugar y después responder la pregunta. Se realiza de esta forma debido a que el resultado del estudiante fue un estilo de aprendizaje Kinestésico.

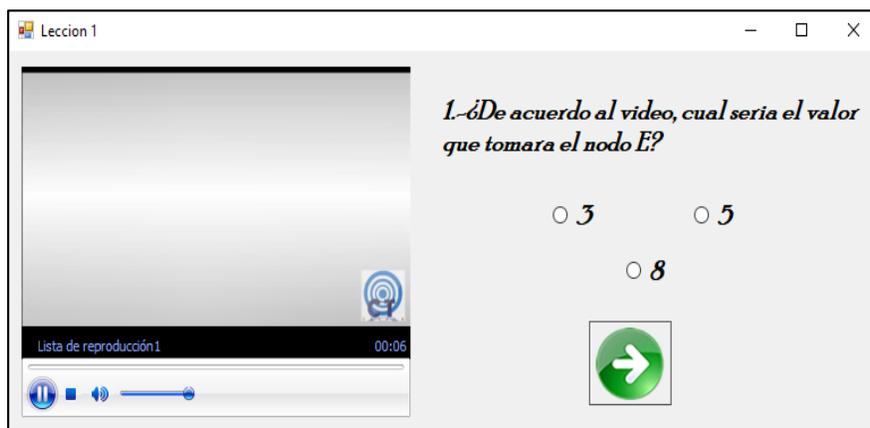


Figura 5.12 Tema de la materia que se muestra con Estilo de Aprendizaje Kinestésico (Fuente: Elaboración propia).

En el ejemplo de la imagen 5.13 se presenta el tema en formato de audio, debido a que el estudiante obtuvo un resultado Auditivo en el Estilo de aprendizaje.

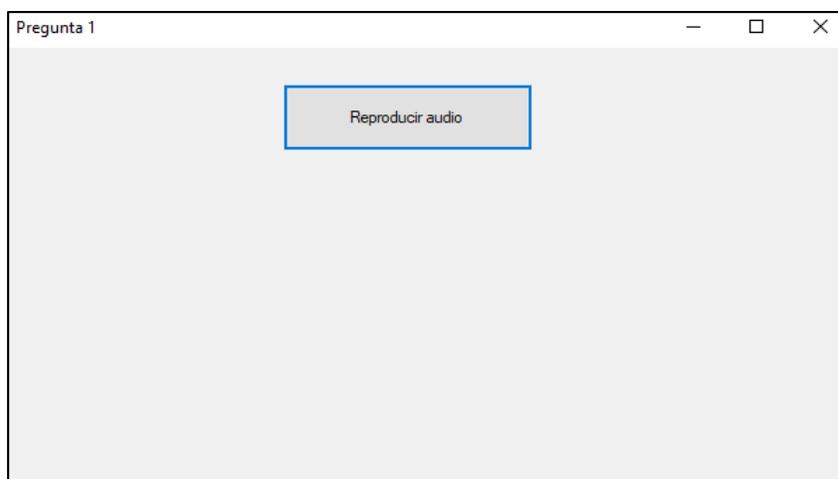


Figura 5.13 Tema de la materia que se muestra con Estilo de Aprendizaje Kinestésico (Fuente: Elaboración propia).

Una vez que el estudiante ha completado el primer nivel de las lecciones, al momento de volver a ingresar al sistema, este le proporciona la opción de repasar la lección ya vista o continuar con la siguiente unidad. En la figura 5.14 se muestra dicho resultado.

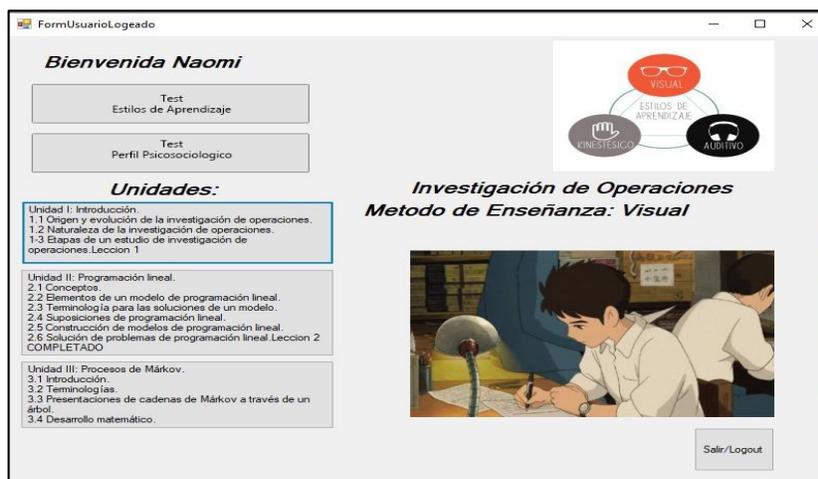


Figura 5.14 Ejemplo de resultado Visual en el sistema (Fuente: Elaboración propia).

Las pruebas de este trabajo se llevaron a cabo con una muestra de 30 alumnos con problemas en la asignatura de Investigación de Operaciones. Se decidió basar este sistema tutor inteligente en dicha asignatura por su grado de complejidad para los estudiantes y, además, porque es una de las materias con un mayor índice de bajas calificaciones y reprobación.



Figura 5.15 Alumnos realizando prueba escrita y después, por medio del tutor (Fuente: Elaboración propia).

A continuación, se muestran diferentes casos de ejemplo obtenidos con el sistema y la RB resultante en cada caso.

La RB inicial de los Estilos de aprendizaje, tal como se muestra en la imagen 5.16 contiene las probabilidades iniciales. Para la iteración de dicha red, se utiliza el algoritmo de propagación en forma de árbol anteriormente descrito en la Metodología, por medio del cual se generan los resultados. Todos los cálculos se realizan automáticamente dentro de la herramienta GeNie.

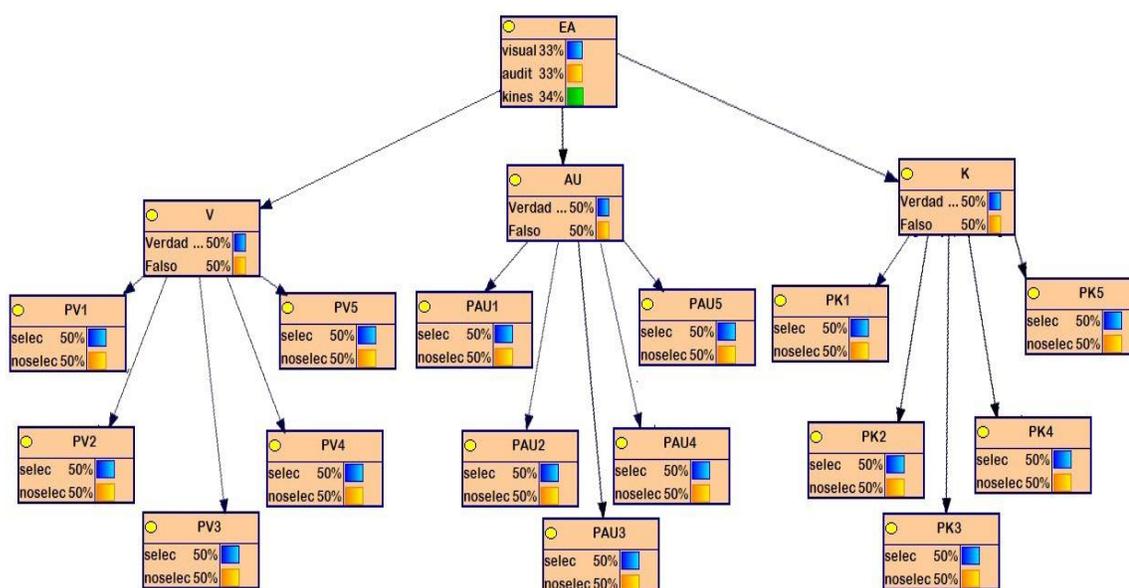


Figura 5.16 Red Bayesiana inicial (Fuente: Elaboración propia).

Se puede observar que, para cada estilo de aprendizaje, se tiene un determinado porcentaje. A continuación, se muestran los datos obtenidos de 3 alumnos evaluados a través del Tutor, en los cuales se observa el resultado obtenido en el Sistema y se comprueba dicho resultado con la RB en GeNie:

Caso 1: En este caso, como se observa en la imagen 5.17, el alumno obtuvo un resultado Visual.



Figura 5.17 Caso 1, resultado Visual (Fuente: Elaboración propia).

En cuanto a las respuestas dadas, se observa en el gráfico de la figura 5.18 la forma en que respondió y el porqué del resultado:

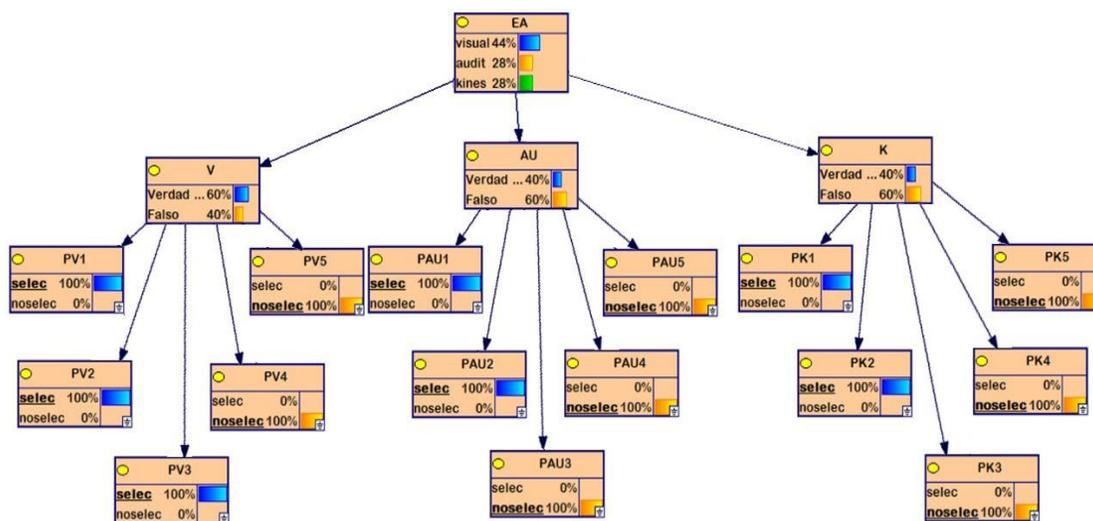


Figura 5.18 RB del Caso 1 (Fuente: Elaboración propia).

Como se logra observar, al seleccionar las preguntas visuales, el estudiante obtuvo dicho resultado, con un 44% del total como muestra en el nodo EA.

Caso 2: En este caso, tal como se observa en la figura 5.19, el alumno obtuvo un resultado Kinestésico.



Figura 5.19 Caso 2, resultado Kinestésico (Fuente: Elaboración propia).

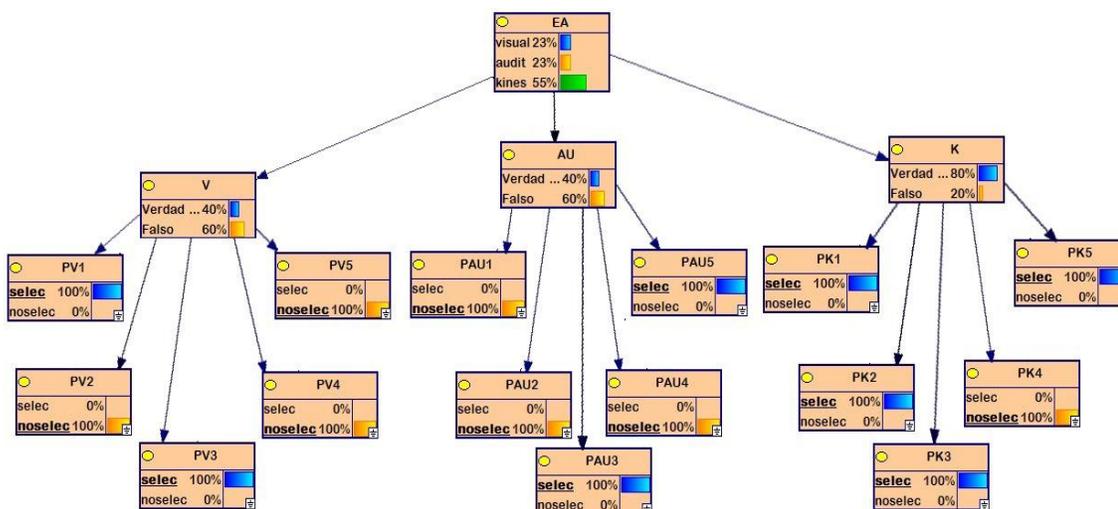


Figura 5.20 RB del Caso 2 (Fuente: Elaboración propia).

Caso 3: En este caso, como se observa en la figura 5.21, el alumno obtuvo un resultado Auditivo.



Figura 5.21 Caso 3, resultado Auditivo (Fuente: Elaboración propia).

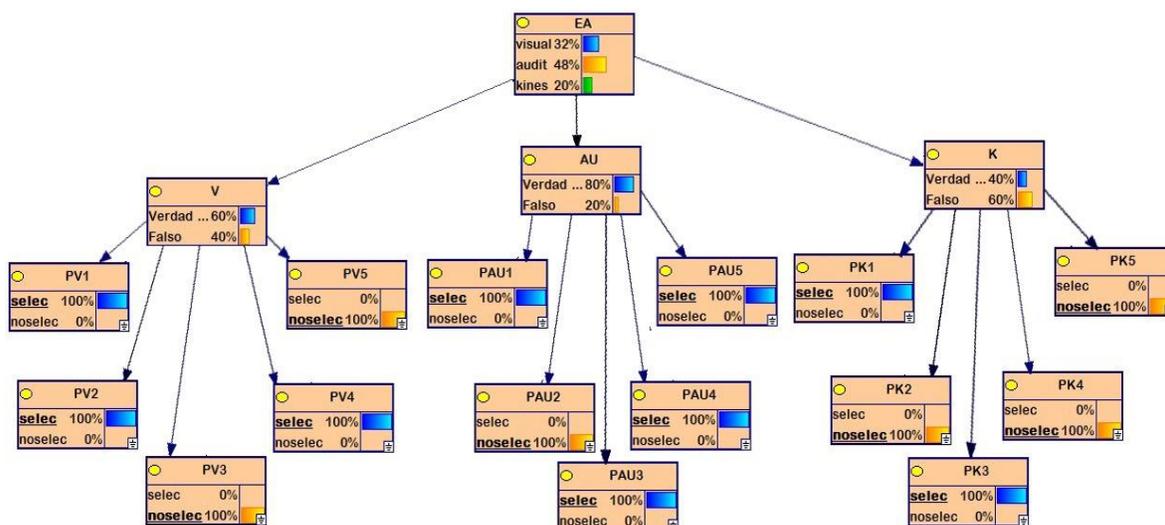


Figura 5.22 RB del Caso 3 (Fuente: Elaboración propia).

Una vez aplicados los test mencionados y soportados con el análisis de Redes Bayesianas, se pudo clasificar de forma correcta a qué tipo de aprendizaje corresponde cada alumno de esta

población. De acuerdo al tipo de aprendizaje que mostraba cada uno, se adaptaron los temas a estudiar.

Alumno	EXAMEN ESCRITO			Promedio
	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	
VIRIDIANA ZAPATA GARCÍA.	5	6	6	5.333333333
ARIZA MARTÍNEZ GUTIÉRREZ.	5	6	6	5.333333333
DANIEL GONZÁLEZ CHÁVEZ	8	9	9	8.333333333
GABRIELA RODRÍGUEZ BALTAZAR	10	10	10	9.666666667
ANA KAREN URQUIZA RÍOS	5	6	6	5.333333333
ANTONY SIMONE LÓPEZ	5	6	6	5.333333333
JOSE FERNANDO RENDON ALEMAN	9	10	10	9.333333333
MIGUEL ANGEL IZQUIERDO CAMPOS	8	9	9	8.333333333
AILEEN XIADANI VICTORINO CUEVAS	5	6	6	5.333333333
ANA ESTHER GONZALEZ MACEDA	8	9	9	8.666666667
ADILENE GARCIA AGUILAR	8	9	9	8.333333333
FELIPA VARGAS LIQUIDANO	5	6	6	6
MIRIAM GUADALUPE VIRUEL ROMERO	9	10	10	9.333333333
IRASEMA RAMOS PIEDRA	7	8	6	7.666666667
CECILIA GUADALUPE CASTILLO RUBÍ	10	10	10	9.666666667
FERNANDA GUERRERO RAMOS	10	10	10	9.666666667
MARI CARMEN LAURO CRUZ	7	6	6	6.666666667
EFRÉN BLANCO FIERRO	8	9	9	8.333333333
TANIA PATRICIA IBARRA CAMPOS	9	10	10	9.333333333
KARLA BELLO ALARCÓN	5	6	6	6
ESTHER HERNANDEZ SAGUILÁN	6	6	6	6.333333333
ANABERTA RAFAEL GATICA	8	9	9	8.666666667
JESUS SOLIS GARDUÑO	10	10	10	9.666666667
BERNARDO DE JESUS NAVARRETE CARMONA	9	9	9	9
MA. DEL SOCORRO VEGA NAVARRETE	7	6	6	6.666666667
MARTIN SAIDITH JAVIER GUERRERO	5	6	6	6
PRISCILA BUSTOS MUÑOZ	8	6	6	7
DALIA YAMEL SANCHEZ SALGADO	8	6	6	7
CESAR FERNANDO SOLIS GALEANA	10	10	10	9.666666667
MARGARITA ALARCÓN TORRES.	9	10	9	9.333333333
PROMEDIO	7.5	8	9	7.711111111
ÍNDICE DE APROBADOS	70%	55%	54%	60%
ÍNDICE DE REPROBADOS	30%	45%	46%	40%

Tabla 5.1 Calificaciones del test escrito.

Alumno	TEST EN EL SISTEMA			Promedio
	Calif. Unidad 1	Calif. Unidad 2	Calif. Unidad 3	
VIRIDIANA ZAPATA GARCÍA.	6	5	6	5.666666667
ARIZA MARTÍNEZ GUTIÉRREZ.	6	5	6	5.666666667
DANIEL GONZÁLEZ CHÁVEZ	9	8	8	8.333333333
GABRIELA RODRÍGUEZ BALTAZAR	10	9	9	9.333333333
ANA KAREN URQUIZA RÍOS	6	5	6	5.666666667
ANTONY SIMONE LÓPEZ	6	5	6	5.666666667
JOSE FERNANDO RENDON ALEMAN	10	9	9	9.333333333
MIGUEL ANGEL IZQUIERDO CAMPOS	9	8	8	8.333333333
AILEEN XIADANI VICTORINO CUEVAS	6	5	6	5.666666667
ANA ESTHER GONZALEZ MACEDA	9	9	9	9
ADILENE GARCIA AGUILAR	9	8	8	8.333333333
FELIPA VARGAS LIQUIDANO	6	7	6	6.333333333
MIRIAM GUADALUPE VIRUEL ROMERO	10	9	9	9.333333333
IRASEMA RAMOS PIEDRA	8	8	9	8.333333333
CECILIA GUADALUPE CASTILLO RUBÍ	10	9	9	9.333333333
FERNANDA GUERRERO RAMOS	10	9	9	9.333333333
MARI CARMEN LAURO CRUZ	8	7	6	7
EFRÉN BLANCO FIERRO	9	8	9	8.666666667
TANIA PATRICIA IBARRA CAMPOS	10	9	9	9.333333333
KARLA BELLO ALARCÓN	7	7	9	7.666666667
ESTHER HERNANDEZ SAGUILÁN	7	7	9	7.666666667
ANABERTA RAFAEL GATICA	9	9	9	9
JESUS SOLIS GARDUÑO	10	9	9	9.333333333
BERNARDO DE JESUS NAVARRETE CARMONA	9	9	9	9
MA. DEL SOCORRO VEGA NAVARRETE	8	7	9	8
MARTIN SAIDITH JAVIER GUERRERO	7	7	9	7.666666667
PRISCILA BUSTOS MUÑOZ	8	7	9	8
DALIA YAMEL SANCHEZ SALGADO	9	7	9	8.333333333
CESAR FERNANDO SOLIS GALEANA	10	9	9	9.333333333
MARGARITA ALARCÓN TORRES.	10	9	9	9.333333333
PROMEDIO	8.366666667	7.633333333	8.2	8.066666667
ÍNDICE DE APROBADOS	80%	82%	78%	80%

Tabla 5.2 Calificaciones del test del sistema.

En la unidad 1 pasaron de un 30% de reprobación, a un 20%; en la unidad 2 pasaron de un 45% de reprobación a un 18% y en la unidad 3, de un 46% a un 22%. En promedio por las 3 unidades, se pasó de un 40% de índice de reprobación, a un 20%. Como se puede apreciar en la figura 5.23:

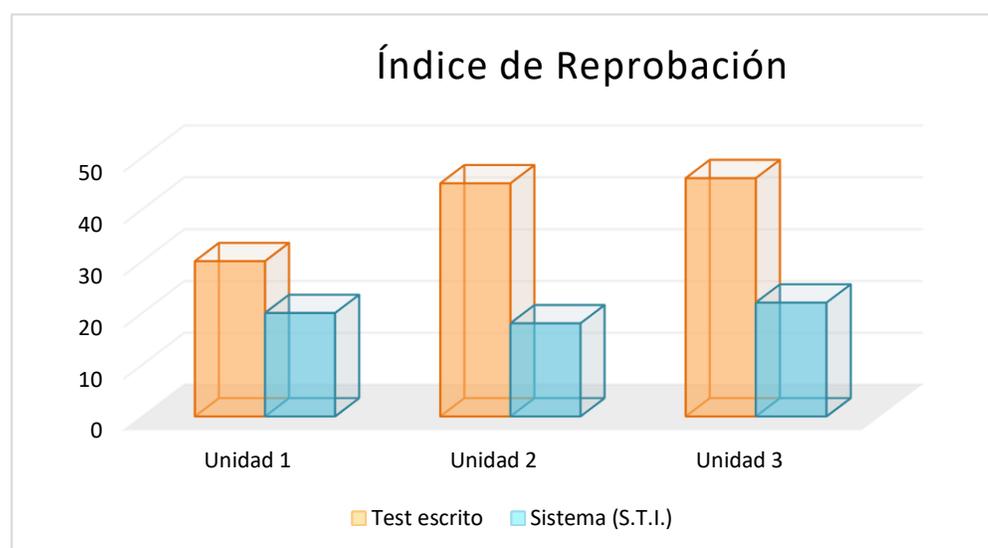


Figura 5.23 Gráfica que muestra la mejora de los estudiantes al utilizar el STI, en comparación con el test escrito (Fuente: Elaboración propia).

Como resultado de las evaluaciones realizadas hasta el momento se obtienen resultados positivos, en comparación con el primer test realizado de forma escrita, en los que el 80% de esta muestra ha aprobado los temas cursados y mejorado su desempeño de forma exitosa. Con este programa, se obtienen resultados respecto al Estilo de aprendizaje y las lecciones vistas, proporcionando la enseñanza de los temas de manera personalizada, cuya clasificación y visualización exitosa se puede validar hasta el momento con el análisis de la muestra de estudiantes que ya han mejorado en esta asignatura.

5.2 Conclusiones

En el desarrollo de esta investigación se observan las ventajas que proporciona el uso de un Sistema Tutor Inteligente para la enseñanza de una materia en particular. El determinar los estilos de aprendizaje y mostrar el contenido temático de una materia en formato visual, auditivo o kinestésico, así como el determinar el tipo de inteligencia de cada alumno; permite presentar un formato de la pregunta adaptada a los resultados en su estilo de aprendizaje (pregunta escrita, gráfica, o en video y/o audio), así como proporcionar un número de preguntas adecuado con las cuales ser evaluado y evita que para aquellos estudiantes que tienen, por ejemplo, una inteligencia lógica-matemática, sea una evaluación tediosa con demasiados cuestionamientos, y a los otros tipos de inteligencia, permite darles un margen de error para no perjudicarlos y ser evaluados de forma correcta.

En cuanto a la técnica empleada, las Redes Bayesianas permiten el modelado de los estilos de aprendizaje y su accesible apreciación e implementación, debido a su naturaleza gráfica.

En el caso de estudio, se implementó el Sistema Tutor Inteligente para la materia de Investigación de Operaciones, para un grupo de estudiantes de nivel universitario, con los cuales se obtuvo un resultado satisfactorio, debido a que existía un alto índice de reprobación del 40%, reduciendo este a un 20% y presentando así una mejora considerable.

Una vez que se obtuvo un resultado satisfactorio en la muestra de alumnos a los que se les evalúa con este tutor inteligente, se comprobó el correcto funcionamiento de este módulo.

Conforme se realizó este proyecto contemplamos que existen diferentes sistemas inteligentes empleados como tutores en varias asignaturas para las que fueron diseñados y adaptados con la ayuda de herramientas. Estos tutores inteligentes han evolucionado hasta la aplicación de nuevos métodos, sin embargo, aún se encuentran muchos faltantes en el amplio espectro de áreas de enfoque y a pesar de su mejora, aún queda mucho camino por recorrer para brindar a cada estudiante de cada área, una educación individualizada; tal como lo necesitan y en pro de garantizar la excelencia académica. Por ello, debemos destacar que la contribución hecha con este programa, es un gran avance para aportar a esta causa, ya que además de servir para las materias ya descritas, es posible adaptarlo a otras disciplinas con una ampliación del mismo.

5.3 Trabajo Futuro

Como resultado de esta investigación, existen algunos posibles trabajos futuros que pueden desarrollarse y que, sin embargo, por logística o por exceder el alcance de la tesis, no se han podido tratar con suficiente profundidad.

Además, se sugieren algunos desarrollos específicos para apoyar y mejorar el modelo y metodología propuestos. Los posibles trabajos futuros se muestran a continuación:

- Es posible generar un módulo de captura de preguntas e incrementar la base de datos en donde se encuentran almacenadas las mismas.
- Simplificar el modelo del Sistema Tutor Inteligente, por medio de la implementación del algoritmo clasificador Naive Bayes, ya que proporciona una manera más fácil de construir modelos con un comportamiento muy bueno debido a su simplicidad.
- Proporcionar gráficos de desempeño de los diferentes Estilos de aprendizaje, de acuerdo a las evaluaciones realizadas por los estudiantes.
- Gracias a las ventajas adaptivas de las redes bayesianas podemos enfocar el sistema tutor inteligente a otras asignaturas que estén presentando un índice de reprobación alto y mediante este análisis poder brindarles estos resultados a las academias a cargo de la asignatura y ellos puedan adaptar el temario a una forma de enseñanza que se adapte a las necesidades de estos estudiantes y aplicar medidas correctivas para poder disminuir el porcentaje de evaluación.
- Debido a que también nuestro módulo desarrollado tiene la cualidad de ser adaptivo podría aplicarse más adelante a otra institución de nivel menor donde se presente un gran índice de reprobación y les sirva de apoyo para evitar la deserción de los alumnos en la institución, ya que la reprobación constante de una materia puede causar baja definitiva, como, por ejemplo, en el caso de nuestra muestra utilizada.

Bibliografía

- Al-Hanjori Mones M., Shaath Mohammed Z., et al, 2017, Learning computer networks using intelligent tutoring system.
- Cataldi Zulma, 2009, Sistemas tutores inteligentes orientados a la enseñanza para la comprensión, Buenos Aires, Argentina.
- Cataldi Zulma, J. Lage Fernando, 2010, Modelado del Estudiante en Sistemas Tutores Inteligentes.
- Díez Francisco Javier, 2005, Introducción al Razonamiento Aproximado.
- Ferreira Anita, Salcedo Pedro, Kotz Gabriela, Barrientos Fernanda, La Arquitectura de ELE-TUTOR: Un Sistema Tutorial Inteligente para el español como Lengua Extranjera, Universidad de Concepción, Chile.
- Gómez Navas Chapa Leonardo, 2004, Manual de Estilos de Aprendizaje, Dirección de Coordinación Académica, de la Dirección General del Bachillerato.
- Gómez Sánchez David L, Oviedo Marín Rosalba, Gómez Sánchez Adoración, López Gama Héctor, 2012, Estilos de aprendizaje en los estudiantes universitarios con base en el modelo de hemisferios cerebrales.
- López Tavares Diana Berenice, et al, 2016, Sistema de Tutores Inteligentes para Ayudar a Estudiantes de Bachillerato en la Solución de Problemas de Matemáticas.
- McCormack Colin, 1997, Jones David, Building a Web-Based Education System.
- Millán Valldeperas Eva, 2000, Sistema bayesiano para modelado del alumno, Tesis doctoral, Universidad de Málaga.

- P. Jarusek y R. Pelanek, 2012, A web-based problem solving tool for introductory computer science. Proceedings of the 17th ACM annual conference on Innovation and technology in computer science education.
- Peña Ayala Alejandro, 2013, Intelligent and Adaptive Educational-Learning Systems: Achievements and Trends.
- Rivera Lozano Miller, 2011, El papel de las redes bayesianas en la toma de decisiones, Universidad del Rosario, Colombia
- Rodríguez Aguilar Rosa María, Castillo González José Luis Miguel, Lira Campos Alicia Lucrecia, 2013, Diseño de un sistema tutorial inteligente.
- Salinero Cepas Álvaro, 2017, Sistema de Tutorización Inteligente para el Autoaprendizaje.
- Sánchez Román Guillermina, Guerrero García Josefina, et al, 2016, Propuesta de arquitectura de Sistema Tutor Inteligente para desarrollar las habilidades algorítmicas.
- Suárez Granados Juan Jesús, et al, 2016, Metodología para desarrollar un sistema tutor inteligente basado en la web, para estudiantes de ingeniería.
- Sucar Luis Enrique, Redes Bayesianas, INAOE, Puebla, México.
- Wainer Howard, 2000, Computerized Adaptive Testing: A primer.

Anexos

ANEXO A: Propagación de probabilidades en el programa



$$P(\text{Estilo_Aprendizaje=visual})=0.2641$$

$$P(\text{Estilo_Aprendizaje=audit})=0.3291$$

$$P(\text{Estilo_Aprendizaje=kines})=0.4068$$



$$P(\text{Estilo_Aprendizaje=visual})=0.249$$

$$P(\text{Estilo_Aprendizaje=audit})=0.549$$

$$P(\text{Estilo_Aprendizaje=kines})=0.202$$

ANEXO B: Test de Investigación de Operaciones y para la detección del Estilo de aprendizaje (Escrito)

1.- Cuando se encarga a un grupo de _____ ingleses el diseño de herramientas cuantitativas para el apoyo a la toma de decisiones acerca de la mejor utilización de materiales bélicos, surge la I.O.

- a) Científicos.
- b) Estudiantes.
- c) Profesores.

2.- ¿Cuál de las siguientes variables a continuación determinan o ayudan a optimizar un objeto definido en la I.O.?

- a) Maximización de los beneficios y minimización de costos.
- b) Optimización de ganancias.
- c) Reducción de costos.

3.- ¿Quién de estos personajes es el padre de la I.O.?

- a) Pitágoras.
- b) Tales de Mileto.
- c) George Bernard Dantzig.

4.- La investigación de operaciones es una rama de las:

- a) Cálculo.
- b) Finanzas.
- c) Física.
- d) Matemáticas.

5.- ¿Cuáles son las fases o etapas de un estudio de investigación de operaciones?

❖ Responde la siguiente pregunta para ayudar a detectar tu estilo de aprendizaje.

-Al abordar un tema nuevo, para aprenderlo prefieres:

- a) Escucharlo de alguien más, que te lo explique.
- b) Leerlo o visualizarlo a través de gráficos o diagramas.
- c) Realizar una práctica que tenga que ver con el tema.

ANEXO C: Base de datos de las preguntas de la materia

	PREGUNTAS UNIDAD 1: INTRODUCCIÓN A LA I.O.		
	AUDITIVO	KINESTÉSICO	VISUAL
1	Audio 1.1 ¿Qué es la I.O. ?	¿Qué es la I.O. ?	Video 1.1 ¿Qué es la I.O. ?
2	Audio 1.2 Origen de la I.O.	¿Cuándo surgió la I.O.?	Video 1.2 Origen de la I.O.
3	Audio 1.3 Antecedentes de la I.O.	La investigación de operaciones, nació en Inglaterra durante:	Video 1.3 Antecedentes de la I.O.
4	Audio 1.4 Historia de la I.O.	¿Quién de estos personajes es el padre de la I.O.?	Video 1.4 Historia de la I.O.
5	Audio 1.5 Naturaleza de la I.O.	La investigación de operaciones es una rama del área de:	Video 5.- Naturaleza de la I.O.
6	Audio 1.6 Objetivo de la I.O.	¿Cuál es el objetivo de la IO?	Video 1.6 Objetivo de la I.O.
7	Audio 1.7 George Bernard Dantzig y la I.O.	¿Qué personaje es conocido como el padre de la Investigación de Operaciones?	Video 1.7 George Bernard Dantzig y la I.O.
8	Audio 1.8 Surgimiento de la I.O.	¿Por qué surgió la I.O.?	Video 1.8 Surgimiento de la I.O.
9	Audio 1.9 Teoría de la toma de decisiones.	A la Investigación de operaciones, se le conoce también como:	Video 1.9 Teoría de la toma de decisiones.
10	Audio 1.10 Origen del método Simplex.	¿Cuál fue la aportación más importante de George Bernard Dantzig a la I.O.?	Video 1.10 Origen del método Simplex.
11	Audio 1.11 Problemas de la I.O.	¿Qué problemas resuelve la I.O.?	Video 1.11 Problemas de la I.O.
12	Audio 1.12 Maximización de los beneficios y minimización de costo.	¿Maximización de los beneficios y minimización de costos es un problema de la I.O.?	Video 1.12 Maximización de los beneficios y minimización de costo.
13	Audio 1.13 Determinar los recursos disponibles en la I.O.	¿Determinación de los recursos disponibles es un problema de la I.O.?	Video 1.13 Determinar los recursos disponibles en la I.O.
14	Audio 1.14 Problemas de la I.O.	¿Qué problemas de los siguientes resuelve la I.O.?	Video 1.14 Problemas de la I.O.
15	Audio 1.15 Etapas de la I.O	¿Cuáles son las etapas de la I.O.?	Video 1.15 Etapas de la I.O
16	Audio 1.16 El planteamiento del problema en la I.O.	Mencione una de las etapas del estudio de la Investigación de operaciones.	Video 1.16 El planteamiento del problema en la I.O.
17	Audio 1.17 El Modelo en la I.O.	¿Qué es un Modelo en I.O.?	Video 1.17 El Modelo en la I.O.
18	Audio 1.18 El algoritmo de la I.O.	¿Qué es un algoritmo en I.O?	Video 1.18 El algoritmo de la I.O.
19	Audio 1.19 Maximización de beneficios	¿Qué es maximización de beneficios?	Video 1.19 Maximización de beneficios
20	Audio 1.20 Minimización de costos.	¿Qué es minimización de costos?	Video 1.20 Minimización de costos.
21	Audio 1.21 Construcción de un modelo.	¿Cómo se construye un Modelo?	Video 1.21 Construcción de un modelo.
22	Audio 1.22 Obtención de la solución de un modelo.	¿Cómo se obtiene el mejor Modelo?	Video 1.22 Obtención de la solución de un modelo.
23	Audio 1.23 Prueba del modelo.	¿Cómo se prueba el Modelo óptimo?	Video 1.23 Prueba del modelo.
24	Audio 1.24 Padre de la I.O.	¿Quién es este personaje?	Video 1.24 Padre de la I.O.
25	Audio 1.25 La I.O. en la Guerra.	¿Cuál fue el costo pagado para poder estudiar e implementar la I.O. hoy en día?	Video 1.25 La I.O. en la Guerra.
26	Audio 1.26 El desarrollo de la I.O.	¿En qué momento se desarrolló la investigación de operaciones?	Video 1.26 El desarrollo de la I.O.
27	Audio 1.27 La I.O. como estrategia bélica.	¿La I.O. surgió durante la Segunda Guerra Mundial?	Video 1.27 La I.O. como estrategia bélica.
28	Audio 1.28 La I.O. y sus campos de aplicación.	Mencione algunos campos de aplicación de la I.O.	Video 1.28 La I.O. y sus campos de aplicación.
29	Audio 1.29 Software de aplicación para la I.O.	Mencione algunos software de aplicación para la I.O.	Video 1.29 Software de aplicación para la I.O.
30	Audio 1.30 La I.O. en la actualidad.	¿Cuál es la función de la I.O. en la actualidad?	Video 1.30 La I.O. en la actualidad.

		PREGUNTAS UNIDAD 2: PROGRAMACIÓN LINEAL.	
	AUDITIVO	KINESTÉSICO	VISUAL
1	Audio 2.1 El Modelo de la Investigación de Operaciones.	¿Qué es un Modelo en Investigación de Operaciones?	Video 2.1 El Modelo de la Investigación de Operaciones.
2	Audio 2.2 Tipos de modelos en la I.O..	¿Cuáles son los tipos de modelos que se utilizan en la Investigación de Operaciones?	Video 2.2 Tipos de modelos en la I.O..
3	Audio 2.3 El modelo matemático.	¿Qué es el modelo matemático?	Video 2.3 El modelo matemático.
4	Audio 2.4 El modelo de simulación.	¿Qué es la simulación?	Video 2.4 El modelo de simulación.
5	Audio 2.5 Ventajas del modelo de simulación.	¿Qué es el modelo de simulación?	Video 2.5 Ventajas del modelo de simulación.
6	Audio 2.6 ¿En qué consiste la prueba del modelo y de la solución?	¿En qué consiste la prueba del modelo y de la solución?	Video 2.6 ¿En qué consiste la prueba del modelo y de la solución?
7	Audio 2.7 Implementación del modelo.	¿Qué es la implementación del modelo?	Video 2.7 Implementación del modelo.
8	Audio 2.8 Algoritmo Simplex.	¿Qué es el algoritmo Simplex?	Video 2.8 Algoritmo Simplex.
9	Audio 2.9 Usos del algoritmo Simplex.	¿Para qué se utiliza el algoritmo Simplex?	Video 2.9 Usos del algoritmo Simplex.
10	Audio 2.10 Métodos para resolver problemas de Programación Lineal.	¿Cuáles son los dos métodos para resolver problemas de Programación Lineal?	Video 2.10 Métodos para resolver problemas de Programación L.
11	Audio 2.11 ¿Qué es un problema en I.O.?	¿Qué es un problema en I.O.?	Video 2.11 ¿Qué es un problema en I.O.?
12	Audio 2.12 Método Gráfico.	¿Qué es el método Gráfico?	Video 2.12 Método Gráfico.
13	Audio 2.13 Ventajas del Método Gráfico.	Mencione algunas ventajas del Método Gráfico.	Video 2.13 Ventajas del Método Gráfico.
14	Audio 2.14 Ventajas del Método Simplex.	Mencione algunas ventajas del Método Simplex.	Video 2.14 Ventajas del Método Simplex.
15	Audio 2.15 Desventajas del Método Simplex.	Desventajas del Método Simplex.	Video 2.15 Desventajas del Método Simplex.
16	Audio 2.16 Desventajas del Método Gráfico.	Desventajas del Método Gráfico.	Video 2.16 Desventajas del Método Gráfico.
17	Audio 2.17 Variables que determinan un objeto definido.	¿Cuál de las siguientes variables determinan o ayudan a optimizar un objeto definido?	Video 2.17 Variables que determinan un objeto definido.
18	Audio 2.18 Optimización lineal.	¿Qué es la optimización lineal?	Video 2.18 Optimización lineal.
19	Audio 2.19 Las variables en la I.O.	¿Qué es una variable en la I.O.?	Video 2.19 Las variables en la I.O.
20	Audio 2.20 Restricciones en la I.O.	¿Qué es una restricción en la I.O.?	Video 2.20 Restricciones en la I.O.
21	Audio 2.21 Programación No Lineal.	¿Qué es un modelo de Programación No Lineal?	Video 2.21 Programación No Lineal.
22	Audio 2.22 Función objetivo.	¿Qué es una función objetivo?	Video 2.22 Función objetivo.
23	Audio 2.23 Elementos básicos de un modelo matemático.	¿Cuáles son los elementos básicos de un modelo matemático?	Video 2.23 Elementos básicos de un modelo matemático.
24	Audio 2.24 Variables de decisión.	¿Qué es una variable de decisión?	Video 2.24 Variables de decisión.
25	Audio 2.25 ¿Qué son los costos?	¿Qué son los costos?	Video 2.25 ¿Qué son los costos?
26	Audio 2.26 ¿Qué es la utilidad?	¿Qué es la utilidad?	Video 2.26 ¿Qué es la utilidad?
27	Audio 2.27 El algoritmo en la I.O.	¿Qué es un algoritmo en I.O?	Video 2.27 El algoritmo en la I.O.
28	Audio 2.28 Ventajas de la P.L.	¿Cuál es un método analítico de solución de problemas de programación lineal?	Video 2.28 Ventajas de la P.L.
29	Audio 2.29 Programación entera.	¿Qué es la programación entera?	Video 2.29 Programación entera.
30	Audio 2.30 La programación lineal.	¿Qué es la Programación lineal?	Video 2.30 La programación lineal.

	PREGUNTAS UNIDAD 3: CADENAS DE MÁRKOV.		
	AUDITIVO	KINESTÉSICO	VISUAL
1	Audio 3.1 Cadenas de Márkov.	¿Qué es una cadena de Márkov?	Video 3.1 Cadenas de Márkov.
2	Audio 3.2 Eventos probabilísticos.	¿Qué es un evento probabilístico?	Video 3.2 Eventos probabilísticos.
3	Audio 3.3 La probabilidad.	¿Qué es la probabilidad?	Video 3.3 La probabilidad.
4	Audio 3.4 Usos de la probabilidad.	¿Qué se dice sobre las cadenas de Márkov?	Video 3.4 Usos de la probabilidad.
5	Audio 3.5 Ventajas de la probabilidad.	¿Cómo "recuerdan" las cadenas de Márkov?	Video 3.5 Ventajas de la probabilidad.
6	Audio 3.6 Objetivos de las cadenas de Márkov.	¿Cuál es el objetivo de emplear Cadenas de Márkov?	Video 3.6 Objetivos de las cadenas de Márkov.
7	Audio 3.7 Pronósticos.	¿Qué es un pronóstico?	Video 3.7 Pronósticos.
8	Audio 3.8 Ventajas de las Cadenas de Márkov.	¿Qué es necesario conocer al ejercitar las Cadenas de Márkov?	Video 3.8 Ventajas de las Cadenas de Márkov.
9	Audio 3.9 El estado actual en las Cadenas de Márkov.	¿Qué es el estado actual en las Cadenas de Márkov?	Video 3.9 El estado actual en las Cadenas de Márkov.
10	Audio 3.10 Usos de las cadenas de Márkov.	¿Que expresan las probabilidades de transición?	Video 3.10 Usos de las cadenas de Márkov.
11	Audio 3.11 Transiciones en las cadenas de Márkov.	¿Qué es una transición?	Video 3.11 Transiciones en las cadenas de Márkov.
12	Audio 3.12 Estados en cadenas de Márkov.	¿Qué es un estado?	Video 3.12 Estados en cadenas de Márkov.
13	Audio 3.13 Diagrama de Transición de Estados.	¿Qué es un Diagrama de Transición de Estados?	Video 3.13 Diagrama de Transición de Estados.
14	Audio 3.14 Origen de las cadenas de Márkov.	¿En qué año se creó la teoría de cadenas de Márkov?	Video 3.14 Origen de las cadenas de Márkov.
15	Audio 3.15 Historia de las cadenas de Márkov.	¿Quién creo las cadenas de Márkov?	Video 3.15 Historia de las cadenas de Márkov.
16	Audio 3.16 Andréi Márkov y las cadenas de Márkov.	¿Quién fue Andréi Márkov?	Video 3.16 Andréi Márkov y las cadenas de Márkov.
17	Audio 3.17 Sucesos probabilísticos.	¿Qué es un suceso?	Video 3.17 Sucesos probabilísticos.
18	Audio 3.18 Las cadenas de Márkov en los negocios	Mencione un uso en la actualidad de las cadenas de Márkov.	Video 3.18 Las cadenas de Márkov en los negocios.
19	Audio 3.19 Las cadenas de Márkov en las finanzas.	¿Cómo se usaban las cadenas de Márkov en sus inicios?	Video 3.19 Las cadenas de Márkov en las finanzas.
20	Audio 3.20 Elementos de un D.T.E.	¿Cuáles son los elementos de un D.T.E.?	Video 3.20 Elementos de un D.T.E.
21	Audio 3.21 Ventajas de un D.T.E.	¿Qué es un nodo?	Video 3.21 Ventajas de un D.T.E.
22	Audio 3.22 Desventajas de un D.T.E.	¿Qué es un arco?	Video 3.22 Desventajas de un D.T.E.
23	Audio 3.23 Matriz de transición.	¿Qué es una matriz de transición?	Video 3.23 Matriz de transición.
24	Audio 3.24 Predicción de eventos futuros.	¿Qué es un evento futuro?	Video 3.24 Predicción de eventos futuros.
25	Audio 3.25 El azar y las cadenas de Márkov.	¿Qué es el azar?	Video 3.25 El azar y las cadenas de Márkov.
26	Audio 3.26 Eventos del azar.	Mencione un evento del azar.	Video 3.26 Eventos del azar.
27	Audio 3.27 El análisis de Márkov.	¿Qué es el análisis de Márkov?	Video 3.27 El análisis de Márkov.
28	Audio 3.28 Procesos estocásticos.	¿Qué es un proceso estocástico?	Video 3.28 Procesos estocásticos.
29	Audio 3.29 Las cadenas de Márkov y sus campos de aplicación.	¿En qué área son muy utilizadas actualmente las cadenas de Márkov?	Video 3.29 Las cadenas de Márkov y sus campos de aplicación.
30	Audio 3.30 Las cadenas de Márkov en la actualidad.	¿Cómo se usan las cadenas de Márkov en la actualidad?	Video 3.30 Las cadenas de Márkov en la actualidad.

ANEXO D: Datos generales de los alumnos

	Alumno	id_estudiante	correo	Fecha_de_nacimiento	Nombre_universidad
1	VIRIDIANA ZAPATA GARCÍA.	VZG_019	viridiana@hotmail.com	08/01/1989	ITA
2	ARIZA MARTÍNEZ GUTIÉRREZ.	AMG_019	ariza@hotmail.com	09/01/1989	ITA
3	NAOMI GONZÁLEZ CHÁVEZ	NGC_019	daniel@hotmail.com	10/01/1989	ITA
4	GABRIELA RODRÍGUEZ BALTAZAR	GRB_019	gabriela@hotmail.com	11/01/1989	ITA
5	ANA KAREN URQUIZA RÍOS	AUR_019	ana@hotmail.com	12/01/1989	ITA
6	ANTONY SIMONE LÓPEZ	ASL_019	antony@hotmail.com	13/01/1989	ITA
7	JOSE FERNANDO RENDON ALEMAN	JRA_019	jose@hotmail.com	14/01/1989	ITA
8	MIGUEL ANGEL IZQUIERDO CAMPOS	MIC_019	miguel@hotmail.com	15/01/1989	ITA
9	AILEEN XIADANI VICTORINO CUEVAS	AVC_019	ailen@hotmail.com	16/01/1989	ITA
10	ANA ESTHER GONZALEZ MACEDA	AGM_019	ana@hotmail.com	17/01/1989	ITA
11	ADILENE GARCIA AGUILAR	AGA_019	adilene@hotmail.com	18/01/1989	ITA
12	FELIPA VARGAS LIQUIDANO	FVL_019	feli.liquidano@gmail.com	26/05/1981	ITA
13	MIRIAM GUADALUPE VIRUEL ROMERO	MVR_019	miriam011612@gmail.com	04/12/1990	ITA
14	IRASEMA RAMOS PIEDRA	IDR_019	irapi@hotmail.com	09/03/1990	ITA
15	CECILIA GUADALUPE CASTILLO RUBÍ	CCR_019	cecilia@hotmail.com	02/09/1988	ITA
16	FERNANDA GUERRERO RAMOS	FGR_019	fernanda@hotmail.com	03/09/1988	ITA
17	MARI CARMEN LAURO CRUZ	MLC_019	mari@hotmail.com	04/09/1988	ITA
18	EFREN BLANCO FIERRO	EBF_019	efren@hotmail.com	05/09/1988	ITA
19	TANIA PATRICIA IBARRA CAMPOS	TIC_019	tania@hotmail.com	06/09/1988	ITA
20	KARLA BELLO ALARCÓN	KBA_019	karla@hotmail.com	07/09/1988	ITA
21	ESTHER HERNANDEZ SAGUILÁN	EHS_019	esther@hotmail.com	08/09/1988	ITA
22	ANABERTA RAFAEL GATICA	ARG_019	anaberta@hotmail.com	09/09/1988	ITA
23	JESUS SOLIS GARDUÑO	JRA_019	jesus@hotmail.com	10/09/1988	ITA
24	BERNARDO DE JESUS NAVARRETE CARMONA	BDR_019	bernardo@hotmail.com	11/09/1988	ITA
25	MA. DEL SOCORRO VEGA NAVARRETE	MDR_019	ma@hotmail.com	12/09/1988	ITA
26	MARTIN SAIDITH JAVIER GUERRERO	MDR_019	martin@hotmail.com	13/09/1988	ITA
27	PRISCILA BUSTOS MUÑOZ	PDR_019	priscila@hotmail.com	14/09/1988	ITA
28	DALIA YAMEL SANCHEZ SALGADO	DSS_019	asibachi24@gmail.com	24/08/1998	ITA
29	CESAR FERNANDO SOLIS GALEANA	CSG_019	solis_galeana_fernando@hotmail.com	07/09/1987	ITA
30	MARGARITA ALARCÓN TORRES.	MAT_019	alarcon.torresmar2204@gmail.com	01/11/1990	ITA

ANEXO E: Ejemplos de algunos exámenes escritos resueltos

EXAMEN DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

1.- Cuando se encarga a un grupo de _____ ingleses el diseño de herramientas cuantitativas para el apoyo a la toma de decisiones acerca de la mejor utilización de materiales bélicos, surge la I.O.

a) Científicos.
b) Estudiantes.
c) Profesores.

2.- ¿Cuál de las siguientes variables a continuación determinan o ayudan a optimizar un objeto definido en la I.O.?

a) Maximización de los beneficios y minimización de costos.
b) Optimización de ganancias.
c) Reducción de costos.

3.- ¿Quién de estos personajes es el padre de la I.O.?

a) Pitágoras.
b) Tales de mileto.
c) George Bernard Dantzig.

4.- La investigación de operaciones es una rama de las:

a) Cálculo.
b) Finanzas.
c) Física.
d) Matemáticas.

5.- ¿Cuáles son las fases o etapas de un estudio de investigación de operaciones?

1: Formulación & definición del problema.
2: Construcción del modelo
3: Solución del modelo
4: Validación del modelo.
• 5: Implementación de resultados

EXAMEN DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

1.- Cuando se encarga a un grupo de _____ ingleses el diseño de herramientas cuantitativas para el apoyo a la toma de decisiones acerca de la mejor utilización de materiales bélicos, surge la I.O.

- a) Científicos.
- b) Estudiantes.
- c) Profesores.

2.- ¿Cuál de las siguientes variables a continuación determinan o ayudan a optimizar un objeto definido en la I.O.?

- a) Maximización de los beneficios y minimización de costos.
- b) Optimización de ganancias.
- c) Reducción de costos.

3.- ¿Quién de estos personajes es el padre de la I.O.?

- a) Pitágoras.
- b) Tales de mileto.
- c) George Bernard Dantzig.

4.- La investigación de operaciones es una rama de las:

- a) Cálculo.
- b) Finanzas.
- c) Física.
- d) Matemáticas.

5.- ¿Cuáles son las fases o etapas de un estudio de investigación de operaciones?

- Implementación del resultado
- Validación del modelo
- Solución del modelo
- Formulación y complementación del problema
- Construcción del modelo.

} Están Revertidas

Adriana Garcia Aguilar.♡

EXAMEN DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

1.- Cuando se encarga a un grupo de _____ ingleses el diseño de herramientas cuantitativas para el apoyo a la toma de decisiones acerca de la mejor utilización de materiales bélicos, surge la I.O.

- a) Científicos.
- b) Estudiantes.
- c) Profesores.

7.5

2.- ¿Cuál de las siguientes variables a continuación determinan o ayudan a optimizar un objeto definido en la I.O.?

- a) Maximización de los beneficios y minimización de costos.
- b) Optimización de ganancias.
- c) Reducción de costos.

X

3.- ¿Quién de estos personajes es el padre de la I.O.?

- a) Pitágoras.
- b) Tales de mileto.
- c) George Bernard Dantzig.

4.- La investigación de operaciones es una rama de las:

- a) Cálculo.
- b) Finanzas.
- c) Física.
- d) Matemáticas.

5.- ¿Cuáles son las fases o etapas de un estudio de investigación de operaciones?

- Formulación
- Aplicación
- Solución

} Faltan algunas

ANEXO F: Cálculo de la probabilidad de la Red bayesiana de Estilos de aprendizaje

Inicialización

1. Todos los λ -mensaje y λ -valores se ponen a 1.
2. Se hace $\pi(EA) = (0.30, 0.30, 0.40)$.
3. EA envía un mensaje a su hijo V.

$$\begin{aligned}\pi V(EA) &= 0.30 \\ \pi AU(\neg EA) &= 0.30 \\ \pi K(EA) &= 0.40\end{aligned}$$

Entonces V toma el nuevo π -valor:

$$\begin{aligned}\pi(V) &= P(V|EA)\pi V(EA) + P(V|\neg EA) + P(V|EA) \pi TV(EA) = (0.06)(0.30) + (0.06)(0.30) + (0.25)(0.40) = 0.136 \\ \pi(\neg V) &= P(\neg V|EA)\pi V(EA) + P(\neg V|\neg EA) + P(\neg V|EA) \pi TV(\neg EA) = (0.94)(0.30) + (0.94)(0.30) + (0.75)(0.40) = 0.864\end{aligned}$$

Calculando la probabilidad a priori de V:

$$\begin{aligned}P(V) &= \alpha \pi(V) \lambda(V) = \alpha(0.136)(1) = 0.136 \\ P(\neg V) &= \alpha \pi(\neg V) \lambda(V) = \alpha(0.864)(1) = 0.864\end{aligned}$$

EA envía un mensaje a su hijo AU.

$$\pi AU(EA) = (0.30, 0.30, 0.40)$$

Entonces AU toma el nuevo π -valor:

$$\begin{aligned}\pi(AU) &= P(AU|EA)\pi AU(EA) + P(AU|\neg EA) + P(AU|EA)\pi TAU(EA) = (0.18)(0.30) + (0.18)(0.30) + (0.78)(0.40) = 0.420 \\ \pi(\neg AU) &= P(\neg AU|EA)\pi AU(EA) + P(\neg AU|\neg EA) + P(\neg AU|EA)\pi TAU(\neg EA) = (0.82)(0.30) + (0.82)(0.30) + (0.22)(0.40) = 0.804\end{aligned}$$

Calculando la probabilidad a priori de AU:

$$\begin{aligned}P(AU) &= \alpha \pi(AU) \lambda(AU) = \alpha(0.420)(1) = 0.420 \\ P(\neg AU) &= \alpha \pi(\neg AU) \lambda(AU) = \alpha(0.804)(1) = 0.804\end{aligned}$$

EA envía un mensaje a su hijo K.

$$\pi K(EA) = (0.30, 0.30, 0.40)$$

Entonces K toma el nuevo π -valor:

$$\begin{aligned}\pi(K) &= P(K|EA)\pi K(EA) + P(K|\neg EA) + P(K|EA) \pi TK(EA) = (0.06)(0.30) + (0.06)(0.30) + (0.25)(0.40) = 0.136 \\ \pi(\neg K) &= P(\neg K|EA)\pi K(EA) + P(\neg K|\neg EA) + P(\neg K|EA) \pi TK(\neg EA) = (0.94)(0.30) + (0.94)(0.30) + (0.75)(0.40) = 0.864\end{aligned}$$

Calculando la probabilidad a priori de K:

$$\begin{aligned}P(K) &= \alpha \pi(K) \lambda(K) = \alpha(0.136)(1) = 0.136 \\ P(\neg K) &= \alpha \pi(\neg K) \lambda(K) = \alpha(0.864)(1) = 0.864\end{aligned}$$

ANEXO G: Alumnos realizando el Test escrito y el Test del sistema

