

**UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS**



**MODELO PARA MEJORAR LA ASIMILACIÓN DE CONTENIDOS Y  
LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LA PROGRAMACIÓN  
ORIENTADA A OBJETOS EN CARRERAS DE PERFIL INFORMÁTICO**

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL GRADO CIENTÍFICO DE DOCTOR EN  
CIENCIAS TÉCNICAS**

**IVELISSE TERESA MACHÍN TORRES**

LA HABANA  
2017

**UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS**



**MODELO PARA MEJORAR LA ASIMILACIÓN DE CONTENIDOS Y  
LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LA PROGRAMACIÓN  
ORIENTADA A OBJETOS EN CARRERAS DE PERFIL INFORMÁTICO**

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL GRADO CIENTÍFICO DE DOCTOR EN  
CIENCIAS TÉCNICAS**

**AUTORA:**

**ING. IVELISSE TERESA MACHÍN TORRES**

**TUTORES:**

**DRA. C. VIVIAN ESTRADA SENTÍ, PROF. TITULAR**

**DRA. C. AILYN FEBLES ESTRADA, PROF. TITULAR**

**LA HABANA  
2017**

### AGRADECIMIENTOS

*A mis tutoras Dra. Vivian, Dra. Ailyn y al profesor Dr. Febles por darme la oportunidad de superarme, por el apoyo, por todas las horas dedicadas, y sobre todo por creer en mí.*

*A mi padre por su apoyo incondicional durante todos mis años de estudios, por sus sacrificios y su amor.*

*A Daríel Enrique Martín Hernández por acompañarme y ofrecerme esperanza en los momentos más difíciles.*

*A los profesores del PEFCI, por sus señalamientos oportunos.*

*Al profesor Dr. Howard Gardner, por su amabilidad, cooperación e intercambio sincero, por arrojar luces sobre esta investigación.*

*A Adrián Carmona por su labor investigativa y valiosas contribuciones realizadas.*

*A Neilys González Benítez por sus enseñanzas.*

*Al profesor Dr. Rogelio Lau de la CUJAE, por sus certeros señalamientos de oponencia.*

*A todas las personas que de una forma u otra han tenido que ver con mi formación y con la investigación.*

**DEDICATORIA**

*A ti, que eres la luz y el camino,*

*A mi padre,*

*A Dariel Enrique*

### SÍNTESIS

Los sistemas tutores inteligentes para la aplicación de la Programación Orientada a Objetos ofrecen un entorno personalizado que guía al estudiante de forma automática, permitiéndole una puesta en práctica de sus conocimientos y habilidades más efectiva que con las clases tradicionales. Los modelos de tutores inteligentes presentan dificultades entre las que se encuentran el desarrollo en forma de sistemas cerrados, la falta de orientación en la solución de problemas, la escasa asimilación de contenidos y la existencia de conocimiento codificado que no evoluciona, lo que provoca la aceleración del proceso de obsolescencia. En la presente investigación se propone un modelo (MACPOO) que integra técnicas de minería de datos, gestión del conocimiento, analíticas de aprendizaje, inteligencia artificial y la teoría de las inteligencias múltiples para orientar al estudiante en la solución de problemas y mejorar la asimilación de contenidos en la Programación Orientada a Objetos. Los tres componentes del modelo son la gestión de perfiles inteligentes, soporte tecnológico y la generación de tutoría. Fue elaborado un procedimiento para guiar el proceso de implantación del modelo y se instrumentó exitosamente en una herramienta informática donde fueron adaptadas e integradas las técnicas de minería de datos; en su implementación se desarrollaron algoritmos y se emplearon tecnologías libres. Para corroborar la pertinencia y valor científico se aplicaron técnicas cualitativas y cuantitativas. Con los resultados obtenidos a partir de las técnicas aplicadas se realizó una triangulación metodológica que permitió contrastar los resultados y validar la investigación.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
1. 1 Sistemas Tutores Inteligentes.....	12
1.1.1 Módulo del tutor.....	14
1.1.2 Módulo del estudiante .....	16
1.1.3 Módulo del dominio.....	18
1.1.4 Sistemas tutores inteligentes de programación .....	19
1.1.5 La gestión del conocimiento en los STI.....	21
1.1.6 Analíticas de aprendizaje en STI.....	23
1.2 Aplicación de la minería de datos a los STI.....	25
1.2.1 Principales características y tareas .....	26
1.2.2 Aplicaciones que emplean minería de datos .....	29
1.2.3 Herramientas informáticas para la minería de datos .....	33
1.3 La teoría de las inteligencias múltiples .....	34
1.3.1 La teoría de las inteligencias múltiples y las tecnologías de la información .....	35
1.3.2 Inteligencias múltiples y su relación con las habilidades en la programación ....	36
1.4 La Programación Orientada a Objetos .....	38
1.5 Conclusiones del capítulo .....	39
CAPÍTULO 2. DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	41
2.1 La Programación Orientada a Objetos en Cuba .....	43
2.2 Análisis para la selección de técnicas de la inteligencia artificial .....	46
2.2.1 Minería de datos 1 y 2 .....	47
2.2.2 Minería de datos 3.....	47
2.3 Desarrollo del Diagnóstico.....	49
2.3.1 Diagnóstico realizado a modelos de STI.....	54
2.4 Descripción y fundamentación del modelo.....	56
2.4.2 Procedimiento empleado para el desarrollo del modelo .....	57
2.5 Principios, cualidades, componentes y premisas para el desarrollo del modelo.....	57
2.5.1 Principios del modelo.....	58

2.5.2 Cualidades del modelo .....	59
2.5.3 Premisas del modelo .....	59
2.5.4 Componentes del modelo .....	60
2.6 Estructura del modelo .....	60
2.7 Conclusiones del capítulo .....	75
<b>CAPÍTULO 3. INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO .....</b>	<b>76</b>
3.1 Instanciación del modelo .....	77
3.2 Procedimiento para la implantación del modelo propuesto .....	78
3.3 Estrategia para la evaluación del modelo .....	80
3.3.1 Valoración por los expertos del modelo propuesto. Escalamiento de Likert. ....	81
3.3.2 Validación de satisfacción del usuario. ....	84
3.3.3 Cuasiexperimento para validar la aplicación general del modelo .....	86
3.3.4 Validación de la hipótesis con evaluación de los resultados obtenidos .....	89
3.3.5 Experimento para evaluar la selección del método pedagógico .....	90
3.3.6 Grupo focal.....	93
3.3.7 Triangulación metodológica.....	94
3.4. Valoración económica e introducción de los resultados .....	95
3.4.1 Implicación y factibilidad económica .....	96
3.5 Conclusiones del capítulo .....	98
<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>99</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>100</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>123</b>

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> El ciclo de aplicación de la minería de datos a los sistemas educativos. ....	26
<b>Figura 2.1</b> Concepción metodológica seguida para elaborar el modelo. ....	57
<b>Figura 2.2</b> Modelo para mejorar la asimilación de contenidos y la orientación en la solución de problemas en la Programación Orientada a Objetos. ....	60
<b>Figura 2.3</b> Flujo del proceso para la clasificación de los test correspondientes a distintos dominios. ....	64
<b>Figura 2.4</b> Diagrama de paquetes del componente Generación de Tutoría. ....	66
<b>Figura 2.5</b> Esquema del Módulo Estudiante Dinámico. ....	67
<b>Figura 2.6</b> Esquema del Módulo Aprendizaje Interactivo. ....	68
<b>Figura 2.7</b> Esquema del Módulo Servicios Pedagógicos. ....	69
<b>Figura 2.8</b> Esquema del Módulo Inteligencia Artificial. ....	70
<b>Figura 2.9</b> Algoritmo para la selección de atributos. ....	71
<b>Figura 2.10</b> Proceso para obtener analíticas de aprendizaje. ....	73
<b>Figura 2.11</b> Proceso para lograr la interoperabilidad. ....	74
<b>Figura 2.12</b> Proceso para interactuar con plataformas e-learning. ....	75
<b>Figura 3.1</b> Etapas o fases de implantación del modelo. ....	78
<b>Figura 3.2</b> Resultados de la aplicación de la escala de Likert. ....	83
<b>Figura 3.3</b> Resultados de la aplicación de la técnica de Iadov y valor del índice de satisfacción grupal (ISG). ....	85
<b>Figura 3.4</b> Proporción de respuestas correctas según la inteligencia LM. ....	87
<b>Figura 3.5</b> Proporción de respuestas correctas según la inteligencia lingüística. ....	87
<b>Figura 3.6</b> Proporción de respuestas correctas según la inteligencia interpersonal. ....	88
<b>Figura 3.7</b> Proporción de respuestas correctas según la asimilación de contenidos. ....	88
<b>Figura 3.8</b> Proporción de respuestas correctas según la gestión del conocimiento. ....	89
<b>Figura 3.9</b> Proporción de respuestas correctas según la orientación en la solución de problemas. ....	89
<b>Figura 3.10</b> Resultados del primer experimento. ....	91
<b>Figura 3.11</b> Resultados del segundo experimento. ....	92

ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Técnicas de la Inteligencia Artificial.....	48
<b>Tabla 2.2</b> Resultados de la Ponderación Lineal para las Alternativas.....	49
<b>Tabla 3.1</b> Comparación de los valores de las variables dependientes y los tipos de inteligencias antes y después de la aplicación del modelo. ....	86
<b>Tabla 3.2</b> Resultados de la validación de las variables de la hipótesis.....	90
<b>Tabla 3.3</b> Resultados del primer experimento. ....	91
<b>Tabla 3.4</b> Resultados del segundo experimento. ....	92
<b>Tabla 3.5</b> Objetivos a evaluar con la triangulación intermétodos simultáneo. ....	95
<b>Tabla 3.6</b> Análisis de la implicación económica del modelo. ....	97
<b>Tabla 3.7</b> Costo de la herramienta informática como instanciación del modelo. ....	97

## SIGLARIO

DMD	Decisión multicriterio discreta
IES	Instituciones de la Educación Superior
IM	Inteligencias Múltiples
LIMS	en inglés: <u>Learner Interaction Monitoring System</u>
LMS	en inglés: <u>Learning Management Systems</u>
LOM	en inglés: <u>Learning Object Metadata</u>
MACPOO	Modelo para mejorar la asimilación de contenidos y la orientación en la solución de problemas en la Programación Orientada a Objetos
MES	Ministerio de Educación Superior
MINED	Ministerio de Educación
MOCLog	en inglés: <u>Monitoring Online Courses with Logfiles</u>
MOOC	en inglés: <u>Massive Online Open Course</u>
POO	Programación Orientada a Objetos
STI	Sistemas tutores inteligentes
TRI	Teoría de Respuesta al Ítem, también conocida como Teoría del Rasgo Latente, busca describir el conocimiento o la habilidad de un individuo a partir de las respuestas que da a una pregunta o ítem.
UML	en inglés: <u>Unified Modeling Language</u>

### INTRODUCCIÓN

El uso de las tecnologías de la información y su mejor aplicación es un tema decisivo en el desarrollo de cualquier nación. Los progresos económicos, sociales y culturales se multiplicarán si dichas tecnologías son aplicadas convenientemente.

La utilización de espacios virtuales para la formación profesional ha generado nuevas formas en las que se minimiza la presencialidad, es decir, las sesiones cara a cara entre profesor y alumno. Los espacios virtuales hacen posible una mayor velocidad y eficiencia en el proceso de comunicación, permitiendo el acceso a un número más amplio de fuentes de información del que se proporciona a través de los medios tradicionales. Al incrementar los factores tecnológicos en el campo de la educación, crece la flexibilidad en la integración de técnicas en términos de espacio, tiempo, oferta de contenidos, recursos didácticos, y mejora el acceso a los sistemas educativos desde la distancia (Azevedo, Taub y Mudrick, 2015).

En el mundo contemporáneo, existe un aumento del número de profesionales de la educación con un mayor nivel de especialización, así como existen también entornos con mejores servicios informáticos y logísticos, modernas infraestructuras, que permiten la fácil creación e implementación de programas. Se utiliza internet como canal principal para el proceso de gestión del conocimiento rompiendo con la presencialidad lo que significa la ruptura de las brechas físicas.

Existen agentes activos que modifican y utilizan los métodos y conceptos de la Programación Orientada a Objetos (POO), también se han realizado estudios que abordan estrategias metodológicas para su aplicación (Arellano, Fernández y Zúñiga, 2014). La interactividad del medio por sí mismo no asegura situaciones exitosas, es necesario propiciar dinámicas que promuevan la construcción del conocimiento. Azevedo (2014) afirma que los modelos para

## INTRODUCCIÓN

aplicación de la POO a los diferentes ambientes resultan cada vez más necesarios en el contexto actual. De no hacerse de este modo los alumnos quedan enredados por la gran cantidad de información desorganizada que existe sobre el tema.

Los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) surgen como una alternativa a las limitaciones de las tecnologías usadas hasta ese momento para la enseñanza asistida por computadoras. El desarrollo en este campo tiene como meta proveer herramientas que enseñen al estudiante de forma similar a un tutor humano experimentado. Para lograrlo se usan técnicas de inteligencia artificial en la generación de rutas de aprendizaje, selección de actividades, soporte durante las mismas, evaluación, presentación de los contenidos, entre otras.

Existen estudios que describen la aplicación exitosa de STI en diferentes dominios del proceso de enseñanza-aprendizaje con ganancias significativas en el aprendizaje con respecto a otros tipos de sistemas (Brawner, Holden, Goldberg y Sottolare, 2011; VanLehn, 2011; Paviotti y Rossi, 2012). Autores como Alevén (2010); Eagle y Barnes (2013) destacan que las causas principales de estos resultados positivos se encuentran en la correcta selección del método pedagógico, la gestión del conocimiento, la orientación en la solución de problemas y la retroalimentación que recibe el estudiante durante la realización de actividades. Incluso se apunta que existe una relación directa entre la cantidad de retroalimentación y estas ganancias (Chi, VanLehn y Litman, 2010; Dabolins y Grundspenkis, 2013).

En la enseñanza de la programación los STI son conocidos como Tutores Inteligentes de Programación (TIP). Sistemas tales como Lisp Tutor (Reiser y Anderson, 1985), ELM-ART (Weber y Brusilovsky, 2001), SQLT-Web (Mitrovic, 2003), HESEI (Martínez, 2009) han sido desarrollados. Sus autores presentan evidencias de que su uso produce ganancias en el aprendizaje. Contrastando con esta efectividad, resalta que, de los sistemas estudiados, solo una

minoría han sido usados de forma exhaustiva en entornos reales y el resto únicamente en pruebas de laboratorio con estudiantes en condiciones que se pueden considerar como controladas (Dadic, 2011; Altuna y Guibert, 2013).

En las investigaciones analizadas, no se aprecian avances significativos en arquitecturas que favorezcan componentes reutilizables entre sistemas, incluso dentro de un mismo dominio de conocimiento (Nkambou y Bourdeau, 2010; Naser et al., 2011; Gujarathi y Sonawane, 2012; Meshref y Mohamed, 2012; du Boulay y del Soldato, 2015). Esto provoca que los desarrollos de los TIP tengan que realizarse desde el punto inicial, provocando que se dilaten los tiempos de entrega y aumenten los costos asociados a su producción. Tampoco se considera la inclusión de nuevas actividades en tiempo de explotación. Estas son añadidas durante el desarrollo, como parte de las tareas a realizar en esa etapa, concibiéndose los sistemas en forma de cajas negras donde los usuarios usan el conocimiento que se añadió en el desarrollo.

Los planteamientos anteriores limitan la capacidad de los profesores para extender y modificar el conocimiento de acuerdo a sus consideraciones y en función de las especificidades de sus estudiantes. Para su extensión es necesario producir nuevas versiones, lo que normalmente ocurre a menor velocidad de lo necesitado por los usuarios finales. El conocimiento codificado al no evolucionar provoca que se acelere el proceso de obsolescencia del sistema.

Sobre la base del análisis documental efectuado es posible destacar las siguientes limitaciones de los STI:

- Se desarrollan en forma de sistemas cerrados donde no se tiene en cuenta la orientación en la solución de problemas y tampoco el proceso de adición de nuevas actividades.
- Las técnicas más usadas para la representación del conocimiento y el razonamiento sobre este tienen altos costos de diseño.

## INTRODUCCIÓN

- Por lo general para el diseño de las actividades se necesita un análisis de las soluciones correctas y sus variantes incorrectas, lo que causa demoras en el procesamiento.
- Debido a la cantidad elevada de variantes posibles se produce conocimiento incompleto y potencialmente incorrecto sin tomar en cuenta aspectos emocionales y sociales.
- La selección del método pedagógico se realiza sin tomar en cuenta variables del entorno.

La programación resulta una tarea difícil, no solo se trata de instrucciones de un determinado lenguaje que permiten codificar los algoritmos, sino que se debe aprender a pensar en forma algorítmica para de esa manera poder resolver el problema real que se desea modelar. Las personas muchas veces se encuentran desorientadas en cuanto a la estrategia a adoptar para apropiarse en la medida adecuada de los conocimientos. Cada persona posee su propia estrategia de apropiación de los conocimientos que le permiten modelar situaciones con dominio.

Según Gardner, los seres humanos han evolucionado para mostrar distintas inteligencias y no para recurrir de diversas maneras a una sola inteligencia flexible. La teoría de las inteligencias múltiples (IM) desarrollada por este autor, puede describirse de la manera más exacta como una filosofía de la educación, una actitud hacia el aprendizaje. No es un programa de técnicas y estrategias fijas. Esta teoría ofrece a los educadores una oportunidad muy amplia para adaptar de manera creativa sus principios fundamentales a cualquier cantidad de contextos educacionales. Debe concebirse la inteligencia de forma contextualizada y concreta, mediada por factores situacionales y culturales (Gardner, 2016) y tomando en cuenta la diversidad de los educandos (Vivas, 2017).

Por lo tanto, si se procura reforzar las experiencias que tienen estos educandos, surgen nuevas formas de apropiarse de conocimiento que los prepara con experiencias nuevas y únicas con vistas a que estén listos para la vida real.

## INTRODUCCIÓN

En esta investigación se parte de un hecho: las personas son diferentes y tienen varias capacidades de pensar y diversas maneras de aprender. Cada persona es única y responde a esto mediante el desarrollo de la instrucción basada en las diferencias de los demás. Gardner (2011) explica que una inteligencia supone la habilidad de resolver problemas o crear productos de necesidad. También sostiene la teoría de la pluralidad de inteligencias, o teoría de las IM estableciendo ocho tipos básicos que han sido ampliados posteriormente. Afirma que todo individuo normal tiene diversas inteligencias, aunque una persona podría ser más talentosa en una inteligencia que otras.

El rol de la programación requiere una combinación de inteligencias y la capacidad de desarrollarlas, ya que son indispensables habilidades para crear algoritmos mediante la técnica del pseudolenguaje, manejar estructuras básicas, dígame selección, iteración, asignación, representar problemas y datos reales mediante clases y objetos, respetar reglas de estilo, depurar programas.

La teoría de las IM sirve actualmente de fundamento para identificar desarrollos, tendencias y oportunidades de innovación como parte de las herramientas docentes (Díaz Posada, Varela Londoño y Rodríguez Burgos, 2017).

Para propiciar el desarrollo de las inteligencias desde la programación son necesarias varias condiciones entre las cuales se encuentran los medios con que contamos para estimular el entusiasmo por apropiarse de conocimiento y fortalecer la confianza de resolver problemas cotidianos con los nuevos recursos. La socialización de las mejores prácticas pudiera contribuir a potenciar los aspectos anteriores pero la misma todavía resulta limitada.

La POO se imparte en todas las universidades donde se desarrollan carreras relacionadas con la Informática y otras de corte técnico que la incluyen dentro de sus planes de estudio. Entre estas

instituciones se encuentran: la Universidad de Oxford (Inglaterra), la Universidad Carlos III de Madrid (España), la Universidad Nacional Autónoma de México, y en el caso de Cuba en las carreras Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación.

Durante las últimas décadas se ha generalizado el uso de la POO, pero no de sus buenas prácticas (Mosqueira, 2010; Fracchia, Alonso de Armiño y Martins, 2014; Goytia y González, 2014). Se hace necesario identificar las principales insuficiencias existentes, que permita definir las acciones y crear las herramientas que faciliten las tareas a resolver. Con esta finalidad, la autora realizó un estudio en grupos de las carreras afines a la informática de la Universidad José Martí Pérez de la provincia de Sancti Spíritus (UNISS), lo cual se reporta en el capítulo 2 de la presente investigación.

Luego de realizar diferentes entrevistas y análisis documental se identificaron las deficiencias y limitaciones esenciales que se presentan en el aprendizaje y aplicación de la POO, entre ellas:

1. No siempre se logra identificar las clases de manera correcta.
2. Con frecuencia se hace mal uso de la Herencia y el Polimorfismo, lo que tiene consecuencias negativas en la adopción de buenas prácticas y el cumplimiento de estándares referidos al paradigma de la POO.
3. En el manejo de la Semántica del Lenguaje se presentan dificultades de manera reiterada.
4. Se aprecia incapacidad para identificar la esencia de un problema de programación.

Se pudo comprobar que muchas veces no existen los soportes necesarios y se recurre a técnicas que resultan en algunos casos poco efectivas; pues no toman como base las relaciones alumno, profesor, contenidos, cuestiones estas indispensables para la correcta apropiación del conocimiento. Esto trae como consecuencia una pérdida de motivación y cierto rechazo a sus contenidos por considerarlos difíciles de aprender.

En la bibliografía consultada se identificaron STI (Huang, Liu, Chu y Cheng, 2007; Adams et al., 2014; McLaren, Adams y Mayer, 2015; Olier, Gómez y Caro, 2017) para la aplicación de la POO en la educación superior, los cuales se toman como antecedentes a esta investigación. Estos sistemas tienen la particularidad de estar programados en el mismo paradigma objeto de estudio. Sin embargo, poseen limitaciones de costo, presentan deficiencias en la correcta selección del método pedagógico e incluyen elementos de limitada adaptación.

Basado en el citado estudio la autora identificó el siguiente **problema de investigación**: ¿Cómo integrar los conceptos y métodos del paradigma de la POO para mejorar la asimilación de contenidos, la gestión del conocimiento y favorecer la orientación en la solución de problemas?

**Objeto de la investigación**: Los modelos de sistemas de tutores inteligentes y la gestión del conocimiento.

**Campo de acción**: La integración de las técnicas de la POO utilizando las inteligencias múltiples.

El **objetivo general** de esta investigación es: Desarrollar un modelo, que integre conceptos y métodos de la POO, considerando técnicas de minería de datos, gestión del conocimiento, analíticas de aprendizaje, inteligencia artificial y la teoría de las IM, para favorecer la gestión del conocimiento, mejorar la asimilación de contenidos y la orientación en la solución de problemas en las carreras de perfil informático.

Los **objetivos específicos** son:

1. Construir del marco teórico de la investigación relacionado en lo fundamental con los modelos para integrar las técnicas de la POO.
2. Diagnosticar el estado que presentan las Instituciones de la Educación Superior cubanas (IES) en la carrera de Informática relacionado con la aplicación de la POO.

3. Fundamentar un modelo que integre conceptos y métodos de la POO, utilizando las IM.
4. Implementar una herramienta informática como soporte al modelo.
5. Validar el modelo propuesto, a través de los métodos científicos definidos en la investigación.

Para enfrentar el problema mencionado, se enuncia la siguiente **hipótesis**: Si se desarrolla e implementa un modelo, que integre conceptos y métodos de la POO, utilizando técnicas de minería de datos, gestión del conocimiento, analíticas de aprendizaje, inteligencia artificial y la teoría de las IM, se favorecerá la gestión del conocimiento, mejorará la asimilación de contenidos y la orientación para la solución de problemas en las carreras de perfil informático.

Entre los métodos de trabajo científico utilizados se destacan los siguientes:

- **Analítico-sintético**, al descomponer el problema de investigación en elementos por separados y profundizar en el estudio de cada uno de ellos, para luego sintetizarlos en la solución de las propuestas.
- **Histórico-lógico**, para el estudio crítico de los trabajos anteriores, de su evolución y utilizar estos como puntos de referencia y comparación de los resultados alcanzados.
- **Hipotético-deductivo**, para la elaboración de la hipótesis de la investigación y proponer nuevas líneas de trabajo a partir de los resultados parciales obtenidos.
- **Modelación**, para representar abstracciones que faciliten la comprensión del modelo desarrollado y sus componentes.
- **Sistémico estructural**, para modelar la arquitectura del sistema mediante la determinación de los estándares y tecnologías a utilizar en la propuesta, así como el establecimiento de la relación entre ellos, de manera que funcionen armónicamente.

## INTRODUCCIÓN

- **Experimental**, para comprobar la utilidad de los resultados obtenidos a partir de las propuestas definidas y la comparación con otros grupos que no recibieron tratamiento con la solución propuesta por la presente investigación.
- **Encuesta**, para la validación de la propuesta a través de los criterios emitidos por especialistas.
- **Análisis documental**, en la consulta de la literatura especializada en las temáticas afines de la investigación.
- **Grupo focal**, con el fin de que especialistas en la temática que se aborda en la investigación aporten ideas innovadoras, siempre con el objetivo de lograr una propuesta lo más acertada posible. Además, para la validación de la propuesta como un método cualitativo para tener en cuenta en la triangulación metodológica.
- **Triangulación metodológica**, intermétodo de forma simultánea, con el objetivo de confirmar los resultados obtenidos por métodos cualitativos y cuantitativos.

Además, se aplica la **Técnica de Iadov**, para conocer el grado de satisfacción de los usuarios con el modelo desarrollado.

La **Novedad Científica** de la presente investigación se expresa a través de sus aportes:

### **Aporte teórico:**

- La concepción y fundamentación de un modelo que integre conceptos y métodos de la POO, técnicas de minería de datos, gestión del conocimiento, analíticas de aprendizaje, inteligencia artificial considerando las IM, para favorecer la gestión del conocimiento, mejorar la asimilación de contenidos y la orientación en la solución de problemas en carreras de perfil informático.

- Un conjunto de nuevos algoritmos que combinan técnicas de la inteligencia artificial con técnicas de diferentes dominios del conocimiento con el objetivo de mejorar estrategias de búsqueda, selección, clasificación y predicción en los tutores inteligentes.

Los **aportes prácticos** de este trabajo son los siguientes resultados:

- La implementación y aplicación de los algoritmos propuestos en entornos educativos reales.
- Una herramienta informática como instanciación del modelo desarrollado.

El cuerpo de la **Tesis** se **estructura** en: introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

En el **capítulo 1** se analiza y se exponen los enfoques teóricos y las principales investigaciones que anteceden a la presente investigación, con el objetivo de generar el marco teórico relacionado con los modelos de integración de la POO, considerando las IM, en la carrera de informática.

En el **capítulo 2** se realiza un análisis del diagnóstico en una muestra de Instituciones de la Educación Superior, entre ellas, la UNISS, la Universidad Agraria de La Habana y la Universidad Politécnica de Uruguay. Se describe la solución planteada en relación con la integración de las técnicas de la POO, considerando las IM en las carreras de informática.

En el **capítulo 3** se hace una descripción del procedimiento para la implantación del modelo, la herramienta informática que lo instancia, y se describe la aplicación y resultados de los métodos de validación empleados para comprobar la validez de la hipótesis planteada. Por último, se presentan las **conclusiones** y **recomendaciones** derivadas de la investigación, las **referencias bibliográficas** consultadas y los **anexos** que contienen la documentación probatoria de los aspectos más significativos del proceso de investigación.

## **CAPÍTULO 1**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

# CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

### INTRODUCCIÓN

Desde los albores de la historia, aprender ha sido una característica propia de cada ser humano, que ha contribuido a fundamentar las bases de su desarrollo. Las exigencias de la vida moderna, dinámica, competitiva y llena de información, han dirigido a la sociedad hacia la búsqueda de nuevos modelos, técnicas y sistemas que permitan adquirir esos conocimientos de la mejor manera.

El desarrollo de medios tecnológicos está logrando no solo cambiar los sistemas de relación ser humano-medio, sino también, instalarse como componente cultural, por lo que su utilización para la asimilación de contenidos es imprescindible.

En el presente capítulo se definen y describen los STI, haciendo énfasis en las principales propuestas encontradas en la literatura. Se introducen estándares definidos hasta la actualidad, así como sus particularidades para la gestión del conocimiento. Se explica la teoría de las IM y su repercusión en los STI. Finalmente se analizan estrategias de aplicación para abordar los diferentes temas de la POO, mediante técnicas de minería de datos y analíticas de aprendizaje.

#### **1. 1 Sistemas Tutores Inteligentes**

Los STI surgen como una evolución de la enseñanza asistida por computadoras, al combinar conocimientos de pedagogía, psicología, con avances en la ciencia de la computación, en especial de la inteligencia artificial. Tienen como meta reproducir el hacer de un profesor humano competente, que adapta técnicas para el aprendizaje de un dominio de enseñanza en función del perfil del estudiante (Conati, 2009).

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

Para realizar esta tutoría adaptativa se utilizan herramientas que, aunque varían de un sistema a otro, responden a la representación de tipos de conocimiento similares: conocimiento sobre el dominio o materia objeto de estudio para saber qué enseñar, conocimiento sobre la persona que aprende para saber las características de a quién adaptar, conocimiento sobre el proceso de tutoría para saber cómo enseñar y conocimiento sobre cómo debe ser la interacción entre sistema y usuario; conocidos como modelos del dominio, del estudiante, del profesor y de interacción, respectivamente. El término modelo es usado en este contexto por los investigadores para conceptualizar y operacionalizar las funciones y variables que intervienen en la tutoría (Bourdeau y Grandbastien, 2010).

Los trabajos sobre arquitecturas de STI han estructurado su diseño en forma de módulos, fuentes de conocimientos y sus interacciones. La arquitectura tradicional a la que responde la mayor parte de los desarrollos realizados en los primeros momentos está constituida por tres módulos, luego extendida a cuatro. Entre ellos existe una relación uno a uno con los tipos de conocimientos que intervienen en el proceso (Clancey, 1984), elemento que junto a las herramientas de autor favoreció el desarrollo de sistemas por parte de no expertos en informática (Brawner et al., 2012). Esta relación directa entre modelos y módulos ha provocado el uso indistinto de ambos términos para referirse al componente del sistema que tiene esa responsabilidad (Naser et al., 2011; Zatarain, Barrón y Hernández, 2015).

VanLehn (1988) y Mitrovic, Ohlsson et al. (2013) han definido qué es un STI y vinculan la definición del mismo con la capacidad del sistema para adaptar la enseñanza mediante técnicas de inteligencia artificial. VanLehn (2006) indica que la característica distintiva de los STI es su capacidad para generar retroalimentación durante el desarrollo de las actividades, usando técnicas de inteligencia artificial. Estas definiciones, en la opinión de la autora del presente

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

trabajo, son muy generales y comparte la opinión de Vázquez (2015), que indica que las características distintivas de los STI son el soporte para la orientación en la solución de problemas, la gestión del conocimiento y la capacidad para generar retroalimentación durante el desarrollo de las actividades. De esta manera es posible hacer el diagnóstico cognitivo en el modelado del alumno, usando técnicas de inteligencia artificial.

La aplicación de los STI se encuentra avalada por estudios que demuestran su efectividad en la enseñanza de múltiples dominios de conocimiento, con ganancias significativas en el aprendizaje (D'Mello y Graesser, 2010; VanLehn, 2011; Lebeau et al., 2015; Elnajjar y Naser, 2017; Al-Bastami y Naser, 2017; Nour y Naser, 2017). A pesar de los beneficios percibidos sobre el aprendizaje como resultado del uso de este tipo de sistemas, su aplicación en entornos educativos reales no se ha extendido. Algunos de los motivos de este fenómeno se pueden ubicar en los altos costes de construcción, la falta de una infraestructura tecnológica adecuada y la concepción de estos sistemas en forma de “cajas negras” donde el conocimiento codificado dentro no evoluciona con el tiempo y tiende a acelerar el proceso de obsolescencia (Weragama, 2013).

### **1.1.1 Módulo del tutor**

En los STI, el módulo del tutor es el encargado de definir y de aplicar una estrategia orientadora, de contener los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para alcanzarlos. Es el responsable de seleccionar los problemas y el material de aprendizaje, de monitorear, y proveer asistencia al estudiante, así como de integrar el conocimiento del dominio conceptual que se aborda. Es decir, un sistema de este tipo debe tratar, además, los aspectos esenciales de la planificación, así como aspectos que involucran la representación, la selección y la

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

secuenciación del material a ser utilizado y la planificación se refiere a cómo ese material va a ser presentado.

La autora considera que este módulo debe emular al tutor humano, y coincide con Matsuda et al. (2013) en que debería estar diseñado desde una concepción acerca de lo que significa la programación en las carreras de ingeniería tomando en cuenta el perfil y la identidad del futuro ingeniero. Un sistema de este tipo debería proveer algunas características en función de los propósitos por los que el estudiante recurre a él, tales como:

- La perspectiva desde la que debe impartir los conocimientos a los alumnos.
- La forma de adaptación a los conocimientos previos de los alumnos.
- La selección de la estrategia de enseñanza más adecuada para el estudiante que lo consulta.

Y, cuando el mismo *guíe* al alumno deberá tener “*reglas*” almacenadas para saber qué hacer cuando:

- El alumno no puede contestar una pregunta que le hace el tutor.
- El alumno contesta en forma incompleta una pregunta que le hace el tutor.

Es decir, un módulo del tutor flexible, es el eje central para el desarrollo y deberá responder a las preguntas:

- a) ¿Qué debe hacer el tutor cuando el alumno no puede contestar una pregunta?
- b) Qué debe hacer el tutor cuando el alumno contesta en forma incompleta una pregunta?

A partir de la literatura analizada la autora intuye que:

- El modelo del tutor debe mantener una jerarquía de *metas* que debe cumplir mientras imparte los conocimientos al alumno quien producirá un resultado que el tutor no puede predecir de antemano.

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

- El tutor debe poder explicar un mismo concepto de *diferentes maneras*, de modo que, si el alumno no entiende el concepto, el tutor puede continuar efectuando otro acercamiento al mismo tema.

En este contexto, surge la posibilidad de aplicar minería de datos a la resolución de problemas de modelado de este tipo, por lo que la autora de la presente investigación considera apropiado el uso de esta técnica para la selección de la estrategia pedagógica y ruta de aprendizaje, lo cual se desarrolla en el capítulo 2.

### 1.1.2 Módulo del estudiante

El módulo del estudiante, es el responsable de establecer un perfil del estudiante, diagnosticando sus deficiencias, según el nivel de conocimiento, formando una imagen instantánea de su comprensión de los contenidos. En el modelado del estudiante, el STI debe determinar cuáles son los conocimientos previos entendidos como las secciones del dominio que el estudiante ya sabe. De este modo, el STI podrá recomendar la estrategia de estudio más conveniente y el tipo de acción a seguir a través de la resolución de problemas, y, dentro de ellos, el nivel de adecuación de los ejercicios a dicho dominio.

La autora comparte el criterio de Cataldi, Donnamaría y Lage (2009) sobre la necesidad de inclusión de un asesor en la estructura del STI, que pueda diagnosticar el tipo de alumno, su estilo de aprendizaje, determinando el estado actual del conocimiento que posee.

En varios informes (Käser et al., 2014; Koster, Koch y Primo, 2016) se asume el criterio propuesto por Anderson (2014) quien destaca la importancia de modelar aspectos psicológicos del aprendizaje, y entender conceptos como creatividad, estilos de aprendizaje y comprometimiento en el momento en que el estudiante actúa. Estas variables dado que impactan al sistema y a sus componentes por igual deben tomarse en cuenta al ingresar al mismo.

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo a lo planteado, se deben considerar solo las características propias del sujeto relativas a sus aprendizajes que quedan delimitadas al tener en cuenta: a) los estilos de aprendizaje y b) el perfil psico-sociológico. Para una enseñanza centrada en los estilos de aprendizaje, es posible aplicar el modelo de Felder y Silverman (1988) y los tipos de inteligencias que el estudiante posee más desarrolladas de acuerdo con la teoría de las IM (Gardner, 2011). Así el STI solicitará datos personales y los datos académicos iniciales (y actualizables) para ingresar al mismo, que serán transparentes al módulo del estudiante.

El módulo del estudiante entonces, se describe en términos de los estilos de aprendizaje, el perfil socio psicológico del estudiante y según Altuna, Guibert y Estrada (2015) la representación del estado actual de conocimientos.

El modelado del estudiante se puede dividir en dos partes:

- La selección de una estructura de datos (en el sentido de variables, enlaces y parámetros).
- La elección de un procedimiento para efectuar el diagnóstico del estado actual del estudiante.

La autora de esta investigación coincide con el criterio sostenido por los autores referidos anteriormente y considera que esto puede hacerse mediante la aplicación de técnicas de minería de datos a STI (Dutt, Akmar Ismail y Herawan, 2016).

Es opinión de la autora, formada a través del estudio de los fundamentos teóricos de la literatura consultada, que la técnica de minería de datos más apropiada para resolver el problema resulta un clasificador basado en reglas del tipo “SI (antecedente) ENTONCES (consecuente)” ya que se ajusta a los requerimientos y principios de los test de inteligencia y estilos de aprendizaje, a los estándares de modelos anteriores y fomenta buenas prácticas de diseño.

A partir del estudio realizado la autora considera que las principales razones para que se opte por un sistema basado en reglas son:

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

- Reducir los costos de integración al sistema tutor.
- Disminuir los tiempos de entrega.
- Agrupar estudiantes según sus estados cognitivos a través del estilo de aprendizaje y el perfil psico-sociológico.
- Agrupar estudiantes según las inteligencias múltiples identificadas.
- Disminuir el costo de desarrollo y mantenimiento de aplicaciones.
- Lograr que STI responda con agilidad las necesidades. La agilidad se refiere a disminución de la complejidad algorítmica.

### 1.1.3 Módulo del dominio

El módulo del dominio contiene las formas de representación y razonamiento que le permiten funcionar, como una fuente de conocimiento y un estándar, para evaluar las acciones del estudiante dentro de la temática que se aprende. Adquirir y representar el conocimiento de un dominio es un asunto complejo y ha sido objeto de numerosas investigaciones (Wang y Heffernan, 2013; VanLehn et al., 2014; Lazar y Bratko, 2014; Käser et al., 2014; Heffernan, Heffernan y Wang, 2015; Thompsen, Coelho, Viccari y Behr, 2016) en el campo de la inteligencia artificial desde su creación. La dificultad se vuelve más significativa en el ámbito educativo, donde el sistema debe ser capaz de explicar vías de solución o generar otro tipo de información que sea de utilidad para el estudiante.

La forma para enfocar el desarrollo de este tipo de modelo está directamente relacionada con la estructura de sus conocimientos y la idoneidad para soportar los procesos de tutoría.

Se encontraron en la bibliografía cuatro formas fundamentales que se usan para representar y razonar sobre el conocimiento del dominio: modelos basados en reglas, basados en restricciones, sistemas expertos y los aplicados en casos de mal definición. Tomando el orden de presentación,

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

los primeros producen una mayor potencia para el razonamiento, pero su uso es más adecuado para los dominios de mejor definición (Fournier Viger et al., 2015).

Los modelos basados en reglas (VanLehn, Lynch et al., 2005; Conati y Merten, 2007; Koedinger y Alevan, 2007; Corbett, Kauffman et al., 2010) son adecuados para ser usados en dominios donde las soluciones de los ejercicios puedan ser estructurados en etapas bien definidas y reconocibles, caminos de solución identificables y verificables.

Los modelos basados en restricciones (Mitrovic y Weerasinghe, 2009; Mitrovic, 2012) expresan las condiciones que deben cumplir todas las soluciones correctas usando restricciones.

Los modelos basados en reglas y los basados en restricciones son comúnmente conocidos como modelos cognitivos. Estos pueden contener una descripción detallada y precisa del conocimiento que es usado por el estudiante, incluyendo estrategias y principios, así como forma para aplicarlos en el contexto de problemas específicos.

A partir de lo anterior la autora concluye que los modelos de dominio cognitivos son el tipo más usado en el desarrollo de STI y cientos de sistemas se han desarrollado con este enfoque.

Un ejemplo que se toma como referente para esta investigación es el usado en MatMat System que reutiliza el módulo experto del sistema para gestionar conocimientos; pero son los modelos cognitivos los que dan significado al conocimiento y tratan de emplearlo de modo similar a los humanos, de ahí que su construcción sea un proceso complicado y largo que requiere determinar los componentes psicológicos esenciales para modelar el aprendizaje y cuáles no lo son, para así propiciar una menor complejidad computacional (Rihák y Pelánek, 2016).

### **1.1.4 Sistemas tutores inteligentes de programación**

En la literatura revisada se identificaron estudios que describen la aplicación exitosa de STI en diferentes dominios de conocimiento. Como resultado de su uso se reportan ganancias

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

significativas en el aprendizaje con respecto a otros tipos de sistemas que se usan para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Brawner, Holden et al., 2011; VanLehn, 2011; Paviotti y Rossi, 2012; Barrón, Zatarain et al., 2016; Al-Bastami y Naser, 2017; El Haddad y Naser, 2017; Olier, Gómez y Caro, 2017). La causa principal de estos resultados positivos es la correcta selección del método pedagógico, la orientación en la solución de problemas, y la retroalimentación que recibe el estudiante durante la realización de actividades (Aleven, 2010; Eagle y Barnes, 2013). Incluso se apunta que existe una relación directa entre la selección del método pedagógico y estas ganancias (Chi et al., 2010; Dabolins y Grundspenkis, 2013).

En la enseñanza de la programación los STI son conocidos como Tutores Inteligentes de Programación (TIP). Sistemas tales como Lisp Tutor (Reiser y Anderson, 1985), ELM-ART (Weber y Brusilovsky, 2001), SQLT-Web (Mitrovic, 2003), HESEI (Martínez, 2009) han sido desarrollados. Sus autores presentan evidencias de que su uso produce ganancias en el aprendizaje. Contrastando con esta efectividad, resalta que, de los sistemas estudiados, solo una minoría han sido usados de forma exhaustiva en entornos reales y el resto únicamente en pruebas de laboratorio con estudiantes en condiciones que se pueden considerar como controladas (Dadic, 2011; Altuna y Guibert, 2013).

En diversos trabajos (Butz, Hua y Maguire, 2004; Dahotre, 2011; Krishnamoorthy, Appasamy y Scaffidi, 2013; Risco y Reye, 2012; Kumar, 2014) se ofrece soporte al estudiante en el aprendizaje de elementos teóricos mediante diferentes tipos de actividades. Sin embargo, el interés de esta investigación se encuentra en el ámbito resolución de problemas teóricos y prácticos mediante el uso de técnicas de minería de datos, gestión del conocimiento, analíticas de aprendizaje, inteligencia artificial y la teoría de las IM. Se hace énfasis en los enfoques

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

utilizados para integrar conceptos y métodos de la POO, que permiten al estudiante trabajar sobre la base de los errores cometidos.

Dentro de este ámbito también se encontraron trabajos que tienen como meta aplicar la programación en lenguajes que pertenecen al paradigma de POO (Gerdes, 2012; Gerdes, Jeuring y Heeren, 2013). Estos trabajan sobre condiciones más simples, como consecuencia de la mayor facilidad para seguir metas y reconocer estrategias (Le, 2011; Gerdes, 2012). Por este motivo, en la presente investigación se analizará el enfoque de Gálvez y Guzmán (2012) descartando otros descritos en (Ihantola, Ahoniemi, Karavirta y Seppälä, 2010).

El STI para la POO propuesto por Gálvez y Guzmán (2012) se construyó siguiendo la técnica de modelado basado en restricciones. La persona aprende mientras resuelve problemas a través de una interfaz visual, donde ha de implementar una o más clases. Los dos modos de funcionamiento del sistema permiten, por un lado, resolver los ejercicios que el propio sistema propone a la persona y por otro resolver los ejercicios elegidos por la persona motivando la adquisición de experiencia. Este sistema ha sido utilizado por diversas universidades, a un costo elevado, sin obtener los resultados que se esperaban. Un factor de influencia en el planteamiento anterior es que el sistema no toma en consideración el amplio espectro de inteligencias que poseen los seres humanos y sus particularidades, lo que implica desaprovechamiento de las capacidades que marcan el desarrollo del aprendizaje, falta de motivación, así como poca inclusión de conocimientos adquiridos con anterioridad.

### **1.1.5 La gestión del conocimiento en los STI**

Las tecnologías de la información constituyen un paradigma en la sociedad del conocimiento. La sociedad del conocimiento produce, distribuye y acumula información mediante el uso de las tecnologías que ayudan a procesarla. La autora comparte la opinión de Mariño (2014) y otros

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

estudiosos del tema acerca del surgimiento de un conjunto de ideas entre las que se identifican proceso de aprendizaje, conocimiento explícito, conocimiento tácito, economía del conocimiento y gestión del conocimiento.

Se considera que la gestión del conocimiento involucra la puesta en escena de un conjunto de prácticas orientadas a la manipulación efectiva de la información, es decir, aborda la captura, almacenamiento, procesamiento y difusión de la información y el conocimiento generado.

Teniendo en cuenta la definición de STI la autora asume que uno de los aportes fundamentales de los STI es la gestión inteligente del conocimiento encaminado a ofrecer al alumno una enseñanza personalizada aplicando técnicas de planificación de la instrucción y adaptación de contenidos sin coartar la libre exploración del espacio de conocimientos. Rodríguez (2006) aportó una aproximación teórica a la tipología de modelos de gestión del conocimiento realizando un análisis de los diferentes modelos que sirve de base a esta investigación. La autora opina que los STI son los encargados, en situaciones específicas donde el dominio del problema le incluye, de proveer los aspectos tácitos y operacionales, así como proporcionar y administrar las actividades que ofrecen soporte a la tipología de gestión del conocimiento.

Debido a la concepción de los STI, cuyos componentes pueden ser capaces de emular procesos, y disponer de interfaces de comunicación con el usuario, incluyendo subsistemas de adquisición de conocimiento, puede afirmarse que son aplicables en alguna medida a las taxonomías de modelos de gestión del conocimiento especificadas en la literatura (López, 2010).

Al revisar las fuentes de documentación es posible identificar diferentes modelos de gestión de conocimiento que han sido planteados a lo largo del tiempo, y han sido utilizados en el diseño didáctico de construcción de los STI. Entre los más importantes se reconocen: la espiral de transformación de conocimiento propuesta por Nonaka y Takeuchi (Reyes, 2007), el modelo

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

Balanced Score Card de Kaplan y Norton (2006), el modelo de capital intelectual de Skandia Navigator propuesto por Edvinsson (1997), la espiral de TIC para los procesos de gestión del conocimiento de Pérez y Dressler (2007), y otros de reciente creación (Alfonso y Ponjuán, 2016; Bustos, Cerecedo y García, 2016).

Es común identificar los STI sumergidos en los procesos de formación donde se aprende más del intercambio de experiencias que de la presentación de contenidos, en otras palabras, tal y como lo indican Nonaka y Takeuchi (1999) el conocimiento se genera como producto de la transformación del conocimiento tácito en explícito y viceversa.

Para los efectos de esta investigación se utiliza una adaptación a la variante de modelo en espiral propuesta originalmente por Nonaka y Takeuchi (1999), la cual ha sido adaptada con éxito a diferentes disciplinas para la informática educativa (Boude y Alfonso, 2014).

### **1.1.6 Analíticas de aprendizaje en STI**

La analítica del aprendizaje tiene como objetivo analizar la información generada en los procesos de aprendizaje, mejorando dichos procesos a través de la adaptación basada en las evidencias registradas (CSEV, 2014).

Existe una amplia aceptación de la necesidad de aplicar analítica del aprendizaje para los diversos interesados y a diferentes niveles a través de las instituciones educativas (Linares, Verdecia y Álvarez, 2014). Por ejemplo:

- Para cada estudiante individualmente para reflexionar sobre sus logros y los patrones de comportamiento en relación con los demás.
- Como predicción de qué estudiantes requieren apoyo y atención especial.
- Para apoyar a los profesores a planificar planes de acción con individuos y grupos que lo requieran.

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

- Para el personal docente que busque mejorar las acciones formativas actuales o desarrollar nuevas ofertas curriculares.
- Para los administradores institucionales que han de tomar decisiones sobre asuntos tales como la comercialización y la contratación o la eficiencia y las medidas de efectividad.

Las analíticas de aprendizaje son relevantes para la prevención de la deserción escolar, así como para identificar deficiencias institucionales a todo nivel, desde didácticas hasta organizacionales, que permiten la toma de decisiones de mejora (Vázquez, 2015). Aplicada a los STI, esta tecnología posibilita hacer modificaciones y hacer de estos sistemas, un recurso más ajustado a las necesidades del aprendizaje. La integración de esta tecnología posibilita que los profesores empleen la misma herramienta para crear y recibir la retroalimentación generada automáticamente a partir de su uso y modificar el STI de acuerdo con lo observado.

También a los LMS se han incorporado estas tecnologías. Tal es el caso de Blackboard y MOODLE, el primero con la implementación del módulo *Blackboard Analytics for Learn* y el segundo con el sistema MOCLog (*Monitoring Online Courses with Logfiles*) (Bettoni, Sadiki et al., 2012). Además, Student Inspector (Brooks, Chavez, Tritz, y Teasley, 2015) y Learner Interaction Monitoring System (LIMS).

Macfadyen y Sorenson (2010) analizan y visualizan el registro de datos de las actividades del estudiante en ambientes de aprendizaje con el propósito de asistir a los educadores a aprender más sobre sus estudiantes. Muchos de los datos generados desde distintos LMS incluyen reportes del número de sesiones (log-ins), tiempo de conexión, número de descargas, entre otros, que pueden tener sentido desde un modelo de enseñanza. Razón por la cual es en estos sistemas donde generalmente se introducen las técnicas de analíticas de aprendizaje. La autora coincide en la utilidad de las analíticas de aprendizaje para el avance de los procesos de enseñanza

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

mediados por la tecnología, y considera que su inclusión en los STI contribuye a la personalización, adaptabilidad y durabilidad de los mismos.

En la investigación se asume la definición de analítica de aprendizaje propuesta en Colomé (2013), donde se plantea que las analíticas de aprendizaje examinan información existente sobre los estudiantes combinando datos de diversas fuentes, permitiendo a los docentes adaptar las oportunidades educativas al nivel de necesidad y capacidad de cada alumno.

### **1.2 Aplicación de la minería de datos a los STI**

A partir de los años sesenta se comienzan a manejar diferentes términos relacionados con la minería de datos tales como: datos de la pesca, minería de datos o datos arqueológicos. En la actualidad, esta tecnología tiene un gran desarrollo y ha sido motivo de debate entre personas que pertenecen al ámbito académico. Existen varias definiciones acerca de este término, a continuación, se presentan dos de ellas:

La minería de datos es el conjunto de metodologías y herramientas que permiten extraer el conocimiento útil (patrones de comportamiento, modo de operación, información útil para descubrir fallos, tendencias, etc.) para la ayuda en la toma de decisiones, partiendo de grandes cantidades de datos (Baker y Siemens, 2014).

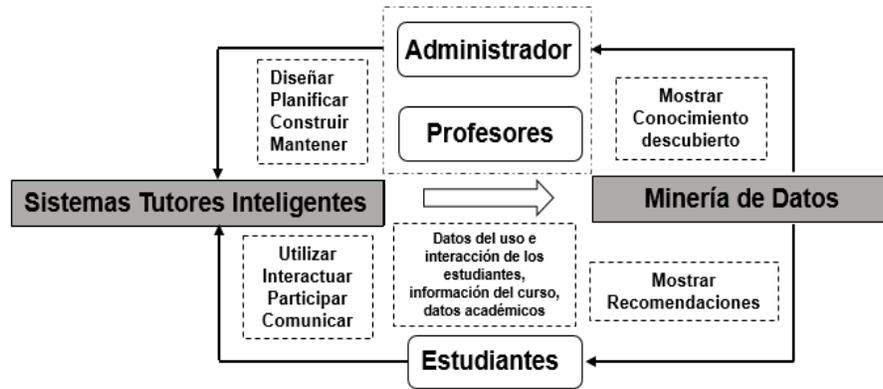
Un proceso no trivial de identificación válida, novedosa, potencialmente útil y entendible de patrones comprensibles que se encuentran ocultos en los datos (Vallejos, 2006).

Luego de haber analizado estas definiciones, la autora concluye que la minería de datos es el proceso de extraer conocimiento útil, previamente desconocido, a partir de grandes volúmenes de datos.

En el caso de los STI los algoritmos para minería de datos llevan a cabo tareas descriptivas, como el descubrimiento de relaciones o el reconocimiento de patrones, o tareas predictivas,

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

como la clasificación o el ajuste de modelos que permiten predecir el comportamiento (Huang, González, Kumar y Brusilovsky, 2015). El conocimiento descubierto se filtra para la toma de decisiones y se emplea para retroalimentar el ciclo del proceso de enseñanza y aprendizaje del STI, como se aprecia en la Figura 1.1.



**Figura 1.1** El ciclo de aplicación de la minería de datos a los sistemas educativos. Fuente: Modificado por la autora basada en: (Gómez, García y Therón, 2014).

La aplicación de técnicas de minería de datos en educación se puede ver desde dos puntos de vista u orientaciones distintas (Papoušek, Pelánek y Stanislav, 2014), en función de si va orientada hacia los tutores o desarrolladores de los STI, cuyo objetivo es ayudarlos a mejorar el funcionamiento o rendimiento de los sistemas a partir de la información de utilización de los alumnos, o si, en cambio, está encaminado hacia los alumnos, cuyo objetivo es ayudarlos en su proceso de aprendizaje. Las principales aplicaciones se resumen en el Anexo 1 con las dos visiones u orientaciones que se han expuesto.

### 1.2.1 Principales características y tareas

La minería de datos es en realidad uno de los pasos que comprenden el proceso de Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos (KDD), que está compuesto según los autores Romero y Ventura, (2007) por:

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

- Preprocesamiento: Consiste en la recogida o extracción de los datos, limpieza de datos, discretización, selección de los atributos e integración de datos.
- Minería de datos: Consiste en la selección de los algoritmos de minería de datos a utilizar y la aplicación de dichos algoritmos sobre los datos.
- Postprocesamiento: Consiste en la interpretación, evaluación de los resultados obtenidos y la utilización del conocimiento descubierto.

La minería de datos posee determinados rasgos o características como son:

- Explorar los datos que se encuentran en grandes volúmenes o almacenes de datos.
- El entorno de la minería de datos suele tener una arquitectura cliente servidor.
- Las herramientas de la minería de datos ayudan a extraer conocimiento oculto entre los datos.
- Debido a la gran cantidad de datos, algunas veces resulta necesario usar procesamiento en paralelo para la minería de datos.

Las principales **tareas** de la minería de datos son: análisis de secuencias, clasificación, modelado de dependencias, regresión, visualización del modelo, agrupamiento, asociación, predicción, sumarización o agregación, y análisis exploratorio de los datos (Hernández, 2016).

La minería de datos es un área multidisciplinar donde convergen diferentes técnicas que tienen la finalidad de llevar a cabo algunas de las tareas anteriores (Hernández, Ramírez y Ferri, 2004; Benítez, 2005). Algunas de estas técnicas definidas en (García, Servente y Pasquini, 2014) son:

**Algoritmos Genéticos.** Los algoritmos genéticos imitan la evolución de las especies mediante la mutación, reproducción y selección, como también proporcionan programas y optimizaciones que pueden ser usadas en la construcción y entrenamiento de otras estructuras como es el caso de las redes neuronales. Además, los algoritmos genéticos son inspirados en el principio de la supervivencia de los más aptos. Es una técnica matemática de búsqueda y optimización que

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

encuentra soluciones a un problema basándose en los principios que rigen la evolución de las especies a nivel genético molecular. Estos algoritmos requieren de un conjunto de datos para realizar su proceso de aprendizaje.

**Redes Neuronales.** Como su nombre lo indica, esta técnica simula el sistema nervioso real en forma abstracta. Estas deben ser entrenadas para que ofrezcan solución a los problemas. Este entrenamiento se realiza repitiendo sistemáticamente entradas clásicas, con sus respectivas salidas o respuestas. Es un modelo predecible, no lineal que aprende a través del entrenamiento. Las redes neuronales son usadas para reconocimiento de patrones, clasificaciones de voz e imagen, procesamiento de lenguaje natural, predicción y optimización.

**Lógica borrosa.** Es una herramienta para la interpretación de datos, que pueden ser imprecisos, intercalares, no numéricos, inexactos o con incertidumbres, y que, sin embargo, aportan información de forma intuitiva. La lógica borrosa traduce estos datos a un conjunto de pertenencias borrosas, donde cada dato pertenece a todas las áreas o rangos de pertenencia definidos en diferentes porcentajes.

**Reglas de asociación.** Son métodos que descubren asociaciones entre los datos, produciendo como resultado una base de reglas antecedente-consecuente. La lógica borrosa es muy empleada en estos métodos, consiguiendo reglas que son más comprensibles. También se usan combinaciones con redes neuronales para extracción de reglas y validación.

**Redes de Bayes.** Consisten en representaciones gráficas de distribuciones de probabilidad junto a posibles dependencias entre ellas, donde los nodos son los atributos o dimensiones de los objetos y se le asocia una función de probabilidad condicional, que relaciona los nodos con sus antecesores y predecesores.

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

**Sistemas Neurodifusos.** Mantienen la transparencia para incorporar el conocimiento de un experto, mientras que aprovechan la capacidad de aprendizaje para dotarse de la flexibilidad y la capacidad de adaptación necesaria para, bien ayudar en la tarea de automatizar su proceso, bien adaptar su comportamiento frente a cambios en el entorno. En la presente investigación como parte de uno de los módulos del STI, se implementa el sistema neurodifuso estilo Mamdani-Anfis que consta de cinco capas. De las cinco capas, tres de ellas, segunda, tercera y quinta, realizan funciones fijas, (operador mínimo, normalización y agregación respectivamente); mientras que la primera, que representa a las funciones de pertenencia, y la cuarta, que corresponde a la ponderación con valores singleton, son adaptativas, dependientes de parámetros.

La autora de la presente investigación considera que resulta más apropiado optar por los sistemas neurodifusos, algoritmos genéticos, redes de Bayes y sistemas basados en reglas de asociación ya que permiten la clasificación, optimización, así como amplias posibilidades para la predicción, cuestiones estas necesarias para el desarrollo de esta tesis.

### 1.2.2 Aplicaciones que emplean minería de datos

Yeh y Lo (2005) presentan un modelo de redes neuronales que evalúa automáticamente el nivel de conocimiento meta cognitivo del alumno observando su comportamiento online de navegación. El modelo está implementado a través de una red neuronal multicapa realimentada (MLFF) formada por tres capas, que clasifica los estudiantes a partir de datos de navegación (páginas visitadas, glosarios y transcripciones consultadas y tiempo empleado).

Adams et al. (2014), McLaren, Adams y Mayer (2015) mencionan un modelo de STI que utiliza redes neuronales para ofrecer tutoría paso a paso al alumnado en la resolución de problemas que

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

han presentado determinado tipo de dificultad en sus soluciones. También se crea una suite de juegos educativos.

Otros autores utilizan redes neuronales para la clasificación de los estudiantes y la implementación de una estrategia de instrucción basada en la retroalimentación constante a partir de registros de alumnos guardados en el STI (Stampfer y Koedinger, 2013; Wiese y Koedinger, 2014).

Dorça, López, Fernández y López (2008) describen un sistema multiagente que busca la adaptabilidad mediante el uso de redes neuronales. La estructura propuesta consta de un sistema gestor del curso y de un sistema inteligente multiagente que implementa todos los módulos del STI. El módulo del estudiante usa lógica borrosa para determinar el grado de conocimiento adquirido por el estudiante en un tiempo dado. Para determinar la evaluación del alumno se emplean reglas borrosas entre la evaluación del conocimiento (calidad de las respuestas y tiempo empleado) y la evaluación del comportamiento. Se emplean redes neuronales, concretamente Cuantificación de Vectores de Aprendizaje (LVQ) para implementar la clasificación de patrones (los alumnos) de modo que los agentes pedagógicos puedan adaptar correctamente el currículum. Para facilitar la tarea de los agentes, es básica la representación del conocimiento. Se propone un módulo de conocimiento compuesto de una base de datos de conocimiento (que incluye todo tipo de materiales instructivos) y una base de metadatos.

Minae y Punch (2003) propone la utilización de algoritmos evolutivos multiobjetivo para el descubrimiento de relaciones importantes a partir de datos de utilización (tiempos de acceso a páginas, aciertos y fallos, y niveles de conocimiento) de los estudiantes. Con el objetivo de poder realizar mejoras tanto del contenido, como de la estructura de los cursos y de su adaptación.

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio también emplea algoritmos genéticos para realizar un análisis de asociación de los estudiantes para predecir su rendimiento. Las características de los grupos se extraen de la información de los archivos log del sistema. Se demuestra que una combinación de múltiples clasificadores mejora el proceso de clasificación y la ponderación de los vectores de características en los algoritmos genéticos optimiza la precisión de la predicción.

La investigación de Koster, Koch y Primo (2016) utiliza algoritmos genéticos para calibrar y validar el módulo del estudiante, mediante el análisis de logs simulados, la estimación del engagement y los niveles de actividad en el sistema.

Siguiendo con el mismo enfoque, de acuerdo con lo expuesto por Romero, Ventura y de Bra (2005) se utiliza agrupamiento de recursos Web valorados y descubrimiento de reglas de asociación mediante algoritmos genéticos para la optimización de la minería de datos con el objetivo de clasificar a los estudiantes basándose en las características extraídas de los ficheros log. Otras perspectivas dentro de la minería de datos se fundamentan en algoritmos genéticos para generar pruebas de valoración destinadas para el aprendizaje (Doru Popescu, Bold y Nijloveanu, 2016).

Chen y Duh (2012) desarrollan un STI basado en la teoría de respuesta a un ítem borroso, donde se recomiendan materiales del curso con niveles de dificultad acordes a las respuestas de realimentación del alumno inciertas o borrosas sobre la comprensión y la dificultad de los materiales propuestos.

Huang, Liu, Chu y Cheng (2007) dan a conocer un sistema de diagnóstico de aprendizaje inteligente para un modelo de aprendizaje temático basado en Web, consistente en buscar contenidos relacionados con el tema en Internet y discutir los resultados en un entorno colaborativo. A partir de los archivos log que registran el comportamiento del alumno (tiempo

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

total en la plataforma, la frecuencia de registro de las sesiones, los materiales descargados por los alumnos, los artículos colgados o respondidos, el tiempo utilizado en los grupos de discusión online, etc.) un sistema de diagnóstico inteligente basado en lógica borrosa, ofrece una guía de aprendizaje para asistir a los alumnos y clasifica la participación online de la clase para el tutor. El sistema también puede predecir los resultados de los alumnos en la evaluación final.

El sistema de diagnóstico de aprendizaje inteligente descrito por Huang, Liu, Chu y Cheng (2007) permite, a partir de los archivos log del comportamiento de aprendizaje de los alumnos, el guiado y la asistencia de los alumnos para mejorar su aprendizaje y la evaluación de su participación en clase, prediciendo el éxito de los alumnos. El sistema tiene dos partes: un sistema experto borroso que aconseja al alumno en el proceso de aprendizaje y evalúa su participación en cada actividad en función de su perfil y de una herramienta que predice el éxito del alumno en las notas finales. El clasificador compuesto está formado por tres clasificadores independientes (los k vecinos más próximos, métodos bayesianos y máquinas de vectores soporte) cuya salida representa una decisión más fiable que los clasificadores simples.

Otros trabajos utilizan agentes recomendadores para sugerir actividades de aprendizaje en línea en un curso Web basándose en los historiales de acceso. Concretamente utiliza minería de reglas de asociación para entrenar al agente recomendador y construir un modelo que representa el comportamiento de acceso (Duffy y Azevedo, 2015).

Varias investigaciones (Wang, 2002; Nguyen, Xiong y Litman, 2014; Sahebi, Huang y Brusilovsky, 2014; Hull y du Boulay, 2015) analizan los ficheros log de entornos de aprendizaje Web utilizando técnicas de minería de reglas de asociación y filtrado colaborativo, para descubrir patrones de navegación útiles y proponer un modelo de navegación, consistente en las relaciones de asociación y las relaciones de secuencia entre documentos.

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

Álvarez Blanco, Lau Fernández, Pérez Lovelle y Leyva Pérez (2016) aplican redes neuronales con el objetivo de predecir los resultados docentes que alcanzarán los estudiantes en las asignaturas Estructuras de Datos I y II. La aplicación emplea dos redes neuronales, ambas con la misma arquitectura, pero cada una entrenada con los datos específicos de cada asignatura.

La utilización de métodos heurísticos como regresión lineal en combinación con reglas de asociación es propuesta en algunos trabajos (Freyberger, Heffernan y Ruiz, 2004; Lynch, Ashley y Chi, 2014) para buscar modelos de transferencia de aprendizaje de estudiantes a partir de los ficheros log de interacción del STI. El modelo de transferencia relaciona preguntas con los componentes del conocimiento necesarios para responderlas correctamente. Las reglas de asociación guían el proceso de búsqueda para encontrar modelos de transferencia que predicen el éxito de los estudiantes.

También fueron analizados otros modelos de STI de reciente creación los cuales se muestran en el Anexo 2. La autora de esta investigación retoma los aspectos positivos abordados en los modelos que se han referido con anterioridad e incorpora la minería para inteligencias en el módulo del estudiante, la minería para selección de método pedagógico y configuración de las rutas de aprendizaje, y la minería para la predicción del rendimiento escolar lo que proporciona una experiencia enriquecida a los usuarios y contribuye a aumentar su rendimiento como futuros desarrolladores.

### **1.2.3 Herramientas informáticas para la minería de datos**

Para agilizar el proceso de aplicación de la minería de datos existen varias herramientas comerciales y académicas que pueden obtener los datos, procesarlos y extraer conclusiones sobre patrones de comportamiento, agrupamientos, relaciones, etc. que posteriormente se emplearán para actualizar los módulos del alumno y del tutor y generar así el itinerario de

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

aprendizaje más adecuado al mismo. En el Anexo 3 se ilustra una relación de las herramientas informáticas más utilizadas en la actualidad para la minería de datos.

A los efectos de la presente investigación la autora asume a Weka como herramienta para la minería de datos, dadas sus características de código abierto, y amplias potencialidades para asociación, clasificación y agrupamiento.

### 1.3 La teoría de las inteligencias múltiples

Como resultado de varios trabajos de investigación, el Dr. Howard Gardner definió la inteligencia como: “(...) la capacidad para resolver unos problemas y generar otros nuevos, para hallar soluciones, crear productos y ofrecer algo valioso dentro del propio ámbito cultural (...)” (Gardner, 2011, p.4). Estableció los criterios que debía cumplir cada una para no quedarse en el rango de habilidad, competencia o talento. Nombra ocho tipos básicos: visual-espacial, cinético-corporal, interpersonal, lingüístico-verbal, lógico-matemática, naturalista, intrapersonal y musical. Con posterioridad Gardner reformula su teoría agregando nuevos tipos.

Es juicio de la autora, formado a través del análisis documental, y la entrevista a expertos, que las inteligencias de mayor impacto en el rol de la programación son la inteligencia lógico-matemática, la inteligencia lingüístico-verbal, inteligencia interpersonal, y la inteligencia intrapersonal.

Se puede afirmar que, así como existen experiencias que ayudan a la “explosión” de las inteligencias, también existen las que las acotan, las paralizan o las inhiben. Las personas no son iguales y combinan sus inteligencias de un modo único, personal, por lo que hay múltiples caminos para conocer y pensar el mundo. Las inteligencias no son medibles, se definen como potenciales, porque se activan o no en función de los valores de una cultura, de las oportunidades disponibles, y de las decisiones que toma cada persona. Es necesario hacer conciencia de las

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

inteligencias que se poseen para poder evolucionar. Si se trabaja desde la teoría de las IM la aplicación de la programación, estará siempre relacionada con la vida real resultando más amena e intuitiva.

### **1.3.1 La teoría de las inteligencias múltiples y las tecnologías de la información**

Según Gardner una parte importante de la construcción de las inteligencias está basada tanto en el talento como en el esfuerzo, de ahí que las TIC vienen a completar en gran medida su concepción. Estas tecnologías se integran a lo que se conoció como adquisición formal de conocimiento, sustentado por modelos tradicionales que trabajaban principalmente con grupos heterogéneos. Permiten que se gestione conocimiento en escenarios diversos, específicamente en aquellos donde la persona se desempeña, lo que posibilita el desarrollo de sus inteligencias a través de metodologías que incluyen rangos de competencia.

La autora de esta investigación considera que uno de los puntos fuertes que poseen las TIC, para llegar a las IM es la personalización, la utilización de escenarios complejos para construir conocimiento. A través de ellos se puede ver de manera más concreta una situación problemática o temática que se esté abordando, debido principalmente a que aumentan los niveles de cercanía entre las personas y los casos.

La mezcla de tecnologías y escenarios se traduce en una mayor capacidad para gestionar conocimiento de modo participativo y activo, puesto que transforma a la persona en un agente protagonista de su propio aprendizaje y por tanto responsable del mismo. De manera específica para la resolución de problemas resulta altamente efectiva presentando escenarios complejos de expresa similitud con el trabajo real que desempeñarán como profesionales.

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.3.2 Inteligencias múltiples y su relación con las habilidades en la programación

En la sociedad del conocimiento las personas están rodeadas de información. Ésta se crea rápidamente y también queda obsoleta con prontitud. Es necesario que los individuos sean capaces de seleccionar, procesar, interpretar, y apropiarse de información para generar conocimiento, lo importante no es la información sino el conocimiento que permite solucionar situaciones. Para alcanzar ese objetivo en el campo de la POO deben desarrollarse habilidades que formen un profesional con mayor preparación.

Le Boterf (2001) previene contra una definición débil de las competencias (“suma” de conocimientos de saber hacer o saber estar o como la “aplicación” de conocimientos teóricos o prácticos) y advierte que la competencia no es un conglomerado de conocimientos fragmentados, no está hecha de migajas de saber hacer, sino que es un saber combinatorio y que no se transmite, sino que el centro de la competencia es el sujeto-aprendiz que construye la competencia a partir de la secuencia de las actividades de aprendizaje que movilizan múltiples conocimientos especializados. La competencia tiene que ver con el desempeño en el área del conocimiento de que se trate.

En la POO se maneja un grupo de estándares, enfocados a las etapas de diseño e implementación. Dentro de ellos el trabajo referido a competencias requiere de proyectos que integren contenidos de diferentes áreas en tareas y actividades significativas con aprendizajes que las personas puedan extrapolar a su entorno. Cuanto más se labora desde aquello que se tiene (inteligencias) más fluido será el camino hacia el que se dirige (competencia) (Adorjan, 2014; García, Hernández y Loaiza, 2016).

La autora de esta investigación opina que los programadores serán verdaderamente competentes si son capaces de resolver las tareas combinando determinado grupo de inteligencias. De manera

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

específica se debe hacer énfasis en la inteligencia lógico-matemática, relacionada con la habilidad en el análisis numérico. La destreza que influye en la traducción de situaciones al lenguaje matemático puede desarrollarse satisfactoriamente si el modelo de sistema tutor inteligente orienta de forma correcta la trayectoria de tutoría a seguir de manera específica para cada persona a partir de la aplicación e interpretación de los resultados obtenidos en el test de inteligencias múltiples, así como el conocimiento previo que posee el sistema.

Varias metodologías ágiles para el desarrollo de software que utilizan el paradigma orientado a objetos, entre ellas eXtreme Programming se refieren a la importancia del trabajo en equipos donde cada especialista tiene un rol determinado y la calidad del producto final depende en gran medida del éxito en la comunicación y dinámica del equipo.

Coincidiendo con Fonseca (2012) la autora identifica la inteligencia interpersonal como decisiva en el buen desempeño de los programadores, debido a que se encuentra asociada a habilidades para el trabajo en equipo, la comunicación, colaboración y cooperación. Esta inteligencia está relacionada estrechamente con la creatividad y de forma explícita con la disposición para trabajar en equipo. Es importante alcanzar mediante la inteligencia interpersonal colaboración con los clientes más que negociación de contratos, así como respuestas efectivas a efecto de disminución en el tiempo de realización, ante posibles cambios.

Otro factor de influencia en el desarrollo de proyectos que toman como base el paradigma de POO es la comunicación. Para lograr que las personas se comprendan de forma exacta es necesario eliminar ambigüedades. Según Armstrong (1999) puede lograrse minimizar los fallos de comunicación mediante el desarrollo de la inteligencia lingüístico-verbal, ya que permite a la persona escuchar con atención las explicaciones de un compañero, hacer presentaciones en grupos, empleo de palabras técnicas de manera oportuna impulsando competencias tales como

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

la definición de conceptos de la POO y su representación en diagramas UML (*Unified Modeling Language*).

Se espera que los programadores a través de una combinación de inteligencias apliquen el análisis, la abstracción, la deducción e inducción, para obtener el mejor partido de técnicas como herencia, polimorfismo, encapsulamiento entre otras propias del paradigma orientado a objetos. Se destaca el hecho de que el rol del programador debe estar permeado de una perspectiva dinámica que garantice una cohesión, posibilitando un aprendizaje más rápido, unido a una adecuada gestión del conocimiento. Solo respetando los diversos puntos de vista, las distintas maneras de acercarse al conocimiento, es posible aprender a aprender.

### **1.4 La Programación Orientada a Objetos**

La POO surge en Noruega en 1967 con un lenguaje llamado Simula 67, desarrollado por Krinsten Nygaard y Ole-Johan Dahl, pero adquiere relevancia a partir de los años noventa en que los estándares internacionales, así como las herramientas para el desarrollo de software con altos índices de calidad y desempeño, se basan en este paradigma, el cual modela el mundo real, y añade a la programación una estructura diferente: el objeto, con sus conceptos; objetos, clases, encapsulación, herencia y polimorfismo.

Los temas de diseño y POO tienen como objetivo preparar a los estudiantes para que, conociendo los fundamentos generales y evolución de los lenguajes de programación, sean capaces de modelar problemas utilizando el paradigma orientado a objetos, hacer programas utilizando algunos lenguajes que lo soportan y otros híbridos que lo combinan con la orientación a aspectos y la Programación Lógica. Así, los estudiantes deben conocer los fundamentos, evolución y características de los lenguajes de programación orientados a objetos, sus posibilidades y limitaciones, los rasgos esenciales, preceptos funcionales y lógicos, así como las

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

estructuras de datos, las técnicas de cohesión, acoplamiento, encapsulamiento, herencia y polimorfismo, utilizando las estructuras de datos definidas. También los estudiantes deben analizar las posibilidades y limitaciones del software y hardware relacionados con las versiones de los lenguajes orientados a objetos. Todo esto transforma la enseñanza del lenguaje en un gran reto para los profesores ya que este paradigma de programación trabaja con conceptos que es necesario extrapolar de la realidad hacia el universo abstracto.

El estudio realizado por Navarro et al. (2014) demuestra que es necesario lograr una adecuada motivación de los estudiantes hacia la asignatura POO.

La POO debe tener un enfoque diacrónico, partiendo de la programación procedimental. Este enfoque comienza con la exposición de cada construcción de los lenguajes como una evolución de otra anteriormente conocida, superando alguna de sus limitaciones. Como hilo conductor de la exposición, se usan los conceptos recurrentes que subyacen en los mecanismos particulares de cualquier paradigma (Losada, 2012). Los resultados sorprendentes en la utilización de este enfoque se deben a la generalización de los términos que sirven de trasfondo a los lenguajes, propiciando en la mente humana un modo de secuenciación lógica similar al de las computadoras, pero con sus pilares en el terreno de lo humano.

### 1.5 Conclusiones del capítulo

En el capítulo se han estudiado cuatro aspectos básicos de la presente investigación: los STI en la gestión del conocimiento, la minería de datos aplicada a sistemas tutores, las IM aplicadas a la programación, y la POO en el contexto de la enseñanza actual, lo que permite concluir que:

- Los Tutores Inteligentes de Programación son una alternativa a las deficiencias que existen en la enseñanza de la programación, pero requieren de un modelo apropiado que permita

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

integrar componentes pedagógicos y tecnológicos, y así obtener una mejor aplicación de la POO, potenciando las IM.

- De la aplicación de la minería de datos a sistemas tutores inteligentes puede concluirse que las técnicas de minería son necesarias para el avance y la retroalimentación de los procesos enseñanza/aprendizaje mediados por la tecnología, así como para la extracción de analíticas de aprendizaje, ya que constituyen la base para la toma de decisiones a diferente escala y por distintos actores.
- La teoría de las IM mejora la orientación en la búsqueda de soluciones para problemas dentro del campo perteneciente al paradigma orientado a objetos.
- Un modelo de STI para la aplicación de la POO debe tomar en cuenta las características y dinámicas de los grupos donde se aplica la programación, así como la integración de diferentes plataformas y analíticas de aprendizaje con el objetivo de lograr un mejor uso de las tecnologías actuales.

## **CAPÍTULO 2**

### **DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

### **CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

#### **INTRODUCCIÓN**

A partir del reconocimiento de la complejidad de la enseñanza de la POO, de las principales dificultades detectadas en el diagnóstico realizado, las opiniones de expertos y con el objetivo de dar respuesta a las deficiencias detectadas en los enfoques utilizados para la construcción de modelos de STI descritos en el capítulo 1, en el presente capítulo se fundamenta y describe un modelo para mejorar la asimilación de contenidos y la orientación en la solución de problemas mediante técnicas de inteligencia artificial, que posibilitará una mejor selección de los contenidos y actividades en la disciplina de programación.

El mismo ha sido elaborado teniendo en cuenta las premisas técnicas que permiten mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, para distribuir con mayor exactitud las actividades prácticas de los conceptos pertenecientes a la POO, tomando en consideración la importancia que revierte el enfoque de las IM en el proceso de adquisición de conocimiento. El énfasis de este trabajo se encuentra en la construcción del módulo de tutor y el módulo inteligencia artificial. Al orientar los contenidos mediante el uso de técnicas de la inteligencia artificial se provee al estudiante de apoyo acerca de problemas que pudieran presentarse y que desvían su atención de las cuestiones referentes al tema que se aborda.

Se analizaron tesis doctorales (Martínez, 2003; Apráiz, 2013; Prieto, 2013) en el área de la informática que presentan métodos para la construcción de componentes computacionales. A partir de esta revisión y en correspondencia con lo expuesto por March y Smith (1995) se expone el modelo propuesto. En primer lugar, se presentan los aspectos generales y luego se describen y fundamentan las principales decisiones de diseño a considerar durante la construcción del

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

modelo. Finalmente se describe cada componente, en términos de entradas, salidas y procesamiento que realiza.

### 2.1 La Programación Orientada a Objetos en Cuba

Algunas investigaciones (Ríos, Lezcano y Díaz, 2009), coinciden en afirmar que el aprendizaje de un lenguaje dado no siempre es fácil de asimilar, la sintaxis y la semántica son específicas de cada lenguaje, así como la lógica de programación lo es de cada paradigma. Kinsumba, Becerra Alonso y Lau Fernández (2016) identifican un conjunto de factores que se añaden como influyentes en aprobar la materia Programación.

Según Beltrán, Sánchez y Rico (2015) se identifican diferentes debilidades de manera sostenida en la aplicación de la POO. Para profundizar en esta temática se realizó un estudio donde participaron especialistas con experiencia en el área de la programación y profesores de las siguientes IES: Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), Universidad de la Habana, Universidad de Matanzas, Universidad de Sancti Spíritus "José Martí". También se incluyeron especialistas de la Universidad Politécnica de Uruguay.

Para la obtención de la información se aplicaron diferentes métodos y técnicas de los identificados en el diseño teórico metodológico de la investigación, estos son:

- Entrevista a profundidad a profesores, y estudiantes de las IES como un instrumento cualitativo con el objetivo de conocer los factores que dificultan el aprendizaje de la POO (Ver Anexo 4).
- Análisis documental de artículos científicos y tesis doctorales, para identificar las principales dificultades relacionadas con el aprendizaje de la POO en las carreras de perfil informático.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

- Observación participante, para conocer en su ámbito natural cuales son las dificultades en el proceso de aprendizaje de los estudiantes en la POO, se realizaron las anotaciones correspondientes.

En este sentido los docentes plantean que muchos de los estudiantes no han desarrollado el pensamiento lógico matemático motivo por el cual se les dificulta el aprendizaje de la asignatura. Por su parte, los estudiantes afirman que con frecuencia les resulta engorroso identificar con claridad la esencia de un problema, por esa razón presentan soluciones incorrectas.

Los docentes expresan que, aparentemente, se responden bien los ejercicios (según la apreciación del estudiante) pero la respuesta no corresponde con las buenas prácticas de la programación.

En relación a esta dificultad se identificaron 4 elementos vinculados a la misma:

1- Complejidad del entorno integrado de desarrollo.

El entorno de desarrollo integrado está diseñado para su uso profesional y no con fines didácticos, la cantidad de herramientas y opciones abruma al estudiante que apenas inician en la POO configurándose como un elemento que dificulta el aprendizaje.

2- Lenguaje de programación en inglés.

Los estudiantes manifestaron que el hecho de que el lenguaje de POO se encuentre en inglés constituye otro factor que afecta el aprendizaje ya que les dificulta la comprensión de las sentencias.

3- Mensajes del compilador en inglés.

La función de compilador es el de ayudar al programador a encontrar los errores de sintaxis, indicando el tipo de error y la línea donde se encuentra, incluso a este mensaje se les puede hacer

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

un clic y lleva exactamente en el punto donde se ubica, sin embargo, de acuerdo a lo que manifiestan los docentes los mensajes se presentan en inglés y a los estudiantes les cuesta trabajo leerlos, aunado al hecho de que no sienten preferencias por la lectura de bibliografía en inglés y que los errores los consideran como algo que los desmotiva.

En relación al cambio del paradigma estructurado al paradigma orientado a objetos se identificaron tres factores relacionados:

1. Forma de presentar la teoría: en este sentido los estudiantes manifestaron que la forma de plantear la teoría en esta materia es lo que la hace difícil de comprender, por lo que se deduce que es necesaria la transformación de la teoría a formas de representación más sencillas.
2. Nivel de abstracción de los conceptos: se plantea que los conceptos son difíciles de entender por el alto nivel de abstracción motivo por el cual se configura como barrera para su aprendizaje.
3. Cantidad de carga teórica: la carga teórica es un factor que afecta el aprendizaje toda vez que son muchos los conceptos que se ven en las sesiones de clases a lo largo del semestre.

A su vez se manifiesta desconocimiento de la materia, pues muchos estudiantes ingresan al programa sin experiencia previa sobre programación y por ende sin ninguna habilidad relacionada con esta materia; a otros les falta disciplina y motivación para aprender a programar, pues el desarrollo de habilidades exige trabajo constante y perseverancia; cuando estas dos situaciones no hacen presencia, puede ocurrir que pierdan el interés por la programación, lo que repercute directamente en los resultados que obtienen.

Este análisis, no pretende abarcar todas las complejidades de esta disciplina, que tiene características propias, y puede estar viciada por técnicas aprendidas en otros paradigmas que nada tienen que ver con el paradigma de la POO. No obstante, puede apreciarse la necesidad de

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

que el modelo gestione mejor el conocimiento y favorezca la orientación en la solución de problemas.

### **2.2 Análisis para la selección de técnicas de la inteligencia artificial**

Es necesario analizar qué técnica de la inteligencia artificial (o la combinación de varias de ellas, Ver Anexo 2) es la más adecuada para los casos de minería de datos que se plantean en el modelo. Existe una diferencia entre los dos primeros casos de minería de datos, correspondientes al módulo Estudiante Dinámico, en los cuales se debe extraer información de cuestionarios o de expedientes académicos y solo es necesario realizar esta operación una vez, cuando el usuario se registre en el sistema, como inicialización de la aplicación. El número de datos que se manejan en estos dos casos es muy inferior al del resto, por lo que se puede establecer directamente qué paradigma es el que mejor se ajusta al problema.

Para el caso de la minería de datos correspondiente al módulo Servicios Pedagógicos se ha procedido a aplicar la teoría de decisión multicriterio discreta (DMD) definida por Pomerol y Barba Romero (2012) con el fin de seleccionar la técnica que mejor cumpla los criterios previstos. Hay que subrayar que en este caso se trata de realizar un objetivo de minería de datos distinto: del tipo predictivo.

A modo de guía para la selección de la técnica más adecuada, Hernández, Ramírez y Ferri, (2004) establecen una correspondencia entre los objetivos o tareas de la minería de datos más destacados y algunas de las técnicas o algoritmos que pueden ser abordados. La clasificación formulada se ha adecuado a esta investigación teniendo en cuenta la información extraída de la documentación consultada en el marco teórico. En el Anexo 5 se muestran los resultados que indican de forma orientativa las correspondencias entre tareas y algoritmos observadas en el campo de aplicación de la minería de datos para los STI.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### 2.2.1 Minería de datos 1 y 2

Se realizó la comparación de los elementos del cuestionario (Ver Anexo 6) con las definiciones de las dimensiones del Estilo de Aprendizaje (Felder y Silverman, 1988). Los resultados se muestran en el Anexo 7, donde fueron agrupadas 11 preguntas para cada dimensión (procesamiento, percepción, entrada, comprensión). Las dos posibles respuestas (a y b) de cada pregunta, determinan el valor de cada dimensión (activo/reflexivo, sensorial/intuitiva, visual/verbal, secuencial/global).

Dado que los datos de entrada se pueden transformar en valores numéricos (las respuestas a son 1 y las b son 0) y tienen un valor de salida conocido, el método de minería de datos más efectivo para resolver el problema es un clasificador basado en reglas del tipo “SI (antecedente) ENTONCES (consecuente)”. Únicamente se debe sumar y almacenar el valor de las respuestas correspondientes a cada dimensión, siendo el resultado el que defina la pertenencia a una clase (fuerte, moderado, equilibrado) como se observa en el Anexo 8.

Este diagrama se puede traducir fácilmente en reglas, por ej. “SI activo/reflexivo = -1 o activo/reflexivo = -3 ENTONCES procesamiento = Equilibrado Reflexivo”.

En el caso de las inteligencias múltiples se realizó la comparación de los elementos del cuestionario (Ver Anexo 9) con la hoja de corrección establecida en el mismo.

### 2.2.2 Minería de datos 3

El objetivo o la tarea de la minería de datos que interesa para este caso es la predicción, ya que la meta que se pretende alcanzar con el sistema STI es proponer una ruta de aprendizaje adaptada al proceso de aprendizaje del alumno que prediga o garantice buenos resultados académicos y la máxima adquisición de conocimientos en función de cómo es el alumno, sus necesidades, intereses, conocimientos actuales, es decir, datos que se han analizado en el módulo Aprendizaje

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Interactivo mediante la tarea descriptiva de minería de datos y que realimentan al módulo Servicios Pedagógicos.

Las técnicas de la minería de datos que forman parte de los objetivos o tareas predictivas fueron descritas por (Hernández, Ramírez, y Ferri, 2004).

En la Tabla 2.1 se ilustran las principales técnicas de la inteligencia artificial que se consideran en el análisis. Al igual que en el apartado anterior, se ha extraído qué información de la bibliografía consultada en el marco teórico empleaba estas técnicas para realizar minería de datos. Estos datos se han clasificado en el Anexo 5.

**Tabla 2.1** Técnicas de la Inteligencia Artificial. Fuente: elaboración propia.

a	Redes de Bayes	f	Lógica borrosa
b	Árboles de decisión	g	Sistema multiagentes
c	Razonamiento basado en casos	h	Patrones secuenciales
d	Redes neuronales	i	Reglas de asociación
e	Algoritmos genéticos	j	Agrupamiento

A continuación, se ha seleccionado la ponderación lineal (Pomerol y Barba Romero, 2012) como método de DMD debido a su frecuente utilización en el área de los STI. Su esquema básico consiste en construir una función de valor  $U(A_i)$  para cada alternativa, como indica la Fórmula 2.1.

$$U(A_i) = \sum w_j r_{ij} \quad (2.1)$$

Siendo  $w_j$  el peso del criterio  $j$  y  $r_{ij}$  la evaluación (rating) de la alternativa  $i$  respecto al criterio  $j$ .

El resultado de la aplicación del método de DMD se muestra en la Tabla 2.2, donde se observan los tres paradigmas de computación que obtienen mayor puntuación, y, por tanto, se adecuan mejor al problema planteado de minería de datos. Estos son los algoritmos genéticos, la lógica borrosa y las redes neuronales.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

**Tabla 2.2** Resultados de la ponderación lineal para las alternativas. Fuente: elaboración propia.

Alternativas	U(A <sub>i</sub> )
Redes de Bayes	18
Árboles de decisión	11
Razonamiento basado en casos	5
Redes neuronales	20
Algoritmos genéticos	23
Lógica borrosa	24
Sistema multiagentes	7
Patrones secuenciales	19
Reglas de asociación	4
Agrupamiento	11

Al igual que se ha comentado en el apartado anterior, los algoritmos que resultan del estudio de adecuación para el módulo Servicios Pedagógicos son consecuencia del estado del arte de la aplicación de la minería de datos a los STI, y por tanto únicamente reflejan qué algoritmos son los que mejor se adaptan dentro de los más empleados actualmente.

### 2.3 Desarrollo del Diagnóstico

Un diagnóstico institucional es el proceso mediante el cual se lleva a cabo un análisis para buscar información que ayude a determinar la situación actual de la institución y detectar sus áreas de mejoramiento. Mediante un diagnóstico se trata de focalizar y evaluar un conjunto de variables que juegan un importante papel en la comprensión, predicción y control del comportamiento de un fenómeno determinado (Shull, Singer y Sjoberg, 2008).

En la presente investigación el objetivo del diagnóstico fue encaminado a valorar los modelos de STI y la gestión del conocimiento en las IES. Para esto se realizaron entrevistas y se aplicaron encuestas a varios especialistas y docentes con experiencia en el área de la tecnología educativa y profesores de IES pertenecientes al Ministerio de Educación Superior (MES) y al Ministerio de Educación (MINED).

La información se obtuvo mediante la aplicación de los siguientes métodos y técnicas:

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

- **Encuesta:** la encuesta (Ver Anexo 10) posibilitó la comprobación de las diferentes formas de participación de los estudiantes en la utilización de STI, así como el grado de utilización de los sistemas informáticos para la gestión del conocimiento.
- **Análisis documental:** se realizó un amplio análisis documental que incluye varias tesis de doctorado entre las que se encuentran (Ríos, 2009; Gálvez y Guzmán, 2012; Cañizares, 2012; Weragama, 2013; Altuna, 2014; Badaracco, 2014).
- **Entrevista a profundidad:** fue realizada a varios especialistas y doctores en las especialidades de informática, informática educativa y ciencias de la educación con experiencias en recursos educativos y las herramientas para la gestión del conocimiento (Ver Anexo 11).
- **Grupo focal:** fue desarrollado con personal que posee experiencia en tecnología educativa (5 participantes), empleando una guía de moderación y con la participación de un moderador (Ver Anexo 12).
- **Observación Participante:** La autora de la investigación fue participante activa en una gran parte de los procesos desarrollados.

El diagnóstico permitió la identificación de un grupo de dimensiones que fueron analizadas.

### **Dimensión 1: Importancia de la utilización de sistemas tutores inteligentes para gestionar el conocimiento referente a la POO entre los profesores y estudiantes de las IES.**

En las encuestas aplicadas a una muestra de 32 profesores de 9 IES del país se comprobó la necesidad de desarrollar un modelo que integre factores tecnológicos, metodológicos y pedagógicos para favorecer la gestión del conocimiento referente a la asignatura programación mejorar la asimilación de contenidos y la orientación en la solución de problemas.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En el Anexo 13 se muestra el procesamiento de los datos obtenidos. El 16% de los encuestados planteó que sí lo utiliza, el 78% refirió que no utiliza los STI, y el 6% dijo que no tiene conocimiento acerca de si se están utilizando en alguna institución. Entre las razones que afectan la utilización de los STI, el 38% de los encuestados plantean desconocimiento o poco entendimiento de los sistemas existentes para las temáticas de programación, el 7% plantean desconocimiento o poco entendimiento de la importancia de la utilización de los STI y el 16% considera que constituye una actividad engorrosa.

En cuanto al uso de STI en los procesos formativos, el 37% de los encuestados respondió que muchas veces utiliza este tipo de recurso, el 47% frecuentemente, el 13% a veces y el 3% pocas veces. Entre las razones que afectan la utilización de los STI el 16% de los encuestados refieren la escasa o incorrecta concepción de lo que significan como recurso educativo, el 56% plantean la creación de STI que responden a intereses particulares y no de un colectivo, el 72% relaciona problemas con las búsquedas de recursos existentes, el 22% refiere problemas relacionados con las condiciones existentes para su uso, el 6 % señala el desconocimiento o poco entendimiento de la importancia que poseen en cuanto a la adaptabilidad que ofrecen, y el 84% plantea las restricciones del uso de licencias copyright. El 100% dijo estar de acuerdo con que se creara un STI en su institución que sea interoperable y de fácil actualización como forma de enfrentar los procesos de obsolescencia tecnológica.

### **Dimensión 2: Funcionalidades en un sistema tutor inteligente para garantizar la adaptabilidad de los contenidos y la orientación en la solución de problemas.**

Los encuestados destacan la necesidad de lograr una gestión colaborativa de los recursos educativos que forman parte del STI, dígase simuladores, emuladores, directorios temáticos, foros, comunicación mediante redes sociales, porque favorece el intercambio de experiencias

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

entre estudiantes, adaptándose con mayor flexibilidad a sus perfiles y promoviendo el pensamiento crítico.

Las funcionalidades seleccionadas con mayor frecuencia para garantizar la adaptabilidad de los contenidos son: realización de test a los estudiantes, añadir contenidos de manera ponderada por parte del sistema, monitoreo de forma continua en la solución de actividades, particularización a partir de bases de datos, inclusión de evaluadores y formas de solución cooperativa.

Dentro de los elementos a tener en cuenta para garantizar la adaptabilidad del STI, los encuestados plantearon la necesidad de que el sistema diseñe el contenido de forma estratégica de acuerdo con las debilidades encontradas en el estudiante, y teniendo en cuenta su progreso, además realice y acepte sugerencias por parte del estudiante, acerca de la presentación de los contenidos.

También se realizó una encuesta a profesores de la UNISS, con el objetivo de identificar qué indicadores deben tenerse en cuenta para evaluar la adaptabilidad de los STI a los diferentes perfiles de estudiante. Los indicadores son tomados de las metodologías e instrumentos de evaluación de la adaptabilidad en STI citados en el capítulo 1. Este instrumento evidenció una mayor diversidad de criterios.

En el grupo focal desarrollado se destacó la necesidad de incorporar analíticas diferentes a las existentes en Moodle en sus versiones desplegadas, basado en la experiencia de los usuarios, las trazas de inteligencia y desempeño de los administradores.

### **Dimensión 3: La colaboración, comunicación e intercambio de conocimientos entre estudiantes que utilizan STI.**

El 25% de los encuestados plantea que pocas veces se participa de manera colaborativa en la solución de actividades y el aprendizaje de contenidos a través del STI, el 22% refiere que a

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

veces, el 44% de los encuestados plantea que nunca se participa y el 9% no respondieron a la pregunta. Sin embargo, el 100% coincide en la necesidad de que exista un STI que posibilite la elaboración conjunta. Las razones que afectan el trabajo colaborativo, según los encuestados son: las herramientas que utilizan los STI no propician el trabajo colaborativo, existe reticencia por parte de los profesores relacionada con el uso del STI, los profesores en ocasiones, poseen pocas habilidades para el trabajo en equipo.

### **Dimensión 4: Funcionalidades en un STI para garantizar la particularización de contenidos y la gestión del conocimiento.**

Relacionado con las funcionalidades que debe brindar un STI para la particularización de contenidos y gestión del conocimiento el 78% coincide con la realización de diseño dinámico del aprendizaje, el 84% en las posibilidades de intercambio y debate con otros estudiantes, el 53% en la búsqueda de soluciones por parte del sistema, un 47% en las posibilidades de reutilizar al máximo los componentes existentes, un 97% en la realización de análisis del aprendizaje de los estudiantes, un 75% en la descripción de los elementos del STI para su posterior búsqueda y correcta utilización.

Con el objetivo de visualizar y relacionar las causas y limitaciones abordadas anteriormente, además de las encontradas con la aplicación del resto de los instrumentos utilizados, se elaboró un diagrama Causa-Efecto (Ver Anexo 14). En este gráfico se resumen los problemas influyentes en la utilización y la particularización de los STI en las IES, así como las limitaciones existentes en la integración de los métodos de la POO para favorecer la asimilación de contenidos y la gestión del conocimiento, según el diagnóstico realizado.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### 2.3.1 Diagnóstico realizado a modelos de STI

Se realizó un análisis de la literatura especializada para identificar modelos de STI que sean representativos. Estos fueron sometidos a un análisis comparativo que permitió evaluarlos.

Para la comparación fueron definidos un conjunto de atributos identificados en la literatura y ratificados por expertos. En análisis previos consultados (Cataldi y Lage, 2011; Altuna, 2014) estos han sido parcialmente abordados o no incluidos. Los atributos (Ver Anexo 15) permitieron verificar si los modelos ofrecen capacidades que resultan fundamentales en el contexto educativo.

A1: Adecuación a los receptores

A5: Calidad de contenidos

A2: Acceso a la información del modelo, para facilitar su aplicación (aspectos técnicos)

A6: Calidad en el diseño

A7: Diseño de los ejercicios y problemas

A8: Selección de método pedagógico

A3: Organización interna de la información

A9: Evaluación

A4: Costo económico

Los primeros dos atributos definidos responden a la personalización del STI. El cuarto se refiere a los requerimientos económicos necesarios, en adelante se abordan las capacidades que deben ubicarse en esta clase de modelos, respetando las relaciones de dependencia que existen entre ellas, para facilitar la planeación de la mejora. Los atributos fueron analizados en los siguientes modelos de sistemas tutores:

- M1: PHP ITS (Weragama, 2013).
- M2: J-LATTE (Holland, Mitrovic y Martin, 2009).
- M3: Enström, Kreitz et al., 2011.
- M4: JITS (Sykes y Franek, 2003; Sykes y Franek, 2006; Naser, 2009).
- M5: Naudé, Greyling y Vogts, 2010.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

- M6: ELP (Truong, Bancroft y Roe, 2005).
- M7: Jurado (2010).
- M8: Verificator (Orehovacki, Radosevic y Konecki, 2012).
- M9: BlueFix (Watson, Li y Godwin, 2012).

Los resultados del análisis son mostrados en el Anexo 16. Estos se expresan en: **SÍ**, cuando se verificó que el atributo evaluado es considerado explícitamente por el modelo; parcialmente (**P**), cuando no existe evidencia explícita, pero se aprecia que el atributo es considerado por el modelo; débilmente (**P-**), cuando no se evidencia que el atributo evaluado es incorporado intencionalmente en el modelo, pero no lo desconoce del todo y (**D**), cuando definitivamente el modelo no lo considera. En el caso especial del costo económico se evaluará en Alto(**A**), Medio(**M**), Bajo(**B**). En el Anexo 16 se incluye una cantidad preliminar de nueve modelos pertenecientes a diferentes dominios.

El estudio evidenció la ausencia de un modelo estándar y la dificultad para elegir y aplicar alguno, pues existen casi tantos modelos para aplicar como contextos educativos diferentes. Además, ninguno de los modelos consideró la totalidad de los atributos. Como se aprecia en la Anexo 16, los atributos mejor valorados fueron A5 (calidad de los contenidos) y A2 (aspectos técnicos). Los peor valorados fueron A8 (selección del método pedagógico), A4 (costo económico), A1 (adecuación a los receptores) y A9 (evaluación).

Como resultado del análisis comparativo realizado, fueron detectadas insuficiencias que atentan contra la selección del método pedagógico y la adecuación efectiva a los receptores de los modelos. Por lo general no fue apreciada una selección asertiva del método pedagógico en los modelos de STI analizados, de modo que no se presentan los contenidos de modo adecuado. Existen excepciones como es el caso del M7, perteneciente a Jurado (2010), donde sí se aprecia

## **CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

una selección mejorada de dicho método. Respecto a la adecuación a los receptores solo los modelos PHP ITS, y J-LATTE, logran cumplir los estándares de personalización. En cuanto a la calidad de contenidos no siempre son evidentes la originalidad en la presentación, y los niveles de actualización. En los modelos se manejan diferentes criterios sobre cómo manejar el tema de la evaluación, al emplear enfoques distintos para la diferenciación entre actuación individual y grupal.

En la organización interna de la información existe una respuesta rápida a las acciones, pero no siempre en concordancia con las solicitudes que se han realizado. En los modelos de STI analizados, no es posible distinguir aquellas capacidades requeridas para una organización interna en correspondencia con los propósitos del sistema.

Es escasa la información disponible de los modelos desarrollados por compañías internacionales, universidades o centros de investigación educativa. De ellos solo es posible acceder libremente a información general, pues en la mayoría de los casos su infraestructura es protegida, lo que obstaculiza la aplicación de alguno en el contexto cubano.

### **2.4 Descripción y fundamentación del modelo**

A los efectos de la presente investigación se considera el modelo como una representación ideal del objeto a investigar que contempla aquellos elementos y relaciones que se consideran esenciales y sistematizan el objeto modelado. El mismo refleja la realidad de acuerdo con la intención del investigador.

Se define el modelo para mejorar la asimilación de contenidos y la orientación en la solución de problemas en la Programación Orientada a Objetos en las carreras de perfil informático (MACPOO) como la representación conceptual que integra herramientas, metodologías, marcos

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

de trabajo y un clasificador basado en reglas de apoyo a la toma de decisiones para facilitar la aplicación de la programación (Machín, 2017a).

En el modelo propuesto se describen y representan los diferentes componentes de carácter estructural y tecnológicos, así como sus interrelaciones con el contexto interno y externo para favorecer la gestión del conocimiento, la asimilación de contenidos y mejorar la orientación en la solución de problemas.

### 2.4.2 Procedimiento empleado para el desarrollo del modelo

En la Figura 2.1 se representa el proceder metodológico de la investigación con el enfoque asumido para el desarrollo del modelo, que se argumenta a continuación:



**Figura 2.1** Concepción metodológica seguida para elaborar el modelo. Fuente: elaboración propia.

### 2.5 Principios, cualidades, componentes y premisas para el desarrollo del modelo

El término modelo proviene del italiano “modello”, representación de algo que se debe seguir o imitar. La palabra modelo toma diferentes significados de acuerdo al contexto en el cual se aplique.

En el campo de la investigación científica existen otras definiciones válidas que lo conceptualizan como: una representación abstracta, conceptual o gráfica de fenómenos,

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

sistemas o procesos con el objetivo de analizarlos, describirlos, explicarlos, simularlos y predecirlos (Delgado y Isaac, 2016).

Otra definición plantea que: en el proceso de modelación el conocimiento parece trasladado temporalmente del objeto que le interesa a la investigación de un cuasi-objeto intermedio, auxiliar: el modelo (Valle, 2011).

Un modelo permite, desde una nueva perspectiva de análisis, una comprensión más plena del objeto de estudio para resolver un problema y representarlo de alguna forma. A continuación, se expone el modelo propuesto teniendo en cuenta su objetivo, relaciones esenciales que lo sustentan, enfoques, principios, cualidades, y premisas.

### 2.5.1 Principios del modelo

Los principios que sustentan al modelo propuesto para la aplicación de la POO son:

- a) La **estandarización** para hacer más eficiente el proceso de gestión del conocimiento y reutilización de recursos.
- b) La **pertinencia** como garantía de la adecuación del modelo en el contexto de la aplicación de la POO.
- c) La **interoperabilidad** para lo cual es indispensable un diseño adecuado de los recursos, que permita que las aplicaciones sean compatibles y usables por cualquiera sin importar las plataformas tecnológicas donde se ejecuten proveedor y consumidor.
- d) La **flexibilidad** por estar basados en componentes con funcionalidades genéricas y adaptarse a las particularidades de las aplicaciones existentes para la aplicación de la POO.
- e) La **independencia funcional** de los componentes lo que contribuye a su bajo acoplamiento y a su reutilización.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

f) La **actualización** permanente mediante la retroalimentación de los agentes externos que nutren al modelo.

### 2.5.2 Cualidades del modelo

a) **Amplitud** que brinda la capacidad de analizar y de emplearse en aplicaciones informáticas de múltiples dominios.

b) **Enfoque Sistémico** a través de los componentes que interactúan con vistas a perfeccionar el proceso de gestión del conocimiento y orientación en la solución de problemas.

c) **Integralidad** dada por los componentes del modelo que cubren de manera integrada y coherente la mayoría de los elementos necesarios para la aplicación de la POO.

d) **Mejora continua** al retroalimentarse con los resultados que se van obteniendo, en particular con la base de reglas incorporada en el componente gestión de perfiles inteligentes, y los diferentes módulos que dan tratamiento a la información en el componente Generación de tutoría.

### 2.5.3 Premisas del modelo

Las premisas con vistas a la aplicación del modelo propuesto son:

a) La **calificación** de los desarrolladores necesaria para el uso eficiente de las herramientas propuestas para la gestión del conocimiento referente a la aplicación de la POO.

b) La **voluntad institucional** que apoye la aplicación del modelo y la visibilidad de los recursos necesarios para la gestión del conocimiento referente a la aplicación de la POO.

c) La existencia de **materiales didácticos** debidamente catalogados.

d) La **calidad de los datos** contenidos en los logs en los LMS y otras fuentes externas.

### 2.5.4 Componentes del modelo

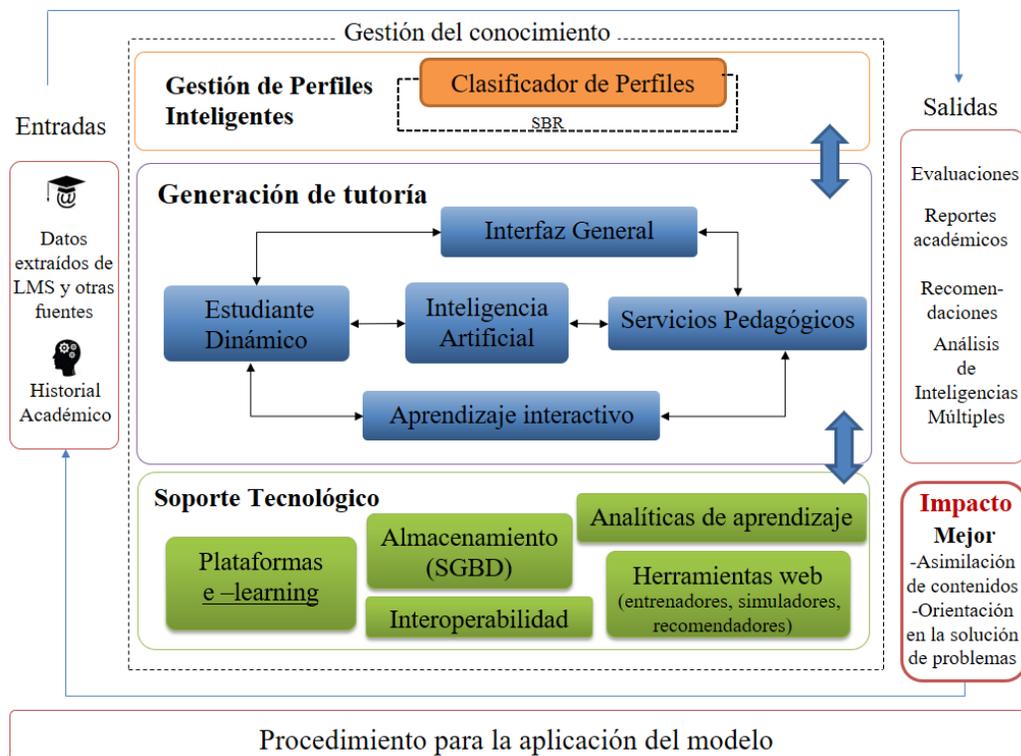
Los principales componentes del modelo son:

- Gestión de Perfiles Inteligentes
- Generación de Tutoría
- Soporte Tecnológico

En la Figura 2.2 se muestra una gráfica con la interacción de estos componentes y la interrelación que se produce entre ellos y en el epígrafe 2.6.1 se describe el papel que desempeña cada componente.

### 2.6 Estructura del modelo

El modelo está formado por los componentes mencionados por la autora anteriormente, relacionados entre sí, como muestra la Figura 2.2.



**Figura 2.2** Modelo para mejorar la asimilación de contenidos y la orientación en la solución de problemas en la Programación Orientada a Objetos. Fuente: elaboración propia.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Las **entradas** del modelo lo constituyen los datos correspondientes a los estudiantes procedentes de diferentes plataformas (LMS, MOOCs, STI externos, historiales académicos), las reglas establecidas en los diferentes niveles educativos, los contenidos que se necesita tratar y las indicaciones metodológicas que forman parte del entorno donde se van a desplegar.

El **preprocesamiento de los datos de entrada** tiene como objetivo contribuir a garantizar la calidad de la información sobre la que se espera extraer el conocimiento antes de avanzar a la aplicación de técnicas de minería de datos. La calidad de la ejecución de esta fase incide directamente en la calidad de los modelos generados a partir de dicha información y su posterior utilización en la toma de decisiones. Es evidente que la obtención de información útil para ser procesada posteriormente es un factor clave en el descubrimiento de conocimiento (Rodríguez, 2014).

Como parte de la etapa de **preprocesamiento** se decidió la aplicación de técnicas de limpieza, se analizó la existencia de valores erróneos, incoherencias notables, eliminación de robots de acceso web, filtrado de imágenes y datos ruidosos, así como la extracción de transacciones, extracción y formato de las características. Fueron eliminados los atributos poco significativos, obteniendo así una representación simplificada de la colección de datos. Se volvieron a organizar los atributos de manera que las etiquetas de mayor relevancia sean analizadas en todos los casos. Para realizar el análisis de los logs preprocesados se utilizó la herramienta Weka.

Las **salidas** son las configuraciones, reportes y análisis basados en los tipos de inteligencias múltiples evaluados por conceptos, las orientaciones para la solución de problemas, así como los informes de analíticas del aprendizaje. Adicionalmente cada componente tiene sus propias entradas y salidas que pueden desencadenar cambios o ejecución de acciones en los demás componentes.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

El flujo conceptual del modelo comienza con la utilización de las trazas de usuario en las diferentes plataformas educativas, así como la información procedente de los diferentes cuestionarios cubiertos, y registros históricos.

El componente Soporte tecnológico extrae las trazas de las diferentes plataformas, genera los registros y propicia el análisis por parte del componente Gestión de perfiles inteligentes y Generación de tutoría. Este último componente contiene el módulo inteligencia artificial, donde se encuentran agrupadas las técnicas de minería de datos que funciona como área de entendimiento, dónde se realiza descubrimiento y exploración.

Un elemento esencial del modelo es la gestión del conocimiento, la cual se refiere al conjunto de procesos desarrollados por un tutor para crear, organizar, almacenar y transferir el conocimiento. Se trata de gestionar conocimiento tácito con el objetivo de socializarlo y conocimiento explícito con el objetivo de generar nuevo conocimiento. Este concepto es muy empleado en los STI que se enfocan en la trasmisión del conocimiento y las experiencias de los expertos de forma tal que quede disponible y pueda ser utilizado por otros alumnos. Este proceso implica el empleo de diversas técnicas para capturar, organizar y almacenar el conocimiento de los expertos para transformarlo en un activo intelectual que brinde beneficios y se pueda compartir.

El modelo parte de las necesidades de las IES y se retroalimenta de los casos analizados, los resultados de su instrumentación y cuando se identifican nuevos factores que influyen en este proceso a partir de: la incorporación de nuevas técnicas de minería de datos a partir del desarrollo tecnológico y las necesidades de análisis, esto es posible dada la flexibilidad del modelo; los reajustes de las configuraciones técnicas propuestas a partir de los análisis realizados y sus resultados; la propia evaluación del impacto de los resultados sobre la IES.

### 2.6.1 Descripción de los componentes del modelo

#### I. Componente: Gestión de Perfiles Inteligentes

**Entradas:** información de los test realizados por los estudiantes.

El sistema tiene un conjunto E de  $m$  estudiantes:  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ ,  $m > 0, m \in \mathbb{N}$ .

Además, tiene un conjunto T de  $n$  test (Test Integrador Motivacional, Test de Belbin, Test Técnico Integrador, Test de Estilos Decisionales):  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ ,  $n > 0, n \in \mathbb{N}$ .

Cada estudiante tiene información registrada (IE) como sus datos personales e historial académico, siendo  $q$  la cantidad de atributos que puede tener. La información se representa como se muestra a continuación:

$$IE_i = \{e_{i,1}, e_{i,2}, \dots, e_{i,q}\}, q > 0, q \in \mathbb{N}, 1 \leq i \leq m \quad (2.2)$$

Cada uno de los test tiene información registrada (IT), la cual es heterogénea y de distintos dominios, se agrupan en cognitivo (G), personalidad (R), preferencias de aprendizaje (A), secuencia (U), contenido (O), evaluación (V) y conocimiento adquirido (K).

La IG está relacionada esencialmente con la información cognitiva del individuo, siendo  $r$  la cantidad de atributos que puede tener:  $IG = \{g_1, g_2, \dots, g_r\}$ ,  $r > 0, r \in \mathbb{N}$

La IR está relacionada esencialmente con la información de la personalidad del individuo, siendo  $k$  la cantidad de atributos que puede tener:  $IR = \{k_1, k_2, \dots, k_s\}$ ,  $s > 0, s \in \mathbb{N}$

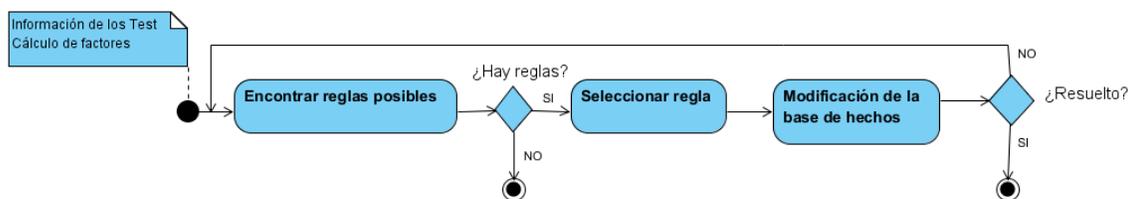
La IA está relacionada esencialmente con la información de aprendizaje del individuo, siendo  $t$  la cantidad de atributos que puede tener:  $IA = \{t_1, t_2, \dots, t_s\}$ ,  $s > 0, s \in \mathbb{N}$

#### **Descripción general:**

Este componente se fundamenta en una base de conocimiento expresada en reglas y una herramienta para la realización de diagnósticos como apoyo a la toma de decisiones. La adición

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

de nuevas reglas debe realizarse en consecuencia con los avances que se efectúen en el campo de la psicología. La Figura 2.3 ilustra los principales pasos para la clasificación.



**Figura 2.3** Flujo del proceso para la clasificación de los test correspondientes a distintos dominios. Modificado por la autora.

En el Anexo 17 se muestra el diagrama de paquetes correspondiente al citado componente. En el caso de la clasificación se cubre el test propuesto, se aplican las reglas definidas previamente, y el sistema indicará el resultado de la inferencia, mostrando la clasificación. En suma, el marco formal del componente Gestión de Perfiles Inteligentes está orientado a establecer todos los juicios que el sistema concibe sobre el individuo, la experiencia y el aprendizaje alcanzado.

**Salidas:** información asociada a los perfiles de estudiantes.

En función de la información anterior, el perfil inteligente del individuo tendría un conjunto de atributos que lo caracterizan en el entorno educativo. La información se representa:

$$PI = \{g_1, g_2, \dots, g_r, k_1, k_2, \dots, k_s, t_1, t_2, \dots, t_u\} \quad (2.3)$$

En el modelo MACPOO la gestión de perfiles inteligentes constituye un pilar para el posterior desarrollo de la tutoría y predicción de desempeño del estudiante pues tiene como base su empleo en la personalización de contenidos, la orientación en la solución de problemas y el trazado de las rutas de aprendizaje. Ninguno de los modelos analizados incorpora de forma íntegra tal gestión, por tanto, el componente Gestión de Perfiles Inteligentes constituye un aporte de la investigación. Actualmente la información gestionada es amplia y se tiene en cuenta solo de manera parcial.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

El componente para gestionar los perfiles inteligentes genera un fichero de formato estándar XES (objeto XLog), el cual contiene la información necesaria para contribuir al diagnóstico del estudiante.

### II. Componente: Generación de Tutoría

**Entradas:** información extraída de los LMS u otras fuentes (IL), perfiles inteligentes según representación (2.3). La IL está relacionada esencialmente con la información existente en los logs, siendo  $l$  la cantidad de atributos que puede tener:  $IL = \{l_1, l_2, \dots, l_j\}, j > 0, j \in \mathbb{N}$

**Salidas:** la información referente al listado de calificaciones ( $C$ ), representada como se muestra a continuación:

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_e\}, e > 0, e \in \mathbb{N} \quad (2.4)$$

La información de reportes académicos ( $F$ ), representada de la siguiente manera:

$$F = \{f_1, f_2, \dots, f_e\}, e > 0, e \in \mathbb{N} \quad (2.5)$$

La información del listado de recomendaciones ( $W$ ), representada como se muestra a continuación:

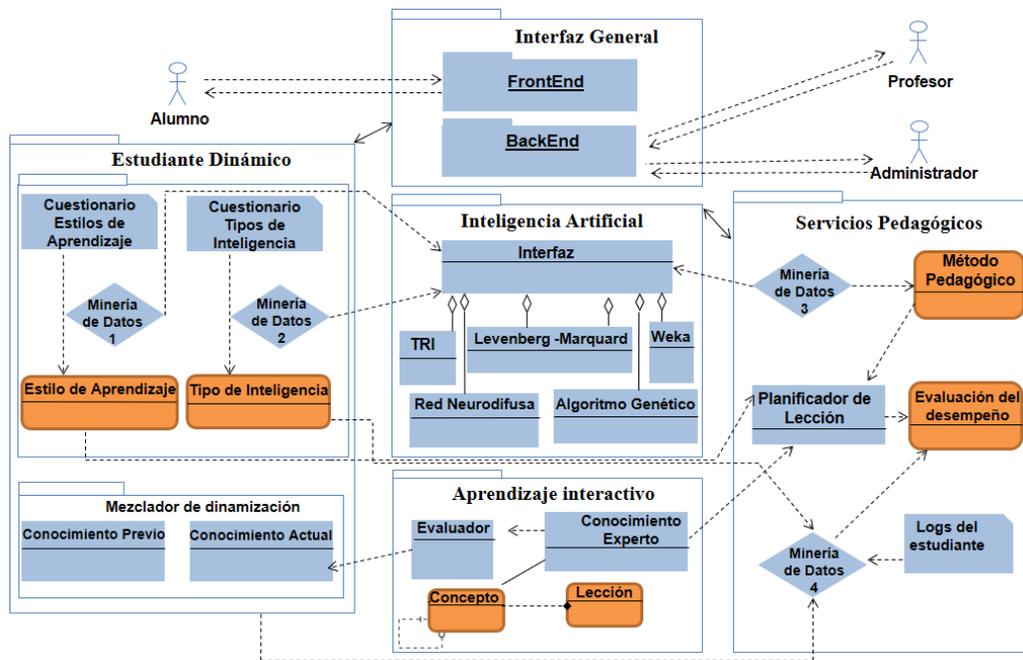
$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_e\}, e > 0, e \in \mathbb{N} \quad (2.6)$$

La información de análisis de inteligencias ( $H$ ), representada de la siguiente manera:

$$H = \{h_1, h_2, \dots, h_e\}, e > 0, e \in \mathbb{N} \quad (2.7)$$

### Descripción general:

Con el objetivo de aumentar la formalidad y el entendimiento de este componente, se desarrolló el diagrama reflejado en la Figura 2.4, donde se muestran los diferentes módulos que lo integran.

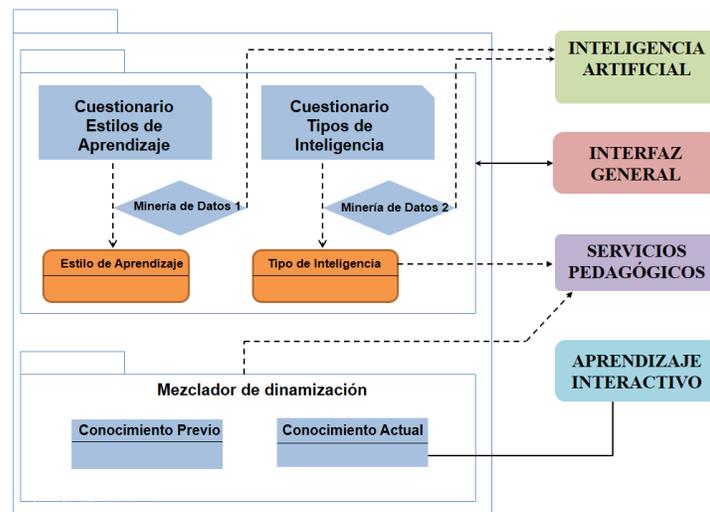


**Figura 2.4** Diagrama de paquetes del componente Generación de Tutoría. Fuente: elaboración propia.

El Módulo Estudiante Dinámico está compuesto por dos bloques diferenciados (Figura 2.5), uno que modela los rasgos que tienen poca variación a lo largo del tiempo (inteligencias múltiples y preferencias de aprendizaje) y otro que recoge las características dinámicas (estado del conocimiento del alumno), que se actualizan constantemente porque dependen de la interacción del alumno con el curso o Módulo Aprendizaje Interactivo.

Para lograr la identificación de las inteligencias se utiliza el test de inteligencias múltiples propuesto por Gardner (Ver Anexo 9) y para la clasificación por estilos de aprendizaje se cubre el test propuesto por Felder (Ver Anexo 6), en ambos casos se aplican las reglas definidas previamente, y el sistema indicará el resultado de la inferencia, mostrando la clasificación. Los pseudocódigos de los algoritmos desarrollados para este subcomponente se muestran en el Anexo 18. Los flujos de proceso para determinar los tipos de inteligencia y estilos de aprendizaje presentes en el estudiante se detallan en el Anexo 19.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN



**Figura 2.5** Esquema del Módulo Estudiante Dinámico. Fuente: elaboración propia.

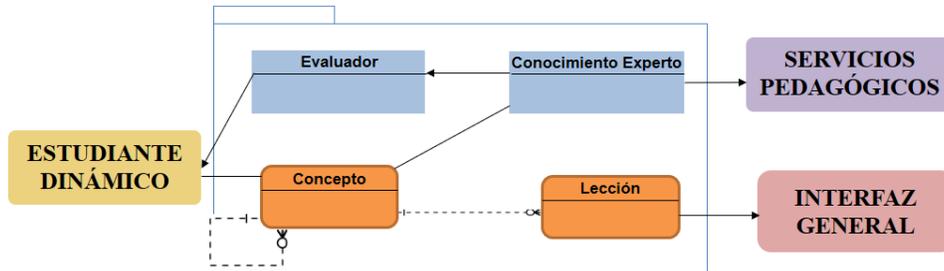
A su vez, los dos elementos del Módulo Estudiante Dinámico, alimentan a varios aspectos o rasgos que caracterizan el Módulo Servicios Pedagógicos, definiendo la adaptabilidad del STI. Con estas relaciones se establece el método pedagógico de enseñanza adaptativo, los contenidos adecuados (secuenciación de los recursos u objetos de aprendizaje) y el modo de presentarlos (tipo de recursos multimedia o colaborativos).

Lo anteriormente mencionado tiene el fin de planificar la ruta de aprendizaje óptima para el alumno en función de su perfil o modelo de aprendizaje. Por otro lado, también realimentan el Módulo Aprendizaje Interactivo, indicando las preferencias del alumno con respecto al aspecto y al conjunto de herramientas que configuran la interfaz de usuario.

En la Figura 2.6 se observa la estructura del Módulo Aprendizaje Interactivo, que está compuesto por la ruta de aprendizaje que viene definida por el Módulo Servicios Pedagógicos. Esta ruta de aprendizaje contiene los LOM (Learning Object Metadata) y la secuenciación a aplicar para definir la unidad didáctica, que se debe materializar en una serie de tareas (actividades, talleres, recursos, prácticas, etc.) que vienen diseñados y condicionados por el

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

curso y que se ofrecen al alumno a través de una interfaz de usuario, adaptada a las características del estudiante, gracias a los datos que facilita el Módulo Estudiante Dinámico.



**Figura 2.6** Esquema del Módulo Aprendizaje Interactivo. Fuente: elaboración propia.

La interacción del alumno con las tareas en la interfaz produce una serie de informes, que almacenan esta interacción (ficheros log) así como los resultados de la realización de las tareas, al comparar las respuestas o acciones del alumno, con las del Módulo Servicios Pedagógicos definido en el curso. El análisis de esta información (los ficheros log y los resultados) mediante minería de datos proporciona el progreso del alumno, que se puede descomponer en resultados o logros que afectarán a la motivación del alumno y en el nivel de conocimiento actual o aprendizaje adquirido hasta la fecha.

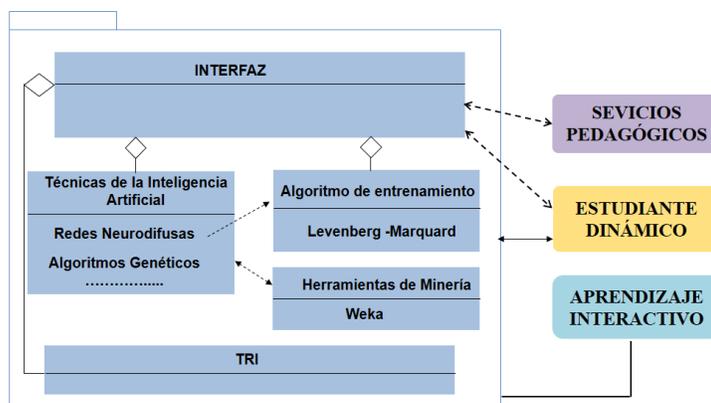
En la base de datos se almacena toda la información relativa a las actividades realizadas durante el proceso de enseñanza/aprendizaje en el sistema: duración de la actividad, recursos consultados, tareas realizadas, resultados obtenidos, etc. Esta base de datos también contiene la información relativa a los resultados académicos (Ver Anexo 20), con el fin de extraer los parámetros que posteriormente se analizarán con minería de datos para lograr la base de datos del Conocimiento y de los Resultados, que realimentarán el sistema de control del proceso de aprendizaje del alumno.

El **Módulo Servicios Pedagógicos** codifica los métodos de enseñanza que son apropiados para el dominio objetivo y el estudiante. Es el motor de ejecución del sistema adaptativo. En función



## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

El Anexo 21 ilustra el algoritmo para determinar el método pedagógico a usar con cada estudiante. El flujo del proceso en el que se enmarca la selección de dicho método se detalla en el Anexo 22. Para lograr la selección del método pedagógico apropiado se produce la interacción entre el Experto y el Módulo Inteligencia Artificial, tal como se muestra en la Figura 2.8.



**Figura 2.8** Esquema del Módulo Inteligencia Artificial. Fuente: elaboración propia

Este módulo recibe como entradas el perfil inteligente del estudiante, las trazas de desempeño dentro del curso matriculado, así como información académica de fuentes externas. Contiene las técnicas de minería de datos cuya selección está basada en el análisis presentado en el epígrafe 1.2.2 del capítulo 1. El objetivo de este módulo es integrar técnicas de minería de datos aplicables a los sistemas tutores inteligentes para mejorar la asimilación de contenidos, la gestión del conocimiento y la orientación en la solución de problemas. Las entradas al módulo están definidas por los registros generados por el componente Gestión de Perfiles Inteligentes, el Módulo Estudiante Dinámico, el Módulo Servicios Pedagógicos y el Módulo Aprendizaje Interactivo, mientras que las salidas son los informes que reflejan el comportamiento del estudiante dentro del curso.

Se implementó un sistema híbrido (Machín, 2017b) que contiene a su vez un sistema neurodifuso estilo Mamdani-Anfis, que utiliza como algoritmos de entrenamiento para la red,

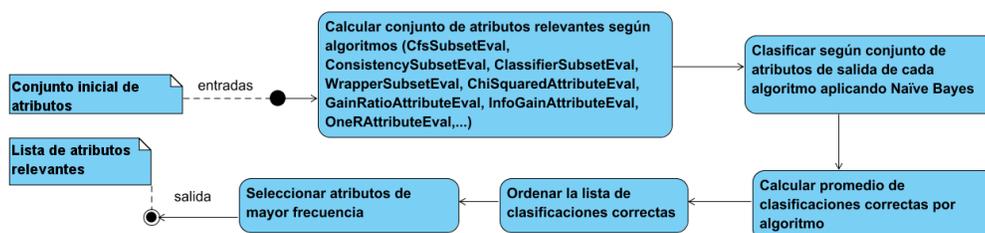
## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

los algoritmos genéticos enfocados a la obtención de una topología de red óptima con el menor número de neuronas e incluso de conexiones, utilizando un algoritmo híbrido, lo cual significa en la presente investigación un algoritmo evolutivo multiobjetivo que utiliza aparte un algoritmo específico para el entrenamiento de los individuos como es el de Levenberg Marquard (Filali, 2005), (Ver Anexo 23). Ninguno de los modelos analizados incorpora el Módulo Inteligencia Artificial, ni un sistema como el planteado para la selección del método pedagógico, por tanto, constituyen aportes de la investigación.

Las preferencias del alumno determinan qué tipo de materiales le favorecen. El Módulo Estudiante Dinámico (nivel de conocimiento) define el conjunto de contenidos que debe aprender, y permite seleccionar los LOM de acuerdo a sus necesidades (este apartado responde a la pregunta ¿qué enseñar?). Estos dos bloques sirven para planificar la ruta de aprendizaje definida por una secuenciación temporal de los LOM que conforman la unidad didáctica.

El STI tiene en cuenta el conjunto de funcionalidades que le permiten tener una adaptación automática a los planes de estudio, los contenidos y los estilos pedagógicos del curso y el proceso de aprendizaje del alumno. A su vez tiene la capacidad de permitir el seguimiento del comportamiento y predicción de rendimiento de los estudiantes en el curso (Ver Anexo 24).

En la Figura 2.9 se presentan los principales pasos del algoritmo de selección de atributos que más inciden sobre el rendimiento académico y en el Anexo 25 se detalla en pseudocódigo.



**Figura 2.9** Algoritmo para la selección de atributos. Fuente: elaboración propia.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Por otra parte, el Anexo 26 muestra el Algoritmo para la predicción de desempeño de cada estudiante. En el Anexo 27 se ilustra el pseudocódigo del Algoritmo para el cálculo de los valores de los atributos de la red Naïve Bayes y en el Anexo 28 se muestra el Algoritmo para el entrenamiento de la red Naïve Bayes. El STI también permite utilizar cursos realizados por terceros y garantizar la durabilidad de los cursos evitando que queden obsoletos. Es capaz de obtener y trazar la información adecuada sobre el usuario y el contenido.

### III. Componente Soporte Tecnológico

**Entradas:** información de tutoría, y desempeño del estudiante según representaciones (2.4), (2.5), (2.6) y (2.7), información extraída de los LMS u otras fuentes (II).

**Salidas:** la información de reporte de analíticas de aprendizaje (Y) representada como se muestra a continuación:

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_e\}, e > 0, e \in \mathbb{N}$$

La información extraída y combinada a partir de fuentes heterogéneas.

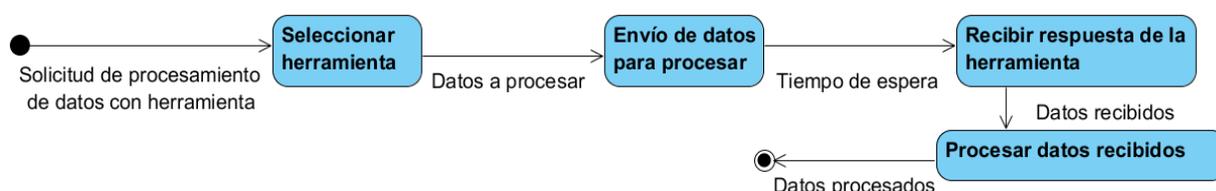
$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_e\}, e > 0, e \in \mathbb{N}$$

#### Descripción general:

Este componente permite la comunicación mediante servicios web entre el componente STI y un Learning Management System (LMS) así como su integración a los llamados Massive Online Open Course (MOOCs), como expresión evolucionada de la educación abierta en internet. De esta manera se apoya la gestión del conocimiento y es posible emplear analíticas de aprendizaje en función de la mejora continua en la orientación para la solución de problemas, y la asimilación de contenidos constituyendo un aporte práctico de la investigación por la manera de realizar la integración y las facilidades que ofrece a usuarios de cualquier especialidad.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

**Analíticas de Aprendizaje:** Las analíticas del aprendizaje a través de herramientas externas especializadas en el procesamiento de grandes volúmenes de datos son utilizadas en la investigación dada la efectividad de los cálculos y los procedimientos que se generan como resultado de la interacción de los estudiantes con los cursos, lo cual favorece la realización de modificaciones o ajustes inmediatos en el trazado de las rutas de aprendizaje, y la selección del método pedagógico adecuados. En la Figura 2.9 se presentan los pasos que conllevan al uso de las analíticas de aprendizaje.



**Figura 2.10** Proceso para obtener analíticas de aprendizaje. Fuente: elaboración propia.

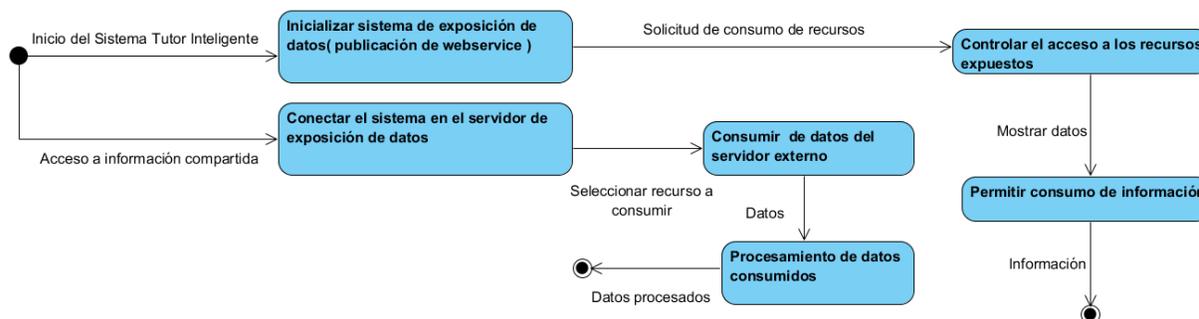
La herramienta seleccionada publica el resultado del análisis y su consumo por parte del modelo MACPOO es de mucha utilidad, contribuyendo así a la evolución del conocimiento del estudiante dentro del STI. La operación “Envío de datos a procesar” tiene como entrada el identificador asociado al curso, con el cual se realiza el análisis devolviendo a) analíticas de aprendizaje como resultado de la interacción de los estudiantes en los cursos; b) analíticas de aprendizaje como resultado de la interacción de los profesores en los cursos.

Para seguir la evolución del conocimiento del estudiante y favorecer el uso de analíticas de aprendizaje desde los STI, gestionados a partir de diferentes herramientas es necesario que los recursos educativos mantengan el mismo identificador en los sistemas por los que transita.

**Interoperabilidad:** En el modelo MACPOO se alcanza la interoperabilidad con diferentes herramientas (STI externos), lo que posibilita mejor utilización de los recursos existentes y

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

permite la reutilización de contenidos. En la Figura 2.10 se ilustra el flujo del proceso para lograr la interoperabilidad.



**Figura 2.11** Proceso para lograr la interoperabilidad. Fuente: elaboración propia.

La interoperabilidad tiene dos sentidos (exposición de información y consumo de información), en ambos casos la comunicación entre los sistemas implicados debe ser consensuada mediante autenticación e institucionalmente. En el modelo MACPOO la información definida para consumir y compartir es la información del perfil de los estudiantes, los resultados de la aplicación de test y evaluaciones, la información sobre los resultados de los estudiantes en los cursos y las estadísticas referentes a los usuarios.

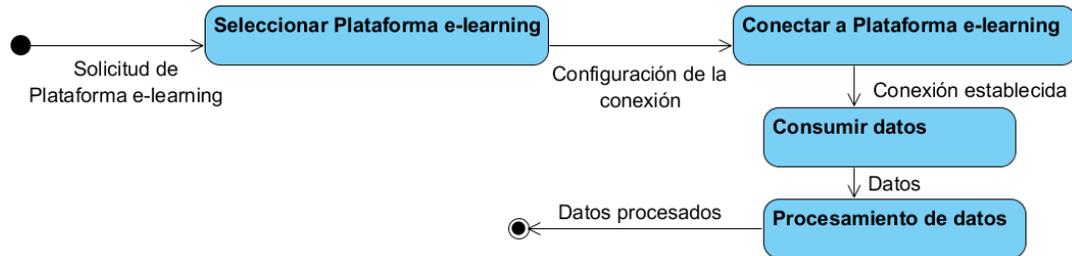
Para lograr la comunicación con sistemas externos es necesario configurar las conexiones basadas en los parámetros (credenciales, mecanismo de comunicación, recursos a consumir y reglas de procesamiento) estas configuraciones permiten que el modelo sea flexible ante fuentes heterogéneas de datos y abrir la posibilidad de conectarse a una mayor cantidad de sistemas.

El logro de la interoperabilidad en el modelo MACPOO soluciona una de las dificultades existentes en el campo de los STI, la falta de interoperabilidad entre sistemas en un contexto donde son crecientes necesidades de integración.

**Plataformas e-learning:** La construcción colaborativa del aprendizaje en MACPOO, está soportada por el intercambio de conocimientos, experiencias, buenas prácticas y la distribución de actividades entre los miembros de un equipo conformado con este propósito.

## CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Para el intercambio de información con las fuentes externas, se propone en el modelo el uso de las herramientas de la Web. En la Figura 2.11, se puede apreciar el flujo del proceso para vincular el modelo MACPOO a plataformas e-learning como Moodle y los cursos MOOCS.



**Figura 2.12** Proceso para interactuar con plataformas e-learning. Fuente: elaboración propia.

El intercambio entre estudiantes de los cursos, empleando las señaladas herramientas de la Web y plataformas e-learning contribuye principalmente a la socialización, externalización y combinación del conocimiento.

### 2.7 Conclusiones del capítulo

- La utilización de STI en las universidades constituye un elemento a favor de los importantes esfuerzos de tipo académico, organizacional y tecnológico con vistas a mejorar la calidad de los egresados de las carreras relacionadas con la informática.
- La elaboración del modelo exigió un diagnóstico que reflejó las principales deficiencias e insuficiencias en la integración de los métodos de la POO en las IES.
- El modelo que se propone contiene los componentes y relaciones entre los diferentes elementos que contribuyen a la integración de los métodos de la POO.
- El modelo posee un impacto en la asimilación de contenidos, mejor orientación en la solución de problemas, y calidad de la docencia ya que garantiza la integración de los elementos tecnológicos y cognoscitivos.

## **CAPÍTULO 3**

### **INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO**

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

#### INTRODUCCIÓN

En el capítulo se explica la manera en que fue empleado el modelo para comprobar sus potencialidades técnicas. Se presenta la herramienta informática como instanciación del modelo MACPOO para la asimilación de contenidos y la orientación en la solución de problemas y se aborda el procedimiento para su implantación. Se describen los resultados de la validación del modelo a partir del empleo de varios métodos. En el proceso intervinieron expertos y potenciales usuarios, los cuales constataron la hipótesis planteada. Por último, es analizado el impacto social y factibilidad económica de la propuesta.

#### 3.1 Instanciación del modelo

Se desarrolló una herramienta informática como instanciación del modelo MACPOO (Machín, 2017c) para mejorar la asimilación de contenidos, considerando las inteligencias múltiples, como se muestra en el Anexo 29.

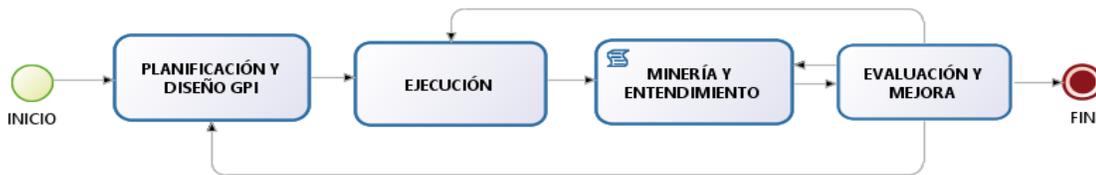
La interfaz principal de administración posibilita la inclusión de nuevos recursos, y el manejo de los existentes. Además, se muestra el análisis de inteligencias correspondiente a cada estudiante sobre la base de conceptos aprendidos, este análisis permite la visualización de la traza de aprendizaje.

Por otra parte, se visualiza la evaluación de desempeño del estudiante. Para ello se tiene en cuenta el perfil inteligente del estudiante, así como los resultados obtenidos en las actividades realizadas. La herramienta permite establecer un equilibrio para que no se penalice a los estudiantes que presenten dificultades en determinado ejercicio, sino que se le oriente de manera adecuada (Machín, 2017d).

### 3.2 Procedimiento para la implantación del modelo propuesto

Al concebir el procedimiento para la implantación del modelo, se tuvo en cuenta la importancia de la flexibilidad que su desarrollo requiere, frente a los cambios que, como resultado de su aplicación, puedan producirse en el entorno.

A partir del análisis de los modelos de implementación propuestos en la literatura y la experiencia del equipo de trabajo en la informatización se plantea un procedimiento de implantación del modelo, compuesto por un conjunto de etapas o fases. En la Figura 3.1 se presentan estas fases. El carácter iterativo del procedimiento posibilita la realización de un proceso de mejora continua, en la búsqueda por incrementar la calidad de los recursos empleados.



**Figura 3.1** Etapas o fases de implantación del modelo. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se exponen las acciones fundamentales asociadas a cada etapa propuesta:

- 1. Inicial.** Análisis para la aplicación del modelo. Etapa en la cual se identifica la necesidad de gestionar el conocimiento, se realiza un diagnóstico para evaluar la situación inicial: organizativa, tecnológica, y las necesidades de aprendizaje. Además, se debe identificar el personal involucrado.
- 2. Diseño del Gestor de Perfiles de Inteligencia y recursos que contienen el conocimiento.** Durante la ejecución de esta etapa se deben preparar de las condiciones iniciales, así como identificar las técnicas y herramientas a emplear.

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

Las herramientas desarrolladas con esta intención precisan de una representación del estado actual del conocimiento del alumno que se dispone a utilizar el modelo. Es decir, la evaluación, en las categorías de: bien, regular o mal, del nivel de conocimiento que, acerca de los conceptos principales, posee el usuario. También es necesario realizar un diagnóstico del perfil de inteligencias y estilos de aprendizaje más adecuados. Esta información es decisiva para personalizar el componente Generación de Tutoría y para lograr que sea lo más fiel posible.

#### - **Diseño de los recursos que contienen el conocimiento**

El profesor o diseñador construye el curso proporcionando la información del módulo Aprendizaje Interactivo, el módulo Servicios Pedagógicos y el módulo Interfaz General. Se pueden emplear herramientas de autor para facilitar esta tarea. La información restante, módulo Servicios Pedagógicos, Inteligencia Artificial y módulo Estudiante Dinámico normalmente vienen dadas o adquiridas por el propio componente Generación de Tutoría. Para conseguir que los alumnos no se queden solo en la apreciación de los conceptos y sus relaciones, sino que puedan profundizar en ellos se distribuye una parte del contenido en otros recursos informáticos como pueden ser textos explicativos, sitios Web, presentaciones, simuladores, tutoriales, entrenadores, evaluadores y otros según requiera la materia en cuestión. Se enfoca a la preparación metodológica y tecnológica.

- 3. Ejecución.** El estudiante se conectará al sitio que alberga la aplicación, usando un navegador Web, para realizar el curso. Durante esta etapa, se recoge la información utilizada, de forma transparente para el alumno y se almacena en el servidor en una base de datos (ficheros históricos o logs).

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

- 4. Aplicación de técnicas de minería de datos y área de entendimiento.** Consiste en la aplicación de técnicas de descubrimiento de conocimiento sobre los datos de utilización recogidos durante la ejecución del curso. El objetivo es procesar toda la información almacenada en el sistema, previo preprocesado y colocación en un sistema de gestión de bases de datos que garantice una manipulación más rápida de dicha información. Una vez transferidos los datos, el diseñador del curso puede aplicar los algoritmos de minería de datos y descubrir relaciones importantes entre éstos, así como diseñar y rediseñar los contenidos de los programas a incluir en el modelo.
- 5. Evaluación y mejora.** El modelo ayudado por la información que se le suministra en forma de relaciones importantes descubiertas entre los datos, lleva a cabo las modificaciones que crea más apropiadas para mejorar el rendimiento de los alumnos. Estas modificaciones pueden afectar al contenido del curso, su estructura, el interfaz gráfico, etc. y pueden realizarse con la ayuda de las herramientas autor. A partir de los resultados alcanzados, es posible retornar a la etapa de diseño ajustando aquellas acciones que lo requieran. Posibilita dar seguimiento y control, así como evaluar la calidad del impacto logrado.

#### **3.3 Estrategia para la evaluación del modelo**

Para la validación del modelo propuesto se realizó un cuasiexperimento, un experimento y se aplicaron varias técnicas las que se fundamentaron en la opinión de expertos especialmente seleccionados.

**Escalamiento de Likert** para validar los componentes del modelo.

**Técnica de Iadov** para medir el nivel de satisfacción de los usuarios con respecto al modelo.

**Cuasiexperimento (diseño con preprueba-postprueba)** para valorar los resultados de la introducción del modelo propuesto, en particular el cambio producido en los estudiantes con

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

respecto a: la gestión del conocimiento, la asimilación de contenidos, la orientación en la solución de problemas.

**Experimento** para comprobar la efectividad en la selección del método pedagógico.

**Grupo focal** para valorar la integralidad del modelo y para conocer la opinión de los expertos sobre la contribución del mismo a la gestión del conocimiento, la asimilación de contenidos y la orientación en la solución de problemas.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos a través de cada método.

#### **3.3.1 Valoración por los expertos del modelo propuesto. Escalamiento de Likert.**

La validación basada en el juicio de expertos permite obtener valoraciones sobre temas relacionados con la propuesta de solución. Para conocer la opinión de los expertos sobre la contribución del modelo elaborado, fue aplicada la escala psicométrica creada por Rensis Likert en 1932 (Boone y Boone, 2012). Fue aplicada en esta investigación a través de un cuestionario con el objetivo de conocer el nivel de acuerdo o desacuerdo con los principios, características y componentes del modelo propuesto.

Se definieron una serie de aspectos para valorar los siguientes elementos:

- |  |   |
|--|---|
| 1. Principios del modelo                       | 5. Estrategia para la materialización del |
| 2. Procedimientos de funcionamiento del modelo | modelo                                    |
| 3. Estructura general del modelo               | 6. Factibilidad de aplicar el modelo      |
| 4. Estructura detallada del modelo             | 7. Pertinencia del modelo                 |

#### **- Proceso de selección de expertos**

Se realizó una valoración inicial de los posibles expertos para la validación del modelo. En el proceso de selección de expertos se seleccionaron personas con al menos quince años de

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

experiencia en la enseñanza de la programación, teniendo en ese período relación con tecnologías para la enseñanza a distancia y la evaluación automática de actividades para esta disciplina.

Se identificaron los posibles expertos a participar de la Universidad Politécnica de Uruguay, Universidad de las Ciencias Informáticas, Universidad Agraria de la Habana, UNISS, y Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Fueron contactados inicialmente 27 candidatos expertos de estas instituciones, de ellos accedieron a participar 21.

El procedimiento empleado para determinar el coeficiente de competencia de los candidatos a expertos puede ser consultado en el Anexo 30 y 31. En el Anexo 32 se puede observar un resumen de algunas de las principales características de los expertos seleccionados. Al calcular el índice de competencia para los expertos, 1 fue clasificado de bajo, 4 de medio y 16 de alto (Ver Anexo 33). Debido a que la mayoría de los expertos era de nivel alto se decidió no utilizar aquellos de nivel medio, siendo desestimados al igual que el de nivel bajo. Finalmente fueron procesadas las opiniones de 16 especialistas.

#### - **Aplicación del escalamiento de Likert**

Para el procesamiento de los resultados se partió de la frecuencia de respuestas en cada categoría según la escala de Likert definida en la encuesta (Ver Anexo 34 y 35) y el cálculo de los porcentajes de concordancia de cada categoría de acuerdo a las características propuestas por la autora. Luego se calcula en un índice porcentual (IP), que integra en un solo valor la aceptación del grupo de evaluadores sobre las características del modelo, como indica la Fórmula 3.1.

$$IP = \frac{5(\% \text{ de } MA) + 4(\% \text{ de } A) + 3(\% \text{ de } Si-No) + 2(\% \text{ de } ED) + 1(\% \text{ de } CD)}{5} \quad (3.1)$$

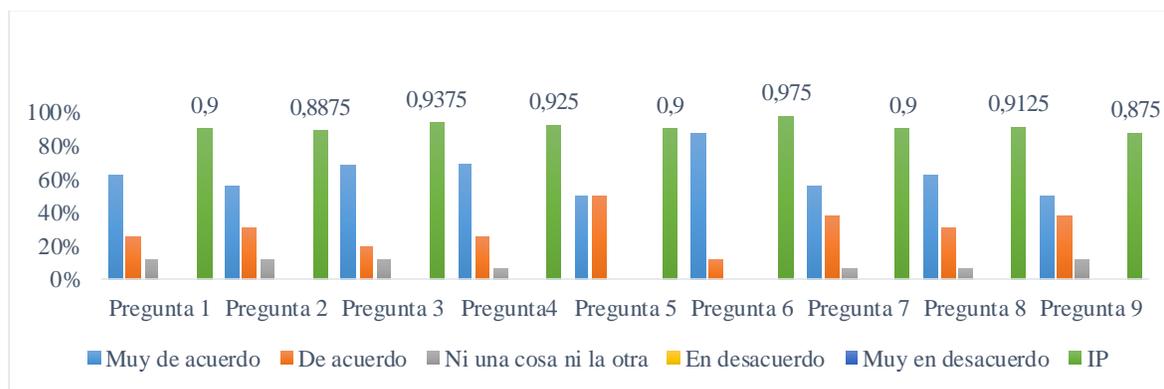
Donde: MA-Muy de acuerdo (MA), DA-De acuerdo (DA), Sí-No- Indiferente, ED-En desacuerdo (ED), CD-Completamente en desacuerdo.

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

Los principales aspectos tratados para aplicar Likert están relacionados con:

- 1- El empleo del modelo propuesto favorece la socialización del conocimiento entre docentes y alumnos de las IES contribuyendo a potenciar el proceso formativo.
- 2- Los principios en los que se basa el modelo facilitan la asimilación de contenidos y mejoran la orientación en la solución de problemas teniendo en cuenta las potencialidades del alumno, fortaleciendo las IM.
- 3- Al tomarse en cuenta las inteligencias múltiples, las mismas están relacionadas con los elementos del dominio, permitiendo que el modelo pueda identificar las mejores rutas para mostrar elementos no aprendidos.
- 4- Una concepción abierta de los componentes pertenecientes al modelo es fundamental para el uso, y la modificación de estos recursos educativos, asociado a su reutilización.
- 5- Los elementos tecnológicos, pedagógicos y metodológicos que forman parte del componente Generación de tutoría, así como su interrelación, brindan la integralidad y flexibilidad necesaria.
- 6- El sistema híbrido utilizado para la selección del método pedagógico en el módulo Servicios Pedagógicos, permite establecer una ruta mejorada del aprendizaje.

La Figura 3.2 muestra la aceptación de los expertos que sobrepasa el 80 %.



**Figura 3.2** Resultados de la aplicación de la escala de Likert. Fuente: elaboración propia.

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

El procesamiento realizado a través del escalamiento de Likert evidencia que tanto los elementos teóricos como las características de los componentes del modelo, así como sus principios, tienen una alta valoración por parte de los expertos. Durante el proceso se constataron criterios favorables para el uso y aplicación del modelo MACPOO y su incidencia en la mejora de la asimilación de contenidos y la orientación en la solución de problemas.

#### 3.3.2 Validación de satisfacción del usuario.

La Técnica de Iadov constituye una vía indirecta para el estudio de la satisfacción, ya que los criterios que se utilizan se fundamentan en las relaciones que se establecen entre tres preguntas cerradas y dos abiertas. Estas tres preguntas se relacionan a través de lo que se denomina el "**Cuadro Lógico de Iadov**" ilustrado en el Anexo 36 que indica la posición de cada sujeto en la escala de satisfacción.

El número resultante de la interrelación de las tres preguntas indica la posición de cada cual en la escala de satisfacción siguiente:

- Clara satisfacción
- Más satisfecho que insatisfecho
- No definida
- Más insatisfecho que satisfecho
- Clara insatisfacción
- Contradictoria

La cual fue utilizada para calcular el Índice de Satisfacción Grupal mediante la Fórmula 3.2.

$$ISG = \frac{(A(+1)+B(+0,5)+C(0)+D(-0,5)+E(-1))}{N} \quad (3.2)$$

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

Que permite reconocer las categorías grupales:

Insatisfacción: desde (-1) hasta (-0,5)

Contradictorio: desde (-0,49) hasta (+0,49)

Satisfacción: desde (+0,5) hasta (1)

En la presente investigación fue aplicada una encuesta integrada por seis preguntas tal como se muestra en el Anexo 37. Para medir el grado de satisfacción se tomó una muestra de 25 personas, teniendo en cuenta que tuvieran más de 10 años de experiencia en la educación superior, y ostentaran categorías superiores docentes o científicas. En la Figura 3.3 se muestra el resultado de la satisfacción individual.



**Figura 3.3** Resultados de la aplicación de la técnica de Iadov y valor del índice de satisfacción grupal (ISG). Fuente: elaboración propia.

El *índice grupal* arroja valores entre + 1 y - 1. Los valores que se encuentran comprendidos entre - 1 y - 0,5 indican insatisfacción; los comprendidos entre - 0,49 y + 0,49 evidencian contradicción y los que caen entre 0,5 y 1 indican que existe satisfacción. En este caso ISG fue de 0.74 lo que representa una satisfacción de los participantes con el modelo propuesto.

El Iadov contempla además dos preguntas complementarias de carácter abierto. Las preguntas abiertas son de mucha importancia ya que permiten profundizar en las causas que originan los diferentes niveles de satisfacción y se plantearon sugerencias de utilidad para la presente y

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

futuras investigaciones. Entre las principales recomendaciones estuvo: la posibilidad de adjuntar al modelo propuesto un conjunto de entrenadores y simuladores, desarrollados en investigaciones precedentes.

#### 3.3.3 Cuasiexperimento para validar la aplicación general del modelo

Se aplicaron los exámenes a un grupo de estudiantes, antes (pre prueba) y después (post prueba) de la aplicación del modelo para evaluar el comportamiento de las variables dependientes contempladas en la hipótesis.

El mismo examen fue aplicado a un grupo que desarrollaron sus estudios sin el empleo del modelo (pre prueba). Para llevar a cabo el cuasiexperimento del tipo pre y post prueba con grupo de control se utilizó una muestra de 25 perfiles de alumnos. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el cuasiexperimento comparando, mediante una dódima de comparación de proporciones con un 5% de nivel de significación, los valores de pre prueba y post prueba (antes y después de la aplicación del modelo) en el grupo experimental en relación con cada uno de los indicadores de las variables dependientes. Los resultados se expresan en porcentaje calculado como la razón entre la cantidad de estudiantes de cada categoría entre el total, (Ver Tabla 3.1).

**Tabla 3.1** Comparación de los valores de las variables dependientes y los tipos de inteligencias antes y después de la aplicación del modelo. Fuente: elaboración propia.

<b>Variables</b>	<b>Categorías</b>	<b>Pre</b>	<b>Post</b>	<b>Valor P*</b>
Inteligencia Lógico Matemática	Baja	0,72	0,20	0,0001
	Media	0,20	0,48	0,0099
	Alta	0,08	0,32	0,0072
Inteligencia Lingüística	Baja	0,75	0,25	0,0002
	Media	0,21	0,49	0,0105
	Alta	0,04	0,26	0,0050
Inteligencia Interpersonal	Baja	0,77	0,36	0,0048
	Media	0,20	0,50	0,0063
	Alta	0,03	0,14	0,0385

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

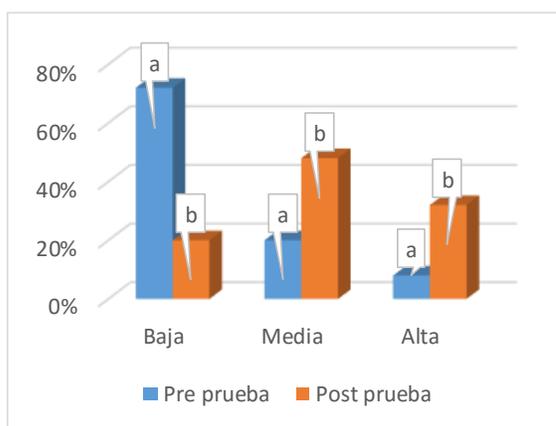
Gestión del Conocimiento	Baja	0,82	0,45	0,0109
	Media	0,12	0,31	0,0338
	Alta	0,06	0,24	0,0186
Orientación en la solución de problemas	Baja	0,77	0,20	0,0001
	Media	0,20	0,41	0,0403
	Alta	0,03	0,39	0,0001
Asimilación de contenidos	Reproductivo	0,57	0,20	0,0119
	Productivo	0,20	0,44	0,0229
	Creativo	0,23	0,36	0,1586

\* nivel de significación de la prueba estadística aplicada

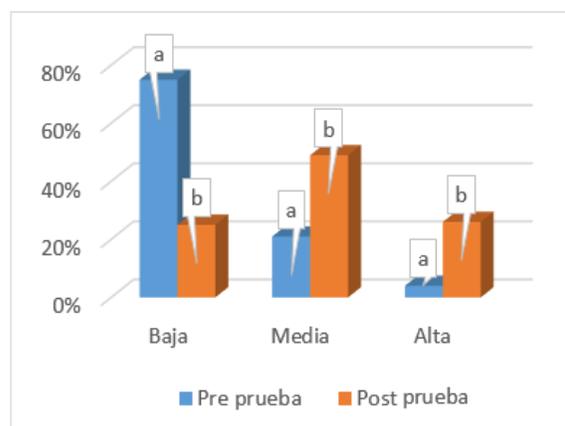
El análisis estadístico muestra los resultados de realizar una prueba de hipótesis relativa a la diferencia de dos proporciones de muestras provenientes de distribuciones binomiales. En las Figuras, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 se muestran los resultados, donde:

- <sup>ab</sup> Indica diferencias estadísticamente significativas entre las muestras.
- <sup>aa</sup> Indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras.

En la mayoría de los casos se aprecian mejores resultados en el cuasiexperimento de post prueba (después de aplicado el modelo) lo que indica una mejora significativa en la contribución del modelo debido a que los indicadores evolucionan a niveles superiores. En el caso de las inteligencias los niveles son bajo, medio y alto (Ver Figuras 3.4, 3.5 y 3.6)



**Figura 3.4** Proporción de respuestas correctas según la inteligencia LM.

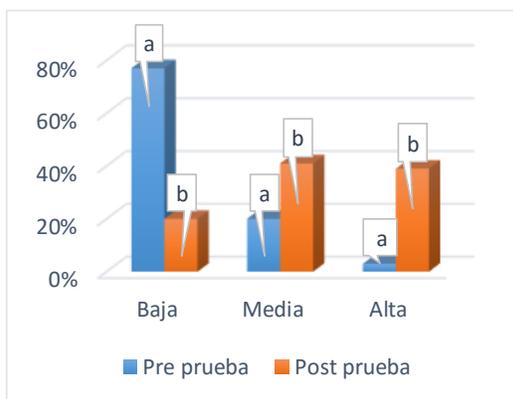


**Figura 3.5** Proporción de respuestas correctas según la inteligencia lingüística.

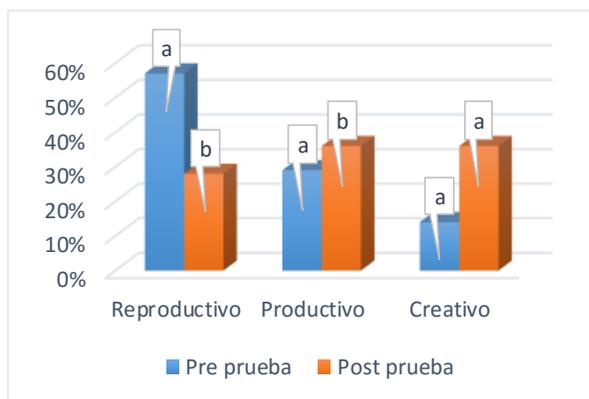
### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

El aumento significativo de los estudiantes que potencian sus inteligencias queda establecido a partir del análisis del valor-P. Puesto que el valor-P para las pruebas resultó menor que 0,05, pudo rechazarse la hipótesis nula con elevados niveles de confianza.

Para el indicador asimilación de contenidos los niveles son reproductivo, productivo y creativo. La Figura 3.7 muestra la evolución hacia el nivel productivo, según el valor-P obtenido para las pruebas, el cual resultó menor que 0,05. Avanzar al nivel productivo significa lograr una mejor comprensión cognitiva, profundizar en el manejo de la información, e incorporar la comprensión a la memorización.



**Figura 3.6** Proporción de respuestas correctas según la inteligencia interpersonal.

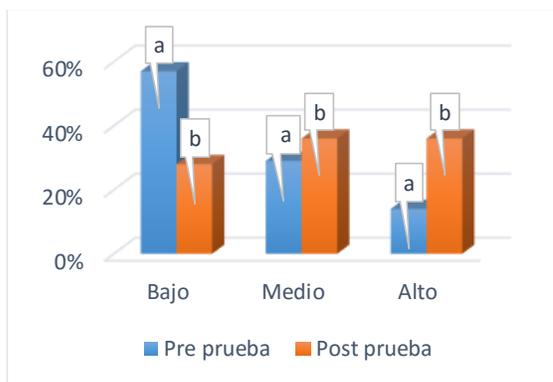


**Figura 3.7** Proporción de respuestas correctas según la asimilación de contenidos.

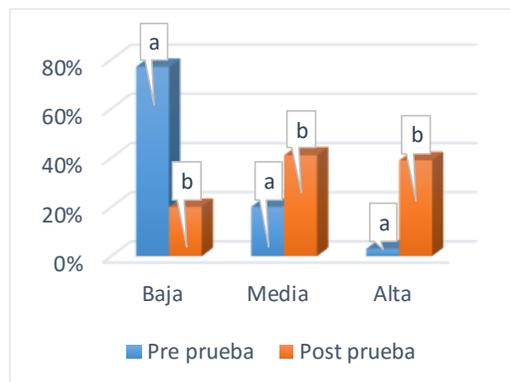
En relación al indicador gestión del conocimiento, la Figura 3.8 evidencia una importante mejora establecida a partir del aumento de los valores medios y altos, donde el valor-P resultó menor que 0,5 existiendo diferencias estadísticamente significativas en las muestras comparadas.

En el caso del indicador orientación en la solución de problemas los niveles establecidos también fueron bajo, medio y alto. La Figura 3.9 ilustra el cambio hacia los niveles medio o alto, el valor-P obtenido resultó menor que 0,5 por tanto la diferencia entre las muestras evidencia que se potenciaron las funciones de tutoría y trazado de la ruta de aprendizaje.

## CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO



**Figura 3.8** Proporción de respuestas correctas según la gestión del conocimiento.



**Figura 3.9** Proporción de respuestas correctas según orientación en la solución de problemas.

Se propuso como recomendación profundizar desde la perspectiva teórica para otros tipos de inteligencias y valorar la posibilidad de organizar talleres con el objetivo de promover el uso del modelo como complemento a la formación de los estudiantes.

### 3.3.4 Validación de la hipótesis con evaluación de los resultados obtenidos

Dada la hipótesis de trabajo de la investigación: Si se desarrolla e implementa un modelo, que integre conceptos y métodos de la POO, utilizando técnicas de minería de datos, gestión el conocimiento, analíticas de aprendizaje, inteligencia artificial y la teoría de las IM, se favorecerá la gestión del conocimiento, mejorará la asimilación de contenidos y la orientación para la solución de problemas en las carreras de perfil informático.

La validación se realizó teniendo en cuenta la operacionalización correspondiente que se describe en el Anexo 38, luego de aplicar el cuestionario del Anexo 39. Tanto el primer año como el tercer año fueron analizados sin y con el modelo, lo que se considera una pre prueba y post prueba en el desarrollo del cuasiexperimento. Las evaluaciones obtenidas en cada una de las variables de la hipótesis se presentan a continuación:

**Variable independiente: modelo, que integre conceptos y métodos de la Programación Orientada a Objetos, técnicas de minería de datos, gestión el conocimiento, analíticas de**

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

**aprendizaje, inteligencia artificial y la teoría de las IM**, obtuvo la evaluación de **MUY ALTO**, porque fueron contestadas afirmativamente todas las preguntas incluidas en la encuesta.

La Tabla 3.2 muestra la relación y la dependencia entre variables validadas y sus valores.

**Tabla 3.2** Resultados de la validación de las variables de la hipótesis.

<b>Variable independiente</b>	<b>Valor alcanzado</b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>Valor que alcanza</b>
Modelo, que integre conceptos y métodos de la Programación Orientada a Objetos, utilizando técnicas de minería de datos, gestión el conocimiento, analíticas de aprendizaje, inteligencia artificial y la teoría de las IM	<b>Muy alto</b>	<b>VD1: gestión del conocimiento</b> <b>VD2: orientación en la solución de problemas</b> <b>VD3: asimilación de contenidos</b>	<b>Excelente</b> <b>Bien</b> <b>Bien</b>

#### 3.3.5 Experimento para evaluar la selección del método pedagógico

Con el objetivo de evaluar la calidad en la selección del método pedagógico que se genera con el módulo Servicios Pedagógicos se realizaron dos experimentos, sobre 54 y 56 estudiantes respectivamente de la carrera Ingeniería en Informática. El objetivo de los estudios es constatar cómo se afecta la variable cantidad de intentos necesarios para resolver un problema al recibir la instrucción mediante el componente Generación de Tutoría propuesto.

En ambos casos se dividieron los estudiantes en dos grupos conformados de forma aleatoria. Durante 10 días los estudiantes de ambos grupos enfrentaron un ejercicio por día, iguales para cada grupo. Para el grupo experimental (Ge) al registrarse y comenzar a trabajar en los cursos se contó con el soporte descrito en este trabajo. Para el grupo de control (Gc) la selección del método pedagógico fue dada a partir de información del análisis estático. En el primer experimento la conformación de los grupos fue 27/27 (Ge/GC), con estudiantes que concluían

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

el primer semestre, en la asignatura “Programación I”. La Tabla 3.3 muestra los resultados obtenidos en el primer experimento, donde se representa el porcentaje calculado como la razón entre la cantidad de estudiantes de cada grupo sobre la cantidad total, la comparación fue realizada mediante una décima de comparación de proporciones con un 5% de nivel de significación.

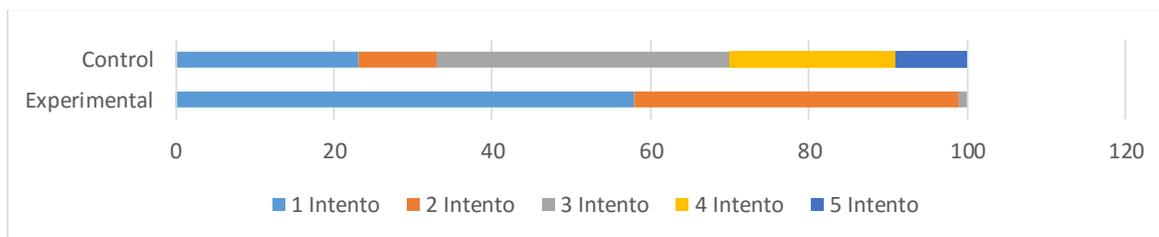
**Tabla 3.3** Resultados del primer experimento.

Cantidad de Intentos	Experimental	Control	Valor P*
1	0,58	0,23	0,0162
2	0,41	0,10	0,0190
3	0,01	0,37	0,0034
4	0,00	0,21	0,0118
5	0,00	0,09	0,0110

\* nivel de significación de la prueba estadística aplicada

En total se enviaron 2059 soluciones, 994 correctas y 1065 incorrectas, para un 48.27% de efectividad. De los 994 problemas solucionados, 442 lo hicieron al primer intento.

En la Figura 3.10 se describe el comportamiento de la variable cantidad de intentos, donde se representa las veces que se solucion  un problema después de N intentos de acuerdo con los resultados evidenciados en la Tabla 3.3.



**Figura 3.10** Resultados del primer experimento

En el segundo experimento la conformación de los grupos fue 29/27, con estudiantes del séptimo semestre en la asignatura “Análisis y Diseño de Algoritmos”. La Tabla 3.4 muestra los resultados obtenidos en el segundo experimento donde se representa el porcentaje calculado

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

como la razón entre la cantidad de estudiantes de cada grupo sobre la cantidad total, la comparación fue realizada mediante una décima de comparación de proporciones con un 5% de nivel de significación.

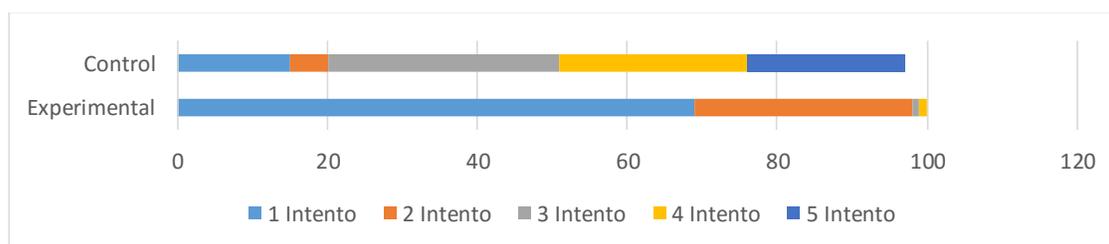
**Tabla 3.4** Resultados del segundo experimento.

Cantidad de Intentos	Experimental	Control	Valor P*
1	0,69	0,15	0,0001
2	0,29	0,05	0,0445
3	0,01	0,31	0,0001
4	0,01	0,25	0,0007
5	0,00	0,21	0,0009

\* nivel de significación de la prueba estadística aplicada

En total se enviaron 1174 soluciones, 1105 correctas y 69 incorrectas, para un 94,12% de efectividad. De los 1105 problemas solucionados, 547 fueron al primer intento.

En la Figura 3.11 se describe el comportamiento de la variable cantidad de intentos, donde se representa las veces que se solucion  un problema después de N intentos.



**Figura 3.11** Resultados del segundo experimento.

La utilidad en la selección del método pedagógico se midió como su efectividad para disminuir la cantidad de intentos necesarios para realizar un ejercicio. Sobre los datos obtenidos de estas mediciones se realizaron pruebas estadísticas para determinar si existían diferencias significativas entre los intentos necesarios para cada uno de los grupos. Para ambos casos, al realizar una prueba de hipótesis relativa a la diferencia de dos proporciones de muestras provenientes de distribuciones binomiales se obtuvieron diferencias significativas. El valor-P

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

para la prueba resultó en la mayoría de los casos menor que 0,05, por lo que pudo rechazarse la hipótesis nula con altos niveles de confianza.

Lo anterior permite afirmar que los estudiantes que fueron expuestos al modelo descrito en este trabajo necesitaron, como promedio, un menor número de intentos incorrectos para solucionar los problemas lo que puede asociarse a una mayor asimilación de contenidos y mejor orientación en la solución de problemas. Los resultados arrojados del estudio permiten afirmar que la selección del método pedagógico generada por la propuesta tiene utilidad.

#### **3.3.6 Grupo focal**

Para la aplicación de esta técnica se seleccionaron 7 especialistas en temas relacionados con la aplicación de la POO en la UNISS. Dentro de los participantes estuvieron investigadores, especialistas del Centro de Tecnologías Educativas, doctores en ciencias técnicas, másteres, desarrolladores que usan estándares y tecnologías de referencia en el paradigma de la orientación a objetos.

Para la conducción del debate fue diseñado un guión, teniendo en cuenta durante su elaboración que la actividad debe comportarse como una entrevista abierta pero estructurada donde se propicie el intercambio sobre la base de las experiencias personales y al conocimiento que poseen sobre la temática cada uno de los especialistas (Ver Anexo 40).

Se seleccionaron además 2 personas que no tienen relación con la investigación para que participaran como moderador y otro para que llevara la relatoría de una forma imparcial.

Durante el proceso de desarrollo del grupo focal se constataron los siguientes resultados:

- Un alto porcentaje de coincidencia con respecto a la integralidad y validez del modelo lo que beneficia la aplicación del mismo.

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

- Hubo concordancia con los componentes del modelo y la herramienta que se seleccionó para su implementación, así como sus relaciones.
- Alto número de las personas que se pronunciaron positivamente respecto a la contribución del modelo para mejorar la asimilación de contenidos y la orientación en la solución de problema así como potenciar las IM.
- Se confirmó su flexibilidad en el uso de las IM lo que posibilita ponerlo en práctica a diferentes niveles.

Se realizó la recomendación siguiente:

- Posibilidad de incorporar módulos de reconocimiento de la voz y generador de lenguaje natural.

#### **3.3.7 Triangulación metodológica**

La triangulación metodológica es una técnica usada para tomar múltiples puntos de referencia y localizar una posición desconocida. Disminuye el sesgo que se produce al comparar resultados obtenidos en la cuantificación de variables mediante un método cuantitativo, las tendencias y dimensiones que surgen de la aplicación de métodos cualitativos (Valencia, 2013).

La autora utiliza la triangulación de método, con el objetivo de disminuir el sesgo en la investigación a través de la aplicación de forma simultánea del cuasiexperimento, experimento, grupo focal, la técnica de Iadov con el objetivo de validar la hipótesis planteada y la relación entre las variables independientes y dependientes. Los objetivos a evaluar con la triangulación metodológica se presentan en la Tabla 3.5.

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

**Tabla 3.5** Objetivos a evaluar con la triangulación metodológica. Fuente: elaboración propia.

Objetivo a evaluar	Métodos cuantitativos	Método cualitativos
<p><b>Objetivo</b></p> <p>Contribución del modelo a la mejorar <b>la asimilación de contenidos, la orientación en la solución de problemas</b> y favorecer la gestión del conocimiento.</p>	<p><b>Cuasiexperimento.</b> En todos los casos se aprecian mejores resultados en el experimento de post prueba (después de aplicado el modelo) lo que indica una mejora significativa en la contribución del modelo a que la asimilación de los contenidos pase de un nivel reproductivo a un nivel superior (productivo o creativo), mejore la gestión del conocimiento y la orientación en la solución de problemas.</p> <p><b>Experimento</b> para corroborar la validez en la selección del método pedagógico mediante el modelo propuesto, lo que se asocia a una mejor asimilación de contenidos y orientación en la solución de problemas.</p>	<p><b>Grupo focal,</b> para evaluar las tendencias a aprobación unánime y validez del modelo.</p> <p><b>Técnica de Iadov,</b> para conocer el grado de satisfacción de los usuarios con el modelo propuesto.</p>

Según los resultados tanto cuantitativos como cualitativos se puede concluir que existe una correspondencia satisfactoria entre los resultados de la variable evaluada en lo que respecta tanto al nivel de satisfacción de los usuarios como de aprobación de los componentes e infraestructura tecnológica del modelo. Se comprueba que es factible y provechoso utilizar el modelo en las IES que adopten el paradigma orientado a objetos. Por tanto, se comprueba la validez de la propuesta.

#### 3.4. Valoración económica e introducción de los resultados

Desde la perspectiva económica, el aporte principal está dado por facilitar la adaptabilidad de los STI a los perfiles de alumno mediante la identificación de sus inteligencias, así como el trazado de una ruta mejorada de aprendizaje que tenga en cuenta diferentes estilos pedagógicos. Debido a la falta de esta característica, en propuestas anteriores, los sistemas construidos se

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

convertían en obsoletos; siendo necesario la construcción de nuevos, con altos costes que los hacen prohibitivos para los países pobres. Productos construidos utilizando el conocimiento generado abre las puertas a nuevas opciones de negocio y diversificación de las ofertas para las entidades cubanas. La implementación de la propuesta se realizó sobre la base de tecnologías y herramientas libres y gratuitas. Esto provoca una reducción de los costos al no existir la necesidad de pagar licencias de software que tienen precios elevados a nivel internacional.

Debido al número de alumnos que no logran vencer las asignaturas iniciales de programación, se ve afectada la eficiencia de carrera y por tanto el país incurre en gastos innecesarios. La introducción de los resultados contribuye a incidir sobre las deficiencias que existen en la enseñanza de la programación y que generan esa situación. Adicionalmente, esto incide de forma positiva en la calidad del software desarrollado por los egresados.

El trabajo realizado está relacionado con varios de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, entre los que se pueden destacar: 78, 131, 132 y 151.

#### **3.4.1 Implicación y factibilidad económica**

El modelo es de utilidad para el proceso de enseñanza-aprendizaje, posibilitando una mayor asimilación de los contenidos y mayor orientación en la solución de problemas. La docencia genera un costo que a partir de las características de cada materia y la individualidad de cada estudiante varía significativamente. Es por ello que el modelo influye económicamente en varios indicadores educacionales, como la disminución de las tasas de deserción estudiantil, minimización de los costos educacionales, aumento del rendimiento académico, aprovechamiento más eficiente de recursos tecnológicos y la devolución a la sociedad de un graduado con mejor preparación para incorporarse a las actividades laborales y con posibilidades de ser más productivo.

### CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

#### - Premisas para el análisis de factibilidad económica

La deserción o abandono estudiantil, como principal indicador a seguir, genera efectos negativos en el sistema de educación como: aumento en los costos, deficiente accesibilidad a las carreras de la educación superior, y riesgos sociales.

**Tabla 3.6** Análisis de la implicación económica del modelo. Fuente: elaboración propia.

Indicadores	Enseñanza de determinada materia: Programación		
	Costo por estudiante		Implicación del modelo
Rendimiento académico	Curso regular	1 semestre	Mejor gestión del conocimiento, asimilación de contenidos y orientación en la solución de problemas que contribuyan al aumento del rendimiento académico.
	Curso con arrastre	<b>2 semestres</b>	
Tasas de deserción estudiantil	Costo diario por estudiante	1 año, 2 año 3 año y <b>4 año</b>	A partir de una disminución de la tasa de deserción se cumplirá el plan de promociones de acuerdo al presupuesto asignado.
Costos educacionales (material, medios tecnológicos)	-	-	La ocurrencia cada vez menor de bajo rendimiento académico (deserción escolar, arrastre de materias) implica una menor utilización de materiales adicionales
Aprovechamiento de recursos	-	-	A partir de una correcta planificación de los materiales docentes de acuerdo al tipo de materia y complejidad.
Inserción a la sociedad	-	-	Si el estudiante se gradúa en el tiempo establecido, la inserción del trabajador a la sociedad será en el período de tiempo planificado

El costo del modelo, así como de la herramienta informática que lo instancia, se tasa en aproximadamente 11 250.00 pesos (CUP), desglosándose como se muestra en la Tabla 3.7.

**Tabla 3.7** Costo de la herramienta como instanciación del modelo. Fuente: elaboración propia.

Horas trabajadas	Cantidad de personas	Costo horas/hombre	Costo total
150 horas por persona	5	15.00 CUP	11 250.00 CUP

Asimismo, el costo de herramientas informáticas similares a nivel mundial se tasa en varios millones de USD, aunque no se tiene una referencia exacta. Ello se debe a que las principales empresas desarrolladoras y comercializadoras de software educativo, no dan a conocer con

### **CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO**

exactitud las funcionalidades que implementan, por cuestiones estratégicas y de seguridad. Sus esquemas de negocio solo detallan las áreas de diagnóstico que cubren y los principales grupos de funcionalidades que proveen, a partir de lo cual se negocian los costos. Tal situación no permite estimar un alcance de investigación y desarrollo con el cual se puedan establecer los costos aproximados.

#### **3.5 Conclusiones del capítulo**

Tras la implementación de la propuesta mediante una herramienta informática y la aplicación de métodos científicos para su validación se concluye:

- Se comprobó la validez de los componentes elaborados como parte del modelo propuesto, así como sus relaciones y funcionalidades.
- Se consideran fundamentales los resultados obtenidos a partir del desarrollo de aplicaciones basadas en los principios del modelo que demostraron la factibilidad de su uso durante la ejecución de los métodos de validación en esta investigación.
- Los usuarios mostraron una clara satisfacción con el modelo, lo cual se pudo constatar con el valor del ISG, las respuestas a las preguntas abiertas y cerradas, las entrevistas individuales realizadas y el análisis grupal.
- El impacto económico y social de la propuesta hace pertinente y factible su generalización en las IES en Cuba.

### CONCLUSIONES GENERALES

La investigación realizada permitió arribar a las siguientes conclusiones:

1. A partir de la sistematización de los principales referentes teóricos que sustentan la presente investigación, se confirma que: los modelos existentes en la literatura presentan limitaciones, principalmente en relación al problema planteado, fundamentándose la necesidad del desarrollo de un nuevo modelo para mejorar la asimilación de contenidos, la gestión del conocimiento, y la orientación en la solución de problemas.
2. En Cuba existe necesidad de mejorar la gestión del conocimiento referente a la POO en las carreras de perfil informático, evidenciado en el diagnóstico realizado y la alta confiabilidad de los resultados obtenidos.
3. Con los elementos teóricos y prácticos más actuales de las ciencias informáticas y teniendo en cuenta el diagnóstico realizado, se desarrolló un modelo para mejorar la asimilación de contenidos, la gestión del conocimiento, y la orientación en la solución de problemas apoyado en técnicas de minería de datos, analíticas de aprendizaje, gestión del conocimiento, y la teoría de las IM.
4. La herramienta informática implementada, a partir del modelo propuesto, así como el procedimiento desarrollado, facilitan la aplicación del modelo en las IES.
5. El conjunto de métodos científicos utilizados para la validación de la propuesta (grupo focal, escalamiento de Likert, técnica de Iadov, cuasiexperimento, triangulación metodológica, entre otros) permitió comprobar que: los constructos del mismo están alineados a las tecnologías más actuales; existen opiniones favorables y una alta satisfacción de usuarios potenciales con respecto a la aplicabilidad, actualidad y novedad del modelo.

### RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones y como continuidad de la actual se recomienda:

1. Extender la aplicación del modelo propuesto por esta investigación en otras asignaturas e IES.
2. Ampliar las posibilidades de adaptación del STI, de forma que sea capaz de tomar en cuenta otras necesidades o características de los alumnos, como por ejemplo intereses o motivaciones, auto-valoración, valoración social, niveles de confianza.
3. Continuar investigando para extender la utilización del modelo a dispositivos móviles que resulten factibles en ambientes ubicuos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abedin, Z., Barua, M., Paul, S., Akther, S., Chowdhury, R., & Chowdhury, M. S. U. (2017, February). A model for prediction of monthly solar radiation of different meteorological locations of Bangladesh using artificial neural network data mining tool. In *Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE), International Conference on* (págs. 692-697). IEEE.
2. Adams, D. M., McLaren, B. M., Durkin, K., Mayer, R. E., Rittle-Johnson, B., Isotani, S. y Velsen, M. V. (2014). Using erroneous examples to improve mathematics learning with a web-based tutoring system. *Computers in Human Behavior*, 401-411.
3. Adorjan A. (2014). Un enfoque de Inteligencias Múltiples y Competencias aplicado a la enseñanza inicial de la Programación. Tesis de Maestría. Universidad ORT Uruguay. Facultad de Ingeniería.
4. Al-Bastami, B. y Naser, S. (2017). Design and Development of an Intelligent Tutoring System for C# Language. *European Academic Research*, 4 (10), 8795-8809.
5. Alevin, V. (2010). Rule-Based Cognitive Modeling for Intelligent Tutoring Systems. En J. B. En: R. Nkambou, *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, 33-62. Springer-Verlag.
6. Alevin, V., McLaren, B. M. y Sewall, J. (2009). Scaling up programming by demonstration for intelligent tutoring systems development: An open-access web site for middle school mathematics learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 64-78.
7. Alfonso Sánchez, I. R. y Ponjuán Dante, G. (2016). Diseño de un modelo de gestión de conocimiento para entornos virtuales de aprendizaje en salud. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 27 (2), 138-153.
8. Altuna Castillo, E., Guibert Estrada, L. y Estrada Sentí, V. (2015). Sistema de recomendación basado en k-nn para condiciones de incertidumbre en un Sistema Tutor Inteligente. *Ciencias de la Información*, 14 (1), 1-9.
9. Altuna, E. (2014). *Método para la construcción del modelo de dominio en un tutor inteligente de programación*. Tesis Doctoral, Universidad de las Ciencias Informáticas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10. Altuna, E. J., y Guibert, L. (2013). Los Sistemas Tutores Inteligentes y su impacto en la enseñanza de la programación. *Memorias del XV Congreso Internacional de Informática en la Educación, INFOREDU 2013*. La Habana.
11. Álvarez Blanco, J., Lau Fernández, R., Pérez Lovelle, S. y Leyva Pérez, E. (2016). Predicción de resultados académicos de estudiantes de informática mediante el uso de redes neuronales. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24 (4), 715-727.
12. Anderson, B. (2014). *Computational neuroscience and cognitive modelling: a student's introduction to methods and procedures*. Los Angeles: Sage.
13. Anderson, J. R. (1988). *The Expert Module*. (E. M. Richardso, Ed.) Hillsdale: Foundations of Intelligent Tutoring Systems.
14. Apráiz Casuso, M. (2013). *Método de detección en tiempo real de perturbaciones transitorias en redes de suministro eléctrico*. Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria., Departamento de Electrónica y Computadores.
15. Archanaa, R., Athulya, V., Rajasundari, T., y Kiran, M. V. K. (2017). A comparative performance analysis on network traffic classification using supervised learning algorithms. In *Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), 2017 4th International Conference on* (págs. 1-5). IEEE.
16. Arellano, N., Fernández, J. y Zúñiga, M. (2014). Estrategia metodológica de la enseñanza de la programación para la permanencia de los alumnos de primer año de Ingeniería Electrónica. *TE & ET* (13), 55-60.
17. Armstrong, T. (1999). *Seven Kinds of Smart: Identifying and Developing Your Multiple Intelligences*. Nueva York: Penguin Putnam Inc.
18. Azevedo, R. (2014). Metacognition and multimedia learning. En *Cambridge handbook of multimedia* (págs. 647-672). Cambridge England: Cambridge University Press.
19. Azevedo, R., Taub, M., y Mudrick, N. (2015). Technologies supporting self-regulated learning. En M. Spector, C. Kim, T. Johnson, W. Savenye, D. Ifenthaler, y G. Del Río (Edits.), *The SAGE Encyclopedia of educational technology* (págs. 731-734). Thousand Oaks: CA: SAGE.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

20. Aznar Cuadrado, M. (2016). *Estudio comparativo sobre accidentes laborales en el sector minero español, a cielo abierto y subterráneo, mediante el uso de técnicas de minería de datos*. Tesis de Maestría. Universitat Politècnica de Catalunya.
21. Badaracco, M. (2014). *Sistema Tutor Inteligente basado en competencias (STI-C). Propuesta de arquitectura y diagnóstico*. Málaga: Tesis Doctoral, Universidad de Málaga.
22. Baker, R., y Siemens, G. (2014). Educational data mining and learning analytics. En *Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (págs. 256-368).
23. Balamurugan, S. (2016). Feature Selection for Supervised Learning via Dependency Analysis. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 13(10), 6885-6891.
24. Barrón Estrada, M. L., Zatarain Cabada, R., Oramas Bustillos, R. y Alor-Hernández, G. (2016). Experiments with Students using an Intelligent Environment for Java. *Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, (págs. 199-208). Zagreb: Springer.
25. Beltrán, J., Sánchez, H., y Rico, M. (2015). Análisis cuantitativo y cualitativo del aprendizaje de Programación I en la Universidad Central del Ecuador. *Revista Tecnológica ESPOL*, 28 (5),194-210.
26. Benítez, I. J. (2005). *Técnicas de agrupamiento para el análisis de datos cuantitativos y cualitativos*. Trabajo de investigación. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
27. Bettoni, M., Sadiki, J. Mazzola, L., y Mazza, R. (2012). *Didactical Interpretation of Log Data: The MOCLog Model*. Disponible en:  
[http://www.weknow.ch/marco/A2013/DAILE13/Bettoni\\_2013\\_MOClog\\_model\\_DAILE13\\_v8\\_final.pdf](http://www.weknow.ch/marco/A2013/DAILE13/Bettoni_2013_MOClog_model_DAILE13_v8_final.pdf)
28. Boone, H. N. y Boone, D. A. (2012). *Analyzing likert data*. *Journal of extension*, 50(2), 1 - 5.
29. Boude, O. y Alfonso, J. (2014). Modelo para la gestión del conocimiento de la informática educativa. *Ponencia Virtualeduca*, 8-14. La Sabana: Universidad de la Sabana.
30. Bourdeau, J. y Grandbastien, M. (2010). *Modeling Tutoring Knowledge*. *Advances in Intelligent Tutoring Systems*. Ed. R. Nkambou, J. Bourdeau, y R. Mizoguchi, Edits. Springer-Verlag.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

31. Brawner, K., Holden, H., Goldberg, B., y Sottilire, R. (2011). Understanding the Impact of Intelligent Tutoring Agents on Real-Time Training Simulations. *Proceedings of the Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (IITSEC)*, (págs. 170-182).
32. Brawner, K., Holden, H., Goldberg, B., y Sottilire, R. (2012). Recommendations for Modern Tools to Author Tutoring Systems. *Proceedings of the Interservice/Industry Training Simulation & Education Conference (IITSEC)*. National Training Systems Association.
33. Brooks, C., Chavez, O., Tritz, J., y Teasley, S. (2015). Reducing Selection Bias in Quasi-Experimental Educational Studies. *5th International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, (pág. 226). Poughkeepsie NY.
34. Bustos Faría, E., Cerecedo Mercado, M. y García González, M. (2016). Modelo de gestión de conocimiento para el desarrollo de posgrado: estudio de caso. *Revista electrónica de investigación educativa*, 18 (1), 129-139.
35. Butz, C. J., Hua, S. y Maguire, R. B. (2004). A Web-based Intelligent Tutoring System for Computer Programming. *Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI'04)*, (págs. 159-165). IEEE.
36. Cañizares, R. (2012). *Repositorio de recursos educativos para las instituciones de educación superior*. Tesis Doctoral, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2012. Recuperado de [http://repositorio\\_institucional.uci.cu/jspui/handle/ident/3742](http://repositorio_institucional.uci.cu/jspui/handle/ident/3742).
37. Cataldi, Z., Donnamaría, M. C., y Lage, F. J. (2009). Línea de investigación: Sistemas Tutores Inteligentes orientados a la enseñanza para la comprensión. En *XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*. Red de Universidades con Carreras en Informática (Red UNCI). Argentina.
38. Cataldi, Z., y Lage, F. J (2011). Sistemas Tutores Inteligentes: Propuesta de Categorías de Análisis para Evaluación. Memorias del *XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, CACIC 2011. Buenos Aires.
39. Chase, C., Marks, J., Bennett, D. y Aleven, V. (2015). The design of an exploratory learning environment to support Invention. *Paper presented during the Workshop on Intelligent*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Support in Exploratory and Open-Ended Learning Environments, held as part of the 17th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2015).*
40. Chen, C. M. y Duh, L. J. (2012). Personalized web-based tutoring system based on fuzzy item response theory. *Expert Systems with Applications*, 34, 2298-2315.
  41. Chi, M., VanLehn, K. y Litman, D. (2010). Do micro-level tutorial decisions matter: Applying reinforcement learning to induce pedagogical tutorial tactics. *Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, (págs. 224-234). Springer International Publishing.
  42. Choubey, D. K., y Paul, S. (2017). GA\_SVM. *Handbook of Research on Soft Computing and Nature-Inspired Algorithms*, 359.
  43. Clancey, W. (1984). *Methodology for Building an Intelligent Tutoring System*. J. R. En: W. Kintsch, Ed. London: Lawrence Erlbaum Associates.
  44. Coll, C. (2012). *Psicología y curriculum*. Barcelona.: Editorial Paidós.
  45. Colomé, D. (2013). *Ambiente de trabajo para la producción de objetos de aprendizaje en la educación superior*. Tesis Doctoral, Universidad de las Ciencias Informáticas.
  46. Conati, C. (2009). Intelligent Tutoring Systems: New Challenges and directions. *20th International Joint Conference on Artificial Intelligence*. San Francisco.
  47. Conati, C. y Merten, C. (2007). Eye-tracking for user modeling in exploratory learning environments: An empirical evaluation. *Knowledge-Based Systems*, 20 (6), 557-574.
  48. Corbett, A., Kauffman, L., MacLaren, B., Wagner, A. y Jones, E. (2010). A Cognitive Tutor for genetics problem solving: Learning gains and student modeling. *Journal of Educational Computing Research*, 42 (2), 219-239.
  49. CSEV. (2014). *Learning Analytics: Una apuesta de presente y futuro*. Obtenido de Centro Superior para la Enseñanza Virtual  
<http://www.csev.org/documents/11373/9af46ec7-76d9-4caa-9365-93d844b2433b>
  50. Dabolins, J. y Grundspenkis, J. (2013). The Role of Feedback in Intelligent Tutoring System. *Applied Computer Systems* 14, 88-93.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

51. Dadić, T. (2011). Intelligent Tutoring System for Learning Programming. En *Intelligent Tutoring Systems in E-Learning Environments: Design, Implementation and Evaluation*, 166-186.
52. Dahotre, A. (2011). *Tutors: A Web-based tutoring system for Java APIs*. Tesis de Maestría, Oregon State University, School of Electrical Engineering and Computer Science.
53. Delgado, M. y Isaac, C. (2016). *Los entornos virtuales: una necesidad en el mejoramiento de la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Curso Presencial Intensivo en el ITB de Guayaquil*. Santiago: 120-144.
54. Díaz Posada, L., Varela-Londoño, S., y Rodríguez-Burgos, L. (2017). Inteligencias múltiples e implementación del currículo: avances, tendencias y oportunidades. *Revista de Psicodidáctica*, 22(1), 69-83.
55. D'Mello, S. K., y Graesser, A. (2010). Multimodal semi-automated affect detection from conversational cues, gross body language, and facial features. En *User Modeling and User-Adapted Interaction* (págs. 147-187).
56. Dorça, F., López, C., Fernández, M., y López, R. (2008). Adaptativity Supported by Neural Networks in Web-based Educational Systems. *Journal of Education, Informatics and Cybernetics*.
57. Doroudi, S., Holstein, K., Alevan, V., y Brunskill, E. (2015). Towards understanding how to leverage sense-making, induction/refinement and fluency to improve robust learning. En O. C. Santos, J. G. Boticario, C. Romero, M. Pechenizkiy, y A. Merceron (Ed.), *Proceedings of the 8th International Conference on Educational Data Mining, EDM 2015* (págs. 376-379). Worcester: International Educational Data Mining Society.
58. Doru Popescu, A., Bold, N., y Nijloveanu, D. (2016). A method bases on genetic algorithms for geenerating assessment test used for learning. *17 Intenational Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics*.
59. du Boulay, B., y del Soldato, T. (2015). Implementation of Motivational Tactics in Tutoring Systems: 20 years on. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 170-182.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

60. Duffy, M., y Azevedo, R. (2015). Motivation matters: Interactions between achievement goals and agent scaffolding for self-regulated learning within an intelligent tutoring system. *Computers in Human Behavior*, 338-348.
61. Dutt, A., Akmar Ismail, M., y Herawan, T. (2016). A Systematic Review on Educational Data Mining. *IEEE*, 1-15.
62. Eagle, M. J., y Barnes, T. (2013). Evaluation of Automatically Generated Hint Feedback. *Proceedings of the International Conference on Educational Data Mining. S. K.* (págs. 372-381). Memphis, Tennessee, USA: International Educational Data Mining Society.
63. Earnshaw, Y. (2014). Effects of levels of instructional assistance on learning and mental effort in an intelligent tutoring system: Proportional reasoning and middle school students. *Doctoral dissertation*. Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 3637974).
64. Edvinsson, L., y Malone, M. S. (1997). Intellectual capital: realizing your company's true value by finding its hidden brainpower.
65. El Haddad, I., y Naser, S. (2017). ADO-Tutor: Intelligent Tutoring System for leaning ADO.NET. *European Academic Research*, 4(10).
66. Elnajjar, A., y Naser, S. (2017). DSE-Tutor: An Intelligent Tutoring System for Teaching DES Information Security Algorithm. *International Journal of Advanced Research and Development*, 2(1).
67. Enström, E., Kreitz, G., Niemelä, F., Söderman, P., y Kann, V. (2011). Five Years with Kattis-Using an Automated Assessment System in Teaching. *Proceedings of the 41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, (págs. 31-44). Rapid City: IEEE Computer Society.
68. Felder, M., y Silverman, K. (1988). Learning Styles and Teaching Styles in Engineering Education. *Engr. Ed.*
69. Filali, M. (2005). *Desarrollo y optimización de nuevos modelos de redes neuronales basadas en funciones de base radial*. Tesis Doctoral, Granada.
70. Fonseca, C. (2012). Las inteligencias múltiples en la enseñanza del español: los estilos cognitivos de aprendizaje. 373-383. Huelva: Universidad de Huelva.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

71. Forlizzi, J., McLaren, B. M., McLaren, P., McLaren, P. B., Kihumba, G., y Lister, K. (2014). Decimal point: Designing and developing an educational game to teach decimals to middle school students. En C. Busch (Ed.), *8th European Conference on Games-Based Learning: ECGBL2014* (págs. 128-135). Reading, UK: Academic Conferences and Publishing International.
72. Fournier Viger, P., Wu, C.-W., Tseng, V.S., Cao, L., Nkambou, R. (2015). Mining Partially Ordered Sequential Rules Common to Multiple Sequences. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering (TKDE)*, 27(8): 2203-2216.
73. Fracchia, C. C., Alonso de Armiño, A. C., y Martins, A. (2014). Enseñanza de la programación: un tema en la agenda académica para repensar año a año. In XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (Buenos Aires, 2014).
74. Freyberger, J., Heffernan, N. T., y Ruiz, C. (2004). Using Association Rules to Guide a Search for Best Fitting Transfer Models of Student Learning. *Conference on Intelligent Tutoring Systems*.
75. Gálvez, J., Guzmán, E., Gómez, F., y Conejo, R. (2012). *Sistema Inteligente para el Aprendizaje de Fundamentos de Programación Orientada a Objetos*. Tesis Doctoral, Universidad de Málaga. España.
76. García Martínez, R., Servente, M., y Pasquini. (2014). *Sistemas Inteligentes*. Buenos Aires: Nueva Librería.
77. García Ruiz, J., Hernández López, M., y Loaiza, J. A. (2016). Pensamiento sistémico y desarrollo e competencias, en el aprendizaje de los lenguajes de programación. *Revista Electrónica Anfei Digital*(2).
78. Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books.
79. Gardner, H. (2011). *La Teoría en la Práctica*. Paidós.
80. Gardner, H. (2016). *Estructuras de la mente: la teoría de las inteligencias múltiples*. Fondo de cultura económica.
81. Gerdes, A. (2012). *ASK-ELLE: a Haskell Tutor*. Doctoral Thesis. Department of Information and Computing Sciences, Utrecht University.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

82. Gerdes, A., Jeurig, J. y Heeren, B. (2013). An Interactive Functional Programming Tutor. *Proceedings of the 17th ACM annual conference on Innovation and technology in computer science education*, (págs. 250-255).
83. Gómez, D. A., García, F. J., y Therón, R. (2014). ANALÍTICA VISUAL EN E-LEARNING. *El profesional de la información*, 23(3).
84. Goytia, L. L., y González, Á. G. (2014). Programación Orientada a Objetos C++ y Java. Grupo Editorial Patria.
85. Gujarathi, M., y Sonawane, M. (2012). Intelligent Tutoring System: A Case Study of Mobile Mentoring for Diabetes. *International Journal of Applied Information Systems*, 3, 41-43.
86. Hernández López, A. (2016). *Aplicación de la Minería de Datos a la Educación Superior*. Tesis de Grado, Universidad de Alicante. España.
87. Hernández, J., Ramírez, M., y Ferri, C. (2004). *Introducción a la Minería de Datos*. Pearson Educación S. A.
88. Hilles, M., y Naser, S. (2017). Knowledge-based Intelligent Tutoring System for Teaching Mongo Database. *European Academic Research*, 4(10).
89. Holland, J., Mitrovic, A., y Martin, B. (2009). J-LATTE: a Constraint-based Tutor for Java. *Proceedings of the 17th International Conference on Computers in Education*, (págs. 142-146). Hong Kong: Asia-Pacific Society for Computers in Education.
90. Huang, C. J., Liu, M., Chu, S. S., y Cheng, C. (2007). An intelligent learning diagnosis system for Web-based thematic learning platform. *Computers & Education*, 48, 658-679.
91. Huang, Y., González, J. P., Kumar, R., y Brusilovsky, P. (2015). A framework for multifaceted evaluation of student models. *Educational Data Mining*.
92. Hull, A., y du Boulay, B. (2015). Motivational and Metacognitive Feedback in SQL-Tutor. *Computer Science Education*, 238-256.
93. Ihanola, P., Ahoniemi, T., Karavirta, V., y Seppälä, O. (2010). Review of recent systems for automatic assessment of programming assignments. *Proceedings of the 10th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, (págs. 86-93). Koli, Finland: ACM.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

94. Jurado, F. (2010). *Proposal for Evaluating Computer Programming Algorithms to Provide Instructional Guidance and Give Advice*. Tesis Doctoral. Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información, Universidad de Castilla-La Mancha. España.
95. Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2006). *Alignment: Using the balanced scorecard to create corporate synergies*. Harvard Business Press.
96. Käser, T., Klingler, S., Schwing, A., y Gross, M. (2014). Beyond Knowledge Tracing: Modeling Skill Topologies with Bayesian Networks. *Proceedings of the 12th International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (págs. 188-198). Honolulu: Springer International Publishing.
97. Kinsumba, P. A., Becerra Alonso, M. J., y Lau Fernández, R. (2016). Predicción del éxito académico en la carrera de Ciencias de la Computación de la universidad “Agostinho Neto”. *Referencia Pedagógica*, 143-146.
98. Koedinger, K. R., Corbett, A. T., y Perfetti, C. (2012). The Knowledge-Learning-Instruction framework: Bridging the science-practice chasm to enhance robust student learning. *Cognitive Science*, 757-798.
99. Koedinger, K., y Aleven, V. (2007). "Exploring the assistance dilemma in experiments with cognitive tutors". *Educational Psychology Review*, 19(3), 239-264.
100. Koorse, M., Cilliers, C., y Calitz, A. (2015). Programming assistance tools to support the learning of IT programming in South African secondary schools. *Computers & Education*, 82, 162-178.
101. Koster, A., Koch, F., y Primo, T. (2016). The Role of Agent-based Simulation in Education. *Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (págs. 60-65). Zagreb: Springer -Verlag.
102. Krishnamoorthy, V., Appasamy, B., y Scaffidi, C. (2013). Using intelligent tutors to teach students how APIs are used for software engineering in practice. *IEEE Transactions on Education*, 56 (3), 355-363.
103. Kumar, A. N. (2014). An Evaluation of Self-explanation in a Programming Tutor. *Proceedings of the 12th International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (págs. 248-253). Honolulu, HI, USA: Springer International Publishing.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

104. Lazar, T. y Bratko, I. (2014). Data-Driven Program Synthesis for Hint Generation in Programming Tutors. *Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (págs. 306-311). Honolulu: Springer.
105. Le, N.-T. (2011). *Using weighted constraints to build a tutoring system form logic programming*. Tesis Doctoral. Informatik, Hamburg University.
106. Lebeau, J., Beaulieu, G., Mayers, A., y Paquette, L. (2015). Designing a knowledge representation approach for the generation of pedagogical interventions by MTTs. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 25(1), 118-156.
107. Liew, C. W., y Xhakaj, F. (2015). Teaching a complex process: Insertion in red black trees. En C. Conati, N. Heffernan, A. Mitrovic, y M. F. Verdejo (Ed.), *Proceedings of the 17th International Conference on Artificial Intelligence in Education* (págs. 698-701). New York: Springer International Publishing.
108. Linares-Pons, N., Verdecia-Martínez, E. Y., y Álvarez-Sánchez, E. A. (2014). Tendencias en el desarrollo de las TIC y su impacto en el campo de la enseñanza. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 8(1), 71-78.
109. Le Boterf, G. (2001). *Ingeniería de las competencias*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000 S.A.
110. Long, Y., y Alevén, V. (2013a). Active learners: Redesigning an intelligent tutoring system to support self-regulated learning. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (págs. 490-495). Heidelberg, Berlin, Springer.
111. Long, Y., y Alevén, V. (2013b). Supporting students' self-regulated learning with an open learner model in a linear equation tutor. En H. C. Lane, K. Yacef, J. Mostow, y P. Pavlik (Ed.), *Proceedings of the 16th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2013)* (págs. 249-258). Berlin: Springer.
112. Long, Y., y Alevén, V. (2014). Gamification of joint student/system control over problem selection in a linear equation tutor. En S. Trausan-Matu, K. E. Boyer, M. Crosby, y K. Panourgia (Ed.), *Proceedings of the 12th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS 2014* (págs. 378-387). New York: Springer.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

113. López Gallego, C. (2010). *Incorporación de características evolutivas a un modelo de gestión de conocimiento para los servicios de tecnología informática*. Tesis de Maestría, Medellín.
114. Losada, I. H. (2012). *Diseño de software educativo para la enseñanza de la programación orientada a objetos basado en la taxonomía de Bloom* (Doctoral dissertation, Universidad Rey Juan Carlos).
115. Lynch, C., Ashley, K., y Chi, M. (2014). Can Diagrams Predict Essay Grades? *Proceedings of the 12th International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (págs. 260–265). Honolulu, HI, USA: Springer International Publishing Switzerland.
116. Macfadyen, L., & Sorenson, P. (2010). *Learner interaction monitoring system LiMS): Capturing the behaviors of online learners and evaluating online training courses*. 6th International Conference on Data Mining, Nevada.
117. Machín Torres, I. T. (2013). *Principales dificultades que presentan los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Programación Orientada a Objetos*. Informe de Investigación, Sancti Spíritus.
118. Machín Torres, I. T (2017c). Intelligent System Content for learning Object Oriented Programming. *IARJSET*, 4 (9), 1-8.
119. Machín Torres, I. T. (2017a). Model to improve the assimilation of contents in programming. *IJARCCCE*, 6(3).
120. Machín Torres, I. (2017b). Sistema para la selección del método pedagógico en sistemas tutores inteligentes/System for selection of pedagogical method in intelligent tutorial systems. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 20 (2), 643.
121. Machín Torres, I. (2017d). Sistema tutor inteligente para la aplicación de la programación mediante análisis de inteligencia. *Científica* (29), 1-16.
122. March, S., y Smith, G. (1995). Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems*, 15(1), 251 –266.
123. Mariño, S. I. (2014). Los sistemas expertos para apoyar la gestión inteligente del conocimiento. *Revista Vínculos*, 11(1), 102-104.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

124. Martínez García, Y. (2016). *Aplicación de la técnica de Minería de Datos agrupamiento sobre el área de Gestión Académica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*. Tesis de Grado, UCI, La Habana.
125. Martínez Monés, A. (2003). *Método y modelo para el apoyo computacional a la evaluación en CSCL*. Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid, Departamento de Informática .
126. Martínez, N. (2009). *Modelo para diseñar Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes utilizando el Razonamiento Basado en Casos*. Tesis Doctoral, Universidad central “MARTA ABREU” de Las Villas.
127. Martínez, N., García, M. M. y García, Z. Z. (2010). Sistemas Basados en Casos y Sistemas de Enseñanza Aprendizaje Inteligentes. *Revista Iberoamericana de Informática, Educativa*, 11, 25-27.
128. Matsuda, N., Yarzebinski, E., Raizada, V., Cohen, W., Stylianides, G., y Koedinger, K. (2013). Cognitive anatomy of tutor learning: Lessons learned with simstudent. *Journal of Educational Psychology*, 1152-1163.
129. McLaren, B. M., Adams, D. M., y Mayer, R. E. (2015). Delayed learning effects with erroneous examples: A study of learning decimals with a web-based tutor. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 25(4), 520-542.
130. McLaren, B. M., van Gog, T., Ganoë, C., Yaron, D., y Karabinos, M. (2014). Exploring the assistance dilemma: Comparing instructional support in examples and problems. En S. Trausan-Matu, K. E. Boyer, M. Crosby, y K. Panourgia (Ed.), *Proceedings of the 12th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS 2014* (págs. 354-361). Berlin: Springer.
131. McLaren, B. M., van Gog, T., Ganoë, C., Yaron, D., y Karabinos, M. (2015). Worked Examples are more efficient for learning than high-assistance instructional software. En C. Conati, N. Heffernan, A. Mitrovic, y M. F. Verdejo (Ed.), *Proceedings of the 17th International Conference on AI in Education, AIED 2015* (págs. 710-713). Berlin: Springer.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

132. McLaren, B. v. (2016). The efficiency of worked examples compared to erroneous examples, tutored problem solving, and problem solving in classroom experiments. *Computers in Human Behavior*, 55, 87-89.
133. Meshref, H., y Mohamed, I. (2012). Intelligent Tutoring Systems: A New Proposed Structure. En A. Abraham, y S. M. Thampi (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics*. TNadu,India: ACM.
134. Minae, B., y Punch, B. (2003). Using Genetic Algorithms for Data Mining Optimization in an Educational Web-Based System. *GECCO*, 2252-2263.
135. Mitrovic, A. (2003). An intelligent SQL tutor on the web. *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)* , 173-197.
136. Mitrovic, A. (2012). Fifteen years of constraint-based tutors: what we have achieved and where we are going. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 32(1), 39-72.
137. Mitrovic, A., Ohlsson, S., y Barrow, D. K. (2013). The effect of positive feedback in a constraint-based intelligent tutoring system. *Computers & Education*, 60 (1), 264-272.
138. Mitrovic, A., y Weerasinghe, A. (2009). Revisiting Ill-Definedness and the Consequences for ITSs. *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence in Education: Building Learning Systems That Care: from Knowledge Representation to Affective Modelling*, (págs. 22-26).
139. Mosqueira Rey, E. (2010). La evaluación continua y la autoevaluación en el marco de la enseñanza de la programación orientada a objetos. In *XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (16es: 2010: Santiago de Compostela)* (págs. 223-230). Universidad de Santiago de Compostela. Escola Técnica Superior d'Enxeñaría.
140. Naser, S. A. (2009). Evaluating the effectiveness of the CPP-Tutor an intelligent tutoring system for students learning to program in C++. *Information Technology journal*, 109-114.
141. Naser, S. A. et al. (2011). An Intelligent Tutoring System for Learning Java Objects. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 2 (2), 68-77.
142. Naudé, K. A., Greyling, J. H. y Vogts, D. (2010). Marking student programs using graph similarity. *Computers & Education*, 54 (2), 545-561.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

143. Navarro, J., Canaleta, X., Vernet, D., Solé, X., Jiménez, V., y Costa, N. (2014). Motivación, desmotivación, sobremotivación y daños colaterales. *XX Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática*, (págs. 467-474). Oviedo.
144. Nguyen, H., Xiong, W., y Litman, D. (2014). Classroom Evaluation of a Scaffolding Intervention for Improving Peer Review Localization. *Proceedings of the 14th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, (págs. 272-282).
145. Nkambou, R., Fournier-Viger, P., y Mephu, E. (2009). Improving the Behavior of Intelligent Tutoring Agents with Data Mining. *IEEE Intelligent Systems*, 46-53.
146. Nkambou, R. y Bourdeau, J. (Eds.). (2010). *Advances in intelligent tutoring systems*. New York: Springer Science & Business Media.
147. Nonaka, I., y Takeuchi, H. (1999). *La organización creadora de conocimiento. Cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación*. México, DF: Oxford University Press.
148. Nour, N., y Naser, S. (2017). Mathematics intelligent tutoring system. *International Journal of Advanced Scientific Research*, 2(1), 11-16.
149. Olier Quiceno, A. J., Gómez Salgado, A. A., y Caro Piñeres, M. F. (2017). Design and Implementation of a Teaching Tool for Introduction to Object Oriented Programming. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS*, 15(1), 97-102.
150. Olsen, J. K., Belenky, D. M., Alevan, V., y Rummel, N. (2014). Using an intelligent tutoring system to support collaborative as well as individual learning. En S. Trausan-Matu, K. E. Boyer, M. Crosby, y K. Panourgia (Ed.), *Proceedings of the 12th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS 2014* (págs. 134-143). Berlin : Springer.
151. Olsen, J. K., Belenky, D. M., Alevan, V., Rummel, N., Sewall, J., y Ringenberg, M. (2014). Authoring tools for collaborative intelligent tutoring system environments. En S. Trausan-Matu, K. E. Boyer, M. Crosby, y K. Panourgia (Ed.), *Proceedings of the 12th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS 2014* (págs. 523-528). Berlin : Springer.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

152. Olsen, J. K., Rummel, N. y Alevan, V. (2015). Investigating effects of embedding collaboration in an intelligent tutoring system for elementary school students. Singapore: International Society of the Learning Sciences.
153. Orehovacki, T., Radosevic, D., y Konecki, M. (2012). Acceptance of Verificator by Information Science. *Students. Proceedings of the International Conference on Information Technology Interfaces*. IEEE Computer Society, (págs. 223-230).
154. Oreski, D., Oreski, S., y Klicek, B. (2017). Effects of dataset characteristics on the performance of feature selection techniques. *Applied Soft Computing*, 52, 109-119.
155. Papoušek, J., Pelánek, R., y Stanislav, V. (2014). Adaptative practice of facts in domains with varied prior knowledge. *Educational Data Mining*, 6-13.
156. Parsaei, M. R., Taheri, R., y Javidan, R. (2016). Perusing the effect of discretization of data on accuracy of predicting naive bayes algorithm. *Journal of Current Research in Science*, (1), 457.
157. Paviotti, G., y Rossi, P. G. (2012). Intelligent Tutoring Systems (ITS): a European point of view. En G. Paviotti, P. G. Rossi, y D. Zarka, *Intelligent Tutoring Systems: an overview* (págs. 9-15).
158. Pérez, D; Dressler, M; (2007). Tecnologías de la información para la gestión del conocimiento. *Intangible Capital*, 3 (15), 31-59. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54930103>
159. Pomerol, J. C., y Barba-Romero, S. (2012). *Multicriterion decision in management: principles and practice* (Vol. 25). Springer Science and Business Media.
160. Prieto, A. (2013). *Método de adaptación jerárquica de workflows basado en ontologías*. Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos, Universidad de Extremadura.
161. Rau, M. A. (2014). How should intelligent tutoring systems sequence multiple graphical representations of fractions? A multi-methods study. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24 (1), 125-161.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

162. Rau, M. A., Aleven, V., y Rummel, N. (2015). Successful learning with multiple graphical representations and self-explanation prompts. *Journal of Educational Psychology*, 107 (1), 30-46.
163. Rau, M. A., Michaelis, E., J., y Fay, N. (2015). Connection making between multiple graphical representations: A multi-methods approach for domain-specific grounding of an intelligent tutoring system for chemistry. *Computers and Education*, 82, 460-485.
164. Rau, M., Aleven, V., y Rummel, N. (2013). Interleaved practice in multi-dimensional learning tasks: Which dimension should we interleave? *Learning and Instruction*, 23, 98-114.
165. Reiser, B. J., y Anderson, J. R. (1985). "The LISP tutor: it approaches the effectiveness of a human tutor". En *Byte* (págs. 159-175).
166. Reyes, C. (2007). Analysis of the relation between knowledge engineering and knowledge management based on the Nonaka and Takeuchi models. *Intangible Capital*, (3), 71-85.
167. Rihák, J., y Pelánek, R. (2016). Choosing a Student Model for a Real World Application. *Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, (págs. 190-193). Zagreb.
168. Ríos, L. R. (2009). *Ambiente de enseñanza-aprendizaje inteligente para la programación lógica*. Tesis Doctoral, Centro Universitario de Sancti Spíritus "José Martí Pérez".
169. Ríos, L., Lezcano, M., y Díaz, A. (2009). Mapas conceptuales y agentes inteligentes en la enseñanza del Prolog. *CD Memorias del Segundo Congreso Cubano de desarrollo local*. Granma.
170. Risco, S., y Reye, J. (2012). Evaluation of an Intelligent Tutoring System used for Teaching RAD in a Database Environment. *Proceedings of the Fourteenth Australasian Computing Education Conference* (págs. 131-140). Melbourne, Australia: Australian Computer Society.
171. Rodríguez Gómez, D. (2006). Modelos para la creación y gestión del conocimiento: una aproximación teórica. *Educación*, 25-39.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

172. Rodríguez, E. P. (2014). *Descubrimiento de conocimiento a partir de la relación rasgos de la personalidad-rendimiento laboral en proyectos informáticos*. La Habana, Cuba: Universidad de las Ciencias Informáticas.
173. Romero, C., y Ventura, S. (2007). Educational data mining: A survey from 1995 to 2005. *Expert systems with applications*, 33(1), 135-146.
174. Romero, C., Porras, A. R., Ventura, S., Hervás, C., y Zafra, A. (2006). Using sequential pattern mining for links recommendation in adaptive hipermedia educational systems. *Current Developments in Technology-Assisted Education*, (págs. 1016-1020).
175. Romero, C., Ventura, S., y de Bra, P. (2005). Knowledge Discovery with Genetic Programming for Providing Feedback to Courseware Author. *User Modeling and User Adapted Interaction*, 14(5).
176. Sahebi, S., Huang, Y., y Brusilovsky, P. (2014). Predicting Student Performance in Solving Parameterized Exercises. *Proceedings of the 12th International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (págs. 496-503). Honolulu, HI, USA: Springer International Publishing Switzerland .
177. Shull, F., Singer, J., y Sjoberg, D. (2008). *Guide to Advanced Empirical Software Engineering*. Springer-Verlag.
178. Stampfer, E., y Koedinger, K. R. (2013). When seeing isn't believing: Influences of prior conceptions and misconceptions. En M. Knauff, M. Pauen, N. Sebanz, y I. Wachsmuth (Ed.), *Proceedings of the 35th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (págs. 916-919). Berlin: Heidelberg: Springer.
179. Sykes, E. R. (2006). *Design, Development and Assessment of the Java Intelligent Tutoring System*. Tesis Doctoral. Faculty of Education, Brock University.
180. Sykes, E. R. y F. Franek (2003). An Intelligent Tutoring System Prototype for Learning to Program Java. *Proceedings of the The 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*.
181. Sykes, E. R., y Franek, F. (2006). A prototype for an intelligent tutoring system for students earning to program in java. *Proceedings of the IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education* (págs. 78-83). Greece: Rhodes.

182. Thabtah, F., y Abdelhamid, N. (2016). Deriving Correlated Sets of Website Features for Phishing Detection: A Computational Intelligence Approach. *Journal of Information and Knowledge Management*, 15(04), 1650042.
183. Thompsen, T., Coelho, H., Viccari, R., y Behr, A. (2016). Using Semantic Web Technologies to Describe an Educational Domain. *Proceedings of the 13th International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (págs. 69-79). Croacia: Springer-Verlag.
184. Truong, N., Bancroft, P., y Roe, P. (2005). Learning to program through the web. *ACM SIGCSE Bulletin*, 37 (3), 9-13.
185. Valencia, M. M. A. (2013). La triangulación metodológica: sus principios, alcances y limitaciones. *Investigación y educación en enfermería*, 18(1).
186. Valle, A. (2011). Modelo para obtener un modelo. En N. Armas, y A. Valle, *Resultados científicos en la investigación educativa* (págs. 75-85). La Habana: Pueblo y Educación.
187. Vallejos, S. (2006). *Minería de Datos*. Trabajo de Adscripción, Corrientes.
188. VanLehn, K. (1988). *Student Modelling*. (E. M. Polson, Ed.) Foundations of Intelligent Tutoring Systems.
189. VanLehn, K. (2006). "The Behavior of Tutoring Systems". *International Journal of Artificial Intelligence in Education* , 227-265.
190. VanLehn, K. (2011). "The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems". *Educational Psychologist*, 197-221.
191. Vanlehn, K., Lynch, C., Schulze, K., Shapiro, J. A., Shelby, R., Taylor, L., y Wintersgill, M. (2005). The Andes physics tutoring system: Lessons learned. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 15(3), 147-204.
192. VanLehn, K., Burleson, W., Girard, S., Chavez, M., González-Sánchez, J., Hidalgo-Pontet, Y., y Zhang, L. (2014). The Affective Meta-Tutoring Project: Lessons Learned. *Proceedings of the 12th International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (págs. 84-93). Honolulu: Springer.
193. Vázquez Cano, E. (2015). El reto tecnológico para la sostenibilidad de los massive open online course (MOOC). *Panorama*, 9 (17), 51-60.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

194. Vivas, B. (2017). Las inteligencias múltiples como una estrategia didáctica para atender a la diversidad y aprovechar el potencial de todos los alumnos. *Revista de Educación Inclusiva*, 8(3).
195. Waalkens, M., Alevan, V., y Taatgen, N. (2013). Does supporting multiple student strategies lead to greater learning and motivation? Investigating a source of complexity in the architecture of intelligent tutoring systems. *Computers & Education*, 60(1), 159-171.
196. Wang, Y. y Heffernan, N. (2013). Extending knowledge tracing to allow partial credit: Using continuous versus binary nodes. *Artificial Intelligence in Education*, 181–188.
197. Wang, F. (2002). On Analysis and Modeling of Student Browsing Behavior in Web Based Asynchronous Learning Environments. *Conference on Web-based Learning*, (págs. 69-80).
198. Wang, Y., Heffernan, N. T. y Heffernan, C. (2015). Towards better affect detectors: effect of missing skills, class features and common wrong answers. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, (págs. 31-35). ACM.
199. Watson, C., Li, F. W., y Godwin, J. L. (2012). BlueFix: Using Crowd-Sourced Feedback to Support Programming Students in Error Diagnosis and Repair. *Proceedings of the 119 International Conference on Web-Based Learning-ICWLE*. Sinaia, Romania: Springer International Publishing.
200. Weber, G. y Brusilovsky, P. (2001). "ELM-ART: An adaptive versatile system for Web-based instruction". *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 12, 351-384.
201. Weragama, D. S. (2013). *Intelligent Tutoring System for learning PHP*. Tesis doctoral. School of Electrical Engineering & Computer Science, Queensland University of Technology.
202. Weragama, D., y Reye, J. (2014). "Analysing Student Programs in the PHP Intelligent Tutoring System". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 162-188.
203. Wiese, E. S., y Koedinger, K. R. (2015). Grounded feedback in a fraction addition tutor part of the Symposium Multiple Representations and Multimedia: Student Learning and Instruction at the 2015 Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA). *Paper presented as*. Chicago: IL.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

204. Wylie, R., Sheng, M., Mitamura, T., y Koedinger, K. (2011). Effects of adaptive prompted self-explanation on robust learning of second language grammar. (G. Biswas, S. Bull, J. Kay, y A. Mitrovic, Edits.) *Lecture Notes in Computer Science: Artificial intelligence in Education, 6738*, 588-590.
205. Xhakaj, F. (2015). *Intelligent tutors and granularity a new approach to red black trees*. Unpublished senior thesis, Lafayette College, Department of Computer Science, Easton Pennsylvania. USA.
206. Xhakaj, F., y Liew, C. W. (2015). A new approach to teaching red black tree. En V. Dagienè, C. Schulte, y T. Jevsikova (Ed.), *Proceedings of the 20th ACM Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE '15* (págs. 278-283). New York: ACM.
207. Yeh, S. W., y Lo, J. J. (2005). Assessing metacognitive knowledge in Web-based CALL: a neural network approach. *Computers & Education, 44*, 97-113.
208. Zatarain, R., Barrón, L., y Hernández, G. (2015). *An Affective Learning Enviroment for Java*.

**ANEXOS**

## ANEXOS

**Anexo 1. Aplicaciones de las técnicas de minería de datos en STI.****Tabla 1.** Listado de aplicaciones de las técnicas de minería de datos en STI. Fuente: elaboración propia.

<b>Tutores /Desarrolladores</b>	<b>Alumnos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Obtener una mayor retroalimentación de la enseñanza</li> <li>- Conocer el proceso de aprendizaje</li> <li>-Evaluar a los estudiantes por sus trazas de navegación</li> <li>-Reestructurar los contenidos del curso para personalizarlo</li> <li>- Clasificar a los alumnos en grupos</li> <li>-Detectar comportamientos irregulares de aprendizaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sugerir buenas experiencias aprendizaje</li> <li>- Adaptación del curso según proceso de aprendizaje</li> <li>- Ayudar a los estudiantes con sugerencias y atajos</li> <li>- Recomendar caminos más cortos y personalizados</li> </ul>

## Anexo 2. Correspondencia entre las tareas de la minería de datos y los paradigmas de computación.

**Tabla 2.** Estudio de la correspondencia entre las tareas de la minería de datos y los paradigmas de computación. Fuente: elaboración propia.

PARADIGMA		TAREAS				
		Predictivas		Descriptivas		
		Clasificación	Regresión	Agrupamiento	Secuencia de patrones y reglas de asociación	Valores anómalos
Bibliografía	Nombre					
(Aleven, McLaren, y Sewall, 2009), (Koedinger et al., 2012), (Wylie et al., 2011)	Redes de Bayes	x	x	x	x	x
(Liew y Xhakaj, 2015), (Xhakaj, 2015), (Xhakaj y Liew, 2015)	Árboles de decisión	x	x			
(Forlizzi et al., 2014)	Razonamiento basado en casos	x			x	
(Adams et al., 2014), (McLaren, Adams, y Mayer, 2015), (Stampfer y Koedinger, 2013), (Wiese y Koedinger, 2015), (Koorse, Cilliers, y Calitz, 2015)	Redes neuronales	x	x			
(Corbett et al., 2010), (McLaren et al., 2014; 2015; 2016), (Rau, Aleven, y Rummel, 2013; 2015), (Rau et al., 2014)	Algoritmos genéticos	x	x	x	x	
(Long y Aleven 2013a; 2013b), (Waalkens et al., 2013), (Earnshaw, 2014), (Rau, Michaelis, y Fay, 2015), (Doroudi et al., 2015)	Lógica borrosa	x	x	x	x	
(Olsen, Belenky, Aleven, y Rummel, 2014), (Olsen, Ringenberg et al., 2014), (Olsen, Rummel, y Aleven, 2015)	Sistema multiagentes	x	x	x	x	x
(Nkambou, Fournier-Viger, y Mephu, 2009), (Romero, Porras, Ventura, Hervás, y Zafra, 2006)	Patrones secuenciales				x	
(Long y Aleven, 2014), (Chase et al., 2015)	Reglas de asociación		x		x	
(Hilles y Naser, 2017)	Agrupamiento	x	x	x	x	x

### Anexo 3. Herramientas informáticas para la minería de datos.

**Tabla 3.** Listado de herramientas informáticas para la minería de datos. Fuente: elaboración propia.

Herramienta	Distribución	Funciones de Minería de Datos
Weka	Código abierto	Asociación (Apriori), clasificación (árboles de decisión, vecinos más próximos, SVM), agrupamiento (k medias, EM, Cobweb) y modelos combinados.
Keel	Código abierto	Regresión, clasificación, agrupamiento y minería de patrones.
RapidMiner	Código abierto	Regresión, clasificación y agrupamiento.
Xelopes	Código abierto	Clasificación (árboles de decisión, SVM, redes neuronales), agrupamiento (k medias, jerárquico) y reglas de asociación.
SAS Enterprise Miner	Comercial	Clasificación (árboles de decisión, redes neuronales), regresión lineal y logística y modelos combinados.
DB2 Intelligent Miner	Comercial	Agrupamiento, asociaciones, patrones, clasificación, predicción y análisis de series temporales.
Kepler	Comercial	Clasificación (árboles de decisión, redes neuronales, vecinos más próximos), regresión no lineal y estadística.
Oracle Data Mining	Comercial	Clasificación (árboles de decisión, redes neuronales, vecinos más próximos, aprendizaje bayesiano), regresión (redes neuronales), y agrupamiento (k medias y o agrupamiento).
Clementine	Comercial	Asociación (GRI, Apriori), clasificación (árboles de decisión, redes neuronales), agrupamiento (k medias), regresión lineal y logística y modelos combinados.
R	Código abierto	Clasificación (árboles de decisión, redes neuronales).

**Anexos 4. Guía de la entrevista a profundidad para determinar los problemas en el proceso de aprendizaje de la Programación Orientada a Objetos.**

La entrevista a profundidad estuvo guiada por varias preguntas:

- 1- ¿Considera que con mucha frecuencia los estudiantes presentan incapacidad para identificar la esencia de un problema en los temas de programación orientada a objetos?
- 2- ¿Considera que en ocasiones los estudiantes declaran métodos de la POO que no expresan claramente lo que se necesita de acuerdo al problema que se les presenta?
- 3- ¿Cree que los estudiantes presentan deficiencias de manera reiterada en el manejo de la semántica del lenguaje?
- 4- ¿Tiene el criterio de que los estudiantes se vinculan al paradigma estructurado en las materias anteriores de tal manera que cuando inician la programación orientada a objetos siguen pensando en esta forma lo que se configura en otro factor que dificulta el aprendizaje de la asignatura?

**Anexo 5. Matriz de decisión para valorar la clasificación de los datos extraídos de la bibliografía consultada en relación al uso de técnicas de la inteligencia artificial.**

**Tabla 4.** Matriz de decisión para valorar la clasificación. Fuente: elaboración propia.

Clasificación	wj	Alternativas									
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Descubrir grupos de estudiantes con características similares y reacciones a una estrategia pedagógica	5	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Predecir la actuación de los estudiantes	7	X			X	X	X		X		
Predecir la nota final de los estudiantes	6		X		X	X	X				
Detectar un mal uso o distracción de los estudiantes	1	X	X			X	X		X		X
Agrupar alumnos por características de aprendizaje	2	X			X		X	X	X		X
Promover actividades motivadoras o correctoras	4					X	X		X	X	
Encontrar las malas concepciones comunes a los estudiantes	3	X									X
	rj	18	11	5	20	23	24	7	19	4	11

### Anexo 6. Cuestionario sobre Estilos de Aprendizaje de Felder (IEA).

Para cada una de las 44 cuestiones de abajo, selecciona bien “a” o “b” para indicar tu respuesta. Por favor, elige solo una respuesta para cada pregunta. Si ambas “a” y “b” son posibles, elige la que se ajuste más frecuentemente.

1. Entiendo algo mejor después de:

(a) probarlo  (b) pensar en ello

2. Preferiría ser considerado:

(a) realista  (b) innovador

3. Cuando pienso en lo que hice ayer, es más fácil que me venga:

(a) una imagen  (b) palabras

4. Yo suelo:

(a) entender los detalles de una asignatura pero puede ser que me pierda con la estructura general

(b) entender la estructura general, pero puede ser que me pierda con los detalles

5. Cuando estoy aprendiendo algo nuevo, me ayuda:

(a) hablar sobre ello  (b) pensar en ello

6. Si fuera un profesor, preferiría enseñar un curso:

(a) que tratara de hechos y situaciones de la vida real  (b) que tratara de ideas y teorías

7. Yo prefiero conseguir nueva información en forma de:

(a) imágenes, diagramas, gráficos o mapas  (b) instrucciones escritas o información verbal

8. Una vez que he entendido:

(a) todas las partes, entiendo el conjunto  (b) el conjunto, veo cómo encajan las partes

9. En un grupo de trabajo con una tarea difícil para realizar, es más probable que yo:

(a) me lance y contribuya con ideas  (b) me siente al fondo y escuche

10. Encuentro más sencillo:

(a) aprender hechos  (b) aprender conceptos

11. En un libro con muchas imágenes y gráficos, es más probable que yo:

(a) mire las imágenes y gráficos detenidamente  (b) me centre en el texto escrito

12. Cuando resuelvo problemas matemáticos:

(a) normalmente trabajo para conseguir la solución paso a paso

(b) a menudo veo la solución directamente, pero luego tengo que cavilar para extraer los pasos que llegan hasta ella.

13. En las clases a las que he asistido:

(a) solía conocer a la mayoría de los alumnos  (b) raramente conocía a muchos de los alumnos

14. A la hora de leer novelas que no sean de ficción, prefiero:

(a) algo que me enseñe nuevos hechos o me cuente cómo hacer algo

(b) algo que me de nuevas ideas sobre las que pensar

15. Me gustan los profesores que:

(a) ponen muchos diagramas en la pizarra  (b) pasan mucho tiempo explicando

16. Cuando estoy analizando una historia o una novela:

(a) pienso en los incidentes e intento juntarlos para extraer los hilos conductores o temas

- \_\_ (b) solo sé de qué van los temas cuando acabo de leerla y luego tengo que volver al inicio y encontrar los incidentes que los demostraban
17. Cuando empiezo con los deberes, es más probable que:  
 \_\_ (a) empiece a trabajar en la solución directamente  
 \_\_ (b) intente entender completamente el problema primero
18. Prefiero la idea de:  
 \_\_ (a) certidumbre      \_\_ (b) teoría
19. Recuerdo mejor:  
 \_\_ (a) lo que veo      \_\_ (b) lo que escucho
20. Para mí es más importante que un profesor:  
 \_\_ (a) exponga el material en pasos secuenciales claros  
 \_\_ (b) me dé una imagen general y relacione el material con otras asignaturas
21. Prefiero estudiar:  
 \_\_ (a) en un grupo de trabajo      \_\_ (b) solo
22. Es más probable que me consideren:  
 \_\_ (a) cuidadoso con los detalles de mi trabajo      \_\_ (b) creativo en cómo hacer mi trabajo
23. Cuando me dan indicaciones para llegar a un sitio, prefiero:  
 \_\_ (a) un mapa      \_\_ (b) instrucciones escritas
24. Aprendo:  
 \_\_ (a) con un paso regular y estable. Si estudio duro, lo conseguiré.  
 \_\_ (b) a tropezones. Puede que esté totalmente confundido, pero de repente, todo encaja.
25. Seguramente primero:  
 \_\_ (a) intentaría sacar las cosas      \_\_ (b) pensaría en cómo voy a hacerlo
26. Cuando estoy leyendo por hobby, prefiero a los escritores que:  
 \_\_ (a) dicen claramente lo que están pensando      \_\_ (b) dicen cosas de forma creativa e interesante
27. Cuando veo un diagrama o un croquis en clase, es más probable que recuerde:  
 \_\_ (a) la imagen      \_\_ (b) lo que el profesor dijo sobre él
28. Cuando considero un cuerpo de información, es más probable que:  
 \_\_ (a) me centre en los detalles y me pierda la imagen general  
 \_\_ (b) intente entender la imagen general antes de ponerme con los detalles
29. Recuerdo más fácilmente:  
 \_\_ (a) algo que he hecho      \_\_ (b) algo sobre lo que he estado pensando mucho
30. Cuando tengo que realizar una tarea, prefiero:  
 \_\_ (a) controlar una forma concreta de hacerla      \_\_ (b) descubrir nuevas formas de hacerla
31. Cuando alguien me está enseñando datos, prefiero:  
 \_\_ (a) gráficos o diagramas      \_\_ (b) texto que sintetice los resultados
32. Cuando estoy escribiendo un artículo, es más probable que:  
 \_\_ (a) trabaje (pensando y escribiendo) en el principio del artículo y prograse hacia adelante  
 \_\_ (b) trabaje (pensando y escribiendo) en diferentes partes del artículo y luego las ordene
33. Cuando tengo que trabajar en un proyecto en grupo, lo que primero quiero es:  
 \_\_ (a) tener una “lluvia de ideas” en la que todos contribuyan con ideas  
 \_\_ (b) pensar individualmente y luego juntarnos como grupo para comparar las ideas
34. Tengo en mayor estima llamar a alguien:

- \_\_ (a) sensato                      \_\_ (b) imaginativo
35. Cuando conozco a gente en una fiesta, es más probable que recuerde:  
\_\_ (a) cómo eran                      \_\_ (b) lo que dijeron sobre ellos
36. Cuando estoy aprendiendo una asignatura nueva, prefiero:  
\_\_ (a) estar centrado en esa asignatura, aprendiendo lo máximo que pueda  
\_\_ (b) intentar hacer conexiones entre esa asignatura y las asignaturas relacionadas.
37. Es más probable que me consideren:  
\_\_ (a) sociable                      \_\_ (b) reservado
38. Prefiero los cursos que enfatizan:  
\_\_ (a) los materiales concretos (hechos, datos)                      \_\_ (b) los materiales abstractos (conceptos, teorías)
39. Para distraerme, preferiría:  
\_\_ (a) mirar la televisión                      \_\_ (b) leer un libro
40. Algunos profesores empiezan sus clases con un esquema de lo que tratarán. Dichos esquemas me resultan:  
\_\_ (a) de alguna manera útiles                      \_\_ (b) muy útiles
41. La idea de hacer trabajos en grupos, que se valoren con puntos adicionales para el grupo entero:  
\_\_ (a) me llama la atención                      \_\_ (b) no me llama la atención
42. Cuando estoy haciendo cálculos largos:  
\_\_ (a) suelo repetir todos los pasos y comprobar mi trabajo cuidadosamente  
\_\_ (b) comprobar mi trabajo me resulta tedioso y tengo que forzarme para hacerlo
43. Suelo visualizar sitios en los que he estado:  
\_\_ (a) fácilmente y con bastante precisión                      \_\_ (b) con dificultad y sin mucho detalle
44. Cuando estoy resolviendo problemas en un grupo, es más probable que:  
\_\_ (a) piense en los pasos del proceso de resolución  
\_\_ (b) piense en posibles consecuencias o aplicaciones de la solución en un amplio rango de áreas

**Anexo 7. Comparación entre los elementos del cuestionario con las definiciones de las dimensiones del Estilo de Aprendizaje.**

**Tabla 5.** Correspondencia los elementos del cuestionario y las definiciones de las dimensiones del Estilo de Aprendizaje. Fuente: elaboración propia.

<b>Estilos de Aprendizaje</b>							
<b>Procesamiento</b>		<b>Percepción</b>		<b>Entrada</b>		<b>Comprensión</b>	
<b>Activo</b>	<b>Reflexivo</b>	<b>Sensorial</b>	<b>Intuitiva</b>	<b>Visual</b>	<b>Verbal</b>	<b>Secuencial</b>	<b>Global</b>
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b
5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b
9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b
13a	13b	14a	14b	15a	15b	16a	16b
17a	17b	18a	18b	19a	19b	20a	20b
21a	21b	22a	22b	23a	23b	24a	24b
25a	25b	26a	26b	27a	27b	28a	28b
29a	29b	30a	30b	31a	31b	32a	32b
33a	33b	34a	34b	35a	35b	36a	36b
37a	37b	38a	38b	39a	39b	40a	40b
41a	41b	42a	42b	43a	43b	44a	44b

Anexo 8. Clases para los Estilos de Aprendizaje de Felder.

	FUERTE		MOD.		EQUILIBRADO				MOD.		FUERTE		
ACT	11	9	7	5	3	1	-1	-3	-5	-7	-9	-11	REF
SEN	11	9	7	5	3	3	-1	-3	-5	-7	-9	-11	INT
VIS	11	9	7	5	3	3	-1	-3	-7	-5	-9	-11	VRB
SEQ	11	9	7	5	3	3	-1	-3	-7	-5	-9	-11	GLO

Figura 1. Clases para los Estilos de Aprendizaje de Felder. Fuente: elaboración propia.

### Anexo 9. Test de las inteligencias múltiples de H. Gardner.

Este test te ayudará a que puedas conocerte mejor y, también, a que pueda identificar las áreas más sobresalientes de su inteligencia.

Instrucciones: Lee cuidadosamente cada una de las afirmaciones siguientes.

a.- Si crees que refleja una característica tuya y te parece que la afirmación es verdadera, escribe "V".

b.- Si crees que no refleja una característica tuya y te parece que la afirmación es falsa, escribe una "F".

c.- Si estás dudoso porque a veces es verdadera y a veces falsa no escribas nada y déjala en blanco. Recuerda que el más interesado en saber cómo eres tú mismo, por eso responde con mucha honestidad y sinceridad.

1. \_\_\_ Prefiero hacer un mapa que explicarle a alguien como tiene que llegar a un lugar determinado.
2. \_\_\_ Si estoy enojado o contento generalmente sé la razón exacta de por qué es así.
3. \_\_\_ Sé tocar, o antes sabía, un instrumento musical.
4. \_\_\_ Asocio la música con mis estados de ánimo.
5. \_\_\_ Puedo sumar o multiplicar mentalmente con mucha rapidez.
6. \_\_\_ Puedo ayudar a un amigo(a) a manejar y controlar sus sentimientos, porque yo lo pude hacer antes en relación a sentimientos parecidos.
7. \_\_\_ Me gusta trabajar con calculadora y computadoras
8. \_\_\_ Aprendo rápidamente a bailar un baile nuevo
9. \_\_\_ No me es difícil decir lo que pienso durante una discusión o debate.
10. \_\_\_ ¿Disfruto de una buena charla, prédica o sermón?
11. \_\_\_ Siempre distingo el Norte del Sur, esté donde esté.
12. \_\_\_ Me gusta reunir grupos de personas en una fiesta o evento especial.
13. \_\_\_ Realmente la vida me parece vacía sin música.
14. \_\_\_ Siempre entiendo los gráficos que vienen en las instrucciones de equipos o instrumentos.
15. \_\_\_ Me gusta resolver puzzles y entretenerme con juegos electrónicos.
16. \_\_\_ Me fue fácil aprender a andar en bicicleta o patines.
17. \_\_\_ Me enojo cuando escucho una discusión o una afirmación que me parece ilógica o absurda.
18. \_\_\_ Soy capaz de convencer a otros que sigan mis planes o ideas.
19. \_\_\_ Tengo buen sentido del equilibrio y de coordinación.
20. \_\_\_ A menudo puedo captar relaciones entre números con mayor rapidez y facilidad que algunos de mis compañeros.
21. \_\_\_ Me gusta construir modelos, maquetas o hacer esculturas.
22. \_\_\_ Soy bueno para encontrar el significado preciso de las palabras.
23. \_\_\_ Puedo mirar un objeto de una manera y con la misma facilidad verlo dado vuelta o al revés.

24. \_\_\_ Con frecuencia establezco la relación que puede haber entre una música o canción y algo que haya ocurrido en mi vida.
25. \_\_\_ Me gusta trabajar con números y figuras.
26. \_\_\_ Me gusta sentarme muy callado y pensar, reflexionar sobre mis sentimientos más íntimos.
27. \_\_\_ Solamente con mirar las formas de las construcciones y estructuras me siento a gusto.
28. \_\_\_ Cuando estoy en la ducha, o cuando estoy solo me gusta tararear, cantar o silbar.
29. \_\_\_ Soy bueno para el atletismo.
30. \_\_\_ Me gusta escribir cartas largas a mis amigos.
31. \_\_\_ Generalmente me doy cuenta de la expresión o gestos que tengo en la cara.
32. \_\_\_ Muchas veces me doy cuenta de las expresiones o gestos en la cara de las otras personas.
33. \_\_\_ Reconozco mis estados de ánimo, no me cuesta identificarlos.
34. \_\_\_ Me doy cuenta de los estados de ánimo de las personas con quienes me encuentro.
35. \_\_\_ Me doy cuenta bastante bien de lo que los otros piensan de mí.

## HOJA DE CORRECCIÓN

Haz un círculo en cada uno de los ítems que marcaste como verdadero. Un total de 4 en cualquiera de las categorías indica que allí tienes una habilidad que resalta:

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
9	5	1	8	3	2	12
10	7	11	16	4	6	18
17	15	14	19	13	26	32
22	20	23	21	24	31	34
30	25	27	29	28	33	35

A: Inteligencia Verbal / Lingüística    E: Inteligencia Musical/Rítmica  
 B: Inteligencia Lógica/ Matemática    F: Inteligencia Intrapersonal  
 C: Inteligencia Visual/Espacial        G: Inteligencia Interpersonal  
 D: Inteligencia Corporal/Cinestésica

**Anexo 10. Encuesta para profesores de Instituciones de Educación Superior en Cuba.**

Estimado(a) profesor(a):

Debido a la tendencia actual de utilizar STI para lograr una mejor gestión del conocimiento, adaptabilidad e interoperabilidad y durabilidad, en la UNISS se desarrolla una investigación basada en la búsqueda de soluciones que posibiliten elevar la productividad de este tipo de recurso, así como los niveles de utilización. Con este propósito se ha considerado indispensable recopilar información de los centros que incluyen procesos de formación, con el objetivo de que los STI desarrollados cubran un elevado número de expectativas posibles.

Pedimos su ayuda contestando unas preguntas. Sus respuestas serán confidenciales y no se reportarán datos individuales. Le pedimos lea detenidamente cada pregunta y responda sinceramente la siguiente encuesta.

Muchas gracias por su contribución.

**1. DATOS PERSONALES DEL ENCUESTADO**

Centro:	
Categoría docente:	Categoría científica:
Grado científico:	
Años de experiencia en temas relacionados con tecnología educativa:	

1. ¿En su institución utilizan algún STI (sistema tutor inteligente) para la aplicación de los contenidos referentes a la programación?

Sí  No sé  No

2. Marque con una X la frecuencia con que usted utiliza algún tipo de tutor en el proceso formativo.

No.	Frecuencia	Selección
1	Muchas veces	
2	Frecuentemente	
3	A veces	
4	Pocas veces	
5	Nunca	

3. Marque con una X las razones que usted considera pueden afectar la utilización de los STI.

Desconocimiento o poco entendimiento de los modelos existentes para su aplicación en la rama de la programación.

Actividad engorrosa.

Desconocimiento o poco entendimiento de la importancia de que poseen en cuanto a la adaptabilidad que ofrecen.

Escasa o incorrecta concepción de lo que son los STI, lo cual repercute a la hora de su posterior utilización.

Creación de STI con el uso de licencias copyright.

Falta de compatibilidad con las plataformas existentes.

Otra(s) \_\_\_\_\_

4. ¿Considera usted necesario que la universidad haga uso de algún STI que permita gestionar mejor el conocimiento?

Sí  No

5. ¿Aprecia usted que los STI actualmente en uso presentan dificultades que impiden a los estudiantes apropiarse de una mayor cantidad de conocimiento?

6. De los recursos disponibles en los STI ¿cuáles reconoce de mayor utilidad para conseguir que los alumnos eleven sus niveles de asimilación? (Marque con una X)

directorio temático ()     simuladores ()     espacio para el debate ()

entrenadores ()     conversación en línea ()     evaluadores ()

textos explicativos ()

Ordene los recursos seleccionados atendiendo a la calidad y potencialidad que usted le asigna de acuerdo a su experiencia.

7. ¿Cree usted que los STI facilitarían el proceso de enseñanza-aprendizaje de otros temas de otras asignaturas?

Sí                       No                       No sé

8. ¿Conoce algún centro que emplee STI para la gestión del conocimiento en la asignatura lenguajes y técnicas de programación?

Sí  No    Si la respuesta es Sí, méncionelo.

Centro \_\_\_\_\_ Sistema Tutor(es) \_\_\_\_\_

Centro \_\_\_\_\_ Sistema Tutor(es) \_\_\_\_\_

**Anexo 11. Guía de la entrevista a profundidad.**

La entrevista a profundidad estuvo guiada por las siguientes preguntas:

1. ¿Cree pertinente el tema de investigación que se propone desarrollar?
2. ¿Qué opinión le merece el uso de los STI en los procesos formativos de las IES?
3. ¿Considera necesario que en las IES en Cuba se utilicen recursos educativos como los STI?  
¿Por qué?
4. ¿Qué recursos Ud. considera deben integrarse en un STI para utilizando las inteligencias múltiples aumentar la calidad en la formación del programador?
5. Para usted ¿qué importancia tiene la existencia de un STI que utilizando las IM facilite la aplicación de la POO en la carrera de informática?

## Anexo 12. Grupo focal. Guía para su desarrollo.

**No de participantes:** 5 participantes compuesto por especialistas del Departamento de Ingeniería en Informática y Tecnología Educativa de la universidad, desarrolladores de proyectos y profesores con experiencia en el área de la tecnología.

**Fecha:** 12 de septiembre del 2015 **Lugar:** Aula 3.4 **Hora:** 9: a.m.

### Apertura

- Describir lo que constituye un grupo focal
- Explicar el objetivo de la reunión
- Explicar procedimiento

### Presentación de la herramienta

#### 1. Objetivos

**Tabla 4.** Objetivos de la investigación y grupo focal. Fuente: elaboración propia.

<b>Objetivos de la Investigación</b>
Desarrollar un modelo, que integre conceptos y métodos de la POO, utilizando técnicas de minería de datos, gestión el conocimiento, analíticas de aprendizaje, inteligencia artificial y la teoría de las IM, para favorecer la gestión del conocimiento y mejorar la orientación en la solución de problemas en la carrera de informática.
<b>Objetivos del grupo focal</b>
Identificar posibles mejoras a las funcionalidades de los STI enmarcadas principalmente en los procesos de adaptación a perfiles de estudiante y la interoperabilidad con otras herramientas.

#### 2. Lista de asistentes Grupo focal

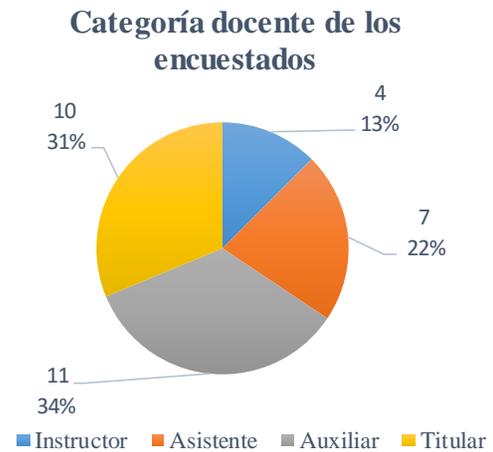
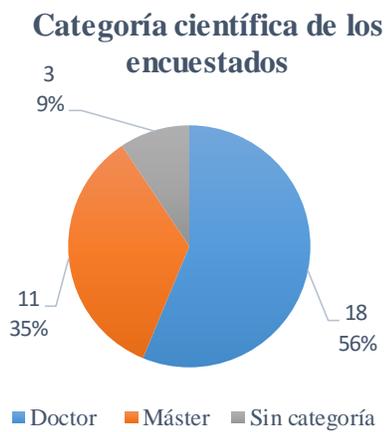
Nombre del moderador: Ing. Ivelisse Teresa Machín Torres

Nombre del observador: Ing. José Antonio Álvarez Farfán

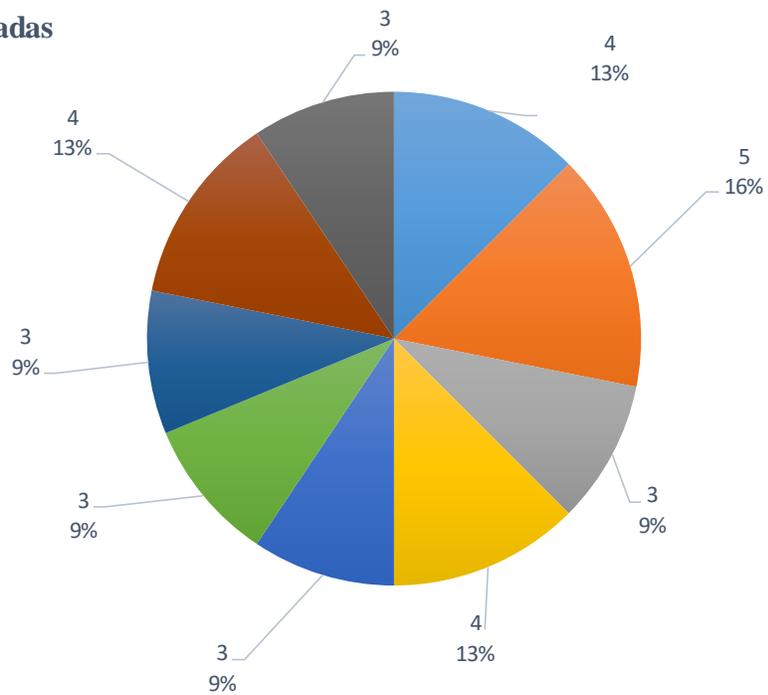
#### 3. Guía de preguntas

- De los componentes existentes en la literatura. ¿Cuáles consideran que son factibles incorporar a los STI? ¿Considera necesaria la comunicación entre los LMS y los STIs?
- ¿Considera necesario el desarrollo de un STI que brinde adaptabilidad a los perfiles de estudiante y una mayor personalización de los contenidos?
- ¿Qué beneficios aporta utilizar ambientes de desarrollo abierto como un paso en la estrategia de integrar los STIs con las MOOC y demás plataformas e-learning?
- ¿Qué estándares serían más factible utilizar para la implementación?

**Anexo 13. Procesamiento de los resultados del diagnóstico mediante la aplicación de las técnicas citadas en el Anexo 10, 11 y 12 a una muestra de 32 profesores de 9 IES del país.**

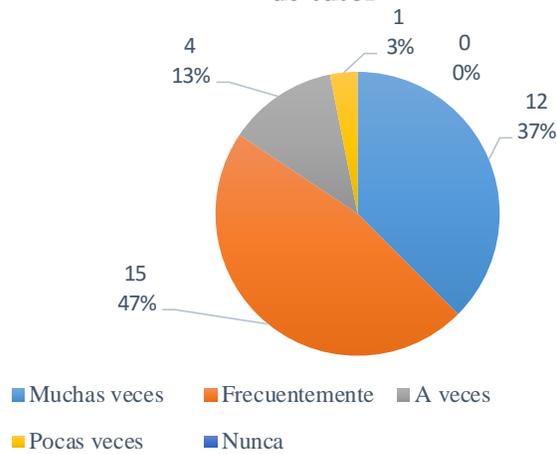


**Instituciones encuestadas**

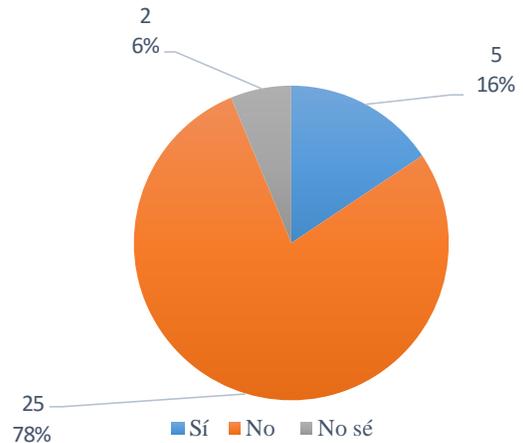


- Universidad Agraria de La Habana
- Universidad José Martí Pérez
- Universidad de Matanzas
- Universidad de Ciencias Pedagógicas "Félix Varela"
- Universidad de Oriente
- Universidad Central de Las Villas
- Universidad de La Habana
- Universidad de las Ciencias Informáticas
- Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría"

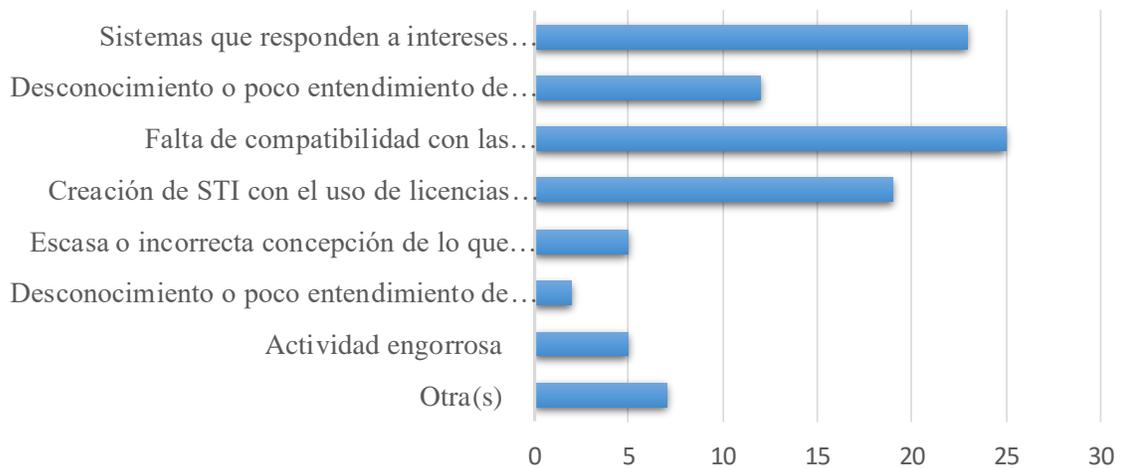
**Frecuencia de uso de algún tipo de tutor**



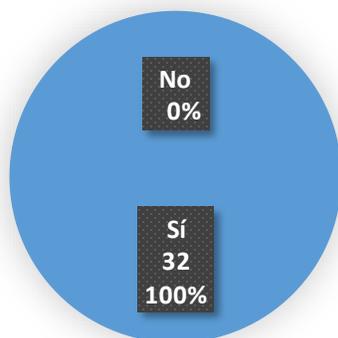
**Uso de STI para la enseñanza de contenidos en programación**



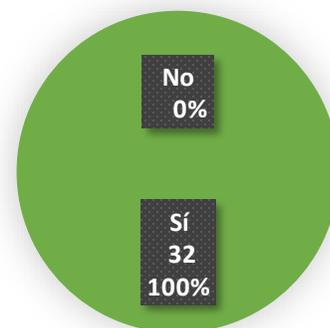
**Razones que afectan la utilización de los STI**



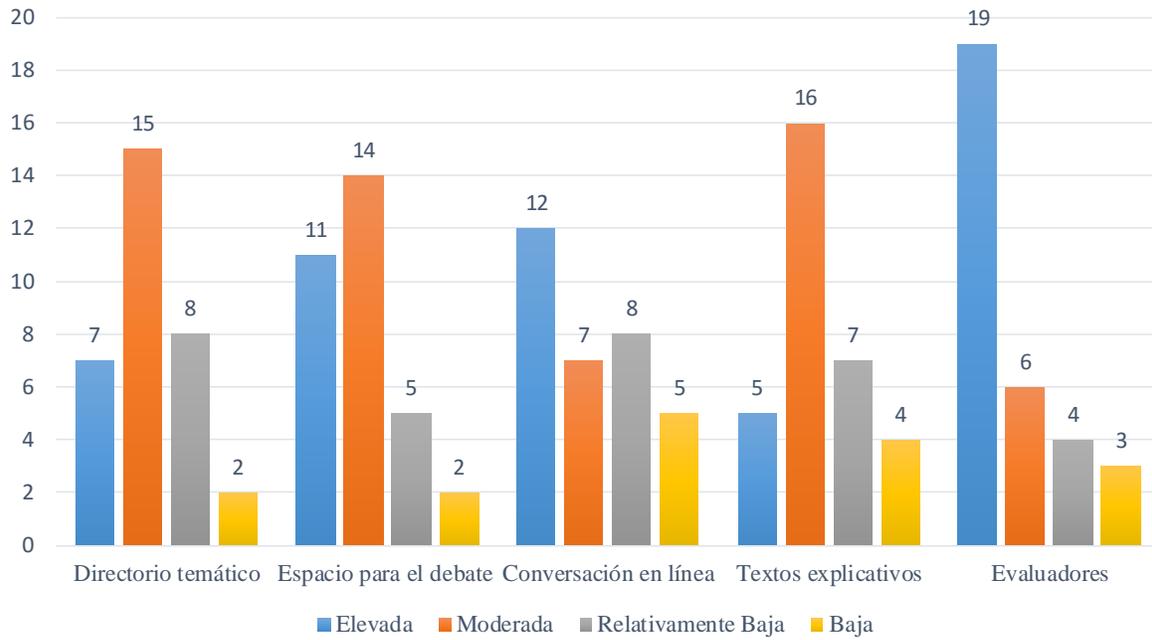
**Utilidad de empleo de STI para la gestión del conocimiento**



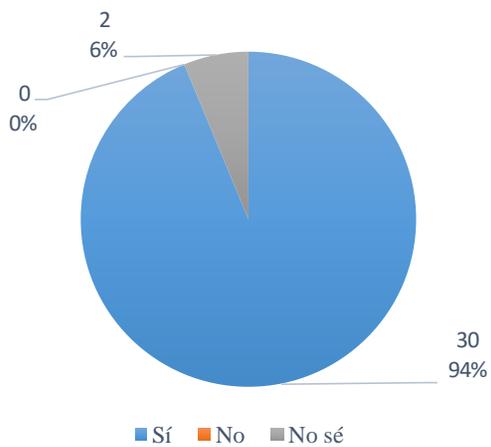
**Necesidad de uso de STI para la gestión del conocimiento**



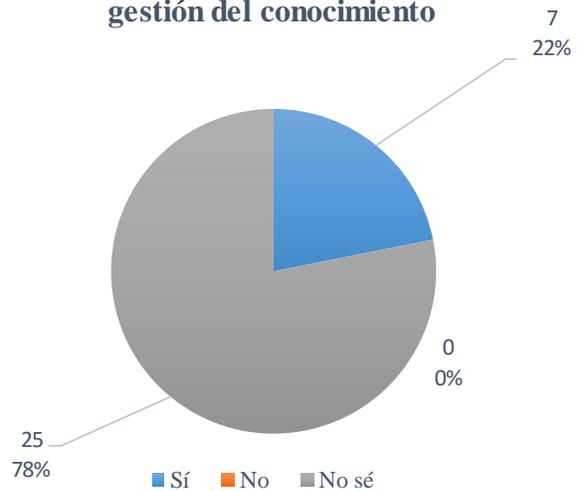
**Importancia asignada por los expertos a los recursos del STI**



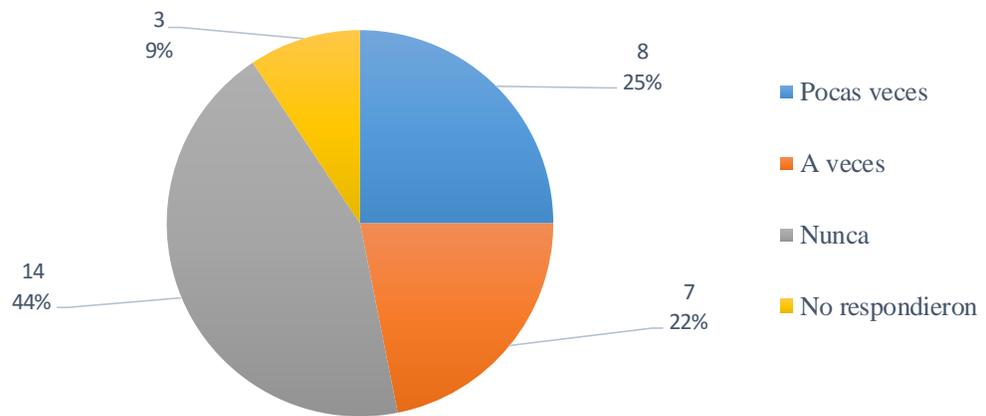
**Uso de STI en otras asignaturas**



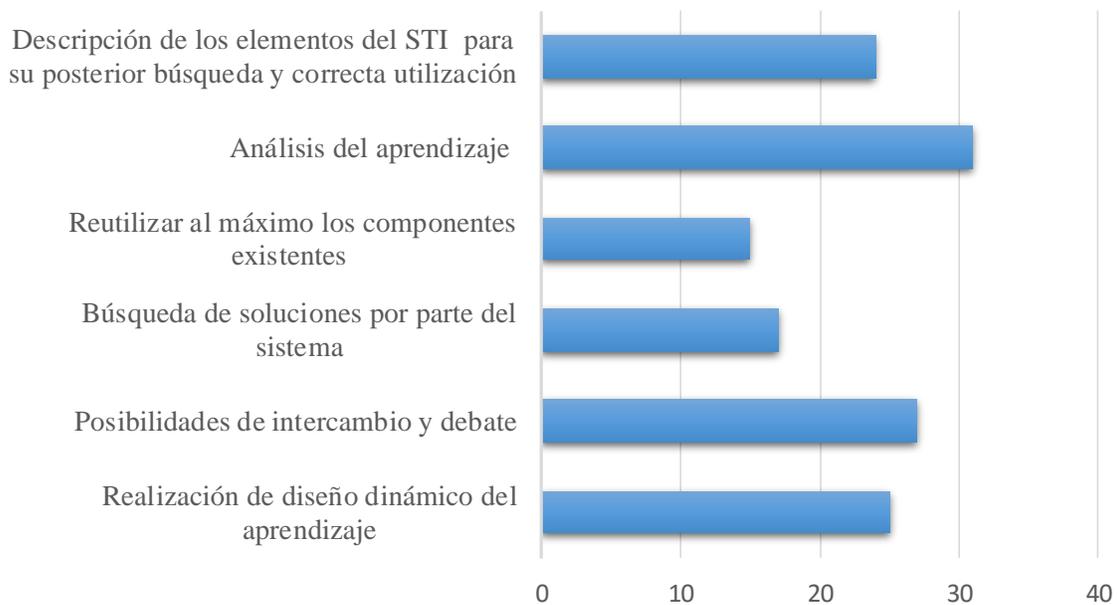
**Centros que utilizan STI para la gestión del conocimiento**



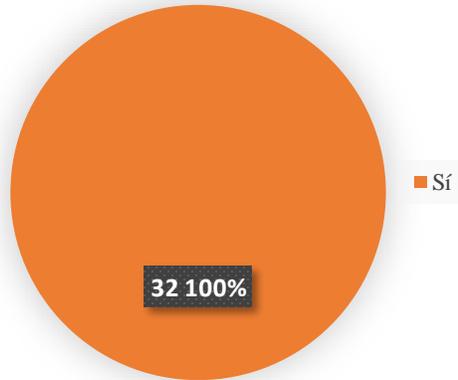
**Frecuencia de la resolución colaborativa de problemas y aprendizaje de contenidos a través de STI**



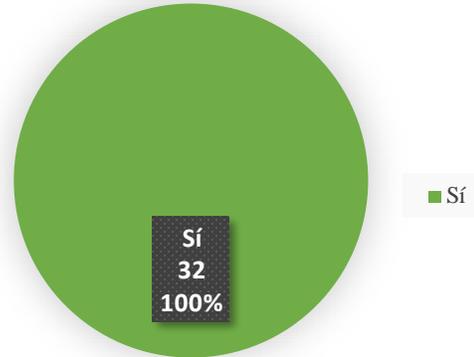
**Funcionalidades que debe brindar un STI para la particularización de contenidos y gestión del conocimiento**



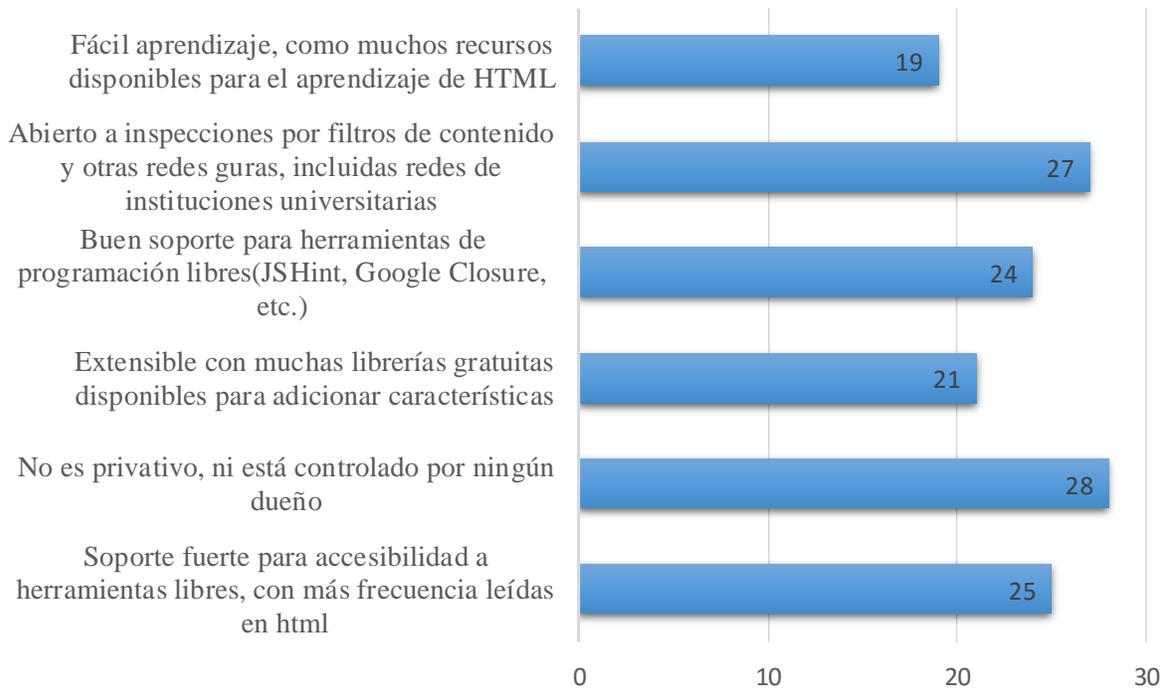
**Necesidad de comunicación entre LMS y STI**



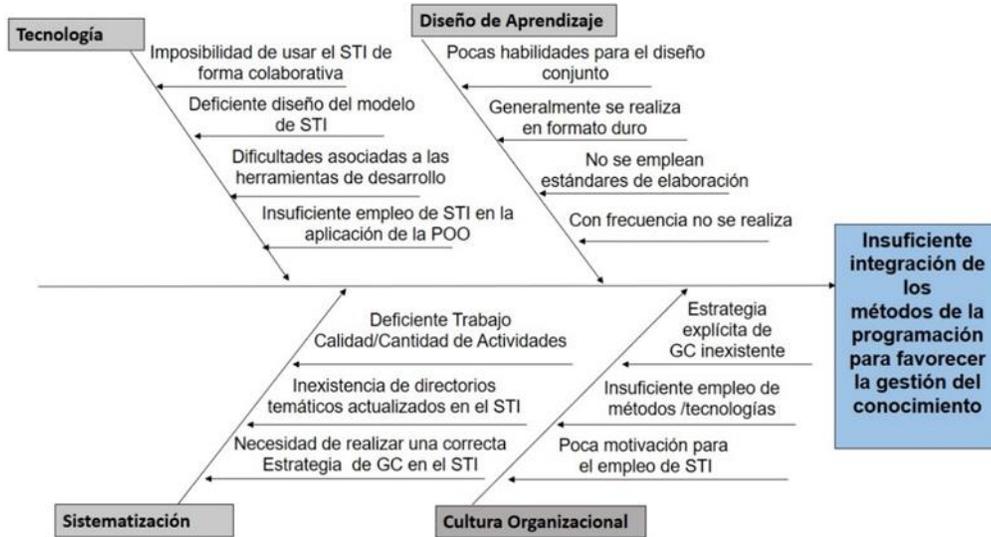
**Interoperabilidad con otras plataformas**



**Beneficios que aporta utilizar ambientes de desarrollo abierto como un paso en la estrategia de integrar los STI con las MOOC y demás plataformas e-learning**



**Anexo 14. Diagrama Causa-Efecto para visualizar y relacionar causas y limitaciones resultantes del diagnóstico.**



**Figura 2.** Diagrama Causa-Efecto. Fuente: elaboración propia.

### Anexo 15. Aspectos a tener en cuenta para la evaluación de STI según el contexto.

**Tabla 7.** Aspectos a tener en cuenta para la evaluación de STI. Fuente: elaboración propia.

<b>Adecuación a los receptores</b>	<b>Organización interna de la información</b>
- Adaptación al curriculum	- Respuesta rápida a las acciones.
- Adecuación a características de desempeño de los alumnos	- Respuesta rápida a las solicitudes de información.
- Adecuación del vocabulario al ámbito profesional	- Vínculos con la web
- Adecuación al nivel cognitivo alcanzado por el alumno	- Registro sitios web visitados
<b>Acceso a la información del modelo</b>	<b>Calidad en el diseño</b>
- Libre	- Coherencia de estilo grafico
- Protegida	- Estabilidad de zonas en la pantalla
<b>Calidad de contenidos</b>	- Estabilidad y equilibrio de cambio de fondos
- Nivel de actualización	- Movimiento según ángulos de visión
- Calidad científica	- Composición de pantalla simple
- Conocimientos previos requeridos	- Recarga escénica (cognitiva)
- Secuenciación y estructuración	- Contraste de fondos y objetos
- Originalidad de presentación	- Densidad de objetos en pantalla
- Selección del método pedagógico	- Diferenciación de zonas en pantalla
- Ruta de Aprendizaje	- Jerarquización de pantallas
- Estilo Pedagógico	- Originalidad en aplicación de recursos
- Retroalimentación	- Coherencia respecto a índices de IM
<b>Evaluación</b>	<b>Diseño de los ejercicios y problemas</b>
- Diferenciación entre individual y grupal	- Claridad en los enunciados
- Autoevaluación por unidades o ejes temáticos.	- Planeo de problemas realistas
- Claridad de aspectos evaluados	- Relevancia del problema en la realidad profesional.
- Autoevaluación por unidades o ejes temáticos.	- Permite aprendizaje auto dirigido
- Posibilidad de experimentación	- Permite razonamiento divergente y perspectivas múltiples ante un conflicto.
- Selección de métodos válidos para solución y nivel de dificultad de los problemas.	- Inclusión de herramientas colaborativas
- Relación del problema con el entorno	- Registro de evolución de los aprendizajes
- Retroalimentación de errores	- Ponderación de opciones si las hubiere
- Elaboración del cambio conceptual	- Nivel de dificultad de los problemas
- Registro de evolución de los aprendizajes	- Dificultad acorde con conocimientos
- Ponderación de opciones si las hubiere	

**Anexo 16. Resultados de la evaluación de los modelos de STI según análisis de la literatura especializada.**

**Tabla 8.** Resultados de la evaluación de los modelos de STI. Fuente: elaboración propia.

<b>Id</b>	<b>Modelo</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A6</b>	<b>A7</b>	<b>A8</b>	<b>A9</b>
M1	PHP ITS	Sí	P	P-	A	P-	P	D	P-	D
M2	J-LATTE	Sí	P	D	A	D	D	P	P-	D
M3	Enström, Kreitz et al. 2011	P	Sí	P	A	Sí	P	P	D	D
M4	JITS	P-	Sí	D	A	P	P	D	D	D
M5	Naudé, Greyling y Vogts, 2010.	P	Sí	P	A	P	P	P	D	P
M6	ELP	P	Sí	D	A	P	P	P	D	Sí
M7	Jurado 2010	P-	Sí	D	M	P	P	P-	P	P
M8	Verificator	P	P	P	A	Sí	P	P-	P-	P
M9	BlueFix	D	P	Sí	A	P	Sí	Sí	P-	P

Anexo 17. Diagrama que ilustra el componente Gestión de Perfiles Inteligentes.

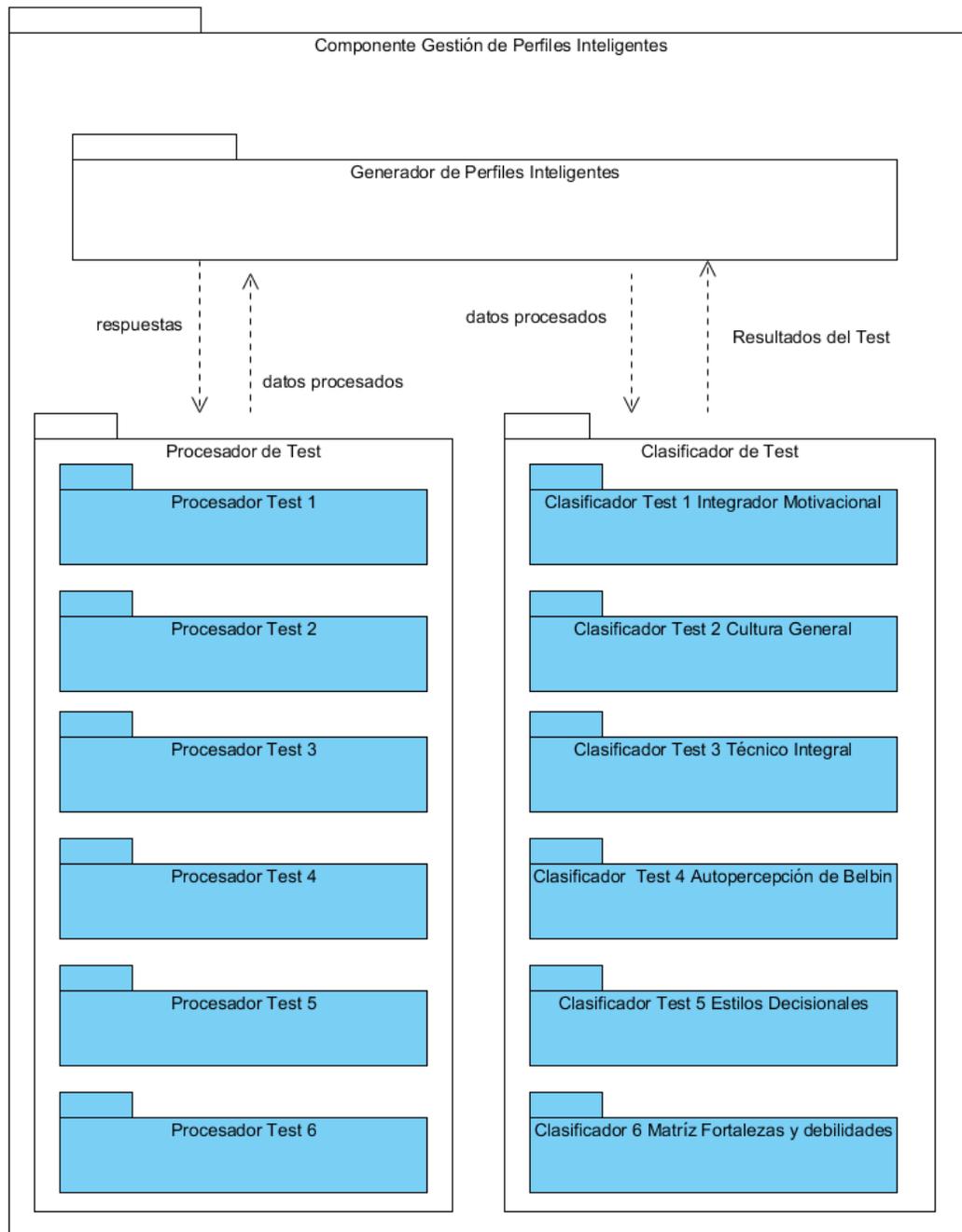


Figura 3. Diagrama de paquetes correspondiente al componente Gestión de Perfiles Inteligentes.  
Fuente: elaboración propia.

### Anexo 18. Pseudocódigo de algoritmos del sub-componente Módulo Estudiante Dinámico.

**Tabla 9.** Algoritmo para el clasificar los estilos de aprendizaje según respuestas dadas por el estudiante al Test propuesto por Felder y Silverman. Fuente: elaboración propia.

<b>Entradas</b>	Lista de respuestas según el Test de Felder y Silverman
<b>Salidas</b>	Mapa de estilos de aprendizaje según las dimensiones de aprendizaje
<b>Descripción</b>	Permite el manejo de la información correspondiente a las respuestas obtenidas a partir del Test de Felder y Silverman para la selección del estilo de aprendizaje que permita elaborar posteriormente una ruta de aprendizaje personalizada.
<p>INICIO</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Procesamiento, Percepción, Entrada, Comprensión: = 0</li> <li>2. <b>Para</b> cada respuesta en Lista de respuestas <b>hacer</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. <b>Desde</b> <math>i = 1</math> hasta tamaño de Lista de respuestas con paso 1 <b>hacer</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1.1. <b>Si</b> <math>\langle i \text{ módulo } 4 == 1 \rangle</math> <b>entonces</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1.1.1. Procesamiento: =Procesamiento + Lista de respuestas (i)/10</li> </ol> </li> <li>2.1.2. <b>Si no si</b> <math>\langle i \text{ módulo } 4 == 2 \rangle</math> <b>entonces</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1.2.1. Percepción: =Percepción + Lista de respuestas (i)/10</li> </ol> </li> <li>2.1.3. <b>Si no si</b> <math>\langle i \text{ módulo } 4 == 3 \rangle</math> <b>entonces</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1.3.1. Entrada: =Entrada + Lista de respuestas (i)/10</li> </ol> </li> <li>2.1.4. <b>Si no</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1.4.1. Comprensión: =Comprensión + Lista de respuestas (i)/10</li> </ol> </li> </ol> </li> </ol> </li> <li>3. Mapa de estilos de aprendizaje (“Procesamiento”): = clasificación de las dimensiones del aprendizaje (“Procesamiento”, Procesamiento)</li> <li>4. Mapa de estilos de aprendizaje (“Percepción”): = clasificación de las dimensiones del aprendizaje (“Percepción”, Percepción)</li> <li>5. Mapa de estilos de aprendizaje (“Entrada”): = clasificación de las dimensiones del aprendizaje (“Entrada”, Entrada)</li> <li>6. Mapa de estilos de aprendizaje (“Comprensión”): = clasificación de las dimensiones del aprendizaje (“Comprensión”, Comprensión)</li> <li>7. Devolver Mapa de estilos de aprendizaje</li> </ol> <p>FIN</p>	

**Tabla 10.** Algoritmo para el cálculo de la dimensión. Fuente: elaboración propia.

<b>Entradas</b>	Factor de la dimensión, Dimensión
<b>Salidas</b>	Categoría del estilo de aprendizaje, estilo de aprendizaje
<b>Descripción</b>	Permite el cálculo de la categoría del estilo de aprendizaje y la dimensión partir del Factor de la dimensión
<p>INICIO</p> <p>1 Categoría del estilo de aprendizaje, Estilo de aprendizaje: = “ ”</p> <p>2 Positivo, Negativo: = “ ”</p> <p>3 <b>Si</b> &lt;X== “Entrada” &gt; <b>entonces</b></p> <p>3.1 Negativo: = “Visual”</p> <p>3.2 Positivo: = “Verbal”</p> <p>4 <b>Si no si</b> &lt;X== “Comprensión”&gt; <b>entonces</b></p> <p>4.1 Negativo: = “Secuencial”</p> <p>4.2 Positivo: = “Global”</p> <p>5 <b>Si no si</b> &lt;X== “Percepción” &gt; <b>entonces</b></p> <p>5.1 Negativo: = “Sensorial”</p> <p>5.2 Positivo: = “Intuitivo”</p> <p>6 <b>Si no</b></p> <p>6.1 Negativo: = “Activo”</p> <p>6.2 Positivo: = “Reflexivo”</p> <p>7 <b>Si</b> &lt;Factor de la dimensión &gt; -1.1 <math>\cap</math> Factor de la dimensión &lt;=-0.8&gt; <b>entonces</b></p> <p>7.1 Estilo de aprendizaje: = Negativo</p> <p>7.2 Categoría del estilo del aprendizaje: = “Fuerte”</p> <p>8 <b>Si</b> &lt;Factor de la dimensión &gt; -0.8 <math>\cap</math> Factor de la dimensión &lt;=-0.4&gt; <b>entonces</b></p> <p>8.1 Estilo de aprendizaje: = Negativo</p> <p>8.2 Categoría del estilo del aprendizaje: = “Moderado”</p> <p>9 <b>Si</b> &lt;Factor de la dimensión &gt; -0.4 <math>\cap</math> Factor de la dimensión &lt;=-0.1&gt; <b>entonces</b></p> <p>9.1 Estilo de aprendizaje: = Negativo</p> <p>9.2 Categoría del estilo del aprendizaje: = “Balanceado”</p> <p>10 <b>Si</b> &lt;Factor de la dimensión &gt;= 0.1 <math>\cap</math> Factor de la dimensión &lt;0.4&gt; <b>entonces</b></p> <p>10.1 Estilo de aprendizaje: = Positivo</p> <p>10.2 Categoría del estilo del aprendizaje: = “Balanceado”</p> <p>11 <b>Si</b> &lt;Factor de la dimensión &gt;= 0.4 <math>\cap</math> Factor de la dimensión &lt;0.8&gt; <b>entonces</b></p> <p>11.1 Estilo del aprendizaje: = Positivo</p> <p>11.2 Categoría del estilo del aprendizaje: = “Moderado”</p> <p>12 Si no</p> <p>12.1 Estilo del aprendizaje: = Positivo</p> <p>12.2 Categoría del estilo del aprendizaje: = “Fuerte”</p> <p>13 Devolver Categoría del estilo del aprendizaje, Estilo de aprendizaje</p> <p>FIN</p>	

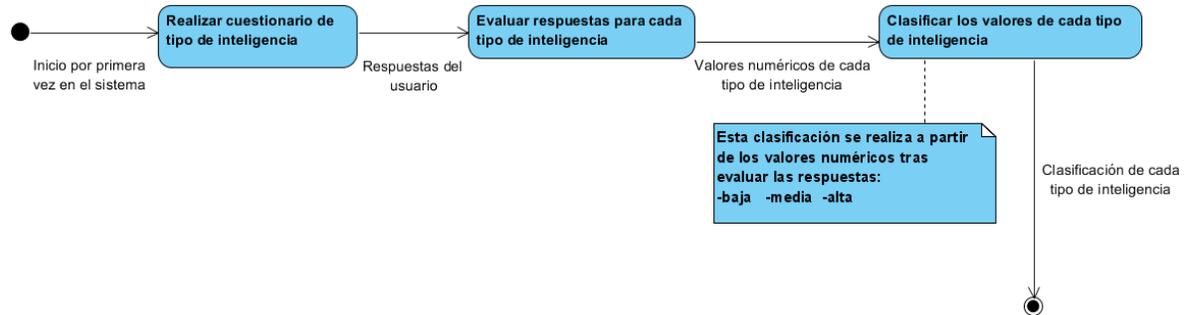
**Tabla 11.** Algoritmo para la clasificación de las inteligencias múltiples. Fuente: elaboración propia.

<b>Entradas</b>	Lista de respuestas según el Test de Inteligencias Múltiples de Gardner
<b>Salidas</b>	Mapa de inteligencias múltiples
<b>Descripción</b>	Permite el manejo de la información correspondiente a las respuestas obtenidas a partir del Test de Inteligencias Múltiples para la selección los tipos de inteligencias presentes en el estudiante.
<p>INICIO</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lingüístico Verbal, Lógico Matemática, Visual Espacial, Corporal Cinestésica, Musical Rítmica, Intrapersonal, Interpersonal: = 0</li> <li>2. Lingüístico Verbal: = Lista de respuestas (9) + Lista de respuestas (10) + Lista de respuestas (17) + Lista de respuestas (22) + Lista de respuestas (30)</li> <li>3. Lógico Matemática: = Lista de respuestas (5) + Lista de respuestas (7) + Lista de respuestas (15) + Lista de respuestas (20) + Lista de respuestas (25)</li> <li>4. Visual Espacial: = Lista de respuestas (1) + Lista de respuestas (11) + Lista de respuestas (14) + Lista de respuestas (23) + Lista de respuestas (27)</li> <li>5. Corporal Cinestésica: = Lista de respuestas (8) + Lista de respuestas (16) + Lista de respuestas (19) + Lista de respuestas (21) + Lista de respuestas (29)</li> <li>6. Musical Rítmica: = Lista de respuestas (3) + Lista de respuestas (4) + Lista de respuestas (13) + Lista de respuestas (24) + Lista de respuestas (28)</li> <li>7. Intrapersonal: = Lista de respuestas (2) + Lista de respuestas (6) + Lista de respuestas (26) + Lista de respuestas (31) + Lista de respuestas (33)</li> <li>8. Interpersonal: = Lista de respuestas (12) + Lista de respuestas (18) + Lista de respuestas (32) + Lista de respuestas (34) + Lista de respuestas (35)</li> <li>9. Mapa de inteligencias múltiples (“Lingüístico Verbal”): = clasificación de la dimensión de cada inteligencia (Lingüístico Verbal)</li> <li>10. Mapa de inteligencias múltiples (“Lógico Matemática”): = clasificación de la dimensión de cada inteligencia (Lógico Matemática)</li> <li>11. Mapa de inteligencias múltiples (“Visual Espacial”): = clasificación de la dimensión de cada inteligencia (Visual Espacial)</li> <li>12. Mapa de inteligencias múltiples (“Corporal Cinestésica”): = clasificación de la dimensión de cada inteligencia (Corporal Cinestésica)</li> <li>13. Mapa de inteligencias múltiples (“Musical Rítmica”): = clasificación de la dimensión de cada inteligencia (Musical Rítmica)</li> <li>14. Mapa de inteligencias múltiples (“Intrapersonal”): = clasificación de la dimensión de cada inteligencia (Intrapersonal)</li> <li>15. Mapa de inteligencias múltiples (“Interpersonal”): = clasificación de la dimensión de cada inteligencia (Interpersonal)</li> <li>16. Devolver Mapa de inteligencias múltiples</li> </ol> <p>FIN</p>	

**Tabla 12.** Algoritmo para la clasificación de la dimensión de cada inteligencia.

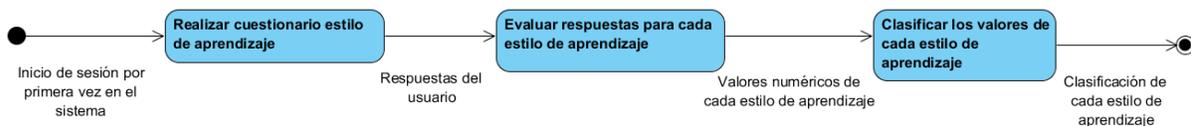
<b>Entradas</b>	Factor de pertenencia
<b>Salidas</b>	Dimensión
<b>Descripción</b>	Permite clasificar cada tipo de inteligencia según su factor de pertenencia
<p>INICIO</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dimensión: = “ ”</li> <li>2. <b>Si</b> &lt; Factor de pertenencia &gt;= 0 <math>\cap</math> Factor de pertenencia &lt;2 &gt; <b>entonces</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Dimensión: = “Baja”</li> </ol> </li> <li>3. <b>Si</b> &lt; Factor de pertenencia &gt;= 2 <math>\cap</math> Factor de pertenencia &lt;4 &gt; <b>entonces</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Dimensión: = “Medio”</li> </ol> </li> <li>4. <b>Si no</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1. Dimensión: = “Alta”</li> </ol> </li> </ol> <p>Devolver Dimensión</p> <p>FIN</p>	

### Anexo 19. Flujos de procesos para determinar los tipos de inteligencia y estilos de aprendizaje en el estudiante.



**Figura 4.** Flujo del proceso para determinar los tipos de inteligencia en el estudiante. Fuente: elaboración propia.

- 1-El proceso comienza cuando el usuario entra al sistema por primera vez y accede a la sección de cursos.
- 2-Se le presenta al usuario el cuestionario de tipo de inteligencia, el cual consta de un grupo de preguntas enfocadas en medir cada tipo de inteligencia en el usuario.
- 3-Tras terminar el cuestionario se evalúan los factores numéricos para cada tipo de inteligencia y esta salida es enviada al clasificador.
- 4-El clasificador mediante un mecanismo basado en reglas determina los niveles para cada tipo de inteligencia.



**Figura 5.** Flujo del proceso para determinar estilos de aprendizaje en el estudiante.

- 1-El proceso comienza cuando el usuario entra al sistema y accede a la sección de cursos.
- 2-Se le presenta al usuario el cuestionario de estilo de aprendizaje el cual consta de un cuestionario de preguntas enfocadas en medir cada tipo de estilo de aprendizaje en el usuario.
- 3-Tras terminar el cuestionario se evalúan los factores numéricos para cada estilo de aprendizaje (entrada, comprensión, percepción, procesamiento) y esta salida es enviada al clasificador.
- 4-El clasificador mediante un mecanismo basado en reglas determina las dimensiones de cada estilo de aprendizaje.

**Anexo 20. Información sobre los resultados académicos obtenidos a partir del desempeño de los estudiantes en los cursos.**

**Tabla 13.** Información sobre los resultados académicos. Fuente: elaboración propia.

<b>Información</b>	<b>Fuente de información</b>
Lectura de documentación	Archivo log del servidor Páginas visitadas Tiempo empleado en visitar una página Web Número de páginas leídas (visitadas) Archivo log del cliente: Lectura de documentos
Realización de tareas	Número de tareas realizadas Tiempo empleado en una tarea Archivo log del servidor Páginas visitadas (revisiones de contenidos) Archivo log del cliente: Tareas realizadas en un documento Subida de archivos al servidor
Descarga de archivos	Archivo log del servidor (páginas visitadas) Archivo log del cliente (descarga de documentos)
Realización de test	Número de tests realizados Tiempo empleado en los tests
Resultados de las actividades	Informe del STI (nota final obtenida en el curso)
Resultados de los test	Número de tests aprobados y suspendidos Número de preguntas contestadas Aciertos y fallos
Participación en foros y chats	Número de mensajes publicados en chats Número de mensajes leídos en foros Tiempo empleado en foros y chats
Comunicación con otros alumnos	Archivo log del cliente: Número de mensajes enviados a otros alumnos Número de mensajes leídos de otros alumnos Seguimiento de la relación social del alumno
Comunicación con el profesor solicitando ayuda	Número de mensajes enviados al profesor Archivo log del cliente: Frecuencia de petición de ayuda
Secuenciación de las tareas	Archivo log del cliente: Agrupación de URL seguidas por el usuario

**Anexo 21. Pseudocódigo del algoritmo para la determinación del método pedagógico a usar con el estudiante.**

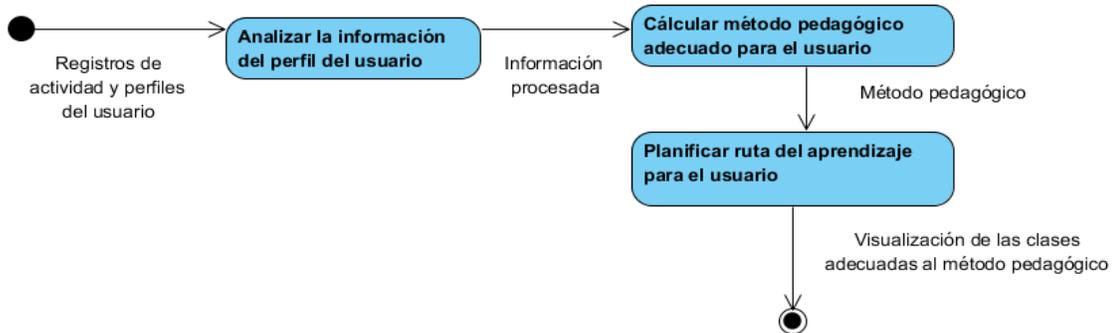
**Tabla 14.** Algoritmo para la determinación del método pedagógico a usar con el estudiante. Fuente: elaboración propia.

<b>Entradas</b>	Datos del estudiante
<b>Salidas</b>	Método Pedagógico
<b>Descripción</b>	Permite a partir de la información del estudiante determinar método pedagógico correcto a emplear con el estudiante.
<p>INICIO</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lista de neuronas de entrada: = Se obtienen a partir de red de Mamdani<sup>1</sup></li> <li>2. Lista de entradas: = 0</li> <li>3. <b>Para</b> cada neurona en la lista de neuronas de entrada <b>hacer</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. <b>Desde</b> i: =1 hasta el tamaño de la lista de neuronas de entrada con paso 1 <b>hacer</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1.1. <b>Si</b> lista de neuronas de entrada(i) == “secuencial” <b>entonces</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1.1.1. Lista de entradas(i): = Datos del estudiante (estilo de aprendizaje: = “secuencial”)</li> <li>3.1.1.2. <b>Sino si</b> lista de neuronas de entrada(i) == “global” <b>entonces</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1.1.2.1. Lista de entradas(i): = Datos del estudiante (estilo de aprendizaje: = “global”)</li> <li>3.1.1.3. <b>Sino si</b> lista de neuronas de entrada(i) == “visual” <b>entonces</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1.1.3.1. Lista de entradas(i): = Datos del estudiante (estilo de aprendizaje: = “visual”)</li> <li>3.1.1.4. <b>Sino si</b> lista de neuronas de entrada(i) == “verbal” <b>entonces</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1.1.4.1. Lista de entradas(i): = Datos del estudiante (estilo de aprendizaje: = “verbal”)</li> <li>3.1.1.5. <b>Sino si</b> lista de neuronas de entrada(i) == “activo” <b>entonces</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1.1.5.1. Lista de entradas(i): = Datos del estudiante (estilo de aprendizaje: = “activo”)</li> <li>3.1.1.6. <b>Sino si</b> lista de neuronas de entrada(i) == “reflexivo” <b>entonces</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1.1.6.1. Lista de entradas(i): = Datos del estudiante (estilo de aprendizaje: = “reflexivo”)</li> <li>3.1.1.7. <b>Sino si</b> lista de neuronas de entrada(i) == “sensorial” <b>entonces</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1.1.7.1. Lista de entradas(i): = Datos del estudiante (estilo de aprendizaje: = “sensorial”)</li> <li>3.1.1.8. <b>Sino</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1.1.8.1. Lista de entradas(i): = Datos del estudiante (estilo de aprendizaje: = “intuitivo”)</li> </ol> </li> <li>4. Se envían la lista de entradas a la red de Mamdani (Lista de entradas)</li> <li>5. La red de Mamdani hace la clasificación</li> <li>6. Listado de neuronas de salida: = Se obtienen a partir de red de Mamdani</li> <li>7. Método pedagógico: =0</li> <li>8. <b>Para</b> cada neurona en la lista de neuronas de salida <b>hacer</b></li> </ol> </li></ol></li></ol></li></ol>	

<sup>1</sup> La red de Mamdani forma parte de los algoritmos existentes en la herramienta Weka.

- 8.1. **Desde**  $i = 1$  hasta el tamaño de la lista de neuronas de salida con paso 1 **hacer**
- 8.1.1. **Si** lista de neuronas de salida( $i$ ) == “secuencial” **entonces**
    - 8.1.1.1. Método pedagógico ( $i$ ): = neuronas de salida( $i$ )
  - 8.1.2. **Sino si** lista de neuronas de salida( $i$ ) == “global” **entonces**
    - 8.1.2.1. Método pedagógico ( $i$ ): = neuronas de salida( $i$ )
  - 8.1.3. **Sino si** lista de neuronas de salida( $i$ ) == “visual” **entonces**
    - 8.1.3.1. Método pedagógico ( $i$ ): = neuronas de salida( $i$ )
  - 8.1.4. **Sino si** lista de neuronas de salida( $i$ ) == “verbal” **entonces**
    - 8.1.4.1. Método pedagógico ( $i$ ): = neuronas de salida( $i$ )
  - 8.1.5. **Sino si** lista de neuronas de salida( $i$ ) == “activo” **entonces**
    - 8.1.5.1. Método pedagógico ( $i$ ): = neuronas de salida( $i$ )
  - 8.1.6. **Sino si** lista de neuronas de salida( $i$ ) == “reflexivo” **entonces**
  - 8.1.7. Método pedagógico ( $i$ ): = neuronas de salida( $i$ )
  - 8.1.8. **Sino si** lista de neuronas de salida( $i$ ) == “sensorial” **entonces**
    - 8.1.8.1. Método pedagógico ( $i$ ): = neuronas de salida( $i$ )
  - 8.1.9. **Sino**
    - 8.1.9.1. Método pedagógico ( $i$ ): = neuronas de salida( $i$ )
9. Devolver Método pedagógico
- FIN

**Anexo 22. Diagrama que ilustra el flujo del proceso para la determinación del método pedagógico y el trazado de la ruta de aprendizaje.**



**Figura 6.** Flujo del proceso para la determinación del método pedagógico y el trazado de la ruta de aprendizaje. Fuente: elaboración propia.

1-La entrada para determinar el método pedagógico son los registros de actividad y los perfiles de usuario.

2-Se analizan y clasifican los datos para el cálculo del método.

3-Con la información procesada como entrada se procede a calcular el método pedagógico para el usuario (Se utiliza la red neurodifusa).

4-La red neuronal calcula los valores para cada tipo de método pedagógico.

5-Se planifica la ruta del aprendizaje para el usuario, realizando una visualización adecuada de las clases según el método de aprendizaje.

### Anexo 23. Descripción del Método de Levenberg Marquardt.

El método de Levenberg-Marquardt (Filali, 2005), es un método amortiguado, una modificación a partir del método Gauss Newton, pero a la vez es un método muy rápido. Para conseguir rapidez, se modifica la matriz pseudo Hessiana del método de Gauss-Newton, se adiciona una matriz diagonal con un término de amortiguamiento, que permite obtener la dirección de búsqueda. A partir de este método, Levenberg-Marquardt consigue obtener una estimación local de la curvatura de la función objetivo.

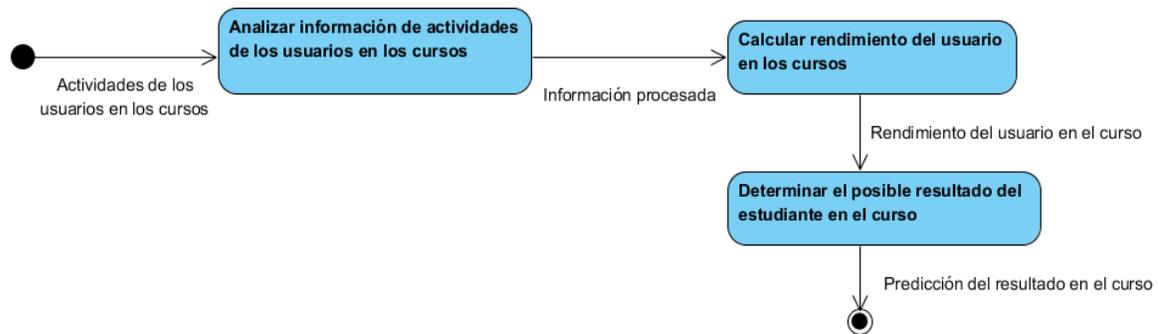
El pseudocódigo del método Levenberg-Marquardt se muestra a continuación:

```

1.  $k = 0; v = 2; x = x_0;$ 
    $A = J(x)^T J(x); g = J(x)^T f(x);$ 
    $found ( \|g\|_{\infty} ) \leq \varepsilon_1; \mu = \tau \cdot \max\{ a_{ii} \};$ 
   while (not found) and ( $k < k_{max}$ )
   {
      $k = k + 1;$  Solve  $(A + \mu I) h = -g$  ;
     if  $\|h\| \leq \varepsilon_2 ( \|x\| + \varepsilon_2 )$ 
       found = true
     else
       {
          $x_{new} = x + h$ 
          $\rho = (F(x) - F(x_{new})) / (L(0) - L(h))$ 
         if  $\rho > 0$ 
           {
              $x = x_{new}$ 
              $A = J(x)^T J(x); g = J(x)^T f(x);$ 
              $found ( \|g\|_{\infty} ) \leq \varepsilon_1;$ 
              $\mu = \mu \max\{ 1/3, 1 - (2\rho - 1)^3 \}; v = 2;$ 
           }
         else
            $\mu = \mu v; v = 2; v$ 
       }
   }

```

### Anexo 24. Flujo del proceso para la predicción del rendimiento académico del estudiante.



**Figura 7.** Flujo del proceso para la predicción del rendimiento académico del estudiante. Fuente: elaboración propia.

1-La entrada es la información de las actividades de los usuarios en los cursos fundamentalmente los resultados de las evaluaciones realizadas y tiempo de visualización de las clases.

2-La información de las actividades se procesa y se entrega en el formato de análisis adecuado.

3-Con la información procesada se procede a calcular el rendimiento o desempeño del usuario en el curso para esto se utiliza una red neuronal.

4-Conociendo el rendimiento del usuario se procede a predecir los resultados finales que tendrá para el rendimiento actual.

### Anexo 25. Pseudocódigo del algoritmo para la selección de atributos relevantes para la predicción de rendimiento académico.

**Tabla 15.** Algoritmo para selección de atributos relevantes para la predicción de rendimiento académico. Fuente: elaboración propia.

<b>Entradas</b>	Conjunto inicial de atributos (archivo arff) $D=\{a_1, \dots, a_n\}$
<b>Salidas</b>	Conjunto de atributos seleccionados
<b>Descripción</b>	Permite seleccionar los atributos de mayor relevancia a partir del conjunto inicial de atributos que inciden en rendimiento académico
<p>INICIO</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cargar archivo de datos D.</li> <li>2. Ejecutar algoritmo <math>Ccfs = CfsSubsetEval(D)</math></li> <li>3. Ejecutar algoritmo <math>Cconsistency = ConsistencySubsetEval(D)</math></li> <li>4. Ejecutar algoritmo <math>Cclassifier = ClassifierSubsetEval(D)</math></li> <li>5. Ejecutar algoritmo <math>Cwrapper = WrapperSubsetEval(D)</math></li> <li>6. Ejecutar algoritmo <math>CchiSquare = ChiSquaredAttributeEval(D)</math></li> <li>7. Ejecutar algoritmo <math>CgainRatio = GainRatioAttributeEval(D)</math></li> <li>8. Ejecutar algoritmo <math>CinfoGain = InfoGainAttributeEval(D)</math></li> <li>9. Ejecutar algoritmo <math>ConeR = OneRAttributeEval(D)</math></li> <li>10. Ejecutar algoritmo <math>NBinicial = NaiveBayes(R \rightarrow D)</math></li> <li>11. Ejecutar algoritmo <math>NBcfs = NaiveBayes(Ccfs \rightarrow D)</math></li> <li>12. Ejecutar algoritmo <math>NBconsistency = NaiveBayes(Cconsistency \rightarrow D)</math></li> <li>13. Ejecutar algoritmo <math>NBclassifier = NaiveBayes(Cclassifier \rightarrow D)</math></li> <li>14. Ejecutar algoritmo <math>NBwrapper = NaiveBayes(Cwrapper \rightarrow D)</math></li> <li>15. Ejecutar algoritmo <math>NBchiSquare = NaiveBayes(CchiSquare \rightarrow D)</math></li> <li>16. Ejecutar algoritmo <math>NBgainRatio = NaiveBayes(CgainRatio \rightarrow D)</math></li> <li>17. Ejecutar algoritmo <math>NBinfoGain = NaiveBayes(CinfoGain \rightarrow D)</math></li> <li>18. Ejecutar algoritmo <math>NBoneR = NaiveBayes(ConeR \rightarrow D)</math></li> <li>19. Clasificaciones correctas según Conjunto inicial <math>CCi = CompararReal(NBinicial)</math></li> <li>20. Clasificaciones correctas <math>CCcfs = CompararReal(NBcfs)</math></li> <li>21. Clasificaciones correctas <math>CCconsistency = CompararReal(NBconsistency)</math></li> <li>22. Clasificaciones correctas <math>CCclassifier = CompararReal(NBclassifier)</math></li> <li>23. Clasificaciones correctas <math>CCwrapper = CompararReal(NBwrapper)</math></li> <li>24. Clasificaciones correctas <math>CCchiSquare = CompararReal(NBchiSquare)</math></li> <li>25. Clasificaciones correctas <math>CCgainRatio = CompararReal(NBgainRatio)</math></li> <li>26. Clasificaciones correctas <math>CCinfoGain = CompararReal(NBinfoGain)</math></li> <li>27. Clasificaciones correctas <math>CConeR = CompararReal(NBoneR)</math></li> <li>28. Lista ordenada de clasificaciones correctas <math>LOCC = Ordenar(CCi, CCcfs, CCconsistency, CCclassifier, CCwrapper, CCchiSquare, CCgainRatio, CCinfoGain, CConeR)</math></li> <li>20. Atributos de mayor frecuencia LAR (Lista de atributos relevantes) = <math>OrdenarPorfrecuencia(Ccfs, Cconsistency, Cclassifier, Cwrapper, CchiSquare, CgainRatio, ConeR)</math></li> <li>21. Retorna LAR (Lista de atributos relevantes)</li> </ol> <p>FINAL</p>	

### **Descripción general del algoritmo**

En una primera fase se carga el archivo de datos históricos (. arff) correspondiente al rendimiento académico de los estudiantes en un curso contiene la totalidad de los datos y atributos a ser procesados. La información que contiene se representa a continuación:

$$D = \{d_1, d_2, d_i, \dots, d_n\}$$

Para el funcionamiento del algoritmo propuesto se ejecutan 8 algoritmos de selección de atributos relevantes, 4 de ellos evaluadores de subconjuntos de atributos, los dos primeros clasificados como Filtros y los restantes como Wrappers.

1. CfsSubsetEval (Archanaa et al., 2017)
2. ConsistencySubsetEval (Balamurugan, 2016)
3. ClassifierSubsetEval (Abedin et al., 2017)
4. WrapperSubsetEval (Choubey y Paul, 2017)

Los restantes 4 algoritmos empleados son evaluadores de atributos individuales.

1. ChiSquaredAttributeEval (Thabtah, y Abdelhamid 2016)
2. GainRatioAttributeEval (Oreski, Oreski, y Kliceck, 2017)
3. InfoGainAttributeEval (Parsaei, Taheri y Javidan, 2016)
4. OneRAttributeEval (Aznar, 2016)

El resultado de la ejecución de los algoritmos mencionados es un subconjunto de atributos relevantes por algoritmo que se representa a continuación:

$$S_i \subseteq D, S_i = \{s_j \dots s_n\} \text{ Donde } i \text{ representa el algoritmo ejecutado.}$$

En una segunda fase se calcula el porcentaje de resultados correctos obtenidos utilizando como entrada para la red Naïve de Bayes cada uno de los datos correspondientes a los subconjuntos  $S_i$ . Se obtiene como salida el porcentaje de resultados correctos por subconjunto  $S_i$ , el cual se denota como:  $P_j$ , donde  $j$  es el subconjunto  $S_i$

En la tercera y última fase del algoritmo se ordenan los atributos por frecuencia de aparición en los subconjuntos  $S_i$ . Se obtiene el conjunto de atributos relevantes para la predicción del rendimiento académico como se muestra a continuación:

$$R \subseteq D, R = \{r_i \dots r_n\}$$

**Anexo 26. Pseudocódigo del algoritmo para la predicción de rendimiento del estudiante.**

**Tabla 16.** Algoritmo para la predicción de desempeño de cada estudiante. Fuente: elaboración propia.

<b>Entradas</b>	Datos del estudiante, Datos de desempeño del estudiante en un curso
<b>Salidas</b>	Predicción de rendimiento en un curso
<b>Descripción</b>	Permite predecir el rendimiento académico del estudiante a partir de su accionar en los cursos.
<p>INICIO</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cargar clasificador a partir de la red de Bayes<sup>2</sup></li> <li>2. Predicción de rendimiento: =0</li> <li>3. Lista de atributos: = Cálculo de los valores de los atributos de la red Naïve Bayes (Datos del estudiante, Datos de desempeño del estudiante en un curso)</li> <li>4. Predicción de rendimiento: = clasificador (Lista de atributos)</li> <li>5. Devolver Predicción de rendimiento</li> </ol> <p>FIN</p>	

<sup>2</sup> Para este proceso se utiliza la red de Naïve Bayes implementada en la herramienta Weka.

### Anexo 27. Pseudocódigo del algoritmo para el cálculo de los valores de los atributos de la red Naïve Bayes.

**Tabla 17.** Algoritmo para el cálculo de los valores de los atributos de la red Naïve Bayes. Fuente: elaboración propia.

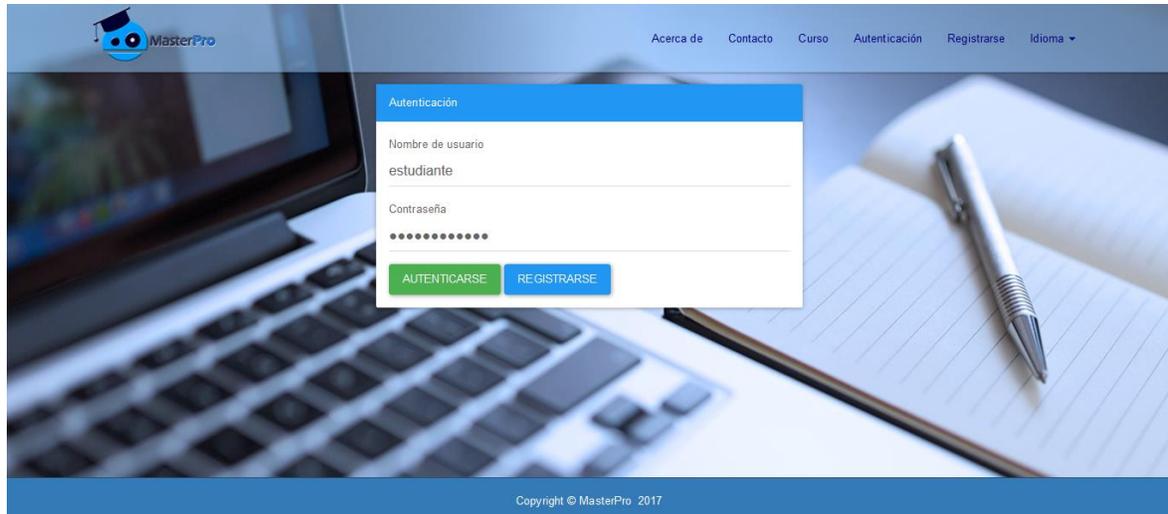
<b>Algoritmo</b>	Cálculo de los valores de los atributos de la red Naïve Bayes
<b>Entradas</b>	Datos del estudiante, Datos de desempeño del estudiante en un curso
<b>Salidas</b>	Lista de Atributos
<b>Descripción</b>	Permite el cálculo de los valores de los atributos de la red Naïve Bayes
<p>INICIO</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lista de atributos: =0</li> <li>2. Lista de tipos de inteligencias: =Datos del estudiante (tipos de inteligencia)</li> <li>3. Para cada tipo de inteligencia en Lista de tipos de inteligencias hacer             <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Desde i: = 1 hasta tamaño de Lista de tipos de inteligencias con paso 1 hacer                 <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1.1. Lista de atributos (i): =Lista de tipos de inteligencias (i)</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>4. Lista de estilos de aprendizaje: = Datos del estudiante (estilos de aprendizaje)</li> <li>5. Para cada estilo de aprendizaje en Lista de estilos de aprendizaje hacer             <ol style="list-style-type: none"> <li>5.1. Desde j: = 1 hasta tamaño de Lista de estilos de aprendizaje con paso 1 hacer                 <ol style="list-style-type: none"> <li>5.1.1. Lista de atributos (i+j): =Lista de tipos de inteligencias (j)</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>6. Lista de métodos pedagógicos: = Datos del estudiante (métodos pedagógicos)</li> <li>7. Para cada método pedagógico en Lista de métodos pedagógicos hacer             <ol style="list-style-type: none"> <li>7.1. Desde k: = 1 hasta tamaño de Lista de métodos pedagógicos con paso 1 hacer                 <ol style="list-style-type: none"> <li>7.1.1. Lista de atributos (i+j+k): =Lista de métodos pedagógicos (k)</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>8. Para cada hora en la Lista de visitas por hora hacer             <ol style="list-style-type: none"> <li>8.1. Desde t: = 1 hasta tamaño de Lista de visitas por hora con paso 1 hacer                 <ol style="list-style-type: none"> <li>8.1.1. Lista de atributos (i+j+k+t): = Lista de visitas por hora (t)</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>9. Tiempo total: =0</li> <li>10. Longitud: =Tamaño de Lista de atributos</li> <li>11. Lista de visitas por página: = Datos de desempeño del estudiante en un curso (visitas por página)</li> <li>12. Para cada página en la Lista de visitas por página hacer             <ol style="list-style-type: none"> <li>12.1. Desde i: = 1 hasta tamaño de Lista de visitas por página con paso 1 hacer                 <ol style="list-style-type: none"> <li>12.1.1. Tiempo total: = Tiempo total + Lista de visitas por página (i)</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>13. Lista de atributos(longitud+1): =Tiempo total/ tamaño de Lista de visitas por página</li> <li>14. longitud: = longitud+1</li> <li>15. Notas totales: =0</li> <li>16. Lista de evaluaciones: = Datos de desempeño del estudiante en un curso (evaluaciones)</li> <li>17. Para cada evaluación en la Lista de evaluaciones hacer             <ol style="list-style-type: none"> <li>17.1. Desde i: = 1 hasta tamaño de Lista de evaluaciones con paso 1 hacer                 <ol style="list-style-type: none"> <li>17.1.1. Notas totales: = Notas totales + Lista de evaluaciones (i)</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>18. Lista de atributos(longitud+1): =Notas totales / tamaño de Lista de evaluaciones</li> <li>19. Devolver Lista de Atributos</li> </ol> <p>FIN</p>	

### Anexo 28. Pseudocódigo del algoritmo para el entrenamiento de la red de Naïve Bayes.

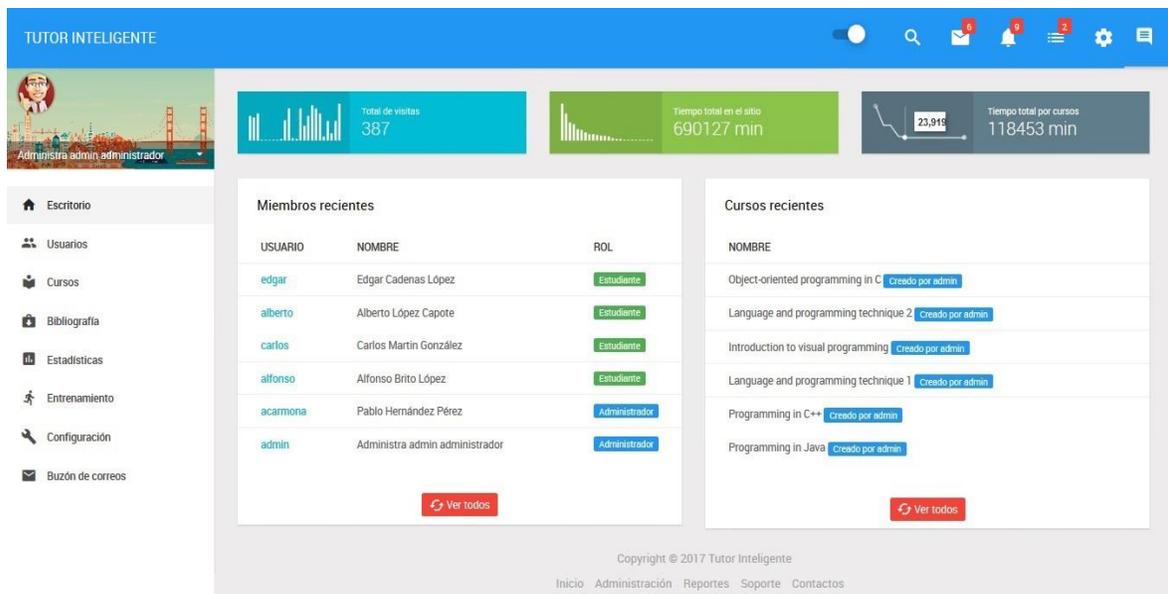
**Tabla 18.** Algoritmo para el entrenamiento de la red de Naïve Bayes. Fuente: elaboración propia.

<b>Algoritmo</b>	Algoritmo para el entrenamiento de la red de Naïve Bayes
<b>Entradas</b>	Lista de estudiantes, Lista de cursos
<b>Salidas</b>	Fichero .arff
<b>Descripción</b>	Permite entrenar la red de Naïve Bayes a partir de los datos históricos de los estudiantes
<p>INICIO</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lista de atributos: =0</li> <li>2. Lista de identificadores de atributos: = {"Lingüística Verbal", "Lógica Matemática", "Visual Espacial", "Corporal Cinestésica", "Musical Rítmica", "Interpersonal", "Intrapersonal", "Compresión", "Percepción", "Procesamiento", "Entrada", "Instruccional", "Orientador", "Socrático", "Constructivista", "Cooperativo", "Contextual"}</li> <li>3. <b>Desde</b> i: = 1 hasta 24 con paso 1 <b>hacer</b></li> <li>4. Lista de identificadores de atributos(i+17): =i+ "hora"</li> <li>5. Longitud =Tamaño de Lista de identificadores de atributos</li> <li>6. Lista de identificadores de atributos (Longitud+1): = "Tiempo promedio"</li> <li>7. Lista de identificadores de atributos (Longitud+2): = "Promedio de Notas"</li> <li>8. Lista de identificadores de atributos (Longitud+3): = {"Éxito", "Fracaso"}</li> <li>9. Instancias: =0</li> <li>10. Longitud: =1</li> <li>11. <b>Para</b> cada estudiante en Lista de estudiantes <b>hacer</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>11.1. <b>Desde</b> e: = 1 hasta tamaño de Lista de estudiantes con paso 1 <b>hacer</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>11.1.1. Datos del estudiante: = Lista de estudiantes(e)</li> <li>11.1.2. <b>Para</b> cada curso en Lista de cursos <b>hacer</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>11.1.2.1. <b>Desde</b> c: = 1 hasta tamaño de Lista de cursos con paso 1 <b>hacer</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>11.1.2.1.1. Datos de desempeño del estudiante en un curso: = Lista de cursos(c)</li> <li>11.1.2.1.2. Lista de atributos: = Cálculo de los valores de los atributos de la red Naïve Bayes (Datos del estudiante, Datos de desempeño del estudiante en un curso)</li> <li>11.1.2.1.3. Instancias (longitud): = {Lista de identificadores de atributos, Lista de atributos}</li> <li>11.1.2.1.4. Longitud: =longitud +1</li> </ol> </li> </ol> </li> </ol> </li> </ol> </li> <li>12. Archivo arff: = Entrenar la red de Naïve Bayes(Instancias)</li> <li>13. Devolver Archivo arff</li> </ol> <p>FIN</p>	

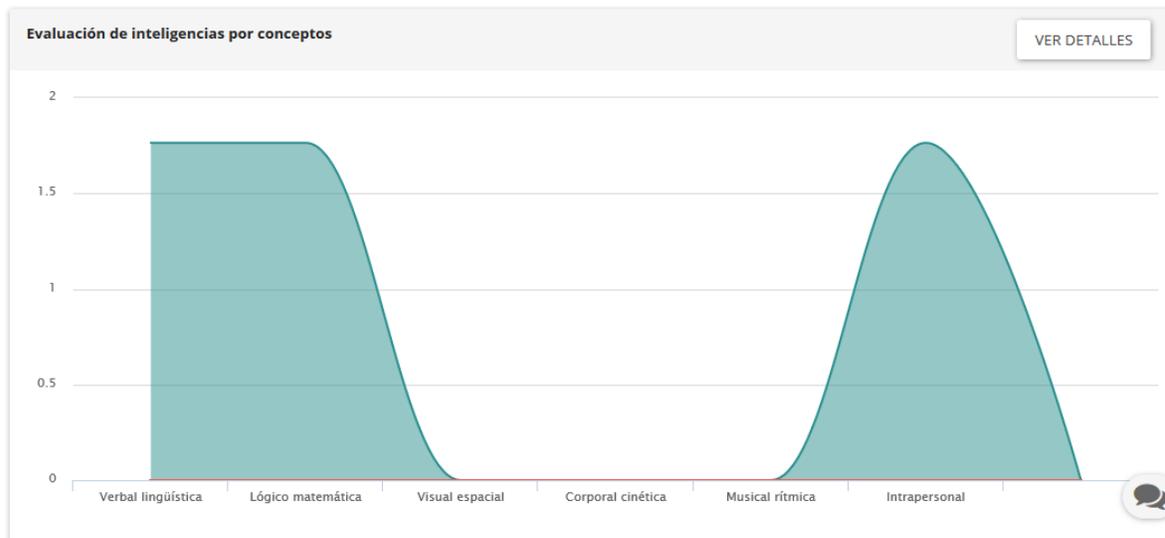
## Anexo 29. Imágenes de la herramienta informática como instanciación del modelo MACPOO.



**Figura 8.** Interfaz Principal de la herramienta como instanciación del modelo MACPOO. Fuente: elaboración propia.



**Figura 9.** Interfaz de administración. Fuente: elaboración propia.



**Figura 10.** Análisis de inteligencias múltiples durante las sesiones de trabajo para cada estudiante.  
Fuente: elaboración propia.

**TUTOR INTELIGENTE**

USUARIOS

Buscar  10

USUARIO	NOMBRE Y APELLIDOS	CORREO ELECTRÓNICO	ROL	ACCIONES
<input type="checkbox"/>	hector	Hector Omar Amorin Éxito Fracaso	hector@gmail.com	Estudiante
<input type="checkbox"/>	dariel	Dariel Castellanos Oyarzabal Éxito Fracaso	dariel@gmail.com	Estudiante
<input type="checkbox"/>	jxavier	Javier Dominguez Pérez	xavier.uci@gmail.com	Administrador
<input type="checkbox"/>	jorge	Jorge Luis de Castro Yero	jorge@gmail.com	Estudiante
<input type="checkbox"/>	dairon	Dairon Javier Echemendia Cruz	dairon@gmail.com	Estudiante
<input type="checkbox"/>	frank	Frank Ernesto García Yera	frank@gmail.com	Estudiante
<input type="checkbox"/>	maikel	Maikel Marrero Juviel	maikel@gmail.com	Estudiante
<input type="checkbox"/>	yasniel	Yasniel Otero Morfa	yasniel@gmail.com	Estudiante
<input type="checkbox"/>	yasiel	Yasiel Miguel Rodríguez Sandoval	yasiel@gmail.com	Estudiante

Resultados del 1 al 10 de 24 elementos

Copyright © 2017 Tutor Inteligente  
Inicio Administración Reportes Soporte Contactos

**Figura 11.** Gestión de Usuarios y Servicios. Fuente: elaboración propia.

PREDICCIÓN		RIESGOS	
Nombre	Apellidos	Correo electrónico	Evaluación
✓ Yasniel	Otero Morfa	yasniel@gmail.com	Éxito
✓ Yasiel Miguel	Rodríguez Sandoval	yasiel@gmail.com	Éxito
✓ Isbel Luis	Yanes López	isbel@gmail.com	Éxito
✓ Mario Sergio	Carrillo Cruz	mario@gmail.com	Éxito
✓ Ismael	Marin Ramos	ismael@gmail.com	Éxito
✓ Ana María	Villegas Pérez	ana@gmail.com	Fracaso
✓ Carlos Daniel	Álvarez Ramírez	carlos@gmail.com	Éxito
✓ Yadian Omar	Amador Martínez	yadian@gmail.com	Fracaso

Figura 12. Evaluación de desempeño de cada estudiante. Fuente: elaboración propia.

The screenshot shows a web interface for selecting courses. The top navigation bar is blue and contains icons for menu, search, mail, notifications, and user profile. Below the navigation bar, there is a search bar with the text "Find the course of your interest". The main content area is divided into two columns. The left column, titled "Onwer courses", lists several courses with checkmarks: "Object-oriented programming in C", "Language and programming technique 2", "Introduction to visual programming", "Language and programming technique 1", "Programming in C++", and "Programming in Java". Below this list is a button labeled "+ ADD COURSE". The right column, titled "Learn courses", displays a grid of course cards. Each card has a title and a representative image: "PROGRAMMING IN JAVA" with a Java logo, "PROGRAMMING IN C++" with a photo of people in a meeting, "LANGUAGE AND PROGRAMMING TECHNIQUE 1" with a photo of a laptop, "INTRODUCTION TO VISUAL PROGRAMMING" with a flowchart, "LANGUAGE AND PROGRAMMING TECHNIQUE 2" with a blue brain graphic, and "OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING IN C" with a blue brain graphic.

Figura 13. Interfaz de selección de cursos en el STI. Fuente: elaboración propia.

### Anexo 30. Procedimiento empleado para determinar el coeficiente de competencia de los candidatos a expertos y resultados obtenidos

Cálculo del coeficiente de competencia de los expertos que evaluaron el modelo desarrollado.

El cálculo de dicho coeficiente se realiza de la forma siguiente:

$$K_{comp} = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$$

Donde:

**K<sub>comp</sub>**: coeficiente de competencia.

**K<sub>c</sub>**: coeficiente de conocimiento o información que tiene el experto acerca del problema, calculado sobre la valoración del propio experto en una escala de 0 a 10 y multiplicado por 0,1.

**K<sub>a</sub>**: coeficiente de argumentación o fundamentación de los criterios del experto, obtenido como resultado de la suma de los puntos de acuerdo a la siguiente tabla patrón:

**Tabla 19.** Fuentes de argumentación del conocimiento de los expertos. Fuente: elaboración propia.

No.	Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
1	Estudios teóricos realizados por usted	0,30	0,20	0,10
2	Experiencia adquirida durante el desempeño profesional	0,50	0,35	0,30
3	Actualización en actividades de postgrado	0,05	0,04	0,03
4	Participación en seminarios de investigación relacionados con el tema.	0,05	0,04	0,03
5	Participación en conferencias científicas donde se presenten trabajos relacionados con el tema	0,05	0,04	0,03
6	Intuición	0,05	0,03	0,01
	<b>Total</b>	<b>1,00</b>	<b>0,70</b>	<b>0,50</b>

Se plantea entonces que:

La Competencia del experto es de Alta (A): si  $K_{comp} > 0,7$

La Competencia del experto es Media (M): si  $0,5 < K_{comp} = < 0,7$

La Competencia del experto es Baja (B): si  $K_{comp} = < 0,5$

### Anexo 31. Encuesta para determinar el coeficiente de competencias de los expertos

Compañero (a): \_\_\_\_\_

Usted ha sido seleccionado como posible experto para ser consultado respecto a temas relacionados con la selección de equipos de trabajo en los servicios de cirugía, con vistas a la investigación que se está llevando a cabo. Agradecemos sinceramente su valiosa cooperación.

Gracias.

1. Marque con una cruz (X) en la tabla siguiente el valor que se corresponde con el grado de conocimiento que usted posee sobre “selección de personal”. (Escala ascendente).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Realice una autoevaluación del grado de influencia que cada una de las fuentes que le presentamos a continuación ha tenido en su conocimiento y criterio sobre “selección de personal”. Marque con una cruz (X) según corresponda en A (alto), M (medio) o B (bajo).

No	Fuente de argumento	Grado de influencia de cada una de las fuentes		
		A (alto)	M (medio)	B (bajo)
1	Análisis teóricos realizados			
2	Experiencia obtenida			
3	Autores nacionales			
4	Autores extranjeros			
5	Conocimiento del estado del problema en el extranjero			
6	Intuición			

**Anexo 32. Caracterización de los expertos seleccionados.**

**Tabla 20.** Composición de los expertos cuyas opiniones fueron encuestadas.

Categoría científica		Categoría docente		Institución	
Doctor	9	Titular	5	UCI	8
Máster	5	Auxiliar	6	Universidad Politécnica de Uruguay	2
		Asistente	5	UNISS	2
		Instructor	0	UO	1
				UMCC	1
				CUJAE	1
				UNAH	1

**Anexo 33. Resultado de la encuesta aplicada a los candidatos a expertos para determinar nivel de competencia.**

**Tabla 21.** Resultado de la encuesta aplicada a los candidatos a expertos. Fuente: elaboración propia.

Expertos	Kc	1	2	3	4	5	6	Ka	Kcomp	Valor
1	0.8	0.2	0.35	0.05	0.05	0.05	0.05	0.75	0.76	Alto
2	0.7	0.2	0.35	0.03	0.03	0.03	0.03	0.67	0.68	Medio
3	0.945	0.3	0.5	0.05	0.05	0.03	0.05	0.98	0.91	Alto
4	0.8	0.3	0.35	0.05	0.05	0.03	0.03	0.81	0.85	Alto
5	0.9	0.3	0.35	0.04	0.05	0.04	0.05	0.83	0.87	Alto
6	0.8	0.2	0.35	0.04	0.05	0.05	0.05	0.74	0.75	Alto
7	0.9	0.2	0.5	0.04	0.04	0.05	0.05	0.88	0.89	Alto
8	1.0	0.3	0.5	0.05	0.05	0.03	0.05	0.98	0.98	Alto
9	0.9	0.2	0.5	0.04	0.05	0.03	0.05	0.87	0.89	Alto
10	0.8	0.2	0.35	0.04	0.04	0.04	0.05	0.72	0.78	Alto
11	0.6	0.1	0.35	0.03	0.03	0.03	0.05	0.59	0.56	Medio
12	0.9	0.2	0.5	0.05	0.05	0.04	0.05	0.89	0.90	Alto
13	1.0	0.3	0.5	0.05	0.04	0.05	0.05	0.99	0.97	Alto
14	0.9	0.2	0.5	0.04	0.05	0.04	0.05	0.88	0.86	Alto
15	0.8	0.3	0.35	0.05	0.04	0.05	0.05	0.84	0.83	Alto
16	1.0	0.3	0.5	0.05	0.05	0.04	0.05	0.99	0.99	Alto
17	0.5	0.1	0.35	0.03	0.03	0.03	0.03	0.57	0.51	Bajo
18	0.6	0.1	0.35	0.03	0.03	0.03	0.05	0.59	0.60	Medio
19	0.8	0.2	0.35	0.05	0.05	0.05	0.05	0.75	0.77	Alto
20	0.6	0.1	0.35	0.03	0.03	0.03	0.05	0.59	0.65	Medio
21	1.0	0.3	0.5	0.04	0.03	0.03	0.05	0.95	0.97	Alto

### Anexo 34. Cuestionario para evaluar la aceptación del modelo por los expertos

Esta encuesta se desarrolla como parte de una investigación relacionada con la aplicación de la Programación Orientada a Objetos(POO). En el marco de la investigación se desarrolló un modelo para favorecer la aplicación de la programación y potenciar las inteligencias múltiples en los alumnos.

El diseño y desarrollo se basó en los aspectos que se presentan en la tabla que aparece más abajo. Por favor califique cada uno de estos principios según la siguiente escala: 1 (Muy de acuerdo), 2 (De acuerdo), 3 (Ni de acuerdo ni en desacuerdo), 4 (En desacuerdo), 5 (Completamente en desacuerdo).

Entidad:		
Nombres y apellidos:		Cargo o Rol:
Años de experiencia:		Categoría docente:
Categoría científica:		
No.	Afirmaciones	Respuesta
1	El empleo de un modelo para la aplicación de la POO favorece la socialización del conocimiento entre docentes y alumnos de las IES contribuyendo a potenciar la calidad del proceso formativo.	
2	Al tomarse en cuenta las inteligencias múltiples, las mismas estarán relacionadas con los elementos del domino, permitiendo que el sistema pueda identificar las mejores rutas para mostrar elementos no aprendidos.	
3	El empleo del componente gestión de perfiles inteligentes, es un método excelente para trazar en una primera instancia los perfiles de inteligencia y estilos de aprendizaje.	
4	La concepción de una infraestructura tecnológica correspondiente al entorno cubano realizada para lograr el funcionamiento del modelo es fundamental para el desarrollo de cualquier proyecto informático.	
5	Los principios en los que se basa el modelo facilitan la aplicación de la programación teniendo en cuenta las potencialidades del alumno y potenciando sus inteligencias.	
6	Los componentes que forman parte del modelo y su interrelación brindan la integralidad necesaria para su aplicación.	
7	Una concepción abierta del STI es fundamental para el uso, la modificación y la distribución de estos recursos educativos, asociado a su reutilización.	
8	Los componentes tecnológicos, pedagógicos y metodológicos que forman parte del modelo, así como su interrelación, brindan la integralidad y flexibilidad necesaria.	
9	El proceso de minería de datos utilizado para la selección del método pedagógico, permite establecer una ruta mejorada de aprendizaje.	

## Anexo 35. Respuestas dadas por los expertos para cada indicador.

Tabla 22. Respuestas dadas por los expertos para cada indicador. Fuente: elaboración propia.

Experto	Indicador								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	5	5	5	5	5	4	4	5
2	5	4	5	4	4	5	5	5	3
3	4	5	4	5	5	5	4	4	3
4	5	3	5	5	5	5	5	5	4
5	5	5	4	3	4	4	5	4	5
6	4	5	5	5	4	5	5	4	4
7	5	4	5	5	5	5	4	5	5
8	4	5	3	4	4	5	5	4	5
9	5	3	5	5	5	5	3	4	4
10	3	5	5	4	5	5	5	5	4
11	5	5	4	5	4	4	4	5	5
12	5	4	5	5	5	5	5	4	4
13	3	5	5	5	4	5	5	4	5
14	5	4	5	5	5	5	4	4	4
15	5	4	5	5	4	5	5	3	5
16	5	5	5	4	4	5	4	4	5

## Anexo 36. Cuadro Lógico de Iadov.

Tabla 23. Cuadro Lógico de Iadov. Modificado por la autora.

3- ¿Le satisface la representación del modelo propuesto para la enseñanza de la programación?	1. ¿Considera usted que se debe enseñar la programación en los centros educativos sin un modelo coherente que utilice las inteligencias múltiples en las carreras de perfil informático?								
	No	No Sé			Sí				
	2- ¿Si usted necesitara aplicar la programación en los centros educativos utilizaría el modelo propuesto?								
	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No
Me gusta Mucho	1	2	6	2	2	6	6	6	6
No me gusta tanto	2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me da lo mismo	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me disgusta más de lo que me gusta	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me gusta nada	6	6	6	6	4	4	6	4	5
No sé qué decir.	2	3	6	3	3	3	6	3	4

**Anexo 37. Encuesta para validación del modelo MACPOO según criterio de usuarios.**

Le agradecemos de antemano que responda esta encuesta que pretende recoger sus opiniones. Le recordamos que las respuestas son anónimas por lo que le pedimos que sea sincero, ya que resultan muy importantes para perfeccionar nuestro trabajo.

1. ¿Considera que la forma de representar el contenido que le ofrece MACPOO le ha facilitado comprender los conceptos claves de la Programación Orientada a Objetos?

Sí\_\_\_ No\_\_\_ No sé\_\_\_

2. ¿El modelo MACPOO le ha ayudado a transformar las especificaciones de un problema dado en clases, métodos, y objetos?

\_\_\_ mucho \_\_\_ algo \_\_\_ nada

3. ¿Cómo evalúa la influencia de MACPOO en su capacidad de expresar claramente un algoritmo empleando el paradigma orientado a objetos?

\_\_\_ limitada \_\_\_ discreta \_\_\_ apreciable \_\_\_ sobresaliente

4. ¿Le satisface la composición de MACPOO para la aplicación de la POO?

Me gusta mucho	
No me gusta tanto	
Me da lo mismo	
Me disgusta más de lo que me gusta	
No me gusta nada	
No sé qué decir	

- a) ¿Qué aspectos le gustaría cambiar en el modelo? Ordene estos aspectos atendiendo a la prioridad que requieren para usted.

5. Evalúe la elevación de su nivel de conocimiento de la Programación Orientada a Objetos a partir de la interacción con el modelo.

\_\_\_ nivel alto

\_\_\_ medio alto

\_\_\_ medio

\_\_\_ medio bajo

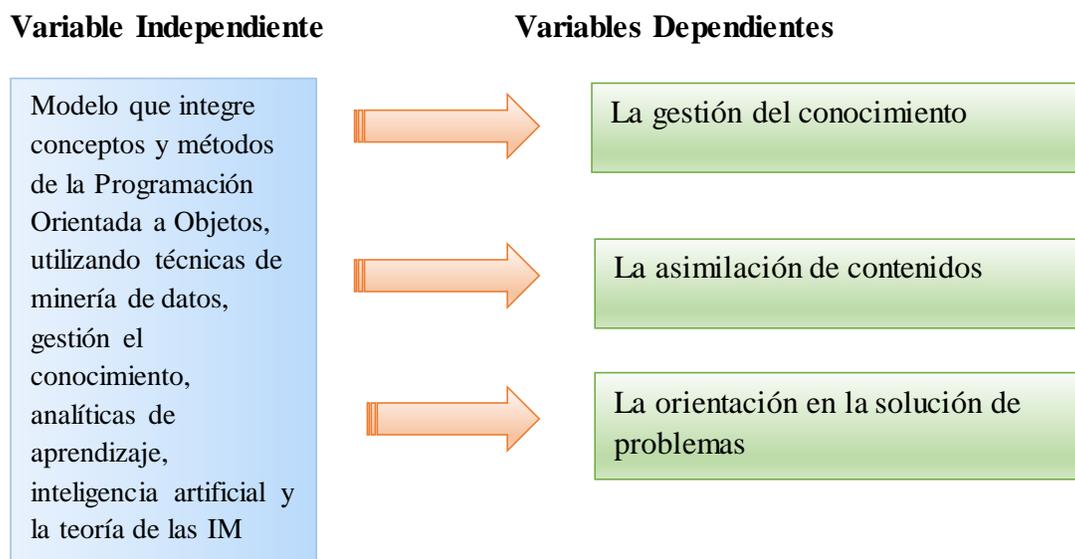
\_\_\_ bajo

6. ¿Cree usted que modelos similares facilitarían el proceso de enseñanza-aprendizaje en temas de otras asignaturas? \_\_\_ sí \_\_\_ no

### Anexo 38. Operacionalización de las variables.

**Hipótesis:** Si se desarrolla e implementa un modelo, que integre conceptos y métodos de la POO, utilizando técnicas de minería de datos, gestión el conocimiento, analíticas de aprendizaje, inteligencia artificial y la teoría de las IM, se favorecerá la gestión del conocimiento, mejorará la asimilación de contenidos y la orientación para la solución de problemas en las carreras de perfil informático.

Esta hipótesis es causal multivariada como se refleja en la Figura 14:



**Figura 14.** Relación entre las variables independientes y dependientes. Fuente: elaboración propia.

**Variable independiente: Modelo, que integre conceptos y métodos de la Programación Orientada a Objetos, técnicas de minería de datos, gestión el conocimiento, analíticas de aprendizaje, inteligencia artificial y la teoría de las IM:** es la capacidad que tienen el modelo para integrar y relacionar componentes psicológicos, pedagógicos y tecnológicos para contribuir a mejorar la gestión del conocimiento, mejorar la asimilación de contenidos, y la orientación en la solución de problemas en los estudiantes de las carreras de perfil informático.

Es una variable discreta y puede asumir uno de los siguientes valores:

- Muy Alto: cuando todas las preguntas que se definen a continuación son afirmativas.
- Alto: cuando siete de las preguntas que se definen a continuación son afirmativas.
- Medio: cuando cinco de las preguntas que se definen a continuación son afirmativas.

- Bajo: cuando tres de las preguntas que se definen a continuación son afirmativas.
- No tiene: cuando dos o menos preguntas que se definen a continuación son afirmativas.

Preguntas a utilizar para medir la incidencia de la variable independiente, a través de los métodos definidos en la investigación para la validación:

P1. ¿Considera que el modelo favorece la gestión del conocimiento? Sí\_\_ No\_\_ (VD1)

P2. ¿Considera que el modelo favorece la asimilación de contenidos para que evolucione hacia un nivel productivo o creativo? Sí\_\_ No\_\_ (VD2)

P3. ¿Considera que los componentes tecnológicos, pedagógicos, organizativos y sociales que incluye el modelo ayudan a los profesores en la elaboración y aplicación de tareas que exigen colaboración? Sí\_\_ No\_\_ (VD1)

P4. ¿Considera que el modelo propuesto favorecer la orientación en la solución de problemas? Sí\_\_ No\_\_ (VD3)

P5. ¿Considera que los componentes tecnológicos, pedagógicos, y sociales que incluye el modelo ayudan a los profesores en la resolución de actividades que exigen colaboración? Sí\_\_ No\_\_ (VD3)

P6. ¿Considera que el modelo propuesto desarrolla habilidades para el empleo de las TIC? Sí\_\_ No\_\_ (VD2)

**Método de validación:** encuesta, técnica de Iadov, grupo focal, experimento, cuasiexperimento y triangulación metodológica intermétodo de forma simultánea.

La relación de los valores de la variable independiente y dependientes se expone en Tabla 24.

**Tabla 24.** Valores de las variables independientes y dependientes. Fuente: elaboración propia.

Variable independiente	Valor que asume	Variable dependiente	Valor que asume
VI: Modelo, que integre conceptos y métodos de la Programación Orientada a	Muy alto (MA) Alto (A) Medio (M) Bajo (B)	Gestión del conocimiento	En una escala del 1 al 4, donde 1 es el nivel bajo y 4 el valor máximo. <b>Excelente:</b> Cuando VI (MA o A) y (P1, P2 y P3 son afirmativas) <b>Bien:</b> Cuando VI (M) y (al menos dos de: P1, P2 y P3 son afirmativas)

Objetos, utilizando técnicas de minería de datos, gestión el conocimiento, analíticas de aprendizaje, inteligencia artificial y la teoría de las IM	No tiene (NT)		<b>Regular:</b> Cuando VI (B) y (al menos una de: P1, P2 y P3 son afirmativas) <b>Mal:</b> Cuando VI (NT)
		Asimilación de contenidos	<b>Excelente:</b> Cuando VI (MA o A) y (P2, P3 y P6 son afirmativas) <b>Bien:</b> Cuando VI (M) y (al menos dos de: P2, P3 y P6 son afirmativas) <b>Regular:</b> Cuando VI (B) y (al menos una de: P2, P3 y P6 son afirmativas) <b>Mal:</b> Cuando VI (NT)
		Orientación en la solución de problemas	<b>Excelente:</b> Cuando VI (MA o A) y (P4, P5 y P6 son afirmativas) <b>Bien:</b> Cuando VI (M) y (al menos dos de: P4, P5 y P6 son afirmativas) <b>Regular:</b> Cuando VI (B) y (al menos una de: P4, P5 y P6 son afirmativas) <b>Mal:</b> Cuando VI (NT)

**La variable dependiente:** gestión del conocimiento correspondiente al nivel que cursa utilizando el modelo que para la aplicación de la programación se mide utilizando los resultados de la prueba establecida para este nivel (donde se aplicó el modelo MACPOO) y se comparó con la misma prueba aplicada a los estudiantes del grupo precedente el año anterior, cuando no se utilizaba el modelo.

- Excelente: Si todos los alumnos obtienen mejor evaluación que los alumnos del grupo del año anterior en los dos componentes de la variable.
- Bien: Si más del 75% de los alumnos obtienen mejor evaluación que los alumnos del grupo del año anterior en las dos componentes de la variable.
- Regular: Si más del 50% de los alumnos obtienen mejor evaluación que los alumnos del grupo del año anterior en los dos componentes de la variable.
- Mal: Si menos del 50% de los alumnos obtienen mejor evaluación que los alumnos del grupo del año anterior en las dos componentes de la variable.

**Método de validación:**

- Cuasiexperimento, específicamente el “diseño con pre y post prueba con grupo de control” para calcular la capacidad del modelo para mejorar la asimilación de los contenidos y la triangulación metodológica.

**Anexo 39. Cuestionario para evaluar la variable independiente.**

Observación: Aplicar solo a docentes que tuvieron experiencias en el uso del modelo.

1. ¿Considera que los componentes del modelo propuesto son capaces de brindar asistencia para la resolución de problemas con diferentes niveles de dificultad?

Sí\_\_ No\_\_

2. ¿Considera que los componentes tecnológicos, pedagógicos, psicológicos que incluye el modelo ayudan a los profesores en la orientación para la solución de problemas?

Sí\_\_ No\_\_

3. ¿En el modelo propuesto están indicadas acciones para brindar orientación en la solución de problemas?

Sí\_\_ No\_\_

4. ¿Considera que el modelo contribuye a la gestión del conocimiento?

Sí\_\_ No\_\_

5. ¿Considera que los componentes tecnológicos, pedagógicos, y psicológicos que incluye el modelo ayudan a los profesores en la elaboración y aplicación de actividades que exigen orientación personalizada y seguimiento?

Sí\_\_ No\_\_

**Anexo 40. Guía de desarrollo del Grupo Focal.**

**No. de participantes:** siete participantes, compuesto por especialistas del Departamento de Informática y Tecnología Educativa de la universidad, desarrolladores de proyectos y profesores con experiencia en el área de la tecnología.

**Fecha:** 15 de enero de 2016.

**Lugar:** Aula 3.5.

**Hora:** 9:30 am.

**Apertura**

- Describir lo que constituye un grupo focal.
- Explicar el objetivo de la reunión.
- Explicar procedimiento.
- Presentación del modelo MACPOO.

**Objetivos**

**Tabla 25.** Objetivos de la investigación y grupo focal. Fuente: elaboración propia.

<b>Objetivos de la Investigación</b>
Desarrollar un modelo, que integre conceptos y métodos de la POO, utilizando técnicas de minería de datos, gestión el conocimiento, analíticas de aprendizaje, inteligencia artificial y la teoría de las IM, para favorecer la gestión del conocimiento, mejorar la asimilación de contenidos y la orientación en la solución de problemas en las carreras de perfil informático.
<b>Objetivos del grupo focal</b>
Valorar críticamente el modelo desarrollado, así como sus principios y componentes, a partir de un intercambio con personal especializado en el área de tecnología educativa.

Nombre del moderador: Lic. Yolanda García Meneses.

Nombre del observador: Ing. Yosmel García Carmenate.

**Guía de preguntas:**

- ¿Considera que el modelo propuesto para mejorar la asimilación de contenidos en los temas de POO es adaptable a las IES?

- ¿Cómo valora los componentes desarrollados como parte del modelo, así como los principios que lo rigen?
- ¿Cómo considera la inclusión de los aspectos psicológicos del estudiante, como parte del componente Gestión de perfiles inteligentes?
- ¿Considera que el trabajo con las analíticas de aprendizaje obtenidas a partir de la comunicación entre el sistema tutor y LMS mediante servicios web contribuyen a elevar la orientación en la solución de problemas?
- ¿Cómo evalúa la concordancia entre los componentes del modelo y la herramienta informática que lo instanció?
- ¿Considera que la forma de abordar las temáticas de programación en el modelo propuesto favorece la asimilación de contenidos, mejora la orientación en la solución de problemas y potencia las IM en los estudiantes?
- ¿Cómo valora la pertinencia y validez del modelo MACPOO para mejorar la asimilación de contenidos, y la orientación en la solución de problemas en las IES?