

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE  
MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y  
COMPUTACIÓN**



**AMBIENTE COLABORATIVO DE APRENDIZAJE  
PARA MEJORAR EL PROCESO DE ENSEÑANZA  
DE MATEMÁTICA DE ESTUDIANTES DE  
SEGUNDO GRADO DE PRIMARIA DE LA I.E.N. N°  
11151-“MONS. AUGUSTO VARGAS ALZAMORA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**LIZ ELIANA FLORES GAMONAL**

**Chiclayo, 02 de febrero de 2015**

**AMBIENTE COLABORATIVO DE APRENDIZAJE  
PARA MEJORAR EL PROCESO DE ENSEÑANZA  
DE MATEMÁTICA DE ESTUDIANTES DE  
SEGUNDO GRADO DE PRIMARIA DE LA I.E.N. N°  
11151-“MONS. AUGUSTO VARGAS ALZAMORA”**

**POR:**

**LIZ ELIANA FLORES GAMONAL**

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de  
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**

---

**Mgtr. Karla Cecilia Reyes Burgos  
PRESIDENTE**

---

**Ing. Huilder Juanito Mera Montenegro  
SECRETARIO**

---

**Mgtr. María Ysabel Arangurí García  
ASESOR**

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Antecedentes .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Bases Teórico Científicas.....</b>	<b>7</b>
2.2.1. Proceso de Enseñanza .....	7
2.2.1.1. Didáctica de las matemáticas .....	8
2.2.1.1.1. Proceso de enseñanza de las operaciones aritméticas .....	8
2.2.1.1.2. Representación y el sistema de numeración decimal.....	8
2.2.1.1.3. Materiales didácticos para la enseñanza del sistema de numeración..	9
2.2.1.1.4. Algoritmos de la adición y sustracción.....	11
2.2.2. Aprendizaje Colaborativo .....	11
2.2.2.1. Formas de agrupación .....	11
2.2.3. Inteligencia Artificial aplicada a la Educación (IAED) .....	12
2.2.3.1. Definición .....	12
2.2.3.2. Enfoques pedagógicos .....	13
2.2.3.3. Sistemas Inteligentes Educativos (SIE) .....	13
2.2.3.4. Técnicas de IA en Educación.....	13
2.2.3.5. Paradigmas .....	14
2.2.3.5.1. Instrucción asistida por computador (CAI) .....	14
2.2.3.5.2. Intelligent Computer Aided Instruction (ICAI) .....	14
2.2.3.5.3. Sistemas Tutores Inteligentes (STI).....	14
2.2.3.5.4. ILE (Interactive/Intelligent Learning Environment) .....	18
2.2.3.5.5. Ambientes Colaborativos de Aprendizaje (ACA).....	18
2.2.3.5.6. Sistemas de Compañero de Aprendizaje (LCS).....	18
2.2.3.5.7. Micromundos .....	19
2.2.4. Ambientes Colaborativos de Aprendizaje (ACA).....	20
2.2.4.1. Definición .....	20
2.2.4.2. CSCL (Computer-Supported Collaborative Learning).....	20
2.2.4.3. Teorías .....	21
2.2.4.4. Principios.....	22
2.2.4.5. Tipos de interacción .....	22
2.2.4.6. Características .....	22
2.2.4.7. Modelo de usuario .....	22
2.2.4.8. Sistemas.....	23
2.2.5. Sistemas Multiagente .....	23
2.2.5.1. Agentes software.....	23
2.2.5.2. Definición .....	24
2.2.5.3. Metodologías para el modelado de agentes .....	24
2.2.5.3.1. AAIL/BDI .....	24
2.2.5.3.2. MAS-CommonKADS .....	24
2.2.5.3.3. MESSAGE e INGENIAS .....	24
2.2.5.3.4. Gaia.....	25
2.2.5.3.5. MaSE .....	25
2.2.5.3.6. AALAADIN .....	25
2.2.5.4. Plataformas para la implementación de agentes .....	25
2.2.5.4.1. JADE.....	25
2.2.5.4.2. ABLE.....	25
2.2.5.4.3. JADEX.....	25
2.2.5.4.4. FIPA-OS.....	25
2.2.5.4.5. LEAP .....	25
2.2.5.4.6. ZEUS.....	26

2.2.6.	MAS-CommonKADS .....	26
2.2.6.1.	Definición .....	26
2.2.6.2.	Modelos .....	26
2.2.6.3.	Modelo de ciclo de vida .....	27
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.</b>	<b>Diseño de investigación.....</b>	<b>28</b>
3.1.1.	Tipo de investigación.....	28
3.1.2.	Población .....	28
3.1.3.	Muestra.....	28
3.1.4.	Hipótesis.....	29
3.1.5.	Diseño de contrastación .....	29
3.1.6.	Variables y operacionalización .....	29
3.1.7.	Métodos y técnicas de recolección de datos .....	32
3.1.8.	Técnicas de procesamiento de datos .....	32
<b>3.2.</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>32</b>
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1.</b>	<b>Implementación de Metodología MAS-CommonKADS.....</b>	<b>34</b>
4.1.1.	Modelo de Organización (OM) .....	34
4.1.2.	Conceptuación .....	41
4.1.3.	Modelo de Agente (AM) – Primera iteración .....	42
4.1.4.	Modelo de Tareas (TM) .....	43
4.1.5.	Modelo de Agente (AM) – Segunda iteración .....	44
4.1.6.	Modelo de Coordinación (CoM) .....	46
4.1.7.	Modelo de Comunicación (CM).....	47
4.1.8.	Modelo de Experiencia (EM).....	48
4.1.9.	Modelo de Diseño (DM) .....	49
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>52</b>
<b>5.1.</b>	<b>Contrastación de hipótesis .....</b>	<b>66</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>70</b>
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>
<b>A.</b>	<b>ANEXO 1.....</b>	<b>75</b>
<b>B.</b>	<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>76</b>
<b>C.</b>	<b>ANEXO 3 .....</b>	<b>76</b>
<b>D.</b>	<b>ANEXO 4 .....</b>	<b>77</b>
<b>E.</b>	<b>ANEXO 5 .....</b>	<b>77</b>
<b>F.</b>	<b>ANEXO 6 .....</b>	<b>78</b>
<b>G.</b>	<b>ANEXO 7 .....</b>	<b>81</b>
<b>H.</b>	<b>ANEXO 8.....</b>	<b>81</b>
<b>I.</b>	<b>ANEXO 9 .....</b>	<b>83</b>
<b>J.</b>	<b>ANEXO 10 .....</b>	<b>102</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de estudiantes por grado de la I.E.N. N° 11151–“Mons. Augusto Vargas Alzamora”. Fuente: Informe de Situación Académica del centro educativo .....	28
Tabla 2. Selección de muestra de estudiantes de la I.E.N. N° 11151–“Mons. Augusto Vargas Alzamora” .....	28
Tabla 3. Diseño de contrastación de la hipótesis (Alvitres 2000, 162) .....	29
Tabla 4. Operacionalización de variables .....	31
Tabla 5. Distribución Tareas – Agentes .....	45
Tabla 6. Detalles del diseño de la plataforma .....	50
Tabla 7. Escala de calificación de los aprendizajes en Educación Primaria (Ministerio de Educación del Perú 2009, 53) .....	53
Tabla 8. Número de estudiantes considerados para el análisis de los datos .....	53
Tabla 9. Indicadores de logro resumidos .....	53
Tabla 10. Logro obtenido en Pre-Test, Post-Test y Registro del docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de representación .....	54
Tabla 11. Logro obtenido en Pre-Test, Post-Test y Registro del docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de adición sin canje .....	56
Tabla 12. Logro obtenido en Pre-Test, Post-Test y Registro del docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de adición con canje .....	58
Tabla 13. Logro obtenido en Pre-Test, Post-Test y Registro del docente por el Grupo Experimental y Control en el indicador de logro de sustracción sin canje .....	60
Tabla 14. Logro obtenido en Pre-Test, Post-Test y Registro del docente por el Grupo Experimental y Control en el indicador de logro de sustracción con canje .....	62
Tabla 15. Tiempo promedio en minutos usado para entregar un informe académico .....	64
Tabla 16. Número de medios utilizados para informar a los padres de familia sobre el desempeño académico de los estudiantes .....	65
Tabla 17. Promedio de puntajes en Matemática en la Evaluación LLECE (2006) por grados y países. Fuente: SERCE 2006 de LLECE (OREALC/UNESCO y LLECE 2008, 191-192) .....	75
Tabla 18. Niveles de logro de la ECE .....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Regletas de Cuisenaire .....	9
Figura 2. Bloques multibase o Material Base Diez .....	9
Figura 3. Tablero de valor posicional.....	10
Figura 4. Ábaco.....	10
Figura 5. Material de Montessori.....	11
Figura 6. Arquitectura general de un STI .....	16
Figura 7. Proceso en la Institución Educativa N° 11151 “Mons. Augusto Vargas Alzamora” .....	35
Figura 8. Estructura de la Institución Educativa N° 11151 “Mons. Augusto Vargas Alzamora” .....	36
Figura 9. Estructura de poder de la Institución Educativa N° 11151 “Mons. Augusto Vargas Alzamora” .....	37
Figura 10. Correspondencia entre proceso y recursos en la situación antigua ...	39
Figura 11. Correspondencia entre proceso y recursos en la situación nueva .....	40
Figura 12. Impactos del ambiente colaborativo de aprendizaje en los constituyentes de la Institución Educativa N° 11151 “Mons. Augusto Vargas Alzamora” .....	41
Figura 13. Casos de uso del Ambiente Colaborativo de Aprendizaje .....	43
Figura 14. Descomposición de la Tarea T1: Ejecución de la sesión de aprendizaje .....	44
Figura 15. Descomposición de la Tarea T2: Consolidación de información sobre desempeño académico .....	44
Figura 16. Casos de uso internos del sistema .....	46
Figura 17. Canales básicos de comunicación .....	47
Figura 18. Interacciones genéricas de la conversación entre el estudiante (Humano) y el agente Tutor (Sistema) .....	48
Figura 19. Diagrama de conceptos.....	49
Figura 20. Diseño de la estructura de la plataforma .....	51
Figura 21. Estructura detallada de la plataforma .....	51
Figura 22. Logro obtenido en Pre-Test y Post-Test por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de representación.....	55
Figura 23. Logro obtenido según el Registro del Docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de representación.....	55
Figura 24. Logro obtenido en Pre-Test y Post-Test por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de adición sin canje.....	57
Figura 25. Logro obtenido según el Registro del Docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de adición sin canje.....	57

Figura 26. Logro obtenido en Pre-Test y Post-Test por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de adición con canje.....	59
Figura 27. Logro obtenido según el Registro del Docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de adición con canje.....	59
Figura 28. Logro obtenido en Pre-Test y Post-Test por el Grupo Experimental y Control en el indicador de logro de sustracción sin canje .....	61
Figura 29. Logro obtenido según el Registro del Docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de sustracción sin canje ....	61
Figura 30. Logro obtenido en Pre-Test y Post-Test por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de sustracción con canje .....	63
Figura 31. Logro obtenido según el Registro del Docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de sustracción con canje .....	63
Figura 32. Tiempo promedio en minutos usado para entregar un informe académico en el pre-test y post-test.....	64
Figura 33. Número de medios utilizados para informar a los padres de familia sobre el desempeño académico de los estudiantes.....	65
Figura 34. Evolución de resultados en matemática de la ECE a nivel nacional .....	76
Figura 35. Resultados de la ECE en la I.E.N. N° 11151–"Mons. Augusto Vargas Alzamora" .....	77
Figura 36. Porcentaje de desaprobados en matemática por grado respecto al total de desaprobados en matemática por año en la I.E.N. N° 11151–"Mons. Augusto Vargas Alzamora" .....	77
Figura 37. Pantalla de inicio de sesión del Ambiente Colaborativo de Aprendizaje.....	83
Figura 38. Pantalla de inicio del entorno del estudiante (primera versión) .....	84
Figura 39. Pantalla de la modalidad de material concreto (primera versión) ....	85
Figura 40. Pantalla de la modalidad de material Base Diez (primera versión) ..	86
Figura 41. Pantalla de la modalidad de Tablero de Valor Posicional (primera versión).....	87
Figura 42. Administrador de Agentes de JADE .....	88
Figura 43. Agente Tutor en ejecución .....	88
Figura 44. Agente Modelo de Aprendizaje en ejecución .....	89
Figura 45. Pantalla de bienvenida del entorno del estudiante .....	90
Figura 46. Mapa de niveles .....	91
Figura 47. Pantalla del nivel Koala .....	92
Figura 48. Pantalla del nivel Pingüino.....	93
Figura 49. Pantalla del nivel Zorro .....	94
Figura 50. Pantalla del nivel Cebra.....	95

Figura 51. Pantalla del nivel Jirafa.....	96
Figura 52. Pantalla del nivel Elefante .....	97
Figura 53. Pantalla del nivel Oso .....	98
Figura 54. Pantalla del nivel Cocodrilo .....	99
Figura 55. Pantalla del nivel Tigre .....	100
Figura 56. Pantalla del nivel León .....	101
Figura 57. Docente y estudiantes durante sesión de trabajo con el sistema.....	102
Figura 58. Estudiantes utilizando el Ambiente Colaborativo de Aprendizaje ..	102

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a las personas más importantes de mi vida.  
Aquellas que me dedicaron su valioso tiempo,  
me reconfortaron con sus nobles palabras  
y creyeron en mí,  
inclusive en los momentos más difíciles.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, Aldemar Flores Córdova y Marleni Gamonal Sarmiento, y a mi hermano Frank Flores Gamonal. Gracias por su amor y comprensión; soy una persona muy afortunada por tenerlos.

A mi asesora de tesis, Mgtr. María Arangurí García. Ha sido como una madre para mí, las enseñanzas que recibí de usted las llevaré afectuosamente siempre conmigo.

Al Mgtr. Ramón Villanueva Félez. Gracias por el tiempo, palabras y apoyo que me brindaste. Siempre te llevo en mi corazón.

A la directora, docentes y personal de apoyo de la I.E.N. N° 11151–“Mons. Augusto Vargas Alzamora”, por el tiempo y colaboración que me ofrecieron durante la investigación. Pude observar en ustedes la dedicación con la que realizan su labor. Gracias por educar y cuidar de los niños y niñas de nuestro país.

Agradezco también a los amigos y familiares que con sus afectuosas palabras me impulsaron a llegar hasta aquí.

## RESUMEN

La presente investigación surgió de la necesidad de atender el desarrollo de las capacidades matemáticas que le permitan al estudiante estar en condiciones de responder a los desafíos que presenta la sociedad; también se consideró relevante el aprovechamiento de las computadoras disponibles en el centro educativo para apoyar la enseñanza. El objetivo que se planteó buscaba mejorar el proceso de enseñanza de matemática en estudiantes de segundo grado.

Para elaborar la propuesta tecnológica se hizo uso de la metodología MAS-CommonKADS para el desarrollo de sistemas multiagente, que propone un ciclo de vida compuesto por: conceptualización, análisis, diseño, codificación y prueba, integración, operación y mantenimiento. A través de dicho ciclo de vida se desarrollaron una serie de modelos.

La propuesta tecnológica consistió en un Ambiente Colaborativo de Aprendizaje basado en un sistema multiagente operado mediante web, que requirió para la implementación de los agentes el uso de la plataforma JADE y el lenguaje java.

Tras la ejecución de la investigación se llegó a la conclusión de que el Ambiente Colaborativo de Aprendizaje favoreció los logros aritméticos de los estudiantes y la resolución de problemas propuestos, también permitió reducir tiempos en la entrega de información académica a los padres de familia. Por último, significó un incremento en los medios para informar a los padres de familia sobre el desempeño académico de los estudiantes.

**Palabras clave:** *CSCL, Computer Supported Collaborative Learning, Aprendizaje colaborativo, Ambiente Colaborativo de Aprendizaje, sistema multiagente, agente software, JADE.*

## ABSTRACT

The current research emerged of the necessity of attending the development of the mathematical skills that enable the student to be capable to respond to the challenges of society; it was also considered relevant the use of computers available in the school to support teaching. The proposed aim was to improve the teaching of mathematics in second grade students.

In order to elaborate this technological proposal was done using the MAS-CommonKADS methodology to develop the multi-agent systems; that guide us to a life cycle consisting in: conceptualization, analysis, design, coding and testing, integration, operation and maintenance. Through this life cycle a number of models were developed.

The technological proposal consisted of a Collaborative Learning Environment based on a multi-agent system operated through the web, which required in order to implementing agents, the use of JADE framework and java language.

After the execution of the research, it was concluded that the Collaborative Learning Environment favored the arithmetic student achievements and the resolution of the proposed problems; also it helped to reduce the time in solving problems and to deliver academic information to the parents. Finally, it helped to increase the amount of means to inform the families concerning the students' academic performance.

**Keywords:** *CSCL, Computer Supported Collaborative Learning, Collaborative Learning, Collaborative Learning Environment, multi-agent system, software agent, JADE.*

## I. INTRODUCCIÓN

En la última evaluación de PISA<sup>1</sup> del 2012 se identificaron a los países con mejor desempeño académico, entre los que se incluyen: algunas regiones de China, Singapur, Corea del Sur, Japón, Liechtenstein, Suiza y Holanda (OECD 2013, 5). Aunque exista la tendencia de pensar que la fórmula de los países con buenos sistemas educativos radica en el dinero invertido, lo cierto es que PISA demuestra que “el dinero es importante, pero constituye solo el 28% de las diferencias en desempeño” (Consejo Nacional de Educación 2009, 17). En realidad, existen muchos otros factores como la infraestructura, el contexto de cómo dividir las responsabilidades, la currícula, la evaluación (Consejo Nacional de Educación 2009, 25), pero uno de los más importantes es el capital humano dado por el nivel de calidad de los maestros, pues en definitiva “la calidad de un sistema educativo no puede exceder la calidad de sus maestros”<sup>2</sup> (Consejo Nacional de Educación 2009, 24). De esto se desprende la importancia de que se procure que los maestros cuenten con las herramientas, formación y apoyo necesarios para que cumplan una buena labor educativa, incluyéndose aquí el uso de Tecnologías de Información (TICs).

A raíz de la globalización, los crecientes avances de la ciencia, la tecnología y las comunicaciones, ha surgido un contexto donde el desarrollo del pensamiento matemático y el razonamiento lógico son de gran importancia. En la educación básica, el desarrollo de estas capacidades permite al estudiante estar en condiciones de responder a los desafíos que se le presenten, planteando y resolviendo con actitud analítica los problemas de su realidad (Ministerio de Educación del Perú 2009, 186). Una forma de observar si estas capacidades efectivamente se están desarrollando, es mediante la ejecución de evaluaciones. En el Perú se han llevado a cabo una serie de ellas que han permitido examinar el rendimiento en matemáticas de los estudiantes. Han sido organizadas tanto por organismos internacionales como por el Ministerio de Educación. En cuanto a las evaluaciones internacionales, el Perú ha participado de dos: la del LLECE<sup>3</sup> y PISA (Cueto s.f., 420). Por su parte, el Ministerio de Educación realiza anualmente la ECE o Evaluación Censal de Estudiantes en la que evalúa a los estudiantes de segundo grado de primaria.

Aunque se han observado ciertas mejoras en los últimos años, los resultados de evaluaciones nacionales e internacionales coinciden en el bajo rendimiento matemático. Así, en la última evaluación LLECE del 2006, denominada SERCE (Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo) y donde se evaluó a estudiantes de 3° y 6° grado (ver **Tabla 17**), se observa que en 3° grado se obtuvo un puntaje significativamente inferior al promedio de Latinoamérica y el Caribe (OREALC/UNESCO y LLECE 2008, 76). Se señala también que el puntaje en 6° grado no tiene diferencias significativas respecto al promedio en la región (OREALC/UNESCO y LLECE 2008, 81). Por su parte, los resultados

---

<sup>1</sup> Por sus siglas en inglés: Programme for International Student Assessment. Es organizado por la OECD (Organisation For Economic Co-operation And Development) por sus siglas en inglés. Aunque Perú no es miembro de la OCDE, es uno de los países participantes del PISA.

<sup>2</sup> Manifestado por Andreas Schleicher, creador de la prueba PISA, durante un taller organizado por el Consejo Nacional de Educación (CNE).

<sup>3</sup> Por sus siglas: Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad Escolar (LLECE), es organizada por la Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe de la UNESCO.

de PISA del 2012 ubican al Perú en último lugar respecto a 65 países evaluados (OECD 2013, 7). En cuanto a la ECE última del 2013, se determinó que sólo el 16,8% de estudiantes alcanzó el nivel 2 (ver **Figura 34**), nivel óptimo en el que el estudiante logra los aprendizajes esperados para el grado (ver Tabla 18). Este resultado dista mucho de la meta propuesta por el Ministerio de Educación para el 2016, con la que se espera alcanzar un porcentaje del 35% (UGEL N° 05 s.f., 44).

En un contexto más cercano, en la I.E.N. N° 11151–“Mons. Augusto Vargas Alzamora”, puede observarse que los niños de 2° grado tuvieron el mayor número de desaprobados en matemática si se le compara con otros grados respecto al total de desaprobados; de esta manera, se registró que en el año 2012 el 2° grado tuvo un total de 11 desaprobados, que implica el 65% del total de desaprobados de todos los grados (ver **Figura 36**). Estos estudiantes desaprobados repitieron el año escolar. Los resultados manifiestan un problema en el desempeño de los estudiantes de segundo grado y puede corroborarse con los datos arrojados por la ECE. Según ésta, en el 2012 el porcentaje de estudiantes que se encontraban en el nivel 2 fue de sólo el 15,1% (ver **Figura 35**). A pesar de que se superó el porcentaje nacional de ese año en el que se alcanzó el 12,8% (ver **Figura 34**), los resultados se encuentran por debajo de la meta establecida en el centro educativo, que consistía en alcanzar el 45% para el 2013.

En cuanto a uso de Tecnologías de Información, ha podido observarse que cuentan con un aula de innovación pedagógica, utilizada por cada sección durante dos horas a la semana. En esta aula se refuerza contenido de cualquiera de las asignaturas con diverso material multimedia. Cuentan con un proyector, un televisor, así como con cuarenta y dos computadoras portátiles XO-1. Estas computadoras fueron provistas por el Ministerio de Educación para que cada niño pueda tener acceso a las tecnologías de información. Debido al número de computadoras XO disponibles y al número de estudiantes (aproximadamente 30 por aula), cada estudiante puede trabajar en un solo computador.

Por último, es importante considerar la información que se entrega a los padres de familia sobre el desempeño académico de los estudiantes. Actualmente el único medio que se emplea para informar a los padres es el oral y se utiliza cuando estos se acercan al docente y solicitan información, por lo general durante la hora de recreo. Debido a que la información académica se maneja en documentos físicos y no está automatizada, el tiempo de demora para entregar la información a un padre de familia se calcula en 5 a 10 minutos aproximadamente.

Del análisis de la situación anteriormente descrita surgió el siguiente problema de investigación ¿cómo mejorar el proceso de enseñanza de matemática de los estudiantes de segundo grado de primaria de la I.E.N. N° 11151–“Mons. Augusto Vargas Alzamora”? Para atender el problema identificado se planteó la siguiente hipótesis: El desarrollo de un ambiente colaborativo de aprendizaje mejora el proceso de enseñanza de matemática de estudiantes de segundo grado de primaria. Se definió como objetivo general mejorar el proceso de enseñanza de matemática de los estudiantes de segundo grado de primaria del centro educativo antes mencionado, mediante el desarrollo de un ambiente colaborativo de aprendizaje. Así mismo, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- Incrementar el porcentaje de estudiantes que alcanzan el logro para el indicador: “representa en forma concreta, gráfica y simbólica números de hasta dos cifras, expresándolos de diferentes modos en unidades y decenas”.
- Aumentar el porcentaje de estudiantes que consiguen “usar el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, sin canje”.
- Acrecentar el porcentaje de estudiantes que logran “usar el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, con canje”.
- Incrementar el porcentaje de estudiantes que alcanzan el logro para el indicador: “usa el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, sin canje”.
- Aumentar el porcentaje de estudiantes que consiguen “usar el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, con canje”.
- Disminuir el tiempo promedio empleado para entregar la información académica de los estudiantes a los padres de familia durante una unidad de aprendizaje.
- Aumentar el número de medios utilizados para informar a los padres de familia sobre el desempeño académico de los estudiantes durante una unidad de aprendizaje.

Esta investigación es importante en el aspecto tecnológico porque se desarrolló un sistema multiagente capaz de funcionar en un entorno web. Gracias a esto fue posible un mejor aprovechamiento de las computadoras portátiles XO-1 que fueron entregadas por el Ministerio de Educación. Actualmente los niños están limitados a usar los programas y herramientas pre-instalados en los equipos, sin embargo, el navegador disponible ofrece una serie de posibilidades para el desarrollo web. Con el sistema puede potenciarse el trabajo con las computadoras.

En el aspecto económico, afianzar el desempeño matemático de los estudiantes mediante una solución tecnológica es importante para evitar gastos que se pueden producir en el futuro por repetición de año escolar o por recuperación en el curso de verano.

Se busca, en el aspecto social, que esta investigación sea un medio para acercar la universidad a la comunidad. Es fundamental que las investigaciones que se generan en la universidad contribuyan con la comunidad y sociedad. Por otro lado, ésta genera beneficios a la directora y docentes del centro educativo porque integrar de una forma novedosa las TICs a la labor de enseñanza, puede mejorar la experiencia docente y generar satisfacción por una labor bien realizada. Así mismo, el centro educativo como institución goza del reconocimiento por esta innovación. También es significativo manifestar la importancia de apoyar a que la escuela construya unas bases matemáticas sólidas en los niños y que los preparen para los desafíos futuros.

Es también una contribución a la comunidad científica porque integra el trabajo de sistemas multiagente basados en agentes JADE al campo del aprendizaje colaborativo soportado por computador (CSCL) mediante el desarrollo de un ambiente colaborativo de aprendizaje. Aunque existen diversas maneras de

abordar el CSCL y el desarrollo de ambientes colaborativos, no se ha detectado la existencia de investigaciones sobre ambientes colaborativos de aprendizaje que cuenten con esas características exactas. Debido a esto, se espera que este trabajo sea de utilidad en investigaciones futuras.

En el ámbito personal, esta investigación es relevante porque a través de ella fue posible integrar diversas disciplinas (tecnológicas y educativas) para beneficiar a la sociedad, y en este caso concreto, contribuir en la educación de los niños. También, gracias a ésta se logró afrontar el reto de aprender nuevas cosas, no sólo en el ámbito tecnológico sino también en el educativo.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

**Antecedente #01:** “Sistema Tutorial Multimedia basado en tecnología B-Learning para mejorar el proceso de comunicación en niños con necesidades educativas especiales del colegio de educación especial N° 2 «Niño Jesús de Praga» – Pimentel” (Ponce Rodas 2012). La investigación tuvo como objetivo mejorar el proceso de comunicación en niños con habilidades especiales con el uso de un sistema tutorial multimedia basado en tecnología B-Learning y en la metodología de Brian Blum. Para llevarlo a cabo se diseñó una investigación de tipo cuasiexperimental con pretest y postest aplicado a los grupos (control y experimental) del experimento. Se tomó como muestra al total de la población del grado de pre educación especial, compuesto por 20 alumnos.

Se concluyó que los alumnos mejoraron su proceso de comunicación después de usar el sistema multimedia, y se redujo el tiempo que toma a los niños asociar un sonido con imágenes.

Esta investigación se consideró relevante debido a que, al igual que la presente investigación, buscaba producir mejoras en el proceso de enseñanza de los niños. También se contempló el diseño de la investigación, pues de igual manera planteó un diseño de investigación con un grupo experimental y de control.

**Antecedente #02:** “Implementación de un sistema multimedia educativo enfocado a incrementar habilidades numéricas en niños con síndrome de Down del nivel primario de la institución educativa básica especial «La Victoria»” (Ordinola Agurto 2012). Buscaba mejorar las habilidades numéricas de niños con síndrome de Down mediante un sistema multimedia que utiliza la metodología Brian Blum. Se consideró el método de investigación cuasiexperimental con un diseño pretest-postest y grupos equivalentes (experimental y de control). La población con la que contó la investigación estuvo compuesta por 28 niños y niñas de nivel primario. De ésta se extrajo una muestra de 15 estudiantes: 8 en el grupo experimental y 7 en el grupo de control.

Se llegó a la conclusión que los niños del grupo experimental adquirieron habilidades numéricas con mayor rapidez y de forma más consolidada. De esta manera, se demostró que el sistema cumplía el rol de herramienta reforzadora del aprendizaje.

Para la presente investigación fue relevante el aporte de este trabajo debido al objetivo parecido que perseguía: mejorar las habilidades numéricas de los niños de primaria mediante el uso de una solución tecnológica. Así mismo, se tomó como referencia el diseño de la investigación.

**Antecedente #03:** “Using synchronous peer tutoring system to promote elementary students’ learning in mathematics” (Tsuei 2012). Esta investigación exploró los efectos de un sistema de tutoría para la enseñanza de aritmética a estudiantes organizados en pares (tutoría entre pares/tutoría entre iguales) e interactuando de forma síncrona. El sistema desarrollado se denominó G-Math. Siguió un diseño cuasi-experimental, dos clases fueron asignadas al grupo experimental y una clase fue considerada como grupo de control. Hubo tres sesiones de matemáticas (40 minutos cada una) por semana. En la tercera sesión, los estudiantes del grupo de control trabajaron cara a cara en pares

usando la estrategia de aprendizaje colaborativo, mientras que el grupo experimental trabajó en pares usando el sistema G-Math. Dos maestros, cada uno con un título de maestría y con 11 y 13 años de experiencia docente, participaron del estudio. La población estuvo conformada por 88 estudiantes, de entre 10 y 11 años de edad. Estos niños pertenecían a tres clases diferentes de una escuela primaria. Participaron durante dos semestres desde el semestre de primavera del tercer grado hasta el semestre de otoño de cuarto grado del 2009.

Como conclusión se obtuvo que el sistema mejoró el aprendizaje de matemáticas de los estudiantes, especialmente para los estudiantes en general y los de bajo rendimiento. Además la incorporación de la tutoría entre iguales como estrategia en un CSCL aumentó el logro académico de los estudiantes y promovió resultados positivos de actitud y socioemocionales.

Este antecedente se vincula con la presente investigación porque ambas están orientadas al CSCL, y por lo tanto, al aprendizaje colaborativo. Además, buscan generar mejoras en el rendimiento de los estudiantes en aritmética. Por último, es también rescatable la preocupación del estudio por considerar el aspecto actitudinal, que es de gran importancia en el aprendizaje colaborativo.

## **2.2. Bases Teórico Científicas**

### **2.2.1. Proceso de Enseñanza**

Gagné (1991, 462) define la enseñanza como “una actividad compleja de resolución de problemas, cuya meta es facilitar el aprendizaje del estudiante. El «profesor» puede ser un creador de programas educativos de ordenador, un escritor de libros de texto, un productor de vídeos educativos, un monitor industrial o un maestro de escuela. Cada una estas personas tiene como objetivo favorecer el aprendizaje del estudiante”.

Por su parte, Biddle et al. (Biddle, Good y Goodson 2000, 26) la definen como un flujo constante de acciones emprendidas por el profesor, que tiene como propósito la educación de los alumnos y que se lleva a cabo en instituciones organizadas llamadas escuelas, que a su vez forman parte del sistema educativo. Como puede observarse en esta definición se aborda a la enseñanza desde un punto de vista más formal, pues está a cargo de profesores y se lleva a cabo dentro de instituciones organizadas.

Gimeno y Pérez (2002, 81) consideran a la enseñanza como “un proceso que facilita la transformación permanente del pensamiento, las actitudes y los comportamientos de los alumnos/as, provocando el contraste de sus adquisiciones más o menos espontáneas en su vida cotidiana con las proposiciones de las disciplinas científicas, artísticas y especulativas, y también estimulando su experimentación en la realidad”. También la consideran como una actividad práctica (Gimeno y Pérez 2002, 95).

Fenstermacher (Gvirtz y Palamidessi 2006, 133–134) considera que es una actividad que requiere por lo menos dos personas y una de ellas posee un conocimiento o habilidad que intenta transmitir a la segunda que no posee, estableciéndose una relación entre ambas con el propósito de que la segunda los adquiere. Se menciona que es un intento porque no necesariamente el hecho de que el docente enseñe garantiza que el alumno aprenda o que aprenda lo que pretende enseñarle.

De las definiciones anteriores puede observarse que existe una estrecha relación entre enseñanza y aprendizaje, puesto que precisamente la enseñanza es una actividad que busca favorecer el aprendizaje (Gvirtz y Palamidessi 2006, 135).

La relación entre enseñanza y aprendizaje no necesariamente es causal, debido a que de una enseñanza no siempre se consigue un aprendizaje. Realmente, la concepción del proceso enseñanza-aprendizaje como algo continuo y necesario surge del hecho empírico de que en muchas ocasiones las actividades de enseñanza van seguidas por el aprendizaje de los alumnos (Gvirtz y Palamidessi 2006, 134). Enseñanza y aprendizaje son procesos interdependientes y, aunque la enseñanza no es la causa del aprendizaje, su razón de ser es favorecerlo y guiarlo de acuerdo a las pautas culturales (137).

Se puede afirmar que finalmente la enseñanza tiene como objetivo la transmisión de competencias del enseñante al aprendiz (Gvirtz y Palamidessi 2006, 136).

Es importante destacar que la enseñanza es generadora de andamiaje.

Este andamiaje generado por la enseñanza facilita el aprendizaje de algo que el estudiante puede hacer cuando se le brinda ayuda. La enseñanza actúa como los

andamios que se colocan para construir edificios y se van quitando conforme el edificio se eleva, pero en este caso se van retirando para favorecer el aprendizaje de los alumnos (Gvirtz y Palamidessi 2006, 135–136).

Todo proceso de enseñanza requiere cuatro factores (Gvirtz y Palamidessi 2006, 138–139):

- a. Aprendiz
- b. Enseñante
- c. Problema: es algo que debe ser resuelto por el aprendiz y que requiere de la ayuda del enseñante.
- d. Contenido: requerido para resolver el problema.

### **2.2.1.1. Didáctica de las matemáticas**

Según Sotos (1993, 174), la didáctica de las matemáticas es una disciplina que tiene como objeto de estudio los procesos de enseñanza–aprendizaje de las matemáticas. Debido a su origen etimológico, la didáctica está íntimamente ligada al término enseñanza, por lo que podría decirse que la didáctica es “el arte de enseñar” (173).

#### **2.2.1.1.1. Proceso de enseñanza de las operaciones aritméticas**

El aprendizaje de las operaciones aritméticas implica un largo proceso de construcción activa del alumno. Durante el proceso es necesario trabajar sobre cuatro puntos en simultáneo:

- a) Las expresiones aritméticas de la adición ( $a+b=c$ ) y sustracción ( $a-b=c$ ) así como su interpretación y uso.
- b) Los números y el sistema de numeración decimal.
- c) El cálculo no escrito (cálculo mental) y estimación.
- d) Los algoritmos de la adición y sustracción.

#### **2.2.1.1.2. Representación y el sistema de numeración decimal**

El sistema de numeración decimal implica, como manifiesta Castro (2001, 138), “un conjunto finito de signos, reglas y convenios que permiten representar la serie infinita de los números naturales”.

Un sistema de numeración implica un sistema de representación. Para la enseñanza de la representación del sistema de numeración decimal, puede seguirse el proceso señalado por Castro (2001, 138–140):

- Representar los números como un conjunto de objetos, que pueden ser puntos o trazos.
- Agrupar los objetos en bloques de igual número de elementos, escritos por separado. De esta manera, se logran las “agrupaciones simples” que servirán más adelante como base para el sistema de numeración decimal.
- Cuando los números se tornan más grandes, el agrupamiento simple conduce al “agrupamiento múltiple”. Esta nueva forma de agrupar consiste en formar nuevos grupos a partir de los ya formados cuando los grupos superen en número o sean igual a la base establecida.
- Representar los números con símbolos para cada potencia de la base.

- Introducir el concepto de “valor de posición”, lo que indica que las cifras representan unidades, decenas, centenas, etc. de acuerdo al lugar que ocupan cuando se cuenta desde la izquierda.

### **2.2.1.1.3. Materiales didácticos para la enseñanza del sistema de numeración**

Existen materiales que se diseñaron para apoyar el aprendizaje del sistema de numeración decimal. Castro (2001, 41–45) expone algunos de ellos:

#### **Regletas de Cuisenaire**

Es un material propuesto por G. Cuisenaire, que posteriormente fue divulgado por C. Gattegno. Está compuesto por barritas de un centímetro cuadrado de sección con una longitud que varía entre uno a diez centímetros. Permite representar los primeros números y ciertas propiedades y relaciones.

Figura 1. Regletas de Cuisenaire



#### **Bloques multibase de Dienes o Material Base Diez**

Es un material apropiado para trabajar el significado de agrupamiento múltiple en un sistema de numeración. Incluye un cubo para representar las unidades, una regleta para representar grupos de unidades, una placa cuadrada para representar grupos de regletas y un cubo mayor para representar los agrupamientos de las placas.

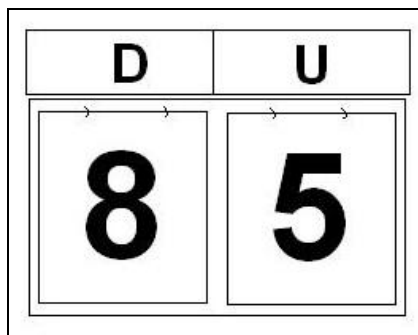
Figura 2. Bloques multibase o Material Base Diez



#### **Tablero de valor posicional**

Ayuda a entender la escritura posicional de los números. Existen diversos modelos, no obstante, el modelo básico implica una franja horizontal que se divide en casillas que representan de derecha a izquierda las unidades, decenas, centenas, etc.

Figura 3. Tablero de valor posicional



### Ábaco

Está conformado por un bastidor con varias columnas, con diez bolitas cada una. Con el ábaco se pueden representar cantidades, observar las equivalencias y realizar sumas y restas.

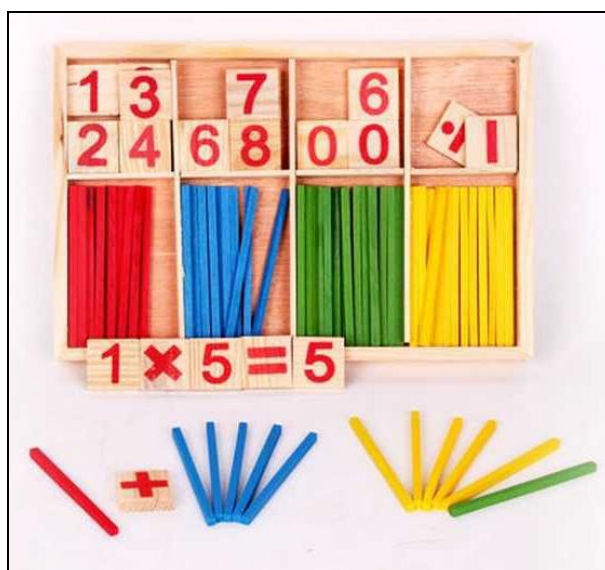
Figura 4. Ábaco



### Material de Montessori

Este tipo de material es de uso común en las clases de matemáticas. Según Alsina y Planas (2008, 50), el material de Montessori incluye barras azules y rojas para introducir las cifras del uno al diez, y cajas de rodillos para trabajar con el cero. Contiene también cifras de papel de vidrio para la relación entre números y símbolos, perlas doradas para el sistema decimal, triángulos para la geometría, entre otros.

Figura 5. Material de Montessori



#### 2.2.1.1.4. Algoritmos de la adición y sustracción

Los procesos de enseñanza de los algoritmos de adición y sustracción son parecidos, puesto que implican la resolución de problemas y la utilización de material didáctico.

Para la enseñanza de ambos algoritmos es necesario que el estudiante cuente con determinados conocimientos previos:

- Sumas de números menores que diez.
- Restas de números menores que 18.
- Propiedades como la conmutativa y asociativa de la suma.
- Sistema de numeración decimal (al nivel que corresponda).

#### 2.2.2. Aprendizaje Colaborativo

##### 2.2.2.1. Formas de agrupación

Se plantea que existen formas en que se puede aprender agrupándose con otros estudiantes. De esta manera, pueden mencionarse las siguientes formas de agrupación (Cabrera 2008, 15):

- Tutoría entre iguales
- Aprendizaje cooperativo
- Aprendizaje colaborativo

En la tutoría entre iguales se considera que uno de los estudiantes es experto en un determinado tema y puede instruir a otro, considerado novato. El estudiante novato aprende del estudiante experto (Cabrera 2008, 16).

El aprendizaje cooperativo implica un grupo de estudiantes que se caracteriza por lo siguiente (Cabrera 2008, 18):

- División de las tareas entre los aprendices.
- Cada estudiante es responsable de su tarea (parte).

- La labor se distribuye según las habilidades.
- Los conocimientos individuales no se comparten necesariamente.

Por su parte, el aprendizaje colaborativo se caracteriza por (Cabrera 2008, 18):

- Todos deben resolver la tarea.
- Cada estudiante aporta sus habilidades y conocimientos.
- Existe discusión y debate.
- Los conocimientos individuales se comparten.

Ovalle y Jiménez señalan que la cooperación se refiere a la búsqueda de una meta común mediante la división de tareas, mientras que la colaboración implica el logro de un objetivo compartiendo tareas (Ovalle y Jiménez 2006, 92).

Es importante señalar que aunque algunos autores distinguen entre aprendizaje cooperativo y aprendizaje colaborativo, otros los consideran sinónimos (Cabrera 2008, 2).

### **2.2.3. Inteligencia Artificial aplicada a la Educación (IAED)**

#### **2.2.3.1. Definición**

La IAED, por sus siglas, se refiere a la Inteligencia Artificial Aplicada a la Educación (Silveira 2006, 28).

Este campo de investigación involucra la aplicación de las técnicas de la IA a problemas educativos, por lo que se busca desarrollar sistemas útiles en la práctica pero que también estén teóricamente bien fundamentados, sobre todo en la IA. Es importante por su potencial contribución para la mejora de la calidad de la enseñanza. También es interesante e innovador debido a la constante interacción de ideas por su naturaleza multidisciplinaria, donde los investigadores han adoptado teorías y metodologías de disciplinas asociadas como la psicología y las ciencias de la computación (Huapaya 2009, 2).

Su historia es corta y un poco accidentada. En los 70s las primeras investigaciones se caracterizaban por el entusiasmo propio de la IA en general, produciendo importantes contribuciones en Educación e IA. Posteriormente, durante los 80s, el éxito de los sistemas expertos influyó a que los sistemas IAED se encaminaran a ser prácticamente útiles en lugar de teóricamente interesantes. Al final, los resultados señalados como fallas de los proyectos confirmaron que el proceso enseñanza-aprendizaje es intrínsecamente complejo (Huapaya 2009, 2).

El foco de la IAED se centraba en el aspecto técnico de la representación del conocimiento, razonamiento y del lenguaje natural, y se prestó poca atención a la pedagogía o al aprendizaje. Debido a esto, se generó una fuerte reacción negativa en el campo de la Informática Educativa, desde la que se veía a la IAED como promotora de puntos de vista autoritarios transmisores de aprendizaje y de sistemas tutoriales inteligentes que se podrían utilizar para desplazar a los maestros (Cumming y McDougall 2000, 198–199).

Lo que se ha conseguido finalmente es la integración de diversas disciplinas para automatizar las actividades del complejo proceso de enseñanza-aprendizaje (Urretavizcaya 2001, 6).

### **2.2.3.2. Enfoques pedagógicos**

Se sabe que los sistemas docentes buscan que los estudiantes aprendan, pero lo que no está claro es cuál es la mejor forma de conseguirlo. Ante esto existen dos enfoques marcados que proponen distintas maneras en que se puede producir el proceso de aprendizaje, el enfoque instructivo y el constructivo (Urretavizcaya 2001, 7).

Urretavizcaya (2001, 8) manifiesta que para la construcción de Sistemas Educativos, ambos enfoques son válidos y necesarios, e inclusive pueden usarse como complemento.

#### **Enfoque instructivo**

En este enfoque el centro de la actividad radica en la transmisión de conocimiento de profesor a alumno (Urretavizcaya 2001, 8).

#### **Enfoque constructivo**

En el enfoque constructivo es el alumno el que controla la actividad docente, a través de la construcción de su propia sesión de aprendizaje y del establecimiento de sus objetivos de aprendizaje (Urretavizcaya 2001, 8).

### **2.2.3.3. Sistemas Inteligentes Educativos (SIE)**

Los SIE son sistemas desarrollados en el ámbito de la didáctica que están basados en diversas técnicas de la Inteligencia Artificial (Urretavizcaya 2001, 6; Sánchez Vila y Lama Penín 2007, 9).

Para diseñarlos y desarrollarlos se requieren los siguientes elementos (Urretavizcaya 2001, 6):

- Técnicas informáticas (IA, multimedia, comunicación de computadores, etc.)
- Planteamientos que faciliten la motivación del alumno frente al computador.
- Parámetros pedagógicos que refuercen y apoyen el proceso de enseñanza-aprendizaje llevado a cabo mediante nuevas tecnologías.

Es cada vez más necesario adaptar los medios al (Urretavizcaya 2001, 10):

- Tipo de conocimiento que se requiere aprender
- Tipo de usuario que desea aprender (edad, formación previa, interés en la materia)
- Disponibilidad en el tiempo para actividades síncronas o asíncronas
- Disponibilidad en el espacio para actividades presenciales o a distancia

### **2.2.3.4. Técnicas de IA en Educación**

Sánchez y Lama identifican las técnicas de IA más utilizadas en el campo de la educación (Sánchez Vila y Lama Penín 2007, 9):

#### **Técnicas de personalización**

Están basadas en modelos de estudiantes y de grupos. Generalmente estos modelos implican una representación cualitativa que incluya el conocimiento existente del alumno sobre un determinado ámbito y el de otros estudiantes en

el mismo dominio. Después estas representaciones pueden usarse en sistemas tutores inteligentes o para generar agentes inteligentes.

Las dos técnicas de mayor popularidad para modelar estudiantes son (Sánchez Vila y Lama Penín 2007, 9):

- **Métodos basados en superposición u overlay:** Implica representar el modelo del estudiante como un subconjunto del conocimiento del experto en un ámbito determinado. Entonces, el aprendizaje se mide por la comparación con los conocimientos del modelo del experto.
- **Redes bayesianas:** Consiste en representar el proceso de aprendizaje como una red de estados de conocimiento para, posteriormente, inferir de forma probabilística el estado del estudiante a partir de su interacción con el tutor.

### **2.2.3.5. Paradigmas**

La IAED involucra una serie de paradigmas, entre los que se incluyen (Silveira 2006, 28; Huapaya 2009, 3–7):

#### **2.2.3.5.1. Instrucción asistida por computador (CAI)**

CAI equivale por sus siglas a Computer Aided Instruction (Beck, Stern y Haugsjaa 1996, 11) o Computer-Assisted Instruction (Huapaya 2009, 3; Urretavizcaya 2001, 6).

Este paradigma no realiza una representación separada de los conceptos a enseñar de cómo enseñarlos. Aunque parezca inteligente, la CAI solamente procura anticiparse a todas las posibles equivocaciones del estudiante, además no puede proveer una explicación para los errores cometidos (Huapaya 2009, 3).

Según Beck et al. (Beck, Stern y Haugsjaa 1996, 11) fue desplegada como un intento de enseñar usando computadoras. La instrucción no estaba individualizada a las necesidades del alumno, por lo que sus habilidades no se tenían en cuenta.

Las características principales de los sistemas CAI son (Urretavizcaya 2001, 6):

- Cursos muy extensos
- Comunicación poco refinada entre el tutor y el alumno
- Los sistemas de enseñanza reaccionan según modelos establecidos, dejando de lado las actitudes y preferencias del estudiante
- El diseño e implementación de los sistemas están hechos a medida
- El conocimiento incluido no evoluciona

La CAI evolucionó hacia los STIs (Huapaya 2009, 3).

#### **2.2.3.5.2. Intelligent Computer Aided Instruction (ICAI)**

A diferencia de los sistemas de CAI, un ICAI se desarrolla con componentes separados, donde el proceso de enseñanza está separado del dominio y a, su vez, ambos están separados de las estrategias tutoriales (Huapaya 2009, 4).

#### **2.2.3.5.3. Sistemas Tutores Inteligentes (STI)**

STI es un término que en inglés es conocido como Intelligent Tutoring System (ITS). Son sistemas que suministran aprendizaje y/o formación personalizada que se comportan como entrenadores realizando sugerencias cuando los estudiantes tienen dudas o se atascan durante la resolución de problemas, de esta manera no sólo se encarga de señalar lo que está bien y lo que no (Sánchez Vila y Lama Penín 2007, 7).

Salgueiro et al. (Salgueiro, Cataldi y García–Martínez 2005, 70) manifiestan que los STI son desarrollos multidisciplinares, pues se requiere conocimiento acerca de los sistemas expertos del área de la Inteligencia Artificial, así como también de las teorías de enseñanza y aprendizaje y de la psicología educativa, incluidas en las Ciencias de la Educación.

Según Self (Urretavizcaya 2001, 9), los STI no tienen un enfoque contradictorio con la visión constructivista del aprendizaje, de hecho su arquitectura puede servir como marco en un proceso de aprendizaje constructivo.

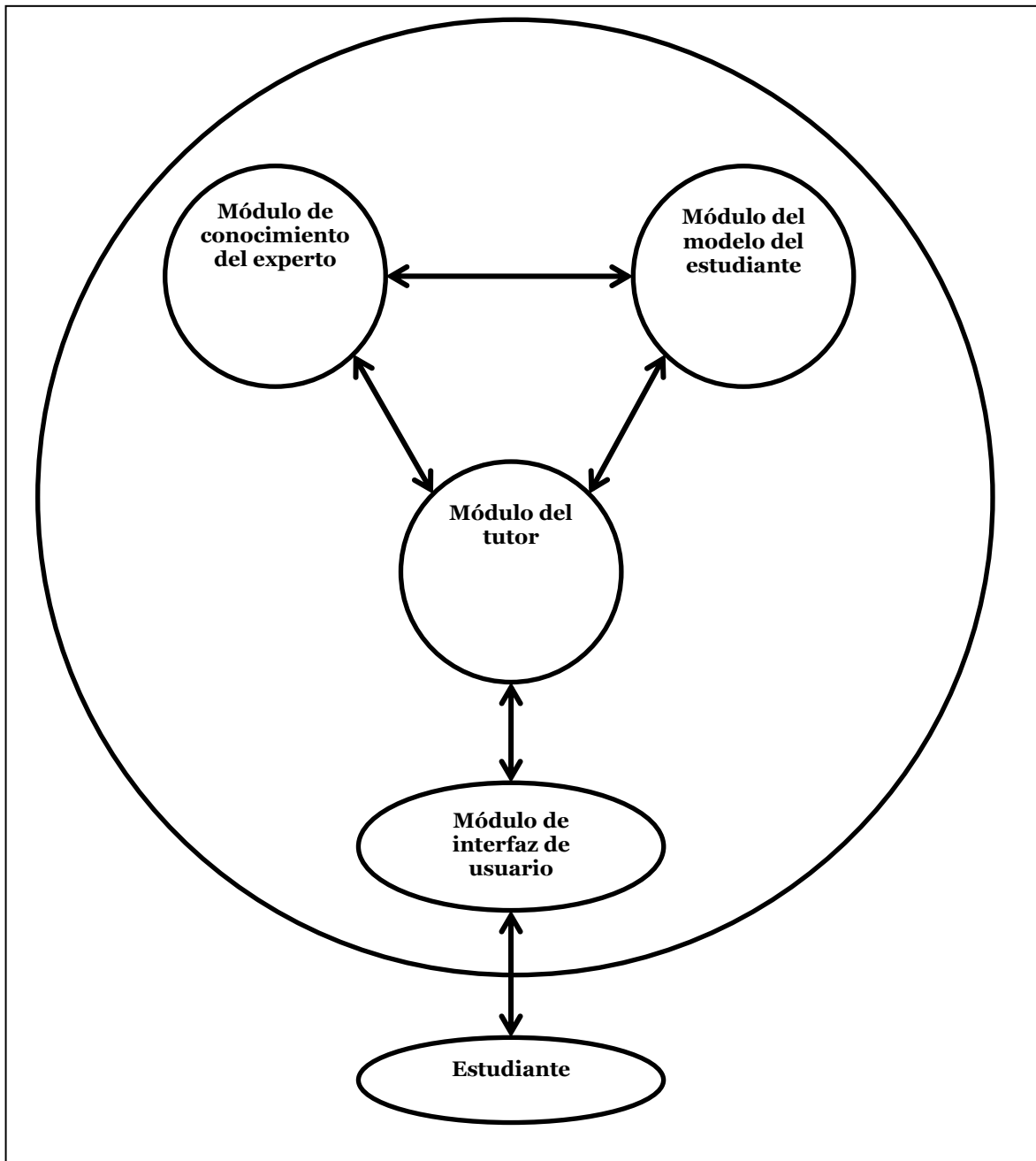
Existen diversos tipos de STI, pero los autores coinciden en distinguir tres (Gross 1992, 78):

- Los que sólo proporcionan instrucción a través del diagnóstico y detección de errores.
- Los que se concentran en el entrenamiento de una tarea determinada.
- Los que generan métodos de comunicación bidireccional para guiar el proceso de aprendizaje mediante el diálogo con el sistema.

La arquitectura de los STI varía enormemente. De hecho, es raro encontrar dos STI basados en la misma arquitectura. Sin embargo, es posible identificar una arquitectura general basada en cuatro componentes (Nwana 1990, 258).

- a) Módulo de conocimiento del experto
- b) Módulo del modelo del estudiante
- c) Módulo del tutor
- d) Módulo de interfaz de usuario

Figura 6. Arquitectura general de un STI



Fuente: (Nwana 1990, 257)

- a) **Módulo de conocimiento del experto:** Es el que contiene los hechos y las reglas del dominio que se va a transferir al estudiante, vale decir, el conocimiento de los expertos (Nwana 1990, 258). También se le conoce como experto del dominio.
- b) **Módulo del modelo del estudiante:** Implica la representación dinámica del conocimiento y las habilidades del estudiante (Nwana 1990, 260). El objetivo del modelo del estudiante es detectar carencias de conocimiento y errores. El objetivo del modelo del estudiante es detectar carencias de conocimiento y determinar una posible intervención instruccional. Desde un enfoque constructivista, el modelo debe centrarse en

los procesos interactivos, las acciones, el contexto implicado y las estructuras cognitivas del estudiante (Urretavizcaya 2001, 9).

- c) **Módulo de tutoría:** Se encarga de diseñar y regular las interacciones de instrucción al estudiante. También se conoce como estrategia de enseñanza o módulo pedagógico. Está estrechamente relacionado con el modelo del estudiante, porque lo toma en cuanto para presentar las actividades pedagógicas (Nwana 1990, 261). Desde el enfoque constructivista, el sistema no debe establecer los eventos instruccionales, sino ofrecer espacios de interacción al estudiante basándose en un modelo de ofrecimientos de situaciones potenciales (Urretavizcaya 2001, 9).

Salgueiro et al. (Salgueiro, Cataldi y García-Martínez 2005, 71), por su parte, llaman a este modelo del tutor. Se encarga de definir y aplicar una estrategia pedagógica de enseñanza, que puede ser socrática, orientador, instructor, etc. También es responsable de seleccionar problemas, controlar y criticar el desempeño, proveer asistencia, y de seleccionar el material de aprendizaje. Además, integra el conocimiento acerca del método de enseñanza (deductivo, inductivo, analítico, etc.), las técnicas didácticas (expositiva, discusión, demostración, etc.) y del dominio a enseñar (con integración de planificación y curriculum).

Para Yujian Zhou et al. (citado en Salgueiro, Cataldi y García-Martínez 2005, 72), es importante tener en cuenta el tipo de respuesta que puede ofrecer el estudiante:

- a. Respuesta correcta.
- b. Respuesta parcial, que es parte de la respuesta correcta.
- c. Respuesta aproximada, cuando es pedagógicamente correcta pero no la respuesta deseada.
- d. Respuesta incorrecta, pero el alumno demuestra que entiende un poco sobre el tema.
- e. Respuesta con error conceptual, producida debido a una confusión de términos o a un conocimiento falso del tema.

- d) **Módulo de interfaz de usuario:** Se encarga de establecer la comunicación entre el estudiante y el sistema (Nwana 1990, 262).

Existen diversos STI desarrollados, algunos han sido producidos en entornos universitarios y otros, en comerciales. Del primer grupo, uno de los más conocidos es el sistema Andes, que fue desarrollado en la Universidad de Pittsburg por el equipo de Kurt VanLehn, y se encarga de guiar a los estudiantes mientras resuelven ejercicios y problemas. Cuando un estudiante pide ayuda durante un ejercicio, el sistema proporciona pistas que le permitan avanzar en la solución o muestra las fallas en algún paso anterior. En el ámbito comercial, Read On! es un producto para la enseñanza de la lectura a adultos, que analiza, diagnostica y se adapta dependiendo de las deficiencias del estudiante (Sánchez Vila y Lama Penín 2007, 7-8).

A pesar de las ventajas que pueden brindar los STI, presentan serias dificultades relacionadas a su poca flexibilidad debido a su diseño e implementación basados en un determinado dominio y docentes específicos. El tutor es el único encargado de gestionar las actividades, por lo que esto puede promover

fácilmente una actitud demasiado pasiva por parte del estudiante (Urretavizcaya 2001, 8). Es importante señalar también que los STI tienen una gran tendencia a fallar debido a su complejidad en la implementación, la gran cantidad de tiempo invertido en su desarrollo, además del riesgo de errores en el análisis del problema como resultado de valorar más la parte informática que la educativa (Salgueiro, Cataldi y García–Martínez 2005, 70).

#### **2.2.3.5.4. ILE (Interactive/Intelligent Learning Environment)**

Los ILEs son sistemas que implementan un método de aprendizaje basado en preguntas (inquiry-based), o también conocido como: centrado-en-el-estudiante, constructorista, constructivista, y basado en descubrimiento. Son estructural y conceptualmente mucho más diversos que los STI (Huapaya 2009, 4).

Los principios sobre los que se construyen los ILEs son (Huapaya 2009, 4–5):

- Construcción, no instrucción: los estudiantes aprenden de forma más efectiva cuando construyen su propio conocimiento.
- Control del estudiante, no control del tutor: el estudiante tiene un papel significativo y el tutor es considerado un guía.
- La Individualización es determinada por el estudiante no por el tutor: Los ILEs y los STI coinciden en la realimentación individualizada y en la información clave para el aprendizaje. Y difieren en el origen de la información personalizada.

La inteligencia de un ILE no está centralizada, sino que está distribuida en las herramientas que la componen. Dichas herramientas permiten a los estudiantes investigar y aprender tópicos, libres de control externo, y pueden incluir video interactivo u otra representación gráfica (Huapaya 2009, 5).

Los ILEs, en comparación a los STI, no son intensivos en conocimiento. No son omniscientes pues “no saben todas las respuestas correctas”. Tampoco buscan enseñar, y por ello no tienen la necesidad de usar un Modelo de Estudiante ni de tomar decisiones pedagógicas complejas (Huapaya 2009, 5).

#### **2.2.3.5.5. Ambientes Colaborativos de Aprendizaje (ACA)**

Para conocer detalles sobre este paradigma, se recomienda revisar el apartado 2.2.4.

#### **2.2.3.5.6. Sistemas de Compañero de Aprendizaje (LCS)**

Por sus siglas, LCS equivale a Learning Companion Systems (Villarreal 2003; Chan 1991, 1094). Son sistemas que reciben diversos nombres, como: compañero de aprendizaje, co-aprendiz, simulación del estudiante, estudiante artificial (Villarreal 2003). Sus inicios se remontan a 1988, cuando Self sugirió que la computadora podría simular un co-aprendiz en lugar de un tutor (Huapaya 2009, 6).

Los LCSs son agentes pedagógicos no autoritarios, que no son expertos en un dominio e inclusive pueden cometer errores (Villarreal 2003). Siguen un modelo de tres agentes basado en el modelo tradicional de STI, al que se ha añadido un agente adicional para lograr el aprendizaje a través de las actividades sociales de una pequeña sociedad simulada (Chan 1991, 1094).

Choua et al. (Villarreal 2003) señalan que los agentes que componen un LCS pueden tener diversos roles como un tutor, un capaz estudiante/profesor (estudiante que enseña a otros), colaborador, competidor, alborotador, crítico o clon.

Por su parte, Chan (1991, 1094) reconoce que coexisten agentes independientes, un tutor y un compañero de aprendizaje. El compañero de aprendizaje se puede comportar como un competidor o como colaborador del estudiante. Cuando el estudiante es desafiado por el compañero puede observar los conceptos erróneos de su compañía y entender que los errores no se limitan a los humanos. En cuanto al agente tutor, es el que enseña al estudiante verdadero y al simulado, de manera que los estudiantes aprenden el mismo material e interactúan entre sí (Huapaya 2009, 7).

Huapaya (2009, 7) señala que existen dos formas de construir el compañero:

- **Por simulación:** Donde las habilidades se codifican directamente como parte del compañero, por lo que tiene un conocimiento previo del dominio.
- **Por aprendizaje automático:** Donde el compañero tiene que aprender usando los mismos ejemplos que el estudiante real.

Las diversas interacciones derivadas del uso de un LCS, maestro-estudiante, estudiante-compañero, son beneficiosas porque permiten el intercambio de ideas, el entendimiento de las ideas de otros, la evaluación de nuevas ideas, la visión de problemas desde perspectivas diferentes, además de favorecer la competencia (Huapaya 2009, 6-7).

A pesar de los beneficios, los LCSs poseen serias limitaciones (Chan 1991, 1098):

- Duda del estudiante que le haga pensar que su compañero no se comporta como un compañero de clase.
- Es más complejo de implementar que un STI, debido a que requiere el modelamiento de un agente adicional.
- Ciertos errores del compañero pueden confundir al estudiante, por la tanto, para modelar al compañero se debe tener en cuenta el tipo de errores que puede cometer el compañero.
- En cuanto a la interfaz humano-computador, el contar con múltiples paneles para la interacción con el maestro y el compañero, puede producir distracción y problemas para comunicarse con el sistema.

### **2.2.3.5.7. Micromundos**

El concepto de micromundo se usó inicialmente por M. Minsky y S. Papert en 1971 cuando se referían a una posible multitud de fragmentaciones pequeñas en las estrategias de resolución de problemas en dominios interactivos de aprendizaje (Gross 1992, 74).

Según Rodríguez-Roselló (citado en Gross 1992, 74-75) un micromundo se define como “un subconjunto de la realidad, o de la realidad construida, cuya estructura es acorde con un mecanismo cognitivo determinado y puede suministrar un entorno donde este último puede operar de forma efectiva”.

El modelo de aprendizaje de los micromundos se fundamenta en la teoría piagetana. Los entornos construidos son abiertos y permiten al estudiante la

exploración de ideas mientras interactúa con el computador. Además, no existe una definición previa de los conocimientos a transmitir, pues el alumno los descubre mediante sus acciones (Gross 1992, 75).

## **2.2.4. Ambientes Colaborativos de Aprendizaje (ACA)**

### **2.2.4.1. Definición**

Los Ambientes Colaborativos de Aprendizaje o ACA (Jiménez y Ovalle 2002, 2) son conocidos de diversas maneras. Se les considera como entornos de aprendizaje colaborativo basado en computador (Sánchez Vila y Lama Penín 2007, 8), entornos CSCL (Elmahadi y Osman 2012, 158), CSCLE, es decir, Computer-Supported Collaborative Learning Environment (Ovalle y Jiménez 2004), o simplemente como CSCL (Ovalle y Jiménez 2006, 92; Huapaya 2009, 6).

En esta investigación serán tratados como ambientes colaborativos de aprendizaje.

Ovalle y Jiménez (2006, 92) definen a los ambientes colaborativos de aprendizaje como espacios donde un grupo de personas trabajan conjuntamente en un mismo ambiente laboral, propiciando la colaboración con la ayuda de las computadoras. En el mismo sentido, Cabrera (2005, 4) comparte esta idea de espacios colaborativos donde grupos de estudiantes trabajan juntos en un problema o proyecto común.

Se definen también como un contexto donde la computadora facilita las interacciones entre los alumnos para la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes (Elmahadi y Osman 2012, 158). Además, cada estudiante es responsable de su propio aprendizaje y del de los demás miembros del grupo (Osorio, Mariño y Galvis 1998, 31).

En los ambientes colaborativos de aprendizaje, el centro de las interacciones no se encuentra entre el maestro y el estudiante, sino entre estudiantes (Huapaya 2009, 5).

Cuando se utiliza la Inteligencia Artificial, estos sistemas requieren la intervención de un agente software que medie y facilite la interacción a fin de alcanzar los objetivos planteados (Sánchez Vila y Lama Penín 2007, 8).

### **2.2.4.2. CSCL (Computer-Supported Collaborative Learning)**

CSCL es un campo que ha existido durante aproximadamente 20 años (Hoadley 2010, 551) y se deriva del campo de investigación del CSCW (Computer-Supported Collaborative Work) o Trabajo Colaborativo Apoyado por Computador (Zhao y Zhang 2009, 734). La diferencia entre CSCL y CSCW radica en que el primero busca que los estudiantes logren obtener conocimiento en grupo, mientras que el segundo busca la eficiencia en el trabajo.

Surgió para atender viejos problemas relacionados a la enseñanza, el aprendizaje y la colaboración. Debido a la complejidad de estos problemas es que el CSCL no ha podido ser atendido por una única disciplina, sino que atrajo a una serie de personas de distintas disciplinas como: ingeniería, psicología, educación (Hoadley 2010, 551). Es un campo interdisciplinar que se diferencia de otras corrientes de uso de las TIC que favorecen los aprendizajes. Esta diferencia se refiere sobre todo al énfasis que el CSCL pone en el aprendizaje,

entendiéndolo como una construcción que el estudiante genera por medio de la interacción con otros y con su entorno (Jorrín Abellán 2009, 26).

CSCL creció como una solución alternativa a los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) en el apoyo al aprendizaje con computadoras, debido posiblemente a la difusión de herramientas de colaboración en red: foros de discusión, chat, redes sociales, wikis, que han fortalecido la construcción social del conocimiento (Trausan-Matu, Dascalu y Dessus 2012, 352).

CSCL es el resultado de la combinación de aprendizaje colaborativo y tecnologías de información (Elmahadi y Osman 2012, 158).

Zhao y Zhang lo definen como un tema de investigación que apoya al trabajo colaborativo con la ayuda de computadoras o de internet en la educación (Zhao y Zhang 2009, 734).

Se considera que el propósito del CSCL es el andamiaje o apoyo a los estudiantes de un grupo en el aprendizaje de forma efectiva mediante la cooperación. Los estudiantes pueden compartir información, discutir problemas, para así llegar a las metas de aprendizaje a través de CSCL. De manera que éste puede mejorar y aumentar la eficiencia y calidad del trabajo de enseñanza y aprendizaje (Zhao y Zhang 2009, 734).

Tarmizi y otros señalan que el CSCL tiene por finalidad facilitar la preparación e intercambio de conocimientos para lograr un aprendizaje eficiente, mejorando de esta manera la adquisición de conocimientos o habilidades (Tarmizi et al. 2012).

Lipponen (Yanlin, Luyi y Fanglin 2010, 357), por su parte, refiere que el “CSCL se enfoca en cómo el aprendizaje colaborativo apoyado por la tecnología puede mejorar la interacción entre iguales y el trabajo en grupo, y cómo la colaboración y la tecnología facilita el intercambio y distribución de conocimientos y experiencias entre los miembros de una comunidad”.

### **2.2.4.3. Teorías**

Diversas teorías son aplicadas en los ambientes colaborativos, entre ellas se cuentan:

- Los enfoques de Piaget y Vygotsky basados en la interacción social. Estos autores consideran que la mediación social entre el niño y su entorno cultural es básico en su desarrollo (Osorio, Mariño y Galvis 1998, 32; Alfonseca et al. 2006, 382).
- Constructivismo. Desde esta perspectiva se considera al estudiante como un agente activo, constructor de su propio aprendizaje, y como poseedor y generador de conocimiento (Alfonseca et al. 2006, 382; Cabrera 2005, 3).
- Cognición situada (Alfonseca et al. 2006, 382).

Estas teorías asumen que los individuos son agentes activos que buscan y construyen su conocimiento dentro de un contexto significativo y que el conocimiento está en constante evolución (Alfonseca et al. 2006, 382).

También es frecuente que se haga referencia a la Teoría de la Actividad o TA (Cabrera 2005, 3) como cimiento de los ambientes colaborativos de aprendizaje. Esta teoría surgió como un enfoque filosófico y ahora ofrece un marco teórico

para identificar los aspectos de la naturaleza social y relacionarlos con elementos tecnológicos (Barros, Vélez y Verdejo 2004, 67).

#### **2.2.4.4. Principios**

Según Koschmann, los ambientes colaborativos de aprendizaje siguen los siguientes principios (citado en Huapaya 2009, 6):

- Construcción conjunta de la solución de un problema.
- Coordinación de los miembros de un grupo para planificar las tareas.
- Semi-estructuración de los mecanismos de la interacción.
- Enfoque en el proceso de aprendizaje y su resultado.

#### **2.2.4.5. Tipos de interacción**

Dependiendo del tiempo y el lugar, se pueden producir diversos tipos de interacción (Ovalle y Jiménez 2004; Ellis, Gibbs y Rein 1991, 41):

- a) Mismo tiempo, mismo lugar: conocida como interacción cara a cara (face-to-face).
- b) Mismo tiempo, distintos lugares: interacción sincrónica distribuida.
- c) Distintos tiempos, mismo lugar: interacción asíncrona centralizada.
- d) Distintos tiempos, distintos lugares: interacción asíncrona distribuida.

#### **2.2.4.6. Características**

De la literatura consultada puede inferirse que un ambiente colaborativo de aprendizaje debe reunir las siguientes características:

- Que propicien el crecimiento del grupo y que sean más que organizadores de información (Osorio, Mariño y Galvis 1998, 31).
- Mostrar o comparar las interpretaciones alternativas de los participantes en la colaboración (Stahl 2004, 38–39).
- Seguimiento de qué sabe, qué hace, cuándo, dónde (Stahl 2004, 38–39).

#### **2.2.4.7. Modelo de usuario**

Según Kobsa (Alfonseca et al. 2006, 380), el modelo de usuario está compuesto por la información del usuario que proporciona la adaptación individual, y se almacena y gestiona en el sistema. Si no se conociera la información del usuario, el sistema se comportaría siempre de la misma forma con todos los usuarios, de allí que haga posible la adaptabilidad.

El modelo de usuario puede estar integrado por la siguiente información del usuario (Alfonseca et al. 2006, 380–381):

- Objetivos
- Metas
- Antecedentes
- Intereses
- Preferencias

- Conocimientos
- Personalidad
- Factores cognitivos
- Estilos de aprendizaje

Para Brusilovsky y Maybury (Alfonseca et al. 2006, 380), el proceso de adaptación sigue tres etapas:

- a) Recuperación de la información sobre el usuario.
- b) Procesamiento de la información para la inicialización y actualización del modelo de usuario.
- c) Uso del modelo de usuario para proporcionar la adaptación.

#### **2.2.4.8. Sistemas**

Existen diversos ambientes colaborativos de aprendizaje que se han desarrollado. A continuación se mencionan algunos de ellos:

- **MILLENNIUM:** Es un sistema que promueve el aprendizaje a través del esfuerzo colaborativo entre los aprendices en las sesiones de aprendizaje mientras solucionan un problema. Suministra un contexto que aviva y enriquece el proceso (Ovalle y Jiménez 2004).
- **Geometriamo:** Es un entorno de hipermedia que contribuye con la enseñanza de geometría para estudiantes de quinto grado de primaria (Plantamura, Roselli y Ross 2004, 675).
- **NUCLEO:** Combina diversos enfoques como la corriente constructivista, el CSCL y el Aprendizaje Basado en Problemas, y los videojuegos. Es un entorno de e-learning que se está desarrollando en la Universidad Complutense de Madrid (Sancho, Fuentes-Fernández y Fernández-Manjón 2008, 671).
- **DEGREE:** Es un sistema que sigue un modelo cliente-servidor que permite a los estudiantes trabajar de forma asíncrona. Se eligió este tipo de interacción debido a que resultaba más económico y se ajustaba mejor a los distintos horarios de los alumnos a distancia (Barros y Verdejo 2000, 30).

#### **2.2.5. Sistemas Multiagente**

##### **2.2.5.1. Agentes software**

En realidad no existe un consenso respecto a la definición de agente. Es un término que viene del latín “agere” que significa hacer y deriva del participio “agens”, por tanto, expresa la capacidad de acción o actuación de una entidad (Mas 2005, 3).

Para realizar una referencia más precisa, es importante complementar el término agente con otro que permita entender su contexto de actuación. De esta manera, el término “agente software” expone de mejor manera el contexto tecnológico en el que se desenvuelven los agentes que interesan en esta investigación (Mas 2005, 3).

Wooldridge (citado en Mas 2005, 3) sostiene que un agente software es un sistema informático que se sitúa en un entorno y posee la capacidad de realizar

acciones con autonomía para alcanzar sus objetivos de diseño. Por su parte, Garijo considera que un agente software es una “entidad software con una arquitectura robusta y adaptable que puede funcionar en distintos entornos o plataformas computacionales y es capaz de realizar de forma ‘inteligente’ y autónoma distintos objetivos intercambiando información con el entorno, o con otros agentes humanos o computacionales” (3).

Los agentes software poseen ciertas características que los diferencian de otras entidades software, algunas de ellas son (Mas 2005, 4):

- Funcionamiento continuo y autónomo.
- Comunicación con su entorno y con otros agentes (humanos o computacionales) usando un lenguaje o formalismo de comunicación.
- Robustez.
- Adaptabilidad para cumplir objetivos y tareas en distintos dominios de forma incremental y flexible.

Otras características, aunque no poseen todos los agentes, son (Mas 2005, 4):

- Razonamiento y aprendizaje. Que aportan la capacidad de comportarse de forma inteligente.
- Movilidad. Le da a los agentes la capacidad de desplazarse entre los nodos de una red y ejecutarse en distintas plataformas.

### **2.2.5.2. Definición**

Un sistema multiagente surge de la organización de varios agentes (Mas 2005, 29).

Según Arias, Jiménez y Ovalle (2007, 78), es un sistema distribuido compuesto por agentes donde la conducta de dichos agentes produce un resultado en conjunto inteligente.

Para Souza (citado en Silveira 2006, 31), un sistema multiagente está conformado por agentes autónomos cuyos comportamientos inteligentes se encuentran coordinados. El sistema coordina los conocimientos, habilidades, metas, la planificación, la ejecución de acciones y la solución de problemas.

### **2.2.5.3. Metodologías para el modelado de agentes**

#### **2.2.5.3.1. AAI/BDI**

Fue una de las primeras metodologías desarrolladas. Elaborada por el Instituto de Inteligencia Artificial Australiano (AAII). Esta metodología concibe un punto de vista externo, en el que se determinan los agentes y sus interacciones, y un punto de vista interno, en el cual se describen los agentes que integran el sistema multiagente (Mas 2005, 148).

#### **2.2.5.3.2. MAS-CommonKADS**

Consultar el apartado 2.2.6 sobre MAS-CommonKADS de la página 26.

#### **2.2.5.3.3. MESSAGE e INGENIAS**

MESSAGE integra varias metodologías y considera cinco puntos de vista usando meta-modelos para describir los elementos que modelan el sistema multiagente. INGENIAS es una metodología parecida a MESSAGE y considera también cinco

puntos de vista: Agente, Organización, Entorno, Tareas y Objetivos, interacciones (Mas 2005, 151–152).

#### **2.2.5.3.4. Gaia**

Considera a un sistema multiagente como una organización de agentes que a su vez incluye una colección de roles relacionados entre sí. Cada rol está definido por cuatro atributos: responsabilidades, permisos, actividades y protocolos (Mas 2005, 153).

#### **2.2.5.3.5. MaSE**

MaSE significa Multi-agent Systems Software Engineering. Es una metodología que se diferencia de Gaia porque se ocupa de todo el ciclo de desarrollo, desde la descripción del problema hasta la implementación. Para el modelado usa el paradigma de programación orientada a objetos (Mas 2005, 154).

#### **2.2.5.3.6. AALAADIN**

Esta metodología desarrolló un meta-modelo genérico usando tres conceptos básicos: Agentes, Grupos y Roles (Mas 2005, 155).

### **2.2.5.4. Plataformas para la implementación de agentes**

Existen diversas plataformas que permiten la ejecución y comunicación de los agentes que componen de un sistema multiagente.

#### **2.2.5.4.1. JADE**

Según Ana Mas (2005, 160), JADE es la implementación más extendida del estándar de FIPA. Proporciona una serie de librerías para producir agentes con capacidad para comunicarse entre sí utilizando el lenguaje FIPA ACL (Agent Communication Language).

#### **2.2.5.4.2. ABLE**

Significa Agent Building and Learning Environment y fue desarrollada por IBM. Esta plataforma proporciona diversas interfaces y clases Java para construir agentes que son implementados como componentes JavaBeans. Los componentes JavaBeans que son generados reciben el nombre de AbleBeans (Mas 2005, 162).

#### **2.2.5.4.3. JADEX**

Esta plataforma se construye en la parte superior de la plataforma JADE y proporciona una API para desarrollar agentes, así como también las creencias, metas y planes (Liu, Jin y Fang 2006, 4). Ofrece herramientas para desarrollar agentes orientados a objetivos, siguiendo el modelo BDI (Cataldi, Salgueiro y Lage 2006, 11).

#### **2.2.5.4.4. FIPA-OS**

Fue la primera implementación Open Source del estándar FIPA y posee un gran nivel de uso entre los desarrolladores, que a su vez contribuyen con la plataforma (Cataldi, Salgueiro y Lage 2006, 11).

#### **2.2.5.4.5. LEAP**

LEAP equivale a Lightweight Extensible Agent Platform. Es una plataforma de desarrollo y ejecución de agentes inteligentes. Es el antecesor de la segunda generación de la plataforma de FIPA (Cataldi, Salgueiro y Lage 2006, 12).

#### **2.2.5.4.6. ZEUS**

Es una plataforma Open Source implementada en Java. Incluye un conjunto de herramientas para la construcción de aplicaciones multiagentes colaborativas (Cataldi, Salgueiro y Lage 2006, 12).

#### **2.2.6.MAS-CommonKADS**

##### **2.2.6.1. Definición**

La metodología MAS-CommonKADS fue propuesta por Carlos Iglesias (Iglesias 1998; Jiménez, Ovalle y Branch 2009, 231). Se denomina así debido a que es una extensión de la metodología CommonKADS.

CommonKADS es una metodología para el desarrollo de sistemas basados en el conocimiento (SBC) que sirve de igual manera que los métodos usados en ingeniería de software. Busca la producción de modelos interrelacionados que capturen los rasgos principales del sistema y de su entorno (Iglesias 1998, 37).

MAS-CommonKADS toma como marco de referencia los modelos de CommonKADS y añade técnicas de modelado para facilitar su aplicación, además de cubrir aspectos relevantes de un sistema multiagente (Iglesias 1998, 40).

Los modelos en MAS-CommonKADS se componen por constituyentes (entidades modeladas). Los constituyentes se describen mediante plantillas textuales; así mismo, se definen estados de los constituyentes para describir su estado de desarrollo (Jiménez, Ovalle y Branch, Conceptualización y análisis de un Sistema Multi-agente pedagógico utilizando la Metodología MAS-COMMONKADS 2009, 231).

##### **2.2.6.2. Modelos**

En MAS-CommonKADS se construyen siete modelos para el desarrollo de sistemas multiagente (Iglesias 1998, 41):

- **Modelo de Agente (AM):** establece las características de un agente (capacidades, habilidades, servicios, sensores, efectores, grupos de agentes a los que pertenece y clase de agente). Un agente puede ser cualquier entidad que logre emplear un lenguaje de comunicación de agentes (agente humano, agente software).
- **Modelo de Organización (OM):** es una herramienta para analizar la organización humana en que el sistema multiagente va a ser introducido. También se usa para describir la organización de los agentes software y su relación con el entorno.
- **Modelo de Tareas (TM):** especifica las tareas que los agentes pueden ejecutar (los objetivos de cada tarea, su descomposición, los ingredientes y los métodos de resolución de problemas para resolver cada objetivo).
- **Modelo de la Experiencia (EM):** detalla el conocimiento que los agentes necesitan para alcanzar sus objetivos. Adopta la descomposición de CommonKADS y reutiliza las bibliotecas de tareas genéricas.

- **Modelo de Comunicación (CM):** especifica las interacciones entre un agente humano y un agente software. Considera factores humanos para dicha interacción.
- **Modelo de Coordinación (CoM):** detalla las interacciones entre agentes software.
- **Modelo de Diseño (DM):** describe la arquitectura y el diseño del sistema multiagente como paso previo a su implementación. Se diferencia de los otros modelos, puesto que ellos se relacionan con el análisis del sistema multiagente.

### 2.2.6.3. Modelo de ciclo de vida

MAS-CommonKADS adopta el modelo de ciclo de vida que sigue CommonKADS, es decir, un modelo en espiral dirigido por riesgos (Iglesias 1998, 43, 46). De esta manera, el modelo de ciclo de vida para el desarrollo de sistemas multiagente sigue las siguientes fases (Iglesias 1998, 41-43):

- **Conceptuación:** adquisición de conocimiento para obtener una primera descripción del problema y la determinación de los casos de uso que ayuden a entender los requisitos informales y a probar el sistema.
- **Análisis:** definición de los requisitos del sistema en base al enunciado del problema. En esta fase se desarrollan los siguientes modelos: organización, tareas, agente, comunicación, coordinación y experiencia.
- **Diseño:** se establece cómo los requisitos de la fase de análisis pueden ser logrados con el desarrollo del modelo de diseño. Se determinan las arquitecturas tanto de la red multiagente como de cada agente.
- **Codificación y prueba:** se codifica y prueba cada agente.
- **Integración:** se prueba el sistema completo.
- **Operación y mantenimiento**

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. *Diseño de investigación*

##### 3.1.1. Tipo de investigación

La investigación realizada fue una investigación aplicada, también conocida como tecnológica (Alvitres 2000, 72). Así mismo, fue una investigación de tipo experimental, debido a que el investigador requirió manipular las variables, establecer una hipótesis y definir un diseño de contrastación de la hipótesis (74).

##### 3.1.2. Población

En la investigación se consideró como población a los estudiantes de segundo grado de primaria de la I.E.N. N° 11151–“Mons. Augusto Vargas Alzamora” (Tabla 1).

<b>Grado</b>	<b>N° de Estudiantes</b>
PRIMERO	72
<b>SEGUNDO</b>	<b>75</b>
TERCERO	91
CUARTO	87
QUINTO	103
SEXTO	60
<b>TOTAL</b>	<b>488</b>

Tabla 1. Número de estudiantes por grado de la I.E.N. N° 11151–“Mons. Augusto Vargas Alzamora”. Fuente: Informe de Situación Académica del centro educativo

##### 3.1.3. Muestra

Como muestra se tomaron dos secciones de las tres que existen en segundo grado de primaria. Se consideró una sección como grupo experimental y la otra, como grupo de control. El grupo experimental lo conformó la sección “A” con 26 estudiantes, y el grupo de control estuvo formado por la sección “C” que incluía 24 estudiantes.

Para la selección de la muestra se realizó un muestreo basado en criterios o no probabilístico, de tipo intencional o por conveniencia. En este tipo de muestreo, el investigador selecciona los elementos según sus objetivos, discerniendo que los elementos sean representativos de la población estudiada (Alvitres 2000, 92).

<b>Grupo</b>	<b>Sección</b>	<b>Total</b>
EXPERIMENTAL	A	26
CONTROL	C	24
<b>TOTAL</b>		<b>50</b>

Tabla 2. Selección de muestra de estudiantes de la I.E.N. N° 11151–“Mons. Augusto Vargas Alzamora”

### 3.1.4. Hipótesis

El desarrollo de un Ambiente Colaborativo de Aprendizaje mejora el proceso de enseñanza de matemática de estudiantes de segundo grado de primaria de la I.E.N. N° 11151–“Mons. Augusto Vargas Alzamora”.

### 3.1.5. Diseño de contrastación

Para el diseño de contrastación de la hipótesis se planteó un diseño de dos Grupos Pre y Post Test. En este diseño los sujetos de cada grupo se seleccionan de manera aleatoria y la variable dependiente se mide antes y después de aplicar el tratamiento experimental (Alvitres 2000, 162). Debido a que los estudiantes fueron asignados a cada sección por orden alfabético, se garantizó la aleatoriedad de los grupos. Los detalles pueden observarse en la **Tabla 3**.

<b>Grupo Experimental</b>	<b>A O<sub>1</sub> X O<sub>2</sub></b>
<b>Grupo de Control</b>	<b>A O<sub>3</sub> O<sub>4</sub></b>
<b>Dónde:</b> A: Factores de selección controlados por aleatorización. O <sub>1</sub> : Conjunto de datos observados en el grupo experimental antes de la aplicación del tratamiento (pre test). X: Tratamiento experimental (variable independiente) O <sub>2</sub> : Conjunto de datos observados en el grupo experimental después de la aplicación del tratamiento (post test). O <sub>3</sub> : Conjunto de datos observados en el grupo de control en el pre test. O <sub>4</sub> : Conjunto de datos observados en el grupo de control en el post test.	

Tabla 3. Diseño de contrastación de la hipótesis (Alvitres 2000, 162)

### 3.1.6. Variables y operacionalización

#### a. Variable Independiente

Ambiente Colaborativo de Aprendizaje.

#### b. Variable dependiente

Proceso de enseñanza de matemática.

#### c. Operacionalización de variables

Los indicadores usados en la investigación pueden observarse en la **Tabla 4**.

Variable	Dimensión	Indicador	Descripción	Escala de medición	Unidad de medida	Instrumento de Medida
<b>PROCESO DE ENSEÑANZA DE MATEMÁTICA</b>	Capacidades	Porcentaje de estudiantes que alcanzan el logro para el indicador: “representa en forma concreta, gráfica y simbólica números de hasta dos cifras, expresándolos de diferentes modos en unidades y decenas”	Porcentaje de estudiantes que alcanzan el logro para el indicador: “representa en forma concreta, gráfica y simbólica números de hasta dos cifras, expresándolos de diferentes modos en unidades y decenas”	Intervalo	Escala de calificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de desempeño en Matemática.</li> <li>• Registro del Docente.</li> </ul>
		Porcentaje de estudiantes que alcanzan el logro para el indicador: “usa el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, sin canje”	Porcentaje de estudiantes que alcanzan el logro para el indicador: “usa el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, sin canje”			
		Porcentaje de estudiantes que alcanzan el logro para el indicador: “usa el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, con canje”	Porcentaje de estudiantes que alcanzan el logro para el indicador: “usa el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, con canje”			

Variable	Dimensión	Indicador	Descripción	Escala de medición	Unidad de medida	Instrumento de Medida
<b>PROCESO DE ENSEÑANZA DE MATEMÁTICA</b>	Capacidades	Porcentaje de estudiantes que alcanzan el logro para el indicador: “usa el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, sin canje”	Porcentaje de estudiantes que alcanzan el logro para el indicador: “usa el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, sin canje”	Intervalo	Escala de calificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de desempeño en Matemática.</li> <li>• Registro del Docente.</li> </ul>
		Porcentaje de estudiantes que alcanzan el logro para el indicador: “usa el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, con canje”	Porcentaje de estudiantes que alcanzan el logro para el indicador: “usa el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, con canje”			
		Tiempo de demora de entrega de informe académico por unidad de aprendizaje	Tiempo promedio invertido en generar y entregar el informe académico solicitado por los padres de familia	Razón	Minutos/informe	Registro de información académica entregada
		Índice de medios para informar sobre el desempeño académico por unidad de aprendizaje	Número de medios utilizados para informar a los padres de familia sobre el desempeño académico de los estudiantes. Pueden ser, por ejemplo: oral, impreso, correo electrónico	Intervalo	Número de medios /unidad de aprendizaje	

Tabla 4. Operacionalización de variables

### 3.1.7. Métodos y técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos se usó como métodos y técnicas, la observación y la evaluación. Así mismo, se consideraron los siguientes instrumentos:

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>PROPÓSITO</b>	<b>MÉTODO / TÉCNICA</b>
<b>Evaluación de desempeño en Matemática</b>	Precisar el nivel de desempeño en Matemática de los estudiantes de segundo en el pre y post-test, tanto para el grupo experimental como para el grupo de control (ver ANEXO 6). La evaluación fue diseñada en base a los ejercicios y problemas que los estudiantes solían trabajar en el cuaderno de trabajo de Matemática proporcionado por el Ministerio de Educación (Ministerio de Educación s.f.).	Evaluación
<b>Registro del Docente</b>	Registrar información de los resultados de los estudiantes respecto a los indicadores de logro. Este registro lo preparó el docente (ver ANEXO 7 y ANEXO 8).	Observación
<b>Registro de información académica entregada</b>	Detallar información sobre informes del desempeño académico de los estudiantes generados y entregados a los padres de familia.	
<b>Ficha de observación del experimento</b>	Recoger información relevante sobre el desarrollo del experimento (asistencia de estudiantes, tiempo del experimento, etc.)	

### 3.1.8. Técnicas de procesamiento de datos

Para el procesamiento estadístico de los datos recogidos se utilizó el software Excel, incluido en la suite ofimática Office 2010, con el fin de resumirlos en tablas y presentarlos en figuras.

### 3.2. Metodología

La metodología utilizada fue MAS-CommonKADS, debido a que se determinó desarrollar un sistema multiagente. Dicha metodología es utilizada para el desarrollo de sistemas multiagente.

MAS-CommonKADS incluye su propio modelo de ciclo de vida, por esta razón se establecieron las siguientes etapas de desarrollo:

- Conceptuación
- Análisis
- Diseño

- Codificación y prueba
- Integración
- Operación y mantenimiento

Así mismo, a lo largo del ciclo de vida fue necesario elaborar una serie de modelos, entre los cuales se incluyeron:

- Modelo de Agente (AM)
- Modelo de Organización (OM)
- Modelo de Tareas (TM)
- Modelo de la Experiencia (EM)
- Modelo de Comunicación (CM)
- Modelo de Coordinación (CoM)
- Modelo de Diseño (DM)

Los detalles conceptuales de la metodología pueden consultarse en el apartado **2.2.6.MAS-CommonKADS (pág. 26)**.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Implementación de Metodología MAS-CommonKADS

#### 4.1.1. Modelo de Organización (OM)

##### 4.1.1.1. El contexto

La Institución Educativa N° 11151 “Mons. Augusto Vargas Alzamora” es un centro educativo nacional de primaria (educación básica regular) y se ubica en la Urb. Miraflores de la ciudad de Chiclayo. Fue creada como Institución Educativa N° 11151 por la Resolución Directoral N° 1593 del 05 de agosto de 1986 y se le adicionó el nombre de “Mons. Augusto Vargas Alzamora” mediante Resolución Directoral N° 2394 del 24 de julio de 2001.

Actualmente tiene una población de 490 estudiantes (niños y niñas), repartidos por las distintas secciones. Existen 3 secciones por cada grado – de 1° a 6° grado – y cada sección tiene aproximadamente 30 estudiantes.

Se observó que durante el 2012, 2° grado tuvo el mayor índice de desaprobados en comparación al resto de grados (11 estudiantes). Los desaprobados son estudiantes que deben volver a cursar el grado desaprobado. Por otro lado, se observó que en 2° el número de estudiantes que pasaron a recuperación se encontraba entre los más altos (12 estudiantes comparados con los 16 de 3° y 29 estudiantes de 5°). La información sobre la situación académica de los estudiantes de los últimos tres años muestra que los grados que tienen mayores dificultades en su aprendizaje son los de 2° y 5° grado.

Debido a esta información se consideró oportuno trabajar en mejorar el proceso de enseñanza de matemática en 2° grado mediante el ambiente colaborativo de aprendizaje.

##### 4.1.1.2. El constituyente función

Las funciones de la institución educativa que se consideraron más relevantes para la introducción de un ambiente colaborativo de aprendizaje fueron:

- **Planificación de las unidades de aprendizaje:** Las unidades de aprendizaje contienen información sobre los conocimientos a cubrir en distintas áreas, las capacidades e indicadores de logro, las técnicas e instrumentos de evaluación, las estrategias a emplear y los medios y materiales que se usarán para llevar a cabo las actividades.
- **Ejecución de la sesión de aprendizaje:** El docente dirige la sesión de aprendizaje según lo establecido en la unidad de aprendizaje.
- **Evaluación de los estudiantes:** La evaluación se produce en tres momentos clave.

Existe una *evaluación inicial*, en la que el docente determina los saberes previos de los estudiantes.

La *evaluación del proceso*, por su parte, se realiza mediante la observación sistemática, la autoevaluación, coevaluación y meta cognición.

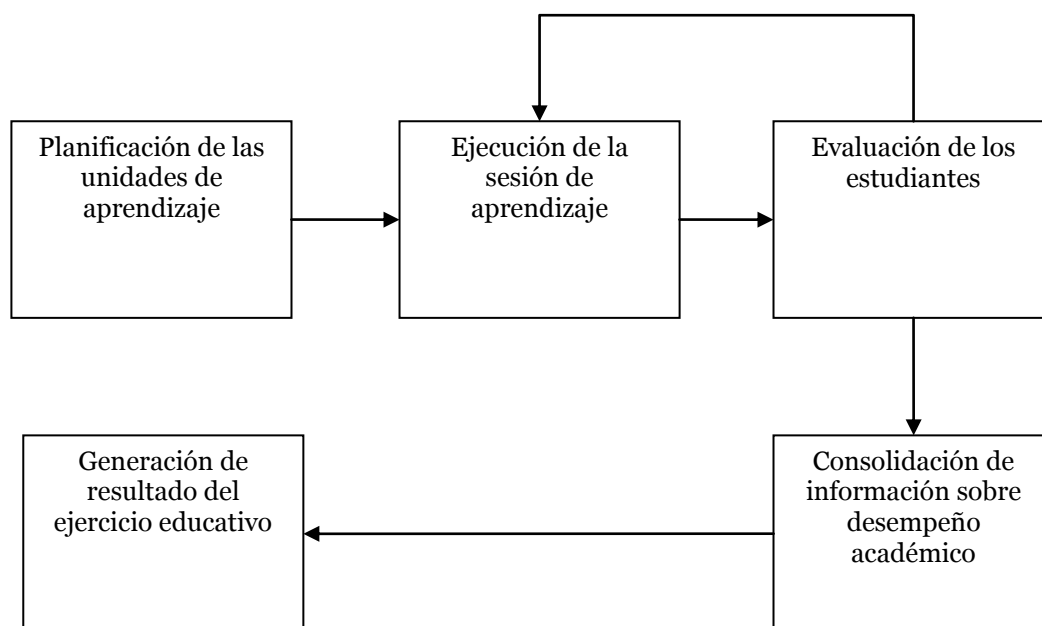
Por último, se efectúa una *evaluación de salida* que permite verificar el logro de las capacidades propuestas en la unidad de aprendizaje.

- **Consolidación de información sobre desempeño académico:** La información obtenida de la evaluación se consigna en los registros de evaluación. Esta información puede ser solicitada por los padres de familia cuando estos lo requieran. Así mismo, en base a la información de los registros de evaluación, el docente consolida información sobre los resultados académicos de los estudiantes por cada bimestre y también el resultado obtenido por ellos al finalizar el año. Luego, esta información es enviada a Dirección.

- **Generación de resultado del ejercicio educativo:** El resultado del ejercicio educativo es preparado por la directora de la institución educativa, y enviado al Ministerio de Educación. Este informe contiene información sobre los estudiantes registrada durante el año escolar: matriculados, aprobados, desaprobados, estudiantes que pasan a recuperación, retirados, trasladados y fallecidos.

#### 4.1.1.3. El constituyente proceso

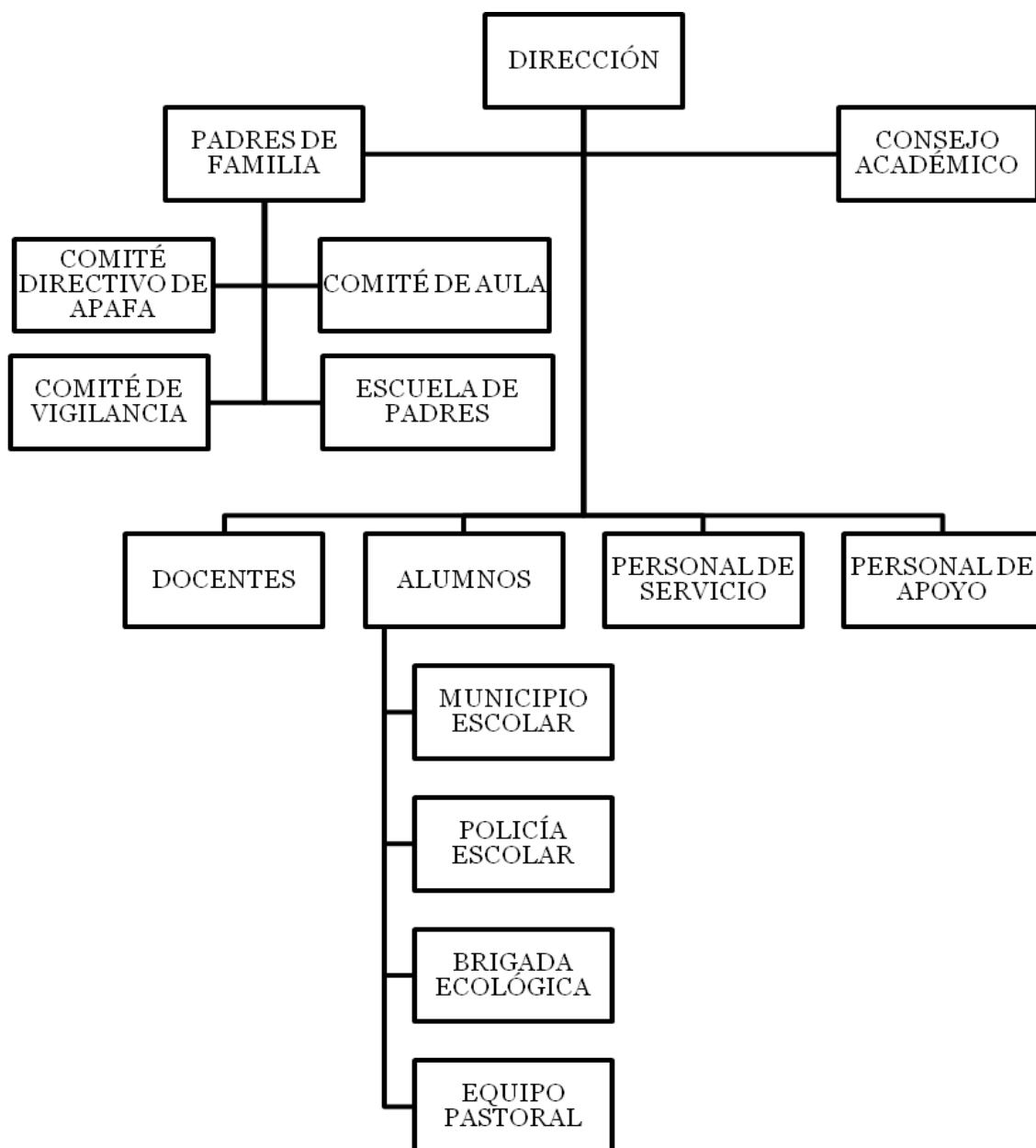
Figura 7. Proceso en la Institución Educativa N° 11151 “Mons. Augusto Vargas Alzamora”



En la Figura 7 puede observarse que la introducción del ambiente colaborativo de aprendizaje afecta al proceso de ejecución de la sesión de aprendizaje porque se incorpora una forma alternativa de trabajo mediante los computadores, siempre apuntando a cumplir lo especificado en las unidades de aprendizaje. También se ve afectado el proceso de evaluación de los estudiantes porque algunos resultados de evaluación son generados de forma automática. Por último, la consolidación de información sobre desempeño académico sufre cambios debido a la automatización de la información, que permite disponer de ta de forma instantánea cuando es solicitada por los padres de familia o Dirección.

#### 4.1.1.4. El constituyente estructura

Figura 8. Estructura de la Institución Educativa N° 11151 “Mons. Augusto Vargas Alzamora”

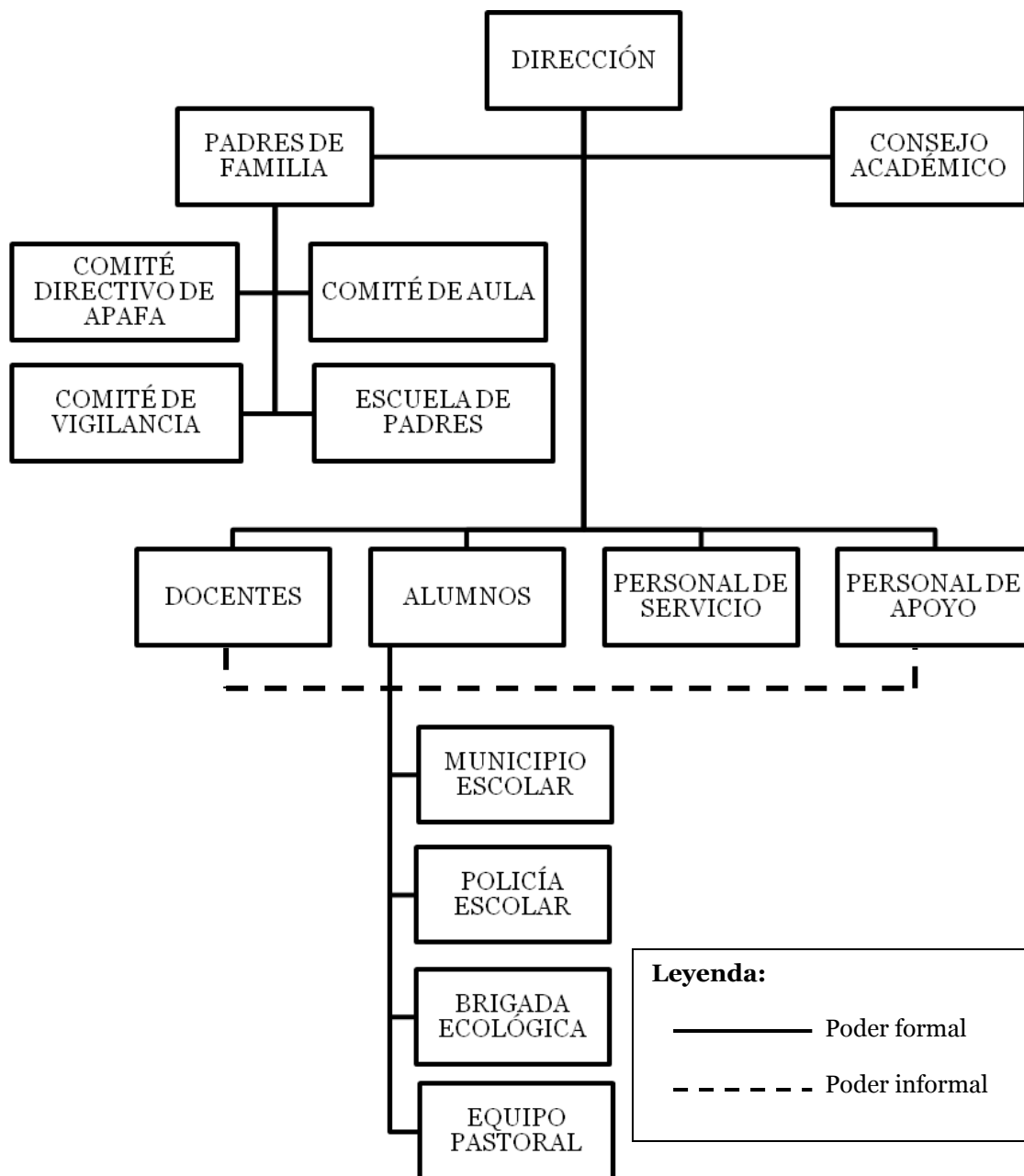


*Fuente: Institución Educativa N° 11151 “Mons. Augusto Vargas Alzamora”*

Como consta en la Figura 8, se tuvo previsto que la introducción del ambiente colaborativo de aprendizaje no variaría la estructura de la Institución Educativa.

#### 4.1.1.5. El constituyente poder/autoridad

Figura 9. Estructura de poder de la Institución Educativa N° 11151 “Mons. Augusto Vargas Alzamora”



Fuente: Institución Educativa N° 11151 “Mons. Augusto Vargas Alzamora”

Del análisis del constituyente poder/autoridad (ver **Figura 9**), se estimó que el ambiente colaborativo de aprendizaje afectaría principalmente al personal docente y al personal de apoyo del aula de innovación pedagógica, por lo cual se requería conseguir la colaboración de ellos para adquirir su experiencia.

#### 4.1.1.6. El constituyente recursos

Con el análisis del constituyente recursos se logró identificar los recursos más importantes con los que contaba la institución educativa:

- **Computadores:** Ocho (8) computadores que fueron adquiridos por APAFA, pero que actualmente no se utilizan con regularidad. Posteriormente a las anteriores, el Ministerio de Educación entregó cuarenta y dos (42) computadores XO-1 y un PC que funciona como servidor.
- **Registros de evaluación:** Los resultados de las evaluaciones se indican en los registros de evaluación.
- **Registro de Resultado del Ejercicio Educativo:** Es un registro en el que se vuelca la información de los estudiantes correspondiente al año escolar y que es enviado al Ministerio de Educación.
- **Red:** Las computadoras XO y el servidor están conectados en red. Así mismo, existe acceso a internet con una velocidad de 2 Mbps.
- **Personas:** Se dispone de un docente que se encarga permanentemente del aula de innovación pedagógica, y que apoya al docente cuando se utilizan las computadoras XO, por ejemplo, para la búsqueda de recursos didácticos en internet.

#### 4.1.1.7. Correspondencia de constituyentes

En la **Figura 10** puede observarse la correspondencia entre el proceso y los recursos de la situación actual (situación antigua). Para tal correspondencia se consideraron elementos computacionales disponibles, recursos pasivos no humanos (registros manuales), recursos humanos u organizativos y las funciones establecidas en el constituyente función (ver **sección 34**).

Por otro lado, se estableció una relación entre el proceso y los recursos en la situación propuesta (situación nueva). Con ello se esperaba que la incorporación del ambiente colaborativo de aprendizaje mejorara el proceso de enseñanza durante la ejecución de las sesiones de aprendizaje, además de garantizar la disponibilidad de información oportuna sobre el desempeño académico de los estudiantes (ver **Figura 11**).

Figura 10. Correspondencia entre proceso y recursos en la situación antigua

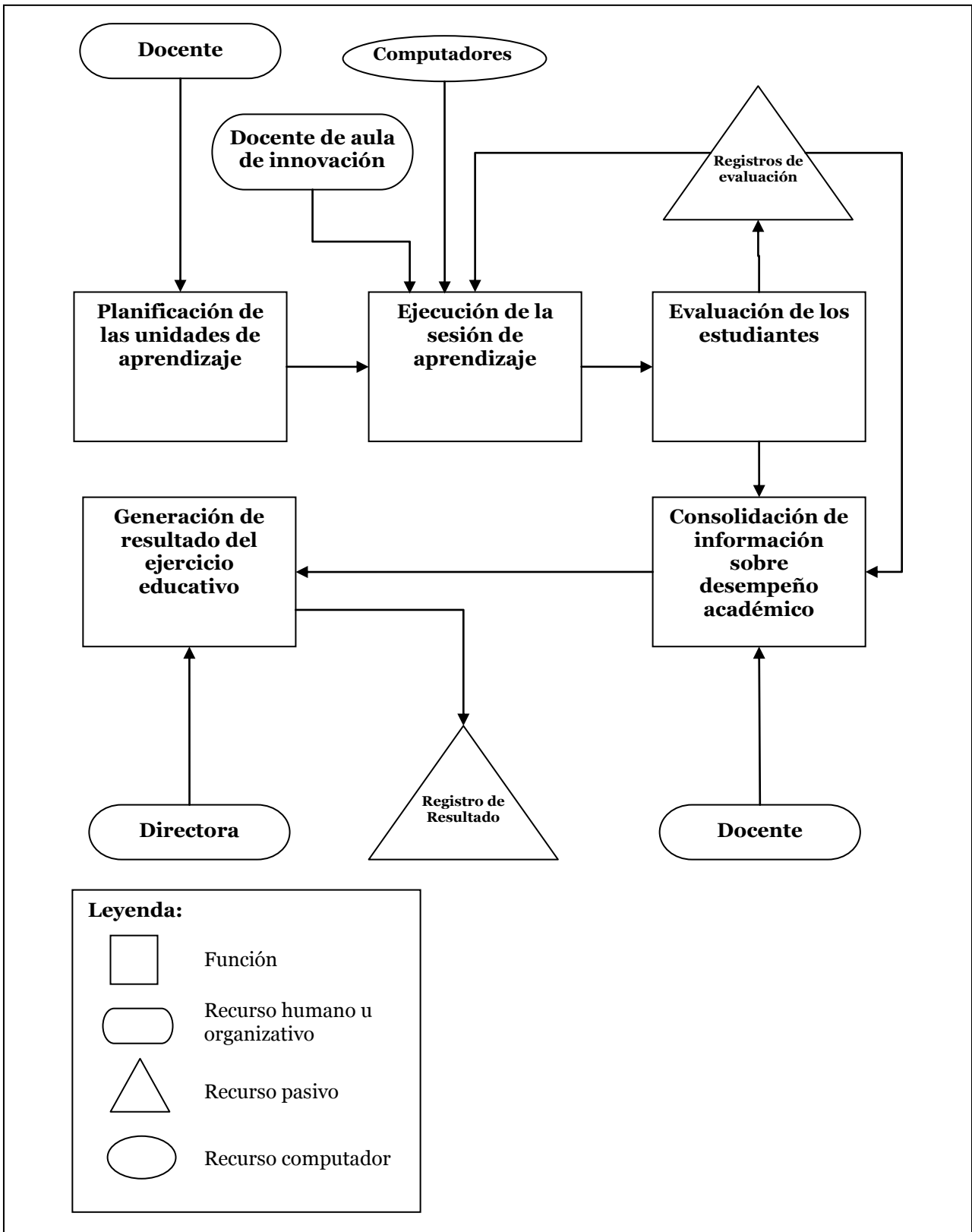
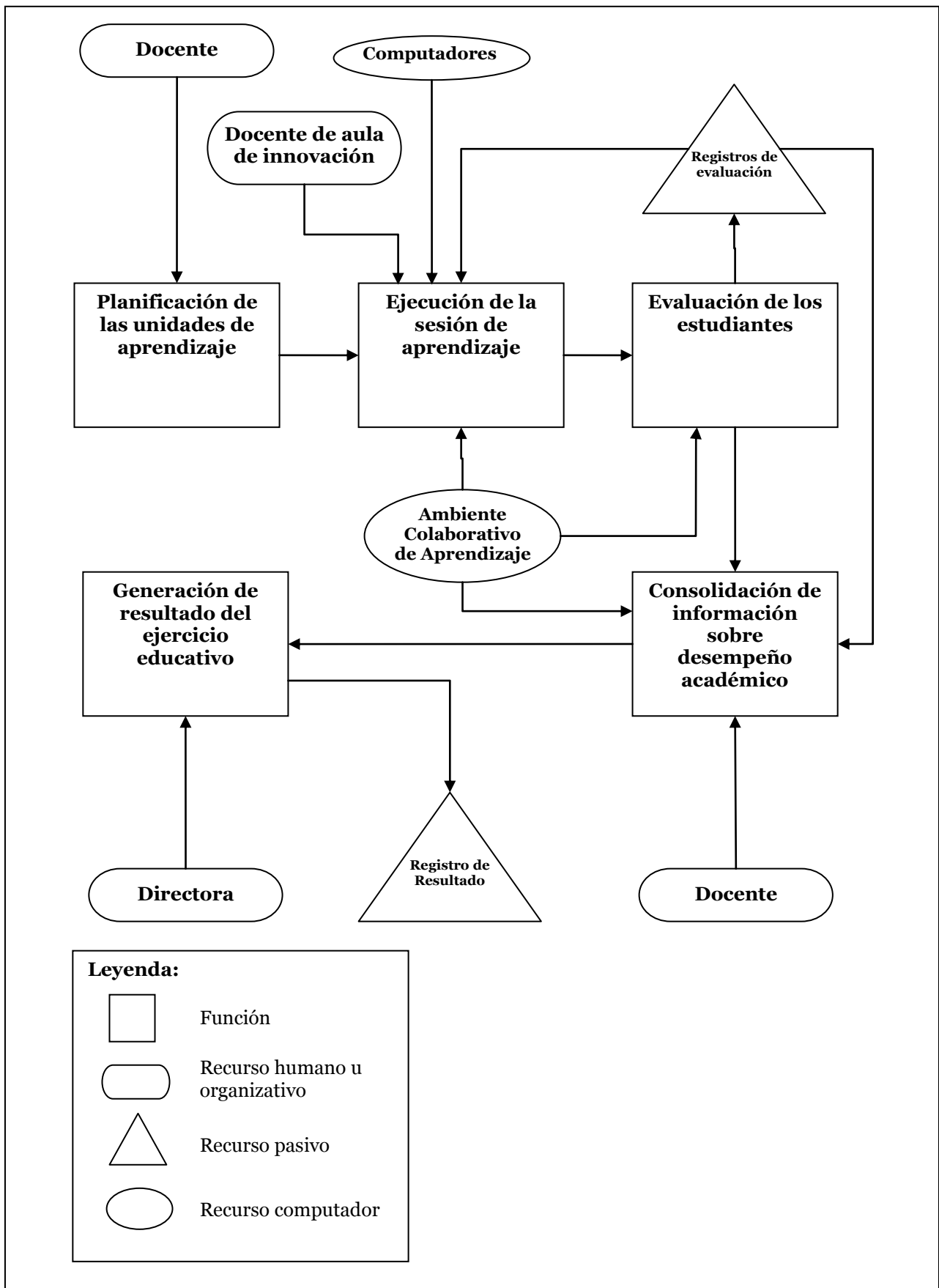


Figura 11. Correspondencia entre proceso y recursos en la situación nueva



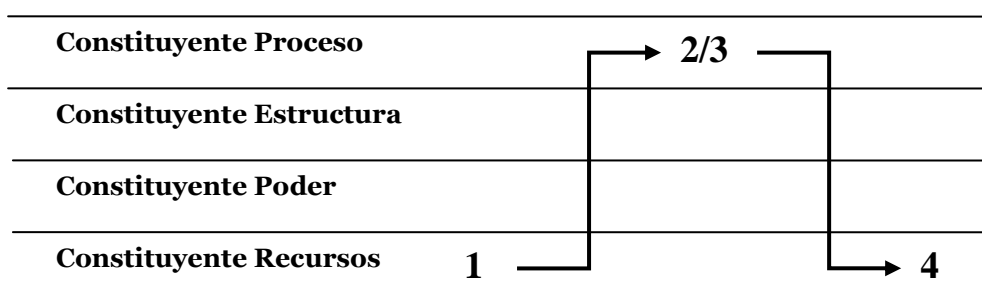
#### 4.1.1.8. Impacto en los constituyentes

Se consideró que la incorporación del ambiente colaborativo de aprendizaje generaría los siguientes impactos en la Institución Educativa:

- 1) Introducción del ambiente colaborativo de aprendizaje como un recurso nuevo.
- 2) Se mejora el proceso de enseñanza durante la ejecución de las sesiones de aprendizaje.
- 3) Permite una evaluación de los estudiantes más efectiva.
- 4) Se obtiene mayor disponibilidad de información oportuna relacionada al desempeño académico de los estudiantes.

Los cambios en los constituyentes presentados con anterioridad pueden observarse en la Figura 12. Las flechas indican una relación de influencia y los números corresponden a los impactos mencionados.

Figura 12. Impactos del ambiente colaborativo de aprendizaje en los constituyentes de la Institución Educativa N° 11151 “Mons. Augusto Vargas Alzamora”



#### 4.1.2. Conceptuación

##### 4.1.2.1. Identificación y descripción de los actores

Se identificaron una serie de actores que interactuarían con el ambiente colaborativo de aprendizaje:

- **Docente:** el docente que accede al sistema para configurar y gestionar aspectos del proceso de enseñanza y de la evaluación.
- **Estudiante:** accede al sistema para trabajar con sus compañeros en colaboración.
- **Padre de familia:** recibe información del sistema sobre el desempeño académico del estudiante.
- **Docente de Innovación:** docente encargado del área de innovación pedagógica que apoya al docente.
- **Directora:** recibe información relacionada al proceso de enseñanza, evaluación y entrega de información a los padres de familia.

#### 4.1.2.2. Identificación y descripción de los casos de uso

En la Figura 13 pueden observarse los casos de uso identificados, y son descritos a continuación:

- **Iniciar sesión:** El usuario solicita iniciar sesión en el ambiente colaborativo de aprendizaje. Cuando el usuario ingresa sus datos de identificación el sistema lo clasifica y, dependiendo del tipo de usuario al que pertenece, se carga la interfaz correspondiente.
- **Gestionar enseñanza:** El usuario gestiona la enseñanza, para ello es necesario actualizar la unidad de aprendizaje (UDA) lo que implica su creación, modificación o desactivación. También incluye la actualización de problemas propuestos, el establecimiento de los criterios de colaboración, la configuración y gestión del chat, además del manejo de las solicitudes de apoyo generadas por el sistema.
- **Gestionar información académica:** El usuario gestiona la información académica que será entregada a los padres de familia. Para realizar esto genera las estadísticas del estudiante y puede exportar o imprimir esta información.
- **Actualizar usuarios:** El usuario realiza tareas de actualización de los usuarios del sistema, lo que implica la inserción, modificación y desactivación de los usuarios.
- **Solucionar problemas propuestos:** El usuario soluciona los problemas propuestos. Para que este caso de uso se lleve a cabo el usuario visualiza el problema propuesto, y puede usar las herramientas (objetos matemáticos) y accesorios (chat) disponibles para solucionar el problema.
- **Generar reportes de Dirección:** El usuario genera los reportes de Dirección, estos pueden ser: reporte de información entregada a los padres de familia, reporte de todo lo concerniente a la unidad de aprendizaje y que su a vez incluye detalles de la enseñanza.
- **Generar reportes de Docencia:** El usuario genera reportes de Docencia, que pueden ser: reportes de resultados de todos los estudiantes, estadísticas de cada estudiante, y resultados del aprendizaje colaborativo.
- **Obtener información académica:** El usuario obtiene información académica del estudiante. Para lograr esto se generan las estadísticas del estudiante y luego es posible imprimir dicha información.

#### 4.1.3. Modelo de Agente (AM) – Primera iteración

##### 4.1.3.1. Identificación de los agentes (primera-iteración)

Para identificar los agentes se tuvieron en cuenta los actores señalados en la fase de conceptualización. De esta manera se determinaron los siguientes:

##### Agentes Humanos:

- Docente
- Docente Innovación
- Estudiante
- Padre Familia
- Directora

Figura 13. Casos de uso del Ambiente Colaborativo de Aprendizaje



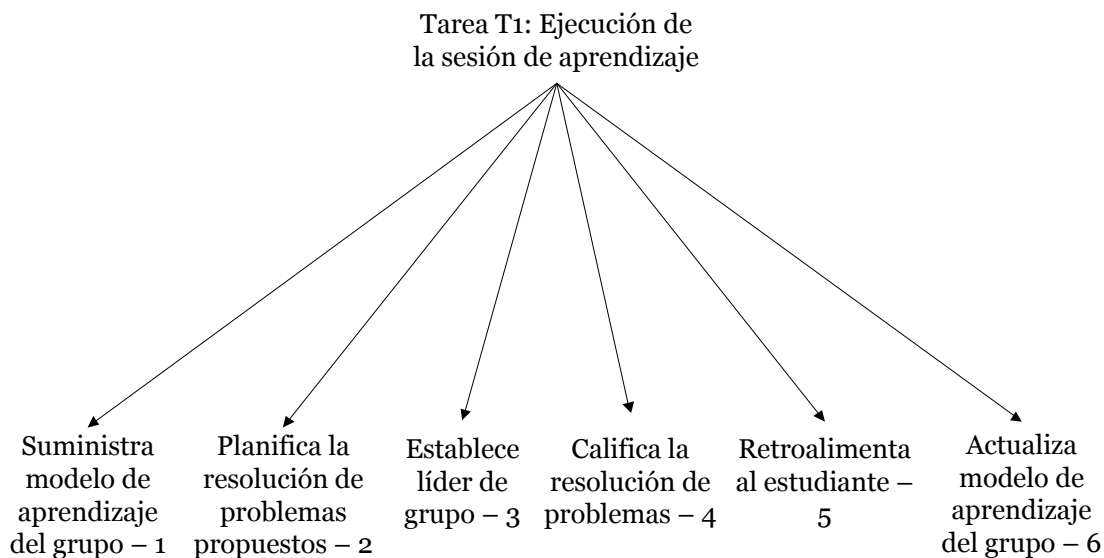
#### 4.1.4. Modelo de Tareas (TM)

Para el modelo de tareas se consideraron las siguientes funciones del constituyente función (ver sección 4.1.1.2):

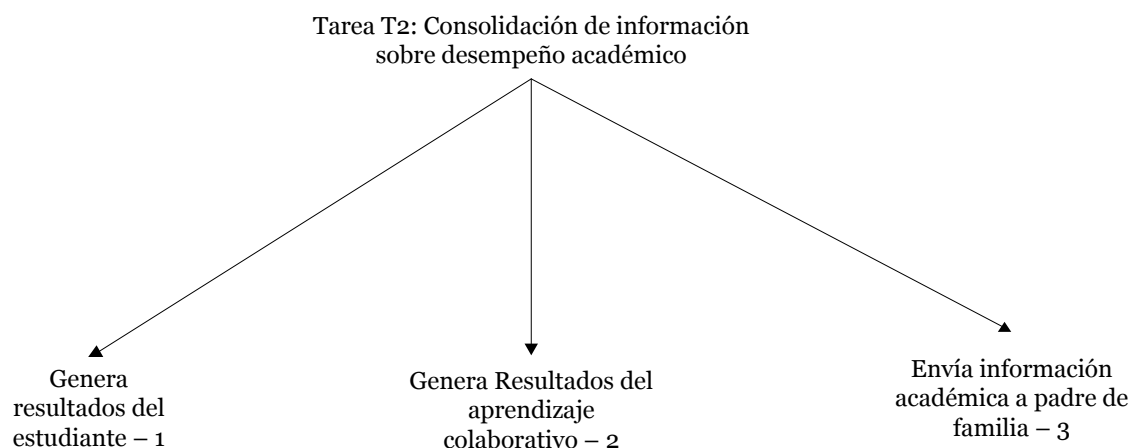
- a) **T1: Ejecución de la sesión de aprendizaje:** Esta tarea implica la ejecución de las sesiones de aprendizaje. Durante la sesión de aprendizaje se desarrolla el proceso de enseñanza del estudiante.
- b) **T2: Consolidación de información sobre desempeño académico:** Esta tarea implica la generación de información después de haberse llevado a cabo el proceso de enseñanza.

Posteriormente dichas tareas fueron descompuestas en subtareas (ver Figura 14 y Figura 15).

## Figura 14. Descomposición de la Tarea T1: Ejecución de la sesión de aprendizaje



## Figura 15. Descomposición de la Tarea T2: Consolidación de información sobre desempeño académico



### 4.1.5. Modelo de Agente (AM) – Segunda iteración

#### 4.1.5.1. Identificación y descripción de los agentes (segunda-iteración)

Después de efectuar el análisis de tareas, se procedió a identificar los agentes del sistema multiagente. Las tareas determinadas en el modelo de tareas pasaron a ser objetivos en el modelo de agente de la segunda iteración. Estos objetivos se refieren a las responsabilidades que se asignaron a cada agente.

#### Agentes Software:

- **Tutor:** Se encarga de planificar y califica la resolución de problemas propuestos de los estudiantes. También genera estadísticas relacionadas al desempeño académico del estudiante y envía dicha información a los padres de familia.

- **Modelo de Aprendizaje:** Gestiona el modelo de aprendizaje tanto del estudiante como del grupo, también es el encargado de suministrar dichos modelos cuando otro agente lo solicita.
- **Colaboración:** Es el agente responsable de seleccionar un líder de grupo y suministrar éste cuando es solicitado por otro agente.

También fue importante comprobar que todas las tareas del modelo de tareas fueran asignadas a por lo menos un agente, para ello se realizó una tabla de agentes–tareas como la que se muestra en la **Tabla 5**. De esta manera se pudo comprobar que todas las tareas del modelo de tareas eran atendidas por los agentes.

<b>Tareas/ Agentes</b>	Suministrar modelo de aprendizaje del grupo	Planificar la resolución de problemas propuestos	Establecer líder de grupo	Calificar resolución de problemas	Retroalimentar al estudiante	Generar resultados del estudiante	Generar resultados del aprendizaje colaborativo	Enviar información académica a padre de familia	Actualizar modelo de aprendizaje del estudiante
Tutor		<b>x</b>		<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	
Modelo de Aprendizaje	<b>x</b>	<b>x</b>			<b>x</b>				<b>x</b>
Colaboración		<b>x</b>	<b>x</b>						

Tabla 5. Distribución Tareas – Agentes

#### 4.1.6. Modelo de Coordinación (CoM)

##### 4.1.6.1. Identificación y descripción de las conversaciones

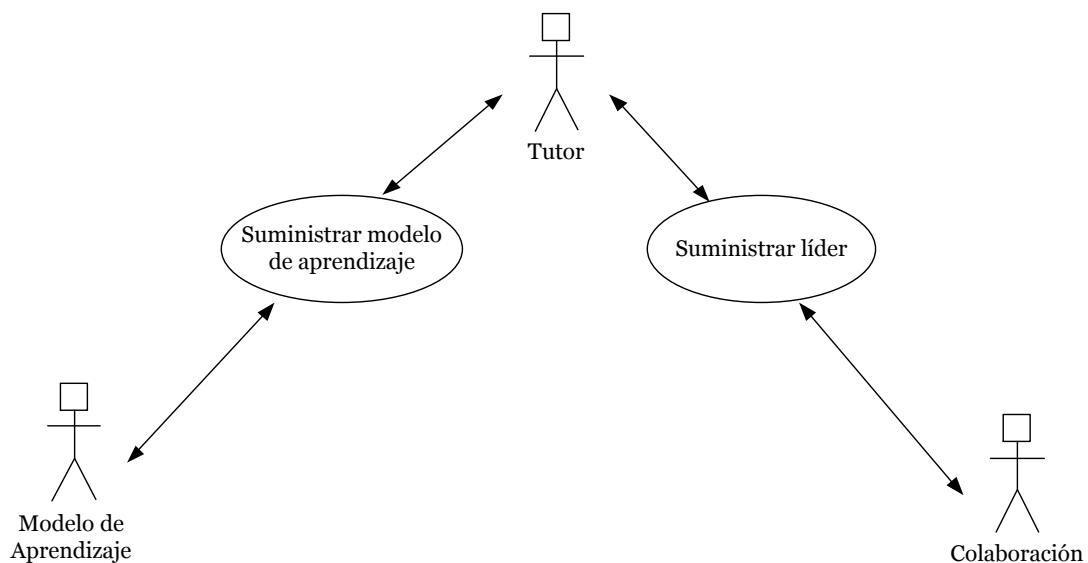
Aunque anteriormente ya se habían identificado algunas conversaciones de manera implícita, en este punto fue necesario especificarlas expresamente. Para esto se usó un diagrama de casos de uso internos que permitiera observar dichas conversaciones.

En la **Figura 16** puede apreciarse la descripción externa de las conversaciones de manera gráfica. Las conversaciones implicadas son las siguientes:

**Suministrar modelo de aprendizaje:** El agente Tutor solicita información del modelo de aprendizaje al agente Modelo de Aprendizaje. Este último recupera la información de una base de datos y se la ofrece al primero.

**Suministrar líder:** Se lleva a cabo cuando el agente Tutor solicita la selección de un líder al agente Colaboración para llevarse a cabo la resolución de problemas.

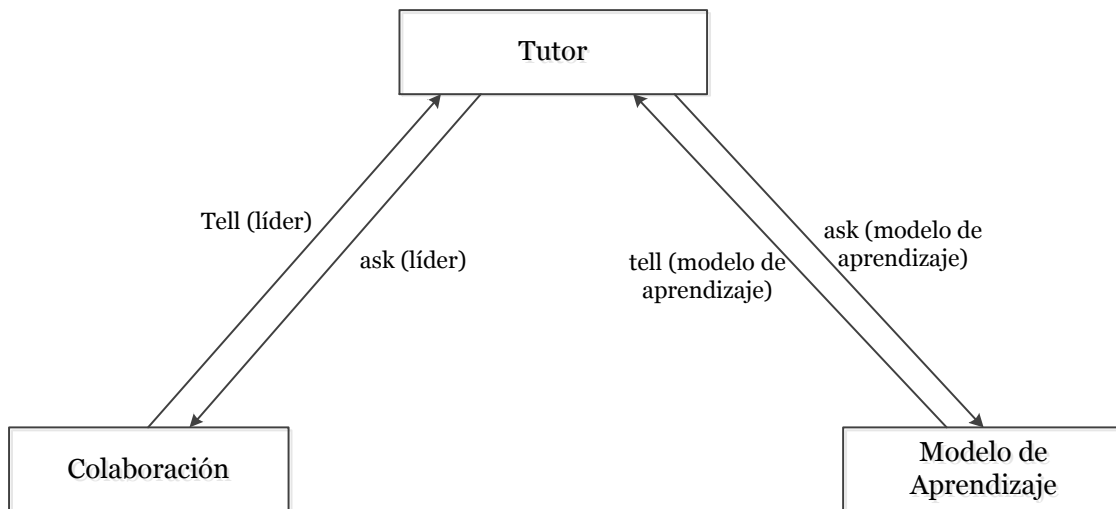
Figura 16. Casos de uso internos del sistema



##### 4.1.6.2. Canales básicos de comunicación

En este punto se logró establecer los mensajes válidos entre agentes. Dichos mensajes pueden visualizarse en la **Figura 17**.

Figura 17. Canales básicos de comunicación



#### **4.1.6.3. Construcción de un prototipo**

En este punto se construyó un prototipo para comprobar los canales de comunicación entre agentes. Dicho prototipo demostró que la comunicación se llevaba a cabo satisfactoriamente.

#### **4.1.6.4. Identificación de canales “complejos”**

No se detectaron canales complejos, debido a que los canales básicos cumplían perfectamente con los objetivos trazados.

#### **4.1.6.5. Determinación de grupos de agentes**

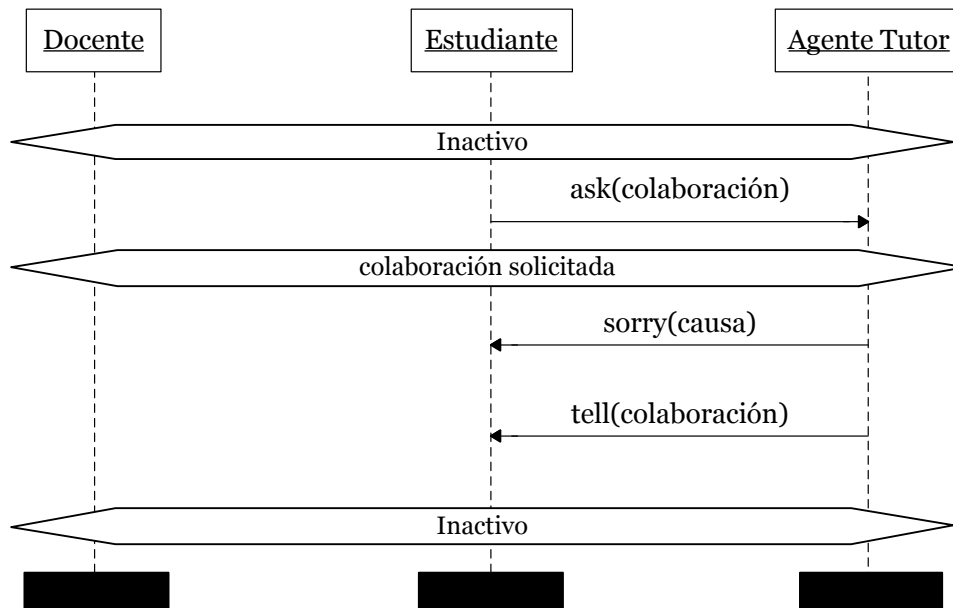
Se descartó el uso de grupos de agentes pues era posible implementar el sistema usando agentes independientes (sin agrupar), además la tecnología seleccionada no ofrecía un marco para implementar grupos de agentes.

#### **4.1.7. Modelo de Comunicación (CM)**

Este modelo permite describir las interacciones entre un agente humano y un agente software. En las interacciones se tienen en cuenta los factores humanos (Jiménez, Ovalle y Branch, Conceptualización y análisis de un Sistema Multi-agente pedagógico utilizando la Metodología MAS-COMMONKADS 2009, 237).

El modelo se especifica de forma gráfica mediante un diagrama de secuencias de mensajes, en el que se observan las intervenciones humano-máquina (ver Figura 18):

Figura 18. Interacciones genéricas de la conversación entre el estudiante (Humano) y el agente Tutor (Sistema)

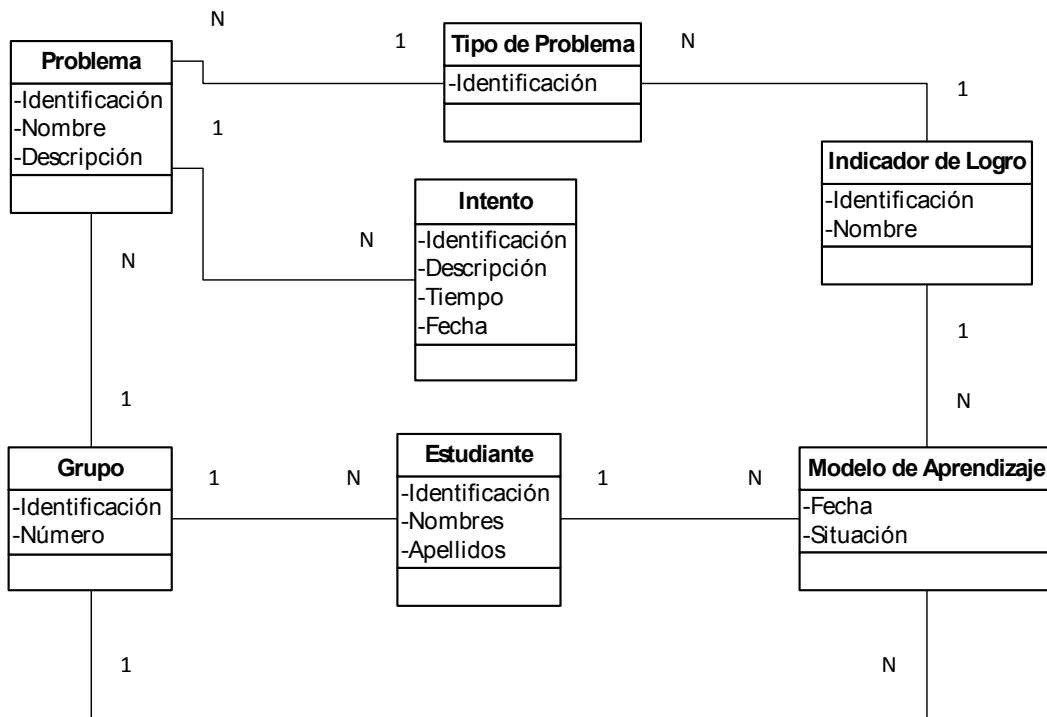


#### 4.1.8. Modelo de Experiencia (EM)

Implica la identificación, descripción y estructuración del conocimiento que necesitan los agentes para ejecutar sus tareas. Con este modelo se busca desarrollar el conocimiento del dominio a través de una plantilla que describa el diagrama de conceptos (J. Jiménez 2006, 125–126).

El diagrama de conceptos puede apreciarse en la Figura 19.

Figura 19. Diagrama de conceptos



#### 4.1.9. Modelo de Diseño (DM)

##### 4.1.9.1. Diseño de los Agentes

En este diseño se seleccionó una arquitectura para cada agente, como se detalla a continuación:

- **Sistema Agente Tutor**

##### **Arquitectura**

Proactiva.

##### **Lenguaje diseño**

Java.

##### **Nombre Clase agente**

AgenteTutor.java

- **Sistema Agente Modelo de Aprendizaje**

##### **Arquitectura**

Proactiva.

##### **Lenguaje diseño**

Java.

##### **Nombre Clase agente**

AgenteModeloAprendizaje.java

- **Sistema Agente** Colaboración

**Arquitectura**

Proactiva.

**Lenguaje diseño**

Java.

**Nombre Clase agente**

AgenteColaboracion.java

**4.1.9.2. Diseño de la plataforma**

En esta sección se especificaron las decisiones de hardware y software empleados en el sistema multiagente. Los detalles pueden observarse en la Tabla 6 y en la Figura 20.

<b>Plataforma: Sistema multiagente</b>	
<b>Descripción</b>	No se seleccionó ninguna plataforma multiagente existente, sino que se optó por desarrollarla. Los agentes que conforman el sistema multiagente se programaron en java, mediante la plataforma JADE.
<b>Usa lenguaje</b>	Java
<b>Hardware requerido</b>	Servidor con procesador Intel o AMD de 2GHz y 1GB de RAM, como mínimo.
<b>Software requerido</b>	Sistema operativo Windows o Linux; Java Runtime Environment 1.6, MySQL 5, Google Chrome, JADE.
<b>Estructura</b>	En el primer nivel se ubica el sistema operativo y tiene como función actuar como intermediario entre los usuarios y la máquina. En el segundo nivel se encuentra el servidor de aplicaciones Tomcat que permite ejecutar los Servlets, JSPs y agentes en el servidor. También se encuentra el gestor de base de datos MySQL que almacena y gestiona los datos. En el tercer nivel se encuentra la interfaz web que permite al usuario realizar las actividades previstas para el sistema.
<b>Usuarios</b>	Estudiantes, docentes, directora, padres de familia. También se consideró al desarrollador del sistema como usuario para el mantenimiento del mismo.

Tabla 6. Detalles del diseño de la plataforma

Figura 20. Diseño de la estructura de la plataforma

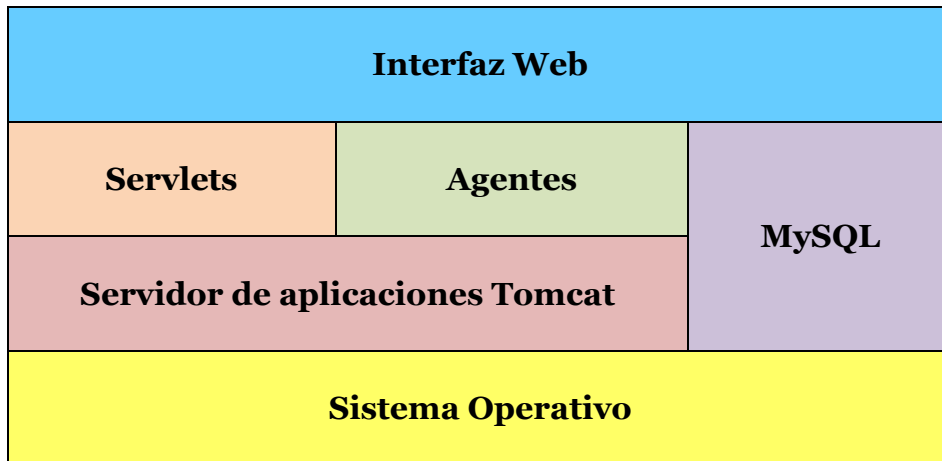
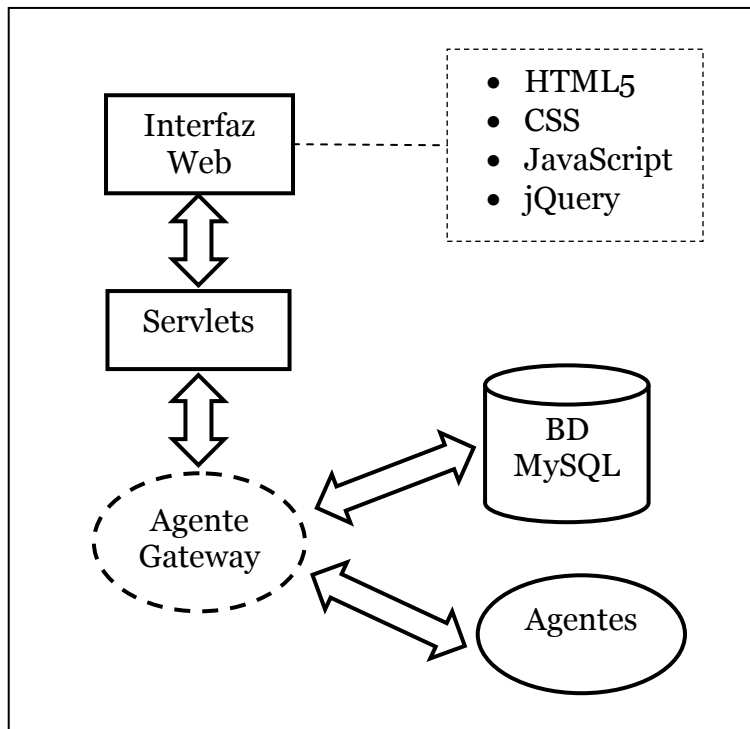


Figura 21. Estructura detallada de la plataforma



## V. DISCUSIÓN

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos en el pre-test y post-test de los grupos de control y experimental.

La investigación se inició con una evaluación para medir el desempeño en matemática de los estudiantes, tanto en el grupo experimental como de control, lo que conformó el pre-test. Después de ello el grupo de control siguió con el trabajo de rutina. Por su lado, el grupo experimental inició el trabajo con el Ambiente Colaborativo de aprendizaje.

Aunque originalmente se tenía previsto el trabajo en las computadoras portátiles XO, luego se optó por usar otros recursos debido a que las portátiles no contaban con las actualizaciones necesarias para visualizar adecuadamente la interfaz web del sistema.

El trabajo con el Ambiente Colaborativo de Aprendizaje se llevó a cabo con 11 PCs y 2 computadoras portátiles (laptops) conectados en red, y se usó como ambiente el Aula de Innovación Pedagógica. Una de las laptops cumplió la función de servidor (servidor no dedicado). Cada computadora fue ocupada por dos estudiantes.

El Ambiente Colaborativo de Aprendizaje se usó durante 4 sesiones, con una duración promedio de 40 a 60 minutos. La docente de 2<sup>o</sup> "A" supervisó y apoyó dichas sesiones.

Cuando culminaron las actividades con el sistema, se procedió a realizar una segunda evaluación como post-test. Sólo se ejecutó el examen del grupo experimental debido a contratiempos presentados durante la coordinación de la evaluación del grupo de control. No obstante, se recogió información de los registros de las docentes del grupo experimental y de control para contrastar la información obtenida de las evaluaciones.

La evaluación llevada a cabo en el pre-test y post-test fue la misma. Comprendía problemas asociados a indicadores de logro que permitieran recabar información sobre las capacidades de los estudiantes (ver ANEXO 6).

La valoración de los logros en las evaluaciones se realizó usando la escala de calificación del nivel de primaria señalada en el Diseño Curricular Nacional (Ministerio de Educación del Perú 2009, 53). Esta escala se muestra en la Tabla 7. En la práctica, las docentes consideran la escala AD para calificar el aspecto actitudinal, además de los conocimientos y capacidades. Sin embargo, esta escala no se usó para calificar las evaluaciones debido a las dificultades de valorar la actitud del estudiante durante la evaluación; por lo que sólo fue considerada en el registro del docente.

Aunque en la selección de la muestra se incluyó a todos los estudiantes de las secciones "A" y "C", en el análisis de resultados no se consideró la totalidad debido a que no todos asistieron cuando se realizaron las evaluaciones o éstos no consignaron sus datos correctamente. Los estudiantes considerados para el análisis de los datos se muestran en la Tabla 8.

<b>Escala de Calificación</b>	<b>Descripción</b>
<b>AD Logro destacado</b>	Cuando el estudiante evidencia el logro de los aprendizajes previstos, demostrando incluso un manejo solvente en todas las tareas propuestas.
<b>A Logro previsto</b>	Cuando el estudiante evidencia el logro de los aprendizajes previstos en el tiempo programado.
<b>B En proceso</b>	Cuando el estudiante está en camino de lograr los aprendizajes previstos, para lo cual requiere acompañamiento durante un tiempo razonable para lograrlo.
<b>C En inicio</b>	Cuando el estudiante está empezando a desarrollar los aprendizajes previstos o evidencia dificultades para el desarrollo de éstos y necesita mayor tiempo de acompañamiento e intervención del docente de acuerdo con su ritmo y estilo de aprendizaje.

Tabla 7. Escala de calificación de los aprendizajes en Educación Primaria (Ministerio de Educación del Perú 2009, 53)

<b>Grupo</b>	<b>Sección</b>	<b>Total</b>	<b>Considerados</b>
EXPERIMENTAL	A	26	22
CONTROL	C	24	21
<b>TOTAL</b>		<b>50</b>	<b>43</b>

Tabla 8. Número de estudiantes considerados para el análisis de los datos

Para facilitar la presentación y análisis de los datos se hará referencia a ellos con el nombre resumido que les corresponde (ver **Tabla 9**).

<b>Indicador de logro</b>	<b>Indicador de logro resumido</b>
Representa en forma concreta, gráfica y simbólica números de hasta dos cifras, expresándolos de diferentes modos en unidades y decenas.	Representación
Usa el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, sin canje.	Adición sin canje
Usa el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, con canje.	Adición con canje
Usa el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, sin canje.	Sustracción sin canje
Usa el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, con canje.	Sustracción con canje

Tabla 9. Indicadores de logro resumidos

GRUPO	FUENTE	Logro destacado (AD)		Logro previsto (A)		En proceso (B)		En inicio (C)		TOTAL	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
EXPERIMENTAL	PRE-TEST	–	–	18	82%	4	18%	0	0%	22	100%
	POST-TEST	–	–	18	82%	4	18%	0	0%	22	100%
	REGISTRO	4	18%	10	45%	8	36%	0	0%	22	100%
CONTROL	PRE-TEST	–	–	16	76%	5	24%	0	0%	21	100%
	POST-TEST	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	REGISTRO	5	24%	10	48%	4	19%	2	10%	21	100%

Tabla 10. Logro obtenido en Pre-Test, Post-Test y Registro del docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de representación

En la Figura 22, para el indicador de logro relacionado a la representación, se observa que el grupo experimental obtuvo el mismo desempeño en el pre-test y post-test. El 82% alcanzó el logro previsto, mientras que el 18% demostró estar en proceso de obtener el logro. Ningún estudiante se ubicó en la escala de inicio. Por su parte, en el pre-test del grupo de control el 76% logró el aprendizaje previsto, el 24% se encontró en proceso y el 0% en inicio de alcanzar el logro previsto.

Aunque los porcentajes no se incrementaron, es importante resaltar que tras el uso del Ambiente Colaborativo de Aprendizaje, un estudiante del grupo experimental que posee capacidades diferentes mejoró su desempeño. En la primera evaluación obtuvo B como calificación en el indicador de logro y en la segunda evaluación pudo alcanzar el logro previsto con una A.

En cuanto al registro del docente, la Figura 23 muestra que el grupo de control cuenta con un mayor porcentaje de estudiantes con logro destacado (24%) y logro previsto (48%). Mientras que el grupo experimental posee un mayor porcentaje de estudiantes en proceso (36%), y no cuenta con ningún estudiante en inicio de alcanzar el logro (0%).

Figura 22. Logro obtenido en Pre-Test y Post-Test por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de representación

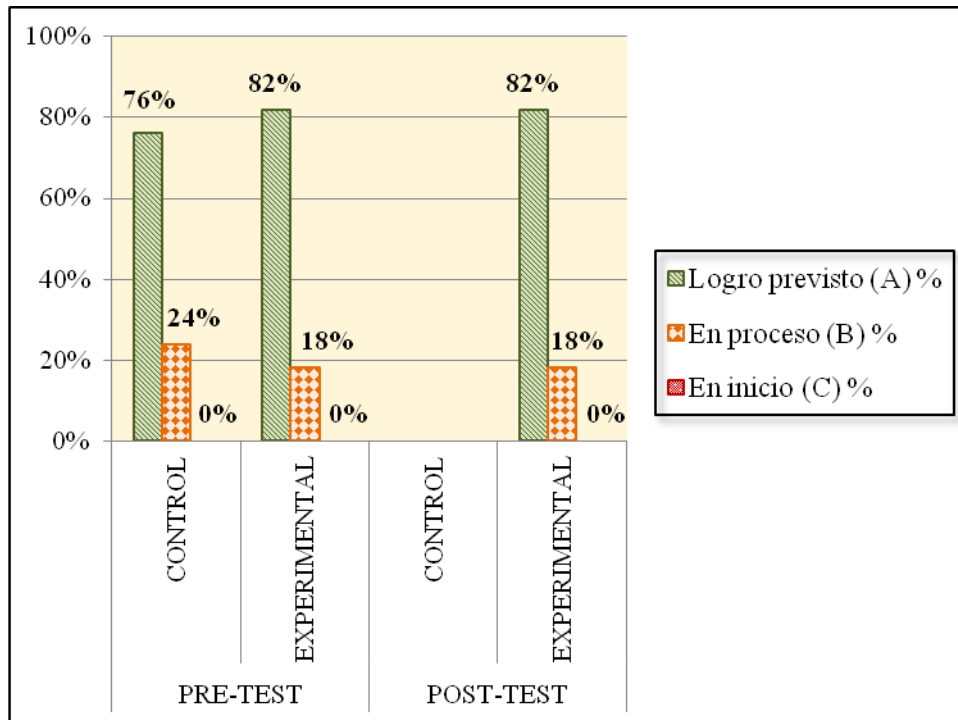
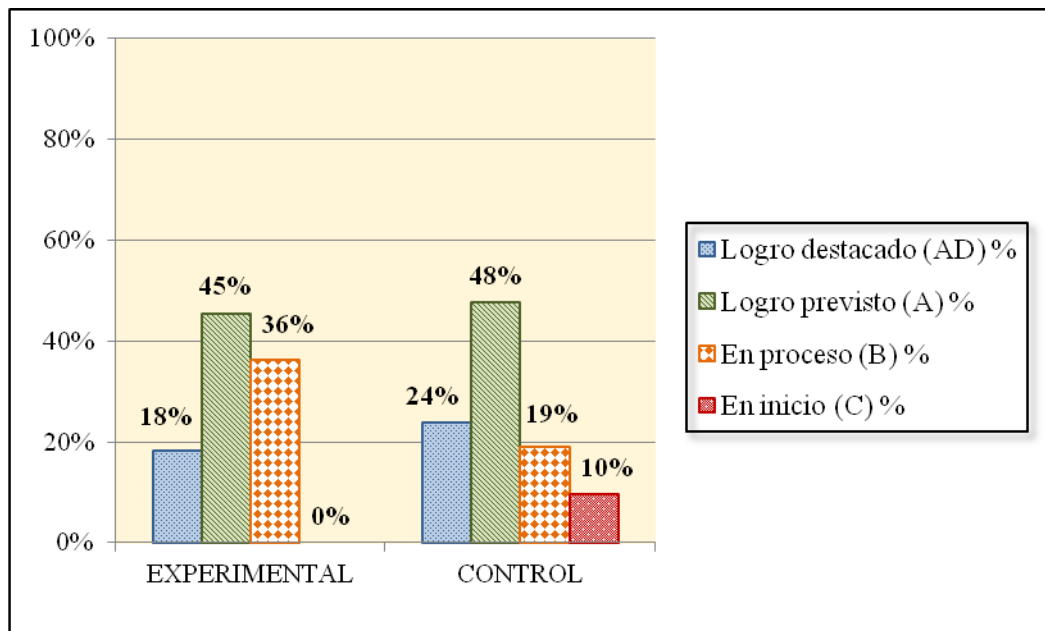


Figura 23. Logro obtenido según el Registro del Docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de representación



GRUPO	FUENTE	Logro destacado (AD)		Logro previsto (A)		En proceso (B)		En inicio (C)		TOTAL	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
EXPERIMENTAL	PRE-TEST	–	–	16	73%	4	18%	2	9%	22	100%
	POST-TEST	–	–	13	59%	2	9%	7	32%	22	100%
	REGISTRO	3	14%	15	68%	4	18%	0	0%	22	100%
CONTROL	PRE-TEST	–	–	7	33%	1	5%	13	62%	21	100%
	POST-TEST	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	REGISTRO	5	24%	9	43%	5	24%	2	10%	21	100%

Tabla 11. Logro obtenido en Pre-Test, Post-Test y Registro del docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de adición sin canje

Se puede observar en la Figura 24 que, en el indicador de logro de la adición sin canje, el porcentaje de estudiantes con el logro previsto pasó del 73% al 59% y el porcentaje de estudiantes en proceso de lograr el aprendizaje se redujo del 18% al 9%, mientras que el porcentaje en inicio pasó del 9% al 32%.

Es importante considerar que la primera evaluación se llevó a cabo antes de la hora del recreo durante las primeras horas de la jornada escolar, y la segunda evaluación se ejecutó después del recreo faltando una hora para la culminación de la clase. La segunda evaluación del grupo experimental fue realizada antes de la última sesión de trabajo con el Ambiente Colaborativo de Aprendizaje y el último día de clases del año escolar. Varios estudiantes al conocer que pasarían a una sesión con el sistema tras culminar el examen no resolvieron la última pregunta que correspondía al indicador de logro de adición sin canje, a pesar de que fueron capaces de resolverla en la primera evaluación. Estos aspectos mencionados podrían explicar los resultados obtenidos.

Figura 24. Logro obtenido en Pre-Test y Post-Test por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de adición sin canje

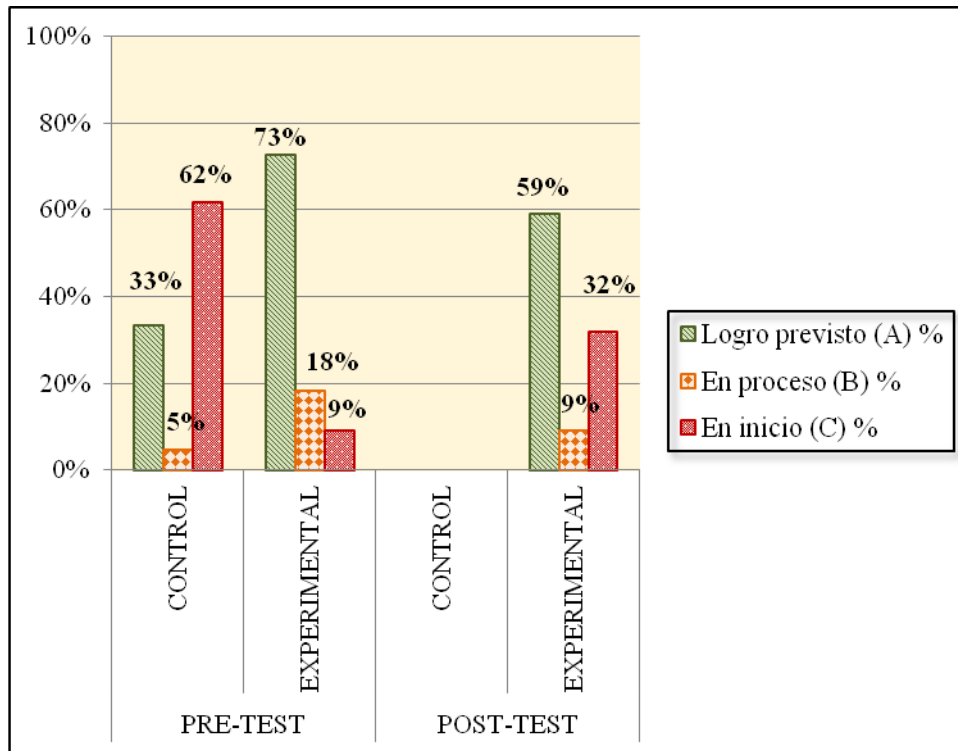
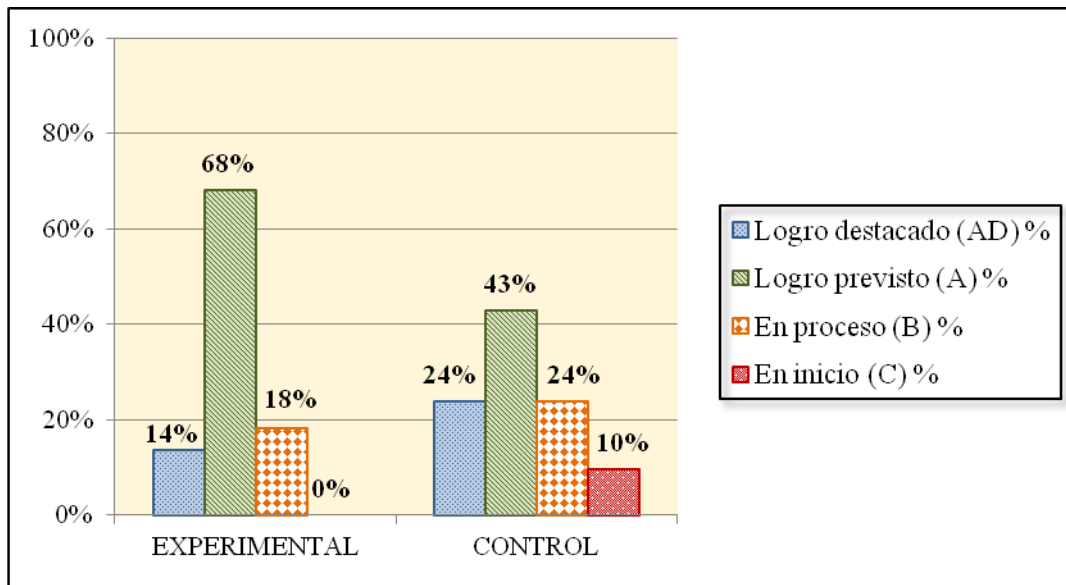


Figura 25. Logro obtenido según el Registro del Docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de adición sin canje



GRUPO	FUENTE	Logro destacado (AD)		Logro previsto (A)		En proceso (B)		En inicio (C)		TOTAL	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
EXPERIMENTAL	PRE-TEST	–	–	11	50%	7	32%	4	18%	22	100%
	POST-TEST	–	–	12	55%	8	36%	2	9%	22	100%
	REGISTRO	5	23%	11	50%	5	23%	1	5%	22	100%
CONTROL	PRE-TEST	–	–	10	48%	8	38%	3	14%	21	100%
	POST-TEST	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	REGISTRO	2	10%	6	29%	4	19%	9	43%	21	100%

Tabla 12. Logro obtenido en Pre-Test, Post-Test y Registro del docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de adición con canje

La Figura 26 indica que, respecto al indicador de adición con canje, el porcentaje de estudiantes que alcanzaron el logro previsto pasó del 50% al 55%, el porcentaje que se encontraba en proceso pasó del 32% al 36%, por su parte, el porcentaje en inicio se redujo pasando del 18% al 9%. Estos datos demuestran que el Ambiente Colaborativo de Aprendizaje permitió incrementar el porcentaje de estudiantes que alcanzaron el logro relacionado a la adición con canje.

Respecto a los datos mostrados en la Figura 27 y recogidos del registro del docente, puede observarse que el porcentaje de estudiantes que obtuvieron un logro destacado y logro previsto fue superior al del grupo de control, registrándose un 23% y 50% respectivamente. También se aprecia que el porcentaje de estudiantes en proceso del grupo experimental (23%) fue mayor que el porcentaje del grupo de control (19%). El grupo de control registró el mayor porcentaje de estudiantes en inicio (43% comparado al 5% del grupo experimental).

Figura 26. Logro obtenido en Pre-Test y Post-Test por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de adición con canje

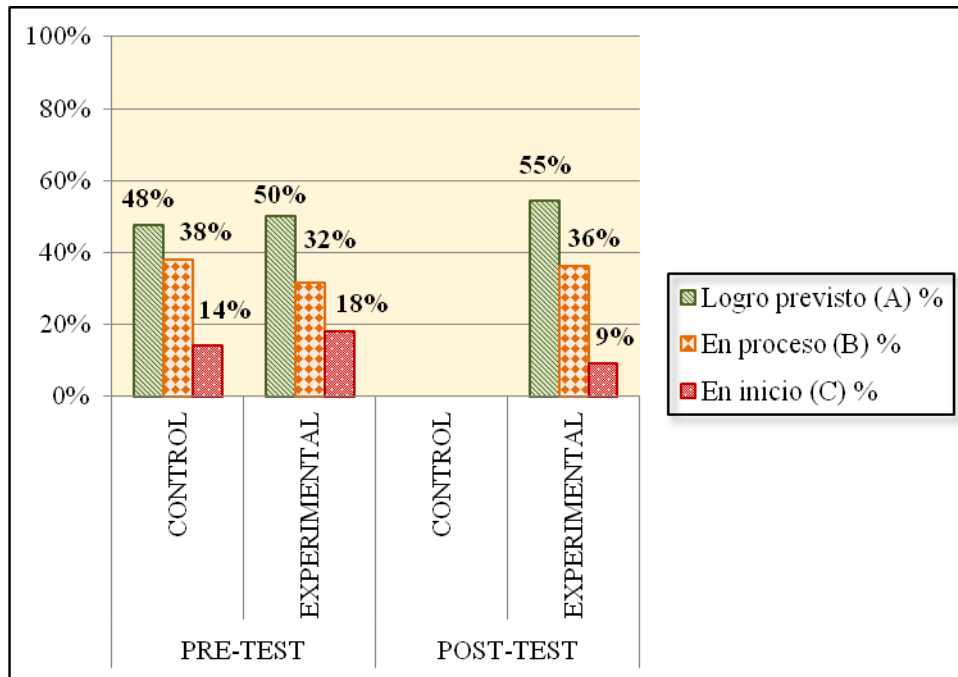
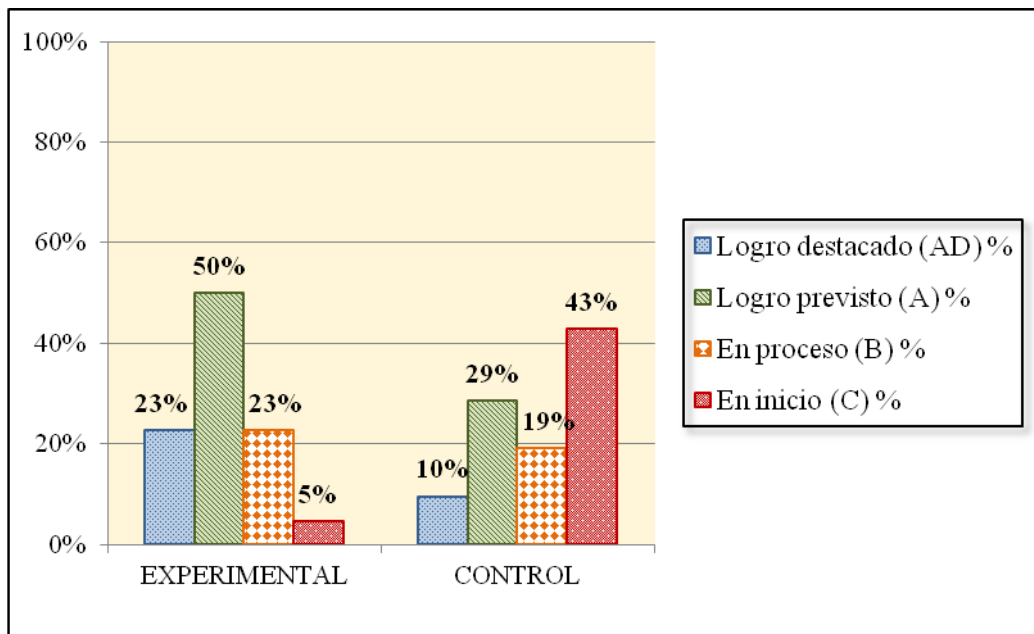


Figura 27. Logro obtenido según el Registro del Docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de adición con canje



GRUPO	FUENTE	Logro destacado (AD)		Logro previsto (A)		En proceso (B)		En inicio (C)		TOTAL	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
EXPERIMENTAL	PRE-TEST	–	–	13	59%	7	32%	2	9%	22	100%
	POST-TEST	–	–	17	77%	3	14%	2	9%	22	100%
	REGISTRO	3	14%	15	68%	3	14%	1	5%	22	100%
CONTROL	PRE-TEST	–	–	10	48%	6	29%	5	24%	21	100%
	POST-TEST	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	REGISTRO	4	19%	7	33%	8	38%	2	10%	21	100%

Tabla 13. Logro obtenido en Pre-Test, Post-Test y Registro del docente por el Grupo Experimental y Control en el indicador de logro de sustracción sin canje

Los datos presentados en la **Figura 28** son los que muestran el incremento más importante en el grupo experimental. Aumentó el porcentaje de estudiantes que lograron el logro previsto para la sustracción sin canje, pasando de 59% a 77%. El porcentaje que se encontraba en proceso de alcanzar el logro pasó de 32% a 14% y se mantuvo el porcentaje de estudiantes en inicio (9%). Con esto se demuestra que el uso del Ambiente Colaborativo de Aprendizaje contribuyó a incrementar el porcentaje de estudiantes que alcanzaron el logro asociado a la sustracción sin canje.

Los datos especificados en el registro del docente corroboran lo anteriormente señalado (ver **Figura 29**). Aunque sólo el 14% de estudiantes del grupo experimental obtuvo un logro destacado para la sustracción sin canje, un 68% obtuvo el logro previsto. Esto representa un 82% de estudiantes que alcanzaron el logro en el grupo experimental. Por su parte, el grupo de control muestra un 19% de estudiantes con logro destacado y un 33% con logro previsto, sumando un 52% de estudiantes que obtuvieron el logro.

Figura 28. Logro obtenido en Pre-Test y Post-Test por el Grupo Experimental y Control en el indicador de logro de sustracción sin canje

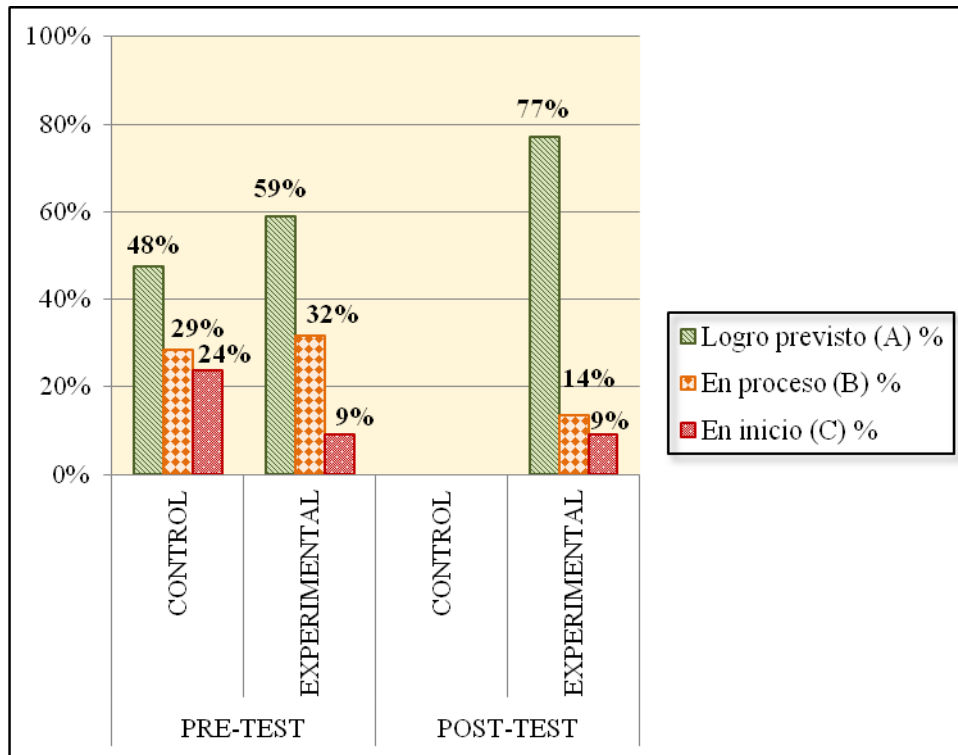
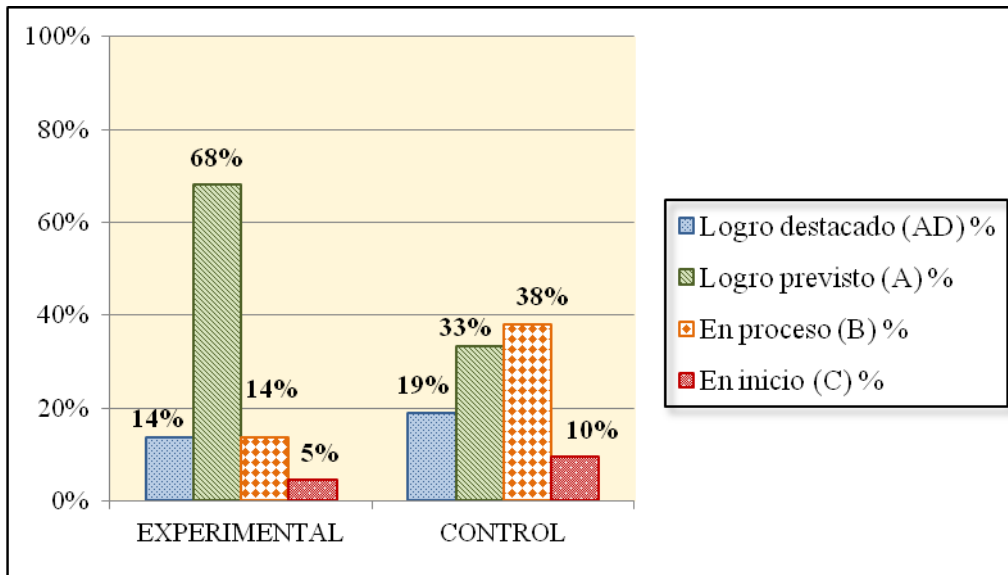


Figura 29. Logro obtenido según el Registro del Docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de sustracción sin canje



GRUPO	FUENTE	Logro destacado (AD)		Logro previsto (A)		En proceso (B)		En inicio (C)		TOTAL	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
EXPERIMENTAL	PRE-TEST	–	–	3	14%	12	55%	7	32%	22	100%
	POST-TEST	–	–	3	14%	8	36%	11	50%	22	100%
	REGISTRO	4	18%	8	36%	9	41%	1	5%	22	100%
CONTROL	PRE-TEST	–	–	1	5%	4	19%	16	76%	21	100%
	POST-TEST	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	REGISTRO	1	5%	5	24%	5	24%	10	48%	21	100%

Tabla 14. Logro obtenido en Pre-Test, Post-Test y Registro del docente por el Grupo Experimental y Control en el indicador de logro de sustracción con canje

Puede observarse en la **Figura 30** que en el grupo experimental el porcentaje de estudiantes que alcanzaron el logro previsto para la sustracción con canje se mantuvo igual en el pre-test y en el post-test, es decir en 14%. El porcentaje de estudiantes en proceso disminuyó pasando de 55% a 36%, mientras que el porcentaje en inicio se incrementó de 32% a 50%. A pesar de que los resultados no muestran un incremento en el porcentaje de estudiantes que obtuvieron el logro, es importante tener en cuenta que muchos estudiantes presentaron serias dificultades para superar la pregunta de la evaluación relacionada a la sustracción con canje, prueba de ello es el alto porcentaje registrado por el grupo de control en el pre-test que significó un 76% de estudiantes en inicio de alcanzar el logro y un 19% en proceso de lograrlo.

La **Figura 31** muestra los datos del registro del docente. Puede observarse que el grupo experimental obtuvo un mayor porcentaje de estudiantes con logro destacado, 18% comparado al 5% del grupo de control. El porcentaje de estudiantes con logro previsto fue 36% en el grupo experimental y 24% en el grupo de control. También fue mayor el porcentaje en proceso de alcanzar el logro del grupo experimental comparado con el grupo de control, 41% y 24% respectivamente. Por último, fue menor el porcentaje del grupo experimental que se encontraba en inicio, 5% en comparación al 48% del grupo de control.

Figura 30. Logro obtenido en Pre-Test y Post-Test por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de sustracción con canje

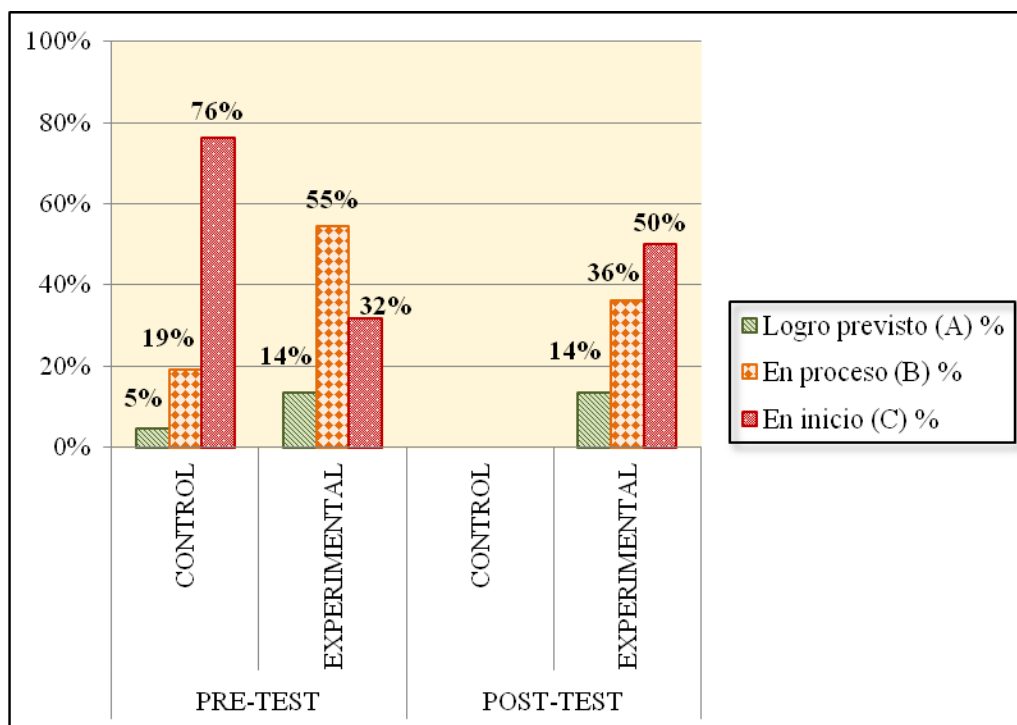
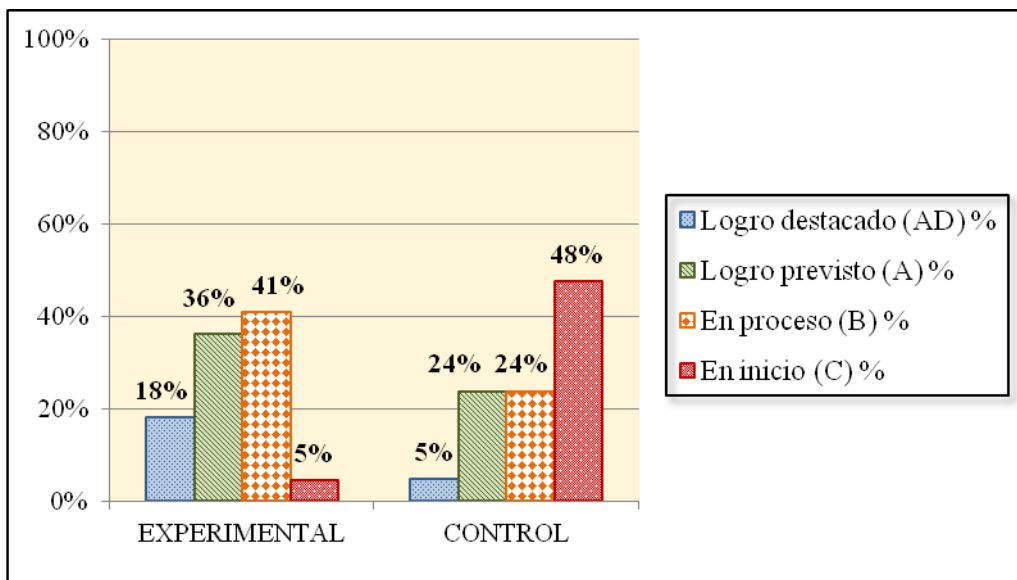


Figura 31. Logro obtenido según el Registro del Docente por el Grupo Experimental y de Control en el indicador de logro de sustracción con canje

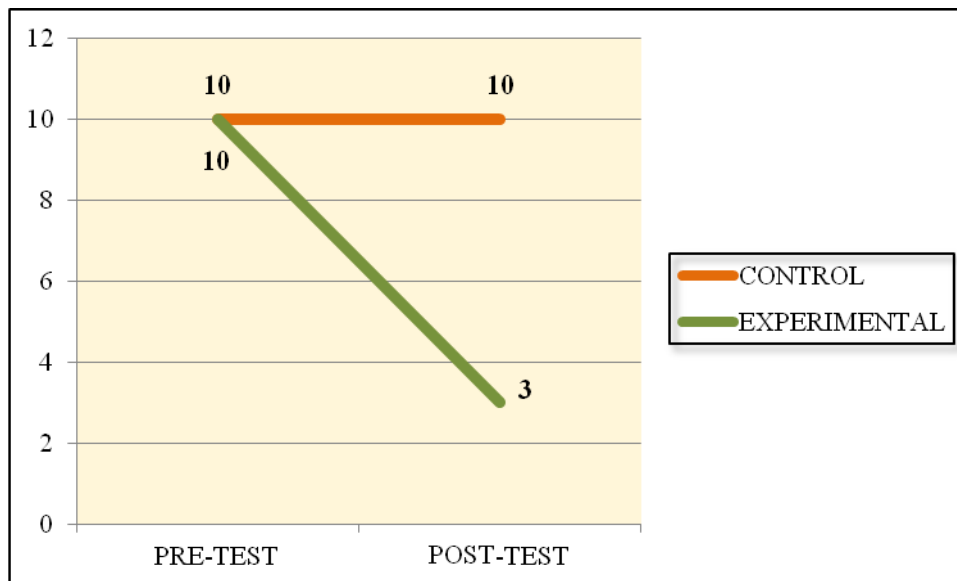


TEST	GRUPOS	TIEMPO PROMEDIO (min)
PRE-TEST	CONTROL	10
	EXPERIMENTAL	10
POST-TEST	CONTROL	10
	EXPERIMENTAL	3

Tabla 15. Tiempo promedio en minutos usado para entregar un informe académico

La **Figura 32** indica que en el pre-test se usaba en promedio 10 minutos para entregar un informe académico al padre de familia. Con el post-test se logró un promedio de 3 minutos, lo que demuestra una reducción de 7 minutos.

Figura 32. Tiempo promedio en minutos usado para entregar un informe académico en el pre-test y post-test

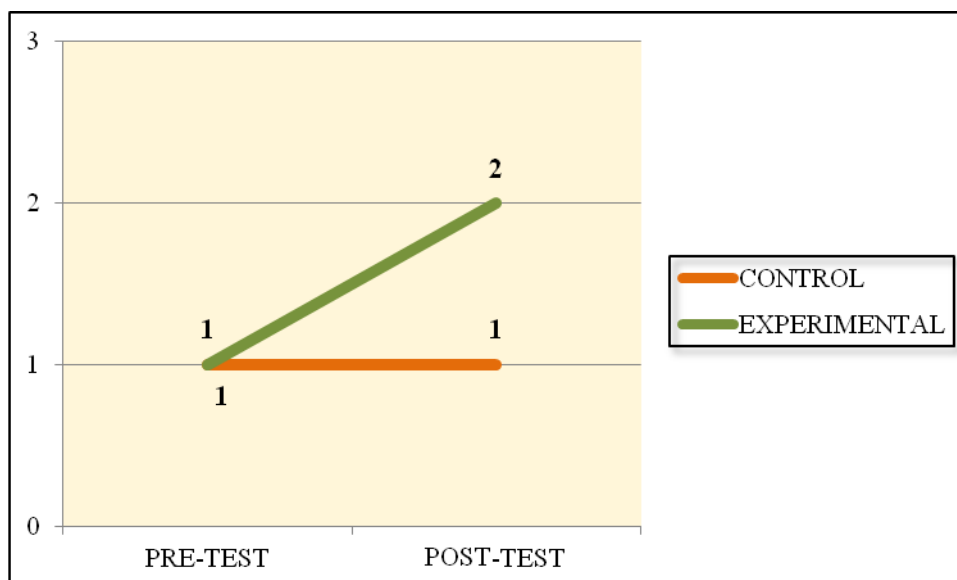


TEST	GRUPOS	NÚMERO DE MEDIOS
PRE-TEST	CONTROL	1
	EXPERIMENTAL	1
POST-TEST	CONTROL	1
	EXPERIMENTAL	2

Tabla 16. Número de medios utilizados para informar a los padres de familia sobre el desempeño académico de los estudiantes

Puede apreciarse en la **Figura 33** que en el pre-test se usó solo el medio oral para informar a los padres de familia sobre el desempeño académico de los estudiantes. Sin embargo, en el post-test se logró incrementar 1 medio (impreso), resultando en 2 medios para informar a los padres de familia.

Figura 33. Número de medios utilizados para informar a los padres de familia sobre el desempeño académico de los estudiantes



### **5.1. Contrastación de hipótesis**

Los resultados obtenidos demuestran que el uso de un Ambiente Colaborativo de Aprendizaje mejoró varios de los aspectos concernientes al proceso de enseñanza. Se mantuvo el porcentaje de estudiantes que alcanzaron el logro relacionado a la representación de números (ver **Figura 22**). Se redujo el porcentaje de estudiantes que obtuvieron el logro de adición sin canje (ver **Figura 24**). En cuanto al logro relativo a la adición con canje, se acrecentó el porcentaje de estudiantes que alcanzó dicho logro (ver **Figura 26**). Así mismo, se incrementó el porcentaje de estudiantes que obtuvo el logro referente a la sustracción sin canje (ver **Figura 28**). Respecto a la sustracción con canje, que fue el logro que mayor dificultad produjo en el grupo experimental y de control, se mantuvo el porcentaje de estudiantes que alcanzaron el logro (ver **Figura 30**).

Se logró disminuir el tiempo promedio de demora para entregar un informe académico a los padres de familia (ver **Figura 32**). Así mismo, los medios usados para ofrecer dichos informes académicos a los padres fueron incrementados (ver **Figura 33**).

## VI. CONCLUSIONES

Después de la aplicación de un Ambiente Colaborativo de Aprendizaje que buscaba mejorar el proceso de enseñanza de estudiantes de segundo grado de primaria, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se mantuvo el porcentaje de estudiantes que alcanzaron el logro esperado para el indicador: *“representa en forma concreta, gráfica y simbólica números de hasta dos cifras, expresándolos de diferentes modos en unidades y decenas”*. Dicho porcentaje se mantuvo en 82% (ver **Figura 22**).

Aunque el porcentaje de estudiantes no se incrementó, es importante resaltar que tras el uso del Ambiente Colaborativo de Aprendizaje, un estudiante del grupo experimental que posee capacidades diferentes mejoró su desempeño. En la primera evaluación obtuvo B como calificación en el indicador de logro y en la segunda evaluación pudo alcanzar el logro previsto con una A.

2. El porcentaje de estudiantes que alcanzaron el logro relacionado al indicador: *“usa el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, sin canje”*, se redujo un 14% (ver Figura 24).

Es importante considerar que la primera evaluación se llevó a cabo antes de la hora del recreo durante las primeras horas de la jornada escolar, y la segunda evaluación se ejecutó después del recreo faltando una hora para la culminación de la clase. La segunda evaluación del grupo experimental fue realizada antes de la última sesión de trabajo con el Ambiente Colaborativo de Aprendizaje, el último día de clases del año escolar. Varios estudiantes al conocer que pasarían a una sesión con el sistema tras culminar el examen, no resolvieron la última pregunta que correspondía al indicador de logro de adición sin canje, a pesar de que fueron capaces de resolverla en la primera evaluación. Estos aspectos mencionados podrían explicar la reducción del porcentaje de estudiantes que alcanzaron el logro.

3. Se acrecentó el porcentaje de estudiantes que obtuvieron el logro esperado para el indicador: *“usa el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, con canje”*. El porcentaje creció un 5% (ver Figura 26).
4. El porcentaje de estudiantes que lograron los objetivos previstos para el indicador: *“usa el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, sin canje”*, se incrementó un 18% (ver Figura 28).
5. Se mantuvo el porcentaje de estudiantes que alcanzaron el logro relacionado al indicador: *“usa el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, con canje”*. Dicho porcentaje se mantuvo en 14% (ver **Figura 30**).

Pocos estudiantes llegaron al nivel del Ambiente Colaborativo de Aprendizaje en el que se trabajaba la sustracción con canje (nivel cocodrilo) y en el tiempo que duró el experimento. Aun así, los estudiantes que llegaron al nivel presentaron dificultades para superarlo.

Esto en cierta forma es natural, debido a la complejidad que entraña para los niños, la sustracción con canje. Los estudiantes del grupo de control también evidenciaron serias dificultades para resolver la sustracción con canje (sólo el 5% alcanzó el logro en el pre-test).

6. Se logró una reducción de 7 minutos en el tiempo promedio que toma entregar la información académica de un estudiante a los padres de familia (ver Figura **32**).
7. El índice de medios usados para informar a los padres de familia sobre el desempeño académico de los estudiantes, se incrementó en 1, haciendo un total de 2 medios disponibles (ver Figura **33**).

## VII. RECOMENDACIONES

En este apartado se exponen algunas recomendaciones que surgieron de la investigación realizada y que pueden ser de utilidad para investigaciones futuras.

- Aunque inicialmente se diseñó una investigación que consideraba al grupo de control en el post-test, al final este grupo no fue considerado en el análisis de datos por no haber sido sometido a la segunda evaluación. Se aportarían datos de interés si se realizan las evaluaciones de los grupos experimental y de control, en el pre y post-test, porque permitiría hacer una comparación más completa entre las sesiones tradicionales y las sesiones usando un Ambiente Colaborativo de Aprendizaje.
- Los datos obtenidos al medir el indicador de logro relacionado a la representación, mostraron un aspecto interesante. El Ambiente Colaborativo de Aprendizaje fue capaz de ayudar a un estudiante con capacidades diferentes. Dicho estudiante requiere una atención especial del docente porque tiene serias dificultades para leer, de manera que al plantearse ejercicios y problemas lo usual es que obtenga resultados desfavorables. No obstante, después del trabajo con el Ambiente Colaborativo de Aprendizaje fue capaz de alcanzar el logro referente a la representación de números. De esta manera, se recomienda el uso de un Ambiente Colaborativo de Aprendizaje como un instrumento de apoyo en el trabajo con niños con capacidades diferentes.
- Si se ha considerado el uso de JADE como plataforma para desarrollar un sistema multiagente, es importante tener en cuenta que existe una metodología propuesta para sistemas multiagente usando JADE (Nikraz, Caire y Bahri s.f.). Se recomienda la consulta de esta metodología pues podría adaptarse mejor a los intereses del investigador.
- Un Ambiente Colaborativo de Aprendizaje basado en web puede ser un instrumento importante de apoyo en el proceso de enseñanza usando las computadoras portátiles XO. No obstante, se recomienda realizar las actualizaciones necesarias que permitan el uso de JavaScript en el sistema.
- El uso de componentes lúdicos en el Ambiente Colaborativo de Aprendizaje, como la inclusión de niveles de dificultad con animales (ver Figura 46), permitió captar un mayor interés por parte de los estudiantes. De esto se desprende la sugerencia de incidir en el aspecto lúdico de los programas para garantizar una mayor aceptación de los niños y niñas.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonseca, E., R. M. Carro, E. Martín, y A. Ortigosa. «The impact of learning styles on student grouping for collaborative learning: a case study.» *User Modeling and User-Adapted Interaction* 16, n° 3-4 (2006): 377-401.
- Alsina, Àngel, y Núria Planas. *Matemática inclusiva: Propuestas para una educación matemática accesible*. Madrid: Narcea, 2008.
- Alvitres, Victor. *Método científico: planificación de la investigación*. Segunda. Chiclayo: Editorial Ciencia, 2000.
- Arias, Francisco, Jovani Jiménez, y Demetrio Ovalle. «Una Aproximación Metodológica para la Construcción de Sistemas Tutoriales Adaptativos MultiAgente con Énfasis en el Modelo Pedagógico.» *Revista Avances en Sistemas e Informática* 4, n° 3 (2007): 77-86.
- Barros, B., y M. F. Verdejo. «DEGREE: Un sistema para la realización y evaluación de experiencias de aprendizaje colaborativo en enseñanza a distancia.» *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial* 4, n° 9 (2000): 27-37.
- Barros, Beatriz, Javier Vélez, y Felisa Verdejo. «Aplicaciones de la Teoría de la Actividad en el desarrollo de Sistemas Colaborativos de Enseñanza y Aprendizaje. Experiencias y Resultados.» *Inteligencia Artificial, Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial* 24 (2004): 67-76.
- Beck, J., M. Stern, y E. Haugsjaa. «Applications of AI in education.» *ACM Crossroads* 3, n° 1 (1996): 11-15.
- Biddle, Bruce J., Thomas L. Good, y Ivor F. Goodson. *La enseñanza y los profesores, III. La reforma de la enseñanza en un mundo en transformación*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 2000.
- Cabrera, E. P. «Aprendizaje colaborativo soportado por computador (CSCL): su estado actual.» *Revista Iberoamericana de Educación*, 2005.
- . *La colaboración en el aula: más que uno más uno*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio, 2008.
- Castro, Enrique, ed. *Didáctica de la matemática en la Educación Primaria*. Madrid: Editorial Síntesis, 2001.
- Cataldi, Zulma, Fernando Salgueiro, y Fernando Lage. «Sistemas tutoriales multiagentes con modelado del estudiante y del autor.» *EduTec: Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, n° 20 (2006): 1-22.
- Chan, Tak-Wai. «Integration-Kid: A Learning Companion System.» *Proceedings of IJCAI'91*, 1991: 1094-1099.
- Consejo Nacional de Educación. «Lo que el Perú puede aprender de los resultados comparados de las pruebas PISA.» *Boletín del Consejo Nacional de Educación*, n° 21 (Junio 2009).
- Cueto, Santiago. «Las evaluaciones nacionales e internacionales de rendimiento escolar en el Perú: balance y perspectivas.» s.f. <http://www.grade.org.pe/download/pubs/InvPolitDesarr-10.pdf> (último acceso: 7 de Diciembre de 2012).

- Cumming, G., y A. McDougall. «Mainstreaming AIED into Education?» *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 11 (2000): 197–207.
- Ellis, C. A., S. J. Gibbs, y G. L. Rein. «Groupware: some issues and experiences.» *Communications of the ACM* 34, n° 1 (1991): 39–58.
- Elmahadi, Ikleel, y Izzeldin Osman. «Perceptions towards Computer Supported Collaborative Learning: A Case Study of Sudanese Undergraduate Students.» *2012 International Conference on e-Learning and e-Technologies in Education (ICEEE)*, 2012: 158–161 .
- Gagné, Ellen D. *La psicología cognitiva del aprendizaje escolar*. Madrid: Visor, 1991.
- Gimeno, José, y Ángel I. Pérez. *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Ediciones Morata, 2002.
- Gross, Begoña. «La inteligencia artificial y su aplicación en la enseñanza.» *Comunicación, Lenguaje y Educación* 13 (1992): 73–80.
- Gvirtz, Silvina, y Mariano Palamidessi. *El ABC de la tarea docente: currículum y enseñanza*. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 2006.
- Hoadley, Christopher. «Roles, design, and the nature of CSCL.» *Computers in Human Behavior* 26, n° 4 (2010): 551–5.
- Huapaya, Constanza Raquel. «Sistemas Tutoriales Inteligentes. Un análisis crítico.» Tesis, Universidad Nacional de La Plata, 2009.
- Iglesias, Carlos A. «Definición de una metodología para el desarrollo de sistemas multiagente.» Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1998.
- Jiménez, J., y D. Ovalle. «Modelo de Integración de Ambientes Individualizados y Colaborativos de Aprendizaje: Nuevo Paradigma Educativo.» *VI Congreso Iberoamericano de Informática Educativa*. 2002.
- Jiménez, Jovani. «Un Modelo de Planificación Instruccional usando Razonamiento Basado en Casos en Sistemas Multiagente para entornos integrados de Sistemas Tutoriales Inteligentes y Ambientes Colaborativos de Aprendizaje.» Tesis doctoral, Medellín, 2006.
- Jiménez, Jovani, Demetrio Ovalle, y John Branch. «Conceptualización y análisis de un Sistema Multi-agente pedagógico utilizando la Metodología MAS-COMMONKADS.» *Dyna* 76, n° 158 (2009): 229–239.
- Jorrín Abellán, Iván. «¿Evaluando o Bordando Retales?: Un modelo de Evaluación Receptivo Centrado en el Evaluando para escenarios CSCL.» *REIFOP* 12, n° 4 (2009): 25–37.
- Liu, Zhi, Hai Jin, y Zhaolin Fang. «Collaborative Learning in E-Learning based on Multi-Agent Systems.» *10th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design*. Nanjing: IEEE, 2006. 1–5.
- Mas, Ana. *Agentes software y sistemas multiagente. Conceptos, arquitecturas y aplicaciones*. Madrid: Pearson Educación, 2005.
- Ministerio de Educación del Perú. «Diseño curricular nacional de Educación Básica Regular.» 2009.

<http://ebr.minedu.gob.pe/pdfs/dcn2009final.pdf> (último acceso: 17 de Abril de 2012).

Ministerio de Educación. *Matemática 2. Cuaderno de Trabajo*. s.f.

Nikraz, Magid, Giovanni Caire, y Parisa Bahri. «A Methodology for the Analysis and Design of Multi-Agent Systems using JADE.» s.f. [http://jade.tilab.com/doc/tutorials/JADE\\_methodology\\_website\\_version.pdf](http://jade.tilab.com/doc/tutorials/JADE_methodology_website_version.pdf) (último acceso: 10 de Junio de 2014).

Nwana, Hyacinth S. «Intelligent Tutoring Systems: An Overview.» *Artificial Intelligence Review* 4 (1990): 251–277.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). «PISA 2012. Results in Focus. What 15-year-olds Know and What They Can Do with What They Know.» 2013. (último acceso: 9 de Abril de 2014).

Ordinola Agurto, Juliana Katherine. «Implementación de un sistema multimedia educativo enfocado a incrementar habilidades numéricas en niños con síndrome de Down del nivel primario de la institución educativa básica especial “La Victoria”.» Tesis de Pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2012.

OREALC/UNESCO, y LLECE. «Primer Reporte de Resultados del Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE).» 2008. <http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001606/160660s.pdf> (último acceso: 10 de Diciembre de 2012).

Osorio, L. A., O. Mariño, y A. Galvis. «Ambientes interactivos para colaboración sincrónica dentro del contexto de Ludomática.» *Revista Informática Educativa* 11, n° 1 (1998): 31–50.

Ovalle, D., y J. Jiménez. «Entorno Integrado de Enseñanza / Aprendizaje basado en Sistemas Tutoriales Inteligentes & Ambientes Colaborativos.» *Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática* 1, n° 1 (2004): 1–5.

Ovalle, Demetrio Arturo, y Jovani Alberto Jiménez. «Ambiente inteligente distribuido de aprendizaje: Integración de ITS y CSCL por medio de agentes pedagógicos.» *Revista EIA*, n° 6 (Diciembre 2006): 89–104.

Plantamura, Paola, Teresa Roselli, y Veronica Ross. «Can a CSCL environment promote effective interaction?» *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04)*, 2004: 675–677.

Ponce Rodas, Jesús Miguel. «Sistema Tutorial Multimedia basado en tecnología B-Learning para mejorar el proceso de comunicación en niños con necesidades educativas especiales del colegio de educación especial N° 2 “Niño Jesús de Praga” - Pimentel.» Tesis de Pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2012.

Salgueiro, Fernando, Zulma Cataldi, y Ramón García–Martínez. «Los estilos pedagógicos en el modelado del tutor para Sistemas Tutores Inteligentes.» *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales* 2, n° 4 (2005): 70–79.

- Sánchez Vila, Eduardo M., y Manuel Lama Penín. «Monografía: Técnicas de la Inteligencia Artificial aplicadas a la educación.» *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, n° 33 (2007): 7–12.
- Sancho, Pilar, Rubén Fuentes-Fernández, y Baltasar Fernández-Manjón. «NUCLEO: Adaptive Computer Supported Collaborative Learning in a Role Game Based Scenario.» *Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2008. ICALT '08*, 2008: 671–675.
- Silveira, Sidnei. «Formação de Grupos Colaborativos em um Ambiente Multiagente Interativo de Aprendizagem na Internet: um estudo de caso utilizando sistemas multiagentes e algoritmos genéticos.» Tesis doctoral, Porto Alegre, 2006.
- Sotos Serrano, María. «Didáctica de las matemáticas.» *Ensayos: Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, n° 8 (1993): 173–194.
- Stahl, G. «Building collaborative knowing: Elements of a social theory of CSCL.» Editado por J.-W. Strijbos, P. Kirschner y R. Martens. *What we know about CSCL: And implementing it in higher education* (Kluwer Academic Publishers), 2004: 53–86.
- Tarmizi, R.A., W.Z.W. Ali, A.S.M. Yunus, y S. Bay. «Computer supported collaborative learning in problem-based learning of Statistics.» *2012 International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS)*. 2012. 842–6.
- Trausan-Matu, Stefan, Mihai Dascalu, y Philippe Dessus. «Textual Complexity and Discourse Structure in Computer-Supported Collaborative Learning.» Editado por Stefano A. Cerri, William J. Clancey, Giorgos Papadourakis y Kitty Panourgia. *Intelligent Tutoring Systems. Lecture Notes in Computer Science* 7315 (2012): 352–7.
- Tsuei, Mengping. «Using synchronous peer tutoring system to promote elementary students' learning in mathematics.» *Computers & Education* 58 (2012): 1171–1182.
- UGEL (Unidad de Gestión Educativa Local) N° 05. «Resultados de la Evaluación Censal de Estudiantes 2011 (ECE 2011).» s.f. [http://www.ugel05.edu.pe/ECE/5\\_7-5-2012\\_PPT%20UGEL%2005%20ECE%20\(1\).pdf](http://www.ugel05.edu.pe/ECE/5_7-5-2012_PPT%20UGEL%2005%20ECE%20(1).pdf) (último acceso: 20 de Diciembre de 2012).
- UMC (Unidad de Medición de la Calidad Educativa). *Resultados ECE 2013*. 2013. <http://umc.minedu.gob.pe/?p=1850> (último acceso: 13 de Abril de 2014).
- Urretavizcaya, M. «Sistemas Inteligentes en el ámbito de la Educación.» *Inteligencia Artificial, Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, n° 12 (2001): 5–12.
- Villarreal, Gonzalo. «Agentes Inteligentes En Educación.» *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, n° 16 (2003).
- Yanlin, Zheng, Li Luyi, y Zheng Fanglin. «Social Context for Computer-supported Collaborative Learning.» *2010 International Conference on Networking and Digital Society*. Wenzhou, 2010. 357–360.

Zhao, Ruoman, y Chuan Zhang. «A Framework for Collaborative Learning System Based on Knowledge Management.» *First International Workshop on Education Technology and Computer Science, 2009. ETCS '09*. Wuhan, Hubei, 2009. 733–6.

## IX. ANEXOS

### A. ANEXO 1

Países	3º grado	Países	6º grado
Argentina	505.36	Argentina	513.03
Cuba	647.93	Cuba	637.47
Nuevo León	562.80	Uruguay	578.42
Uruguay	538.53	Nuevo León	553.95
Costa Rica	538.32	Costa Rica	549.33
México	532.10	México	541.61
Chile	529.46	Chile	517.31
Brasil	505.03	Brasil	499.42
Colombia	499.35	Colombia	492.71
Paraguay	485.60	<b>Perú</b>	<b>489.98</b>
El Salvador	482.75	El Salvador	471.94
<b>Perú</b>	<b>473.94</b>	Paraguay	468.31
Ecuador	473.07	Ecuador	459.50
Nicaragua	472.78	Nicaragua	457.93
Panamá	463.04	Guatemala	455.81
Guatemala	457.10	Panamá	451.60
R. Dominicana	395.65	R. Dominicana	415.64

Tabla 17. Promedio de puntajes en Matemática en la Evaluación LLECE (2006) por grados y países. Fuente: SERCE 2006 de LLECE (**OREALC/UNESCO y LLECE 2008, 191-192**)

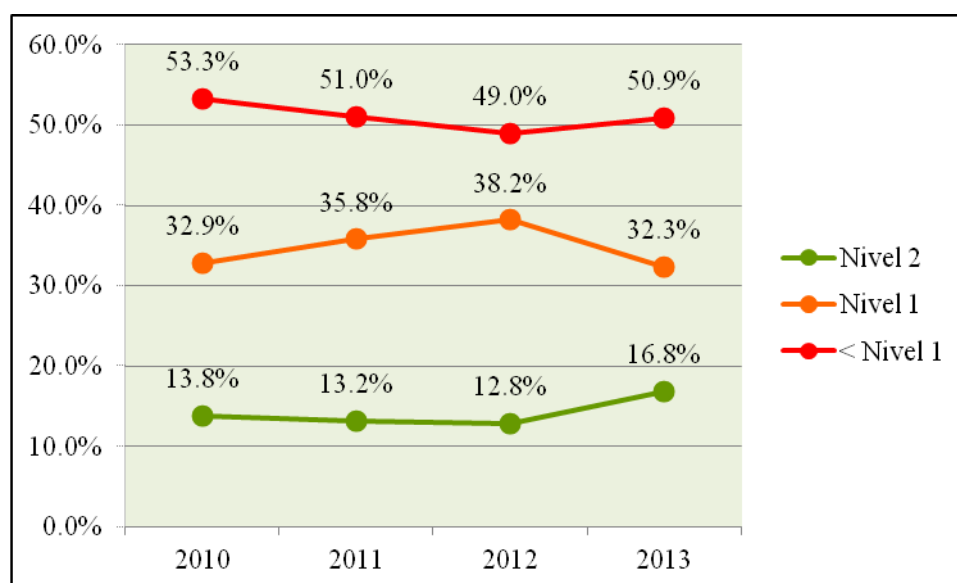
## B. ANEXO 2

Nivel de Logro	Descripción
Nivel 2	El estudiante logró los aprendizajes esperados para el grado. Responde la mayoría de preguntas de la prueba. Todos los estudiantes deberían ubicarse en este nivel.
Nivel 1	El estudiante solo logró los aprendizajes más sencillos del grado. Responde básicamente las preguntas más fáciles de la prueba.
Debajo del Nivel 1	El estudiante no logró los aprendizajes más sencillos del grado. Tiene dificultades para responder incluso las preguntas más fáciles de la prueba.

Tabla 18. Niveles de logro de la ECE

## C. ANEXO 3

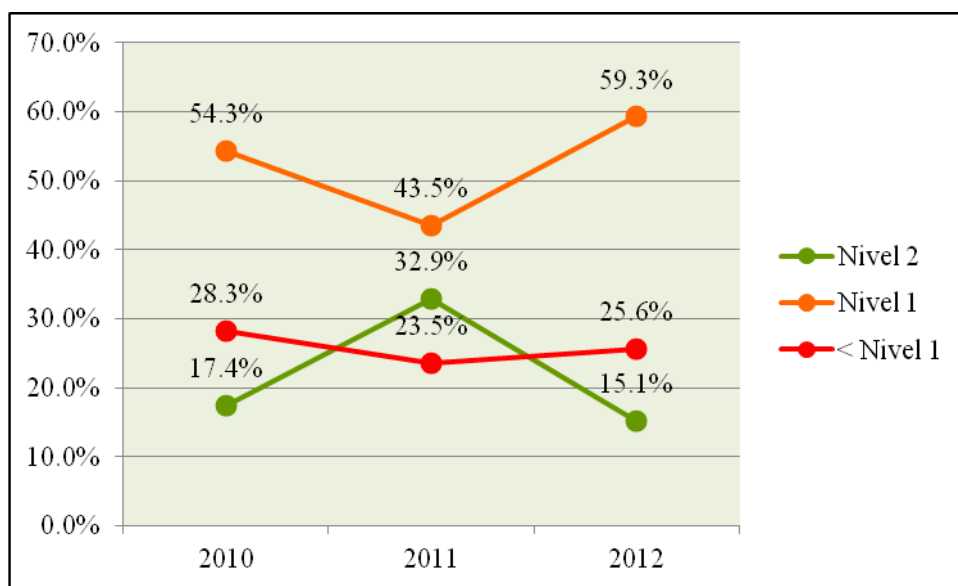
Figura 34. Evolución de resultados en matemática de la ECE a nivel nacional



Fuente: ECE 2010 – 2013 (UMC 2013)

#### D. ANEXO 4

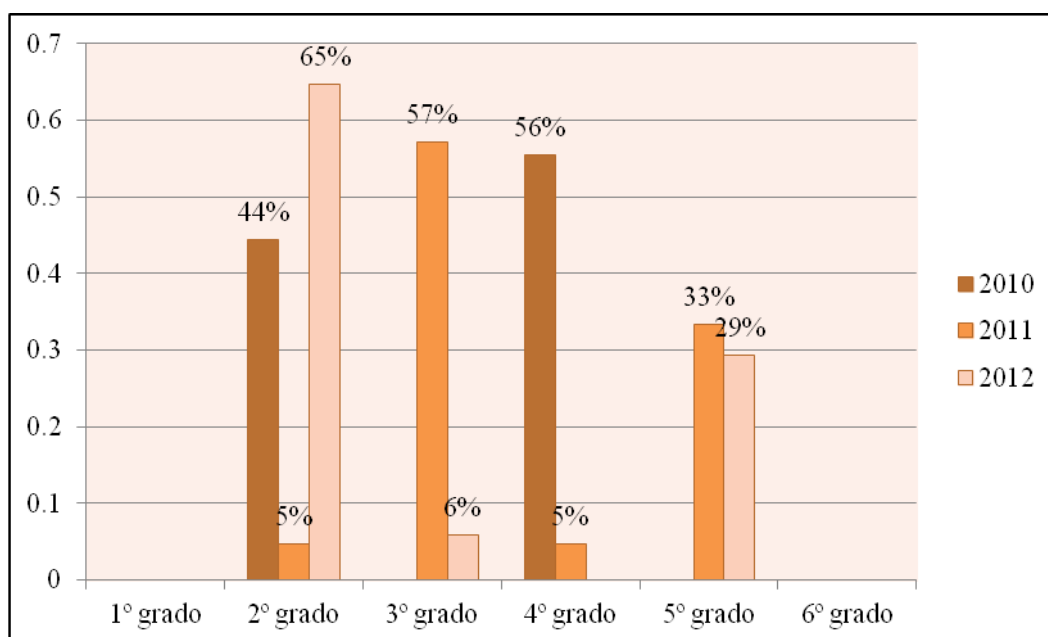
Figura 35. Resultados de la ECE en la I.E.N. N° 11151–"Mons. Augusto Vargas Alzamora"



Fuente: I.E.N. N° 11151–"Mons. Augusto Vargas Alzamora"

#### E. ANEXO 5

Figura 36. Porcentaje de desaprobados en matemática por grado respecto al total de desaprobados en matemática por año en la I.E.N. N° 11151–"Mons. Augusto Vargas Alzamora"



Fuente: I.E.N. N° 11151–"Mons. Augusto Vargas Alzamora"

## F. ANEXO 6

### Examen

**Nombres y Apellidos:**

\_\_\_\_\_

**Sección:** \_\_\_\_\_

1. Representa 3D 5U con material Base Diez.

2. Representa 4D 7U con material Base Diez y en el tablero de valor posicional.

<b>Material Base Diez</b>	<b>En el tablero de valor posicional</b>				
	<table border="1"><thead><tr><th data-bbox="933 1608 1082 1664"><b>D</b></th><th data-bbox="1082 1608 1230 1664"><b>U</b></th></tr></thead><tbody><tr><td data-bbox="933 1664 1082 1738"></td><td data-bbox="1082 1664 1230 1738"></td></tr></tbody></table>	<b>D</b>	<b>U</b>		
<b>D</b>	<b>U</b>				

3. Resuelve la operación con material Base Diez y en el tablero de valor posicional.

$$15 + 19 = \underline{\hspace{2cm}}$$

<b>Representa y realiza el canje</b>	<b>Después de realizar el canje</b>	<b>En el tablero de valor posicional</b>								
		<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">D</th> <th style="padding: 5px;">U</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td style="height: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td style="height: 30px;"></td> </tr> <tr style="border-top: 2px solid black;"> <td style="height: 30px;"></td> <td style="height: 30px;"></td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: right; margin-top: -10px;">+</div>	D	U						
D	U									

4. Resuelve la operación con material Base Diez y en el tablero de valor posicional.

Hay 24 y quito 12.

<b>Base Diez</b>	<b>Queda</b>	<b>Operación</b>								
	<p>_____ D _____ U</p>	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">D</th> <th style="padding: 5px;">U</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td style="height: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td style="height: 30px;"></td> </tr> <tr style="border-top: 2px solid black;"> <td style="height: 30px;"></td> <td style="height: 30px;"></td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: right; margin-top: -10px;">-</div>	D	U						
D	U									

5. Realiza la sustracción con canjes usando material Base Diez, y completa el tablero de valor posicional.

34 - 27 = \_\_\_\_\_

<p><b>Se canjea 1D por 10U</b></p>	<p><b>Se resta las unidades</b></p> <table style="margin: auto;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">D</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">U</td> <td style="padding: 0 10px;">-</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td></td> </tr> </table>	D	U	-										<p><b>Se resta las decenas</b></p> <table style="margin: auto;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">D</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">U</td> <td style="padding: 0 10px;">-</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td></td> </tr> </table>	D	U	-									
D	U	-																								
D	U	-																								

6. Resuelve el problema con material Base Diez y en el tablero de valor posicional.

Renato juntó 13 piedritas en la mañana y 16 piedritas en la tarde. ¿Cuántas piedritas juntó en todo el día?

**Respuesta:** Renato juntó \_\_\_\_\_ piedritas en todo el día.

<p><b>Resuelve con material Base Diez</b></p>	<p><b>En el tablero de valor posicional</b></p> <table style="margin: auto;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">D</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">U</td> <td style="padding: 0 10px;"></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; height: 20px;"></td> <td></td> </tr> </table>	D	U										
D	U												

## G. ANEXO 7

### Registro de Resultados para los Indicadores de Logro

Grado y Sección	2 "A"	Fecha				
Docente	LARRAIN MONTENEGRO, Ana Cecilia					
N°	Apellidos y Nombres	Indicadores de logro				
		I1	I2	I3	I4	I5
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						

#### Leyenda

<b>I1</b>	Representa en forma concreta, gráfica y simbólica números de hasta dos cifras, expresándolos de diferentes modos en unidades y decenas.
<b>I2</b>	Usa el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, <b>sin canje</b> .
<b>I3</b>	Usa el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, <b>con canje</b> .
<b>I4</b>	Usa el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, <b>sin canje</b> .
<b>I5</b>	Usa el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, <b>con canje</b> .

## H. ANEXO 8

## Registro de Resultados para los Indicadores de Logro

<b>Grado y Sección</b>	2 "C"	<b>Fecha</b>	
<b>Docente</b>	MEJIA BENAVIDES, Maria Consuelo		

N°	Apellidos y Nombres	Indicadores de logro				
		I1	I2	I3	I4	I5
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

Leyenda	
<b>I1</b>	Representa en forma concreta, gráfica y simbólica números de hasta dos cifras, expresándolos de diferentes modos en unidades y decenas.
<b>I2</b>	Usa el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, <b>sin canje</b> .
<b>I3</b>	Usa el algoritmo convencional de la adición para calcular la suma de dos números de dos dígitos, <b>con canje</b> .
<b>I4</b>	Usa el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, <b>sin canje</b> .
<b>I5</b>	Usa el algoritmo convencional de la sustracción para calcular la resta de dos números de dos dígitos, <b>con canje</b> .

## I. ANEXO 9

Figura 37. Pantalla de inicio de sesión del Ambiente Colaborativo de Aprendizaje

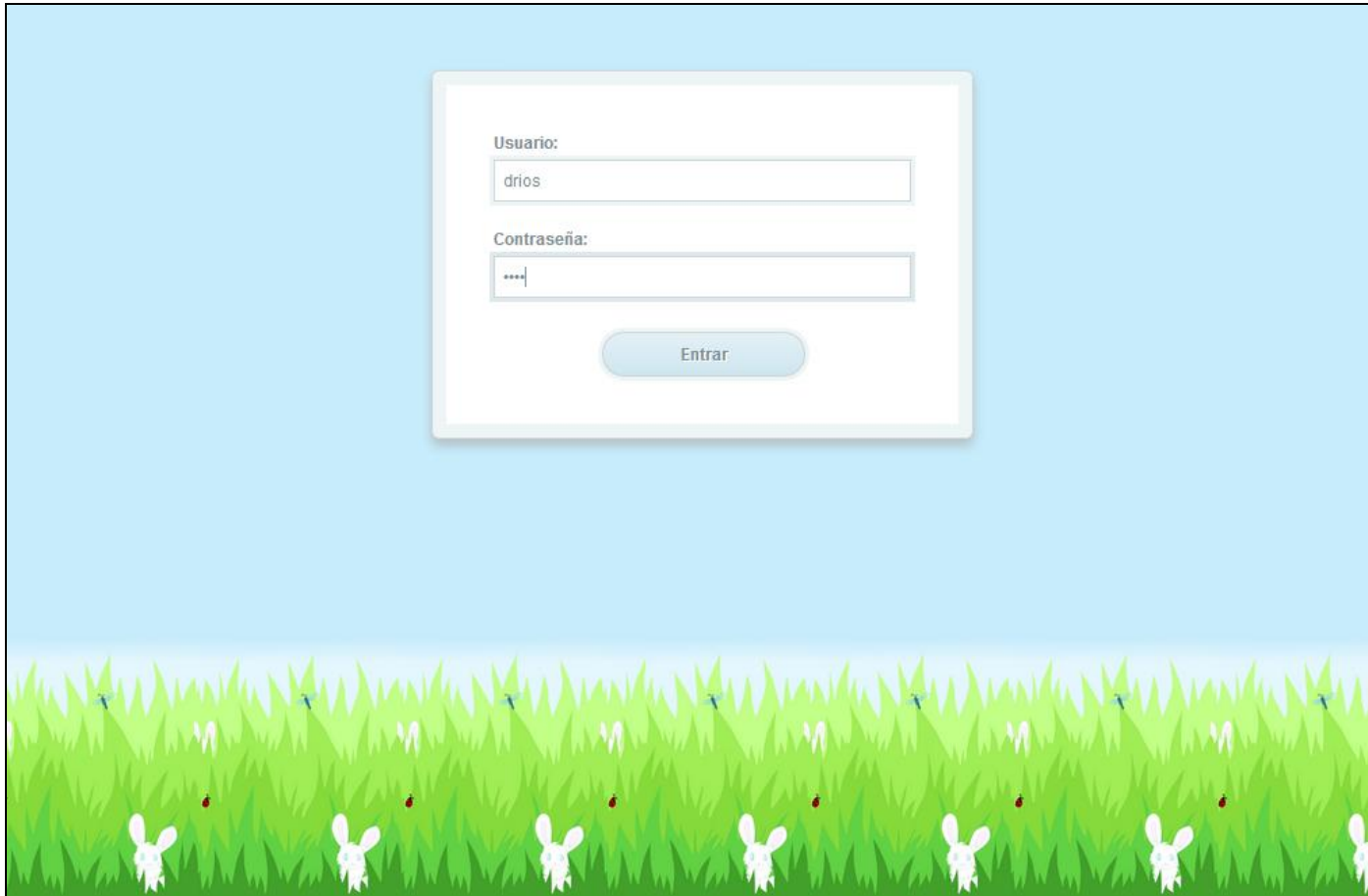


Figura 38. Pantalla de inicio del entorno del estudiante (primera versión)

Juan pescó 19 peces, vendió algunos y se quedó con 7. ¿Cuántos vendió?

Respuesta: Vendió  peces



29:19

  
Kiara Castro

  
Daniel Rios

*El chat está desactivado*

**Reglas del chat:**  
- No insultes a tus compañeros.  
- No uses malas palabras.

\*Recuerda que esta conversación es supervisada por tu profesora.

Figura 39. Pantalla de la modalidad de material concreto (primera versión)

Juan pescó 19 peces, vendió algunos y se quedó con 7. ¿Cuántos vendió?

Respuesta: Vendió  peces

24:12

*El chat está desactivado*

Enviar

Reglas del chat:  
- No insultes a tus compañeros.  
- No uses malas palabras.  
\*Recuerda que esta conversación es supervisada por tu profesora.



The interface is divided into several sections. At the top, a green header contains a math problem: 'Juan pescó 19 peces, vendió algunos y se quedó con 7. ¿Cuántos vendió?' Below the problem is a text input field with a dotted border containing the word 'Vendió', followed by the word 'peces' and a 'Responder' button. To the right of the problem is a vertical toolbar with icons for a house, a lollipop, a square, a 2x2 grid, a green circle, a pencil, a gift box, a teddy bear, a cupcake, a lollipop, an orange, a bee, a bar of soap, and a trash can. Below the problem is a large white area with dashed borders, divided into three sections. The left section contains 19 green circles representing fish, arranged in three rows (7, 7, and 5). The middle section is a grey rectangle with a dashed border and six gift icons at the top. The right section is empty. At the bottom left, there are two user avatars: 'Kiara Castro' and 'Daniel Ríos'. At the bottom center, a yellow box contains the text 'El chat está desactivado' and an 'Enviar' button. At the bottom right, an orange box contains chat rules and a disclaimer: 'Reglas del chat: - No insultes a tus compañeros. - No uses malas palabras. \*Recuerda que esta conversación es supervisada por tu profesora.'

Figura 40. Pantalla de la modalidad de material Base Diez (primera versión)

La mamá de Carmen ha preparado 27 panes: 6 con jamón, y el resto con pollo. ¿Cuántos panes con pollo preparó?

Respuesta: Preparó  panes con pollo

30:00

*El chat está desactivado*

Reglas del chat:  
- No insultes a tus compañeros.  
- No uses malas palabras.

\*Recuerda que esta conversación es supervisada por tu profesora.

Kiara Castro Daniel Ríos

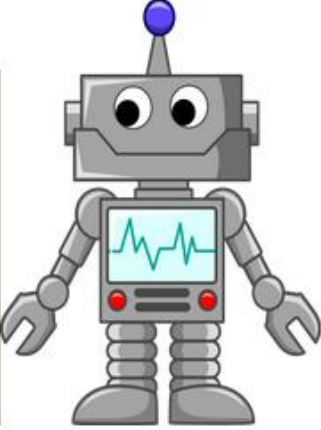
Enviar

Figura 41. Pantalla de la modalidad de Tablero de Valor Posicional (primera versión)


La mamá de Carmen ha preparado 27 panes: 6 con jamón, y el resto con pollo. ¿Cuántos panes con pollo preparó?

Respuesta: Preparó  panes con pollo

D	U	
2	7	-
	6	
2	1	



30:00

 Kiara Castro  Daniel Ríos

*El chat está desactivado*

**Reglas del chat:**  
- No insultes a tus compañeros.  
- No uses malas palabras.

\*Recuerda que esta conversación es supervisada por tu profesora.

Figura 42. Administrador de Agentes de JADE

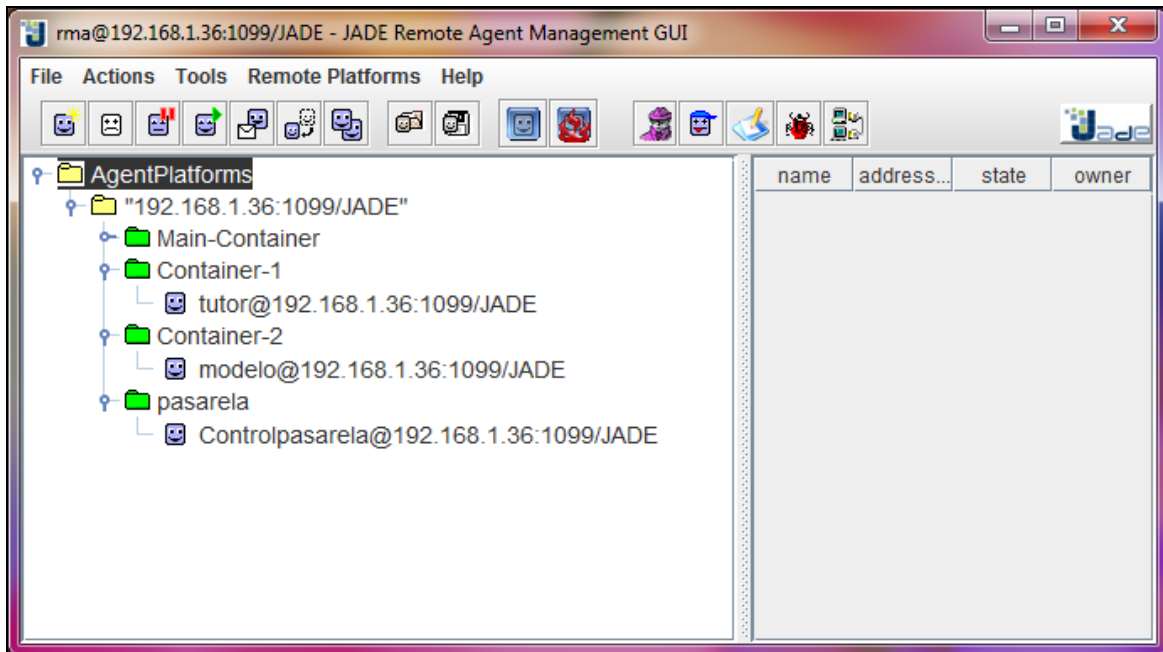


Figura 43. Agente Tutor en ejecución

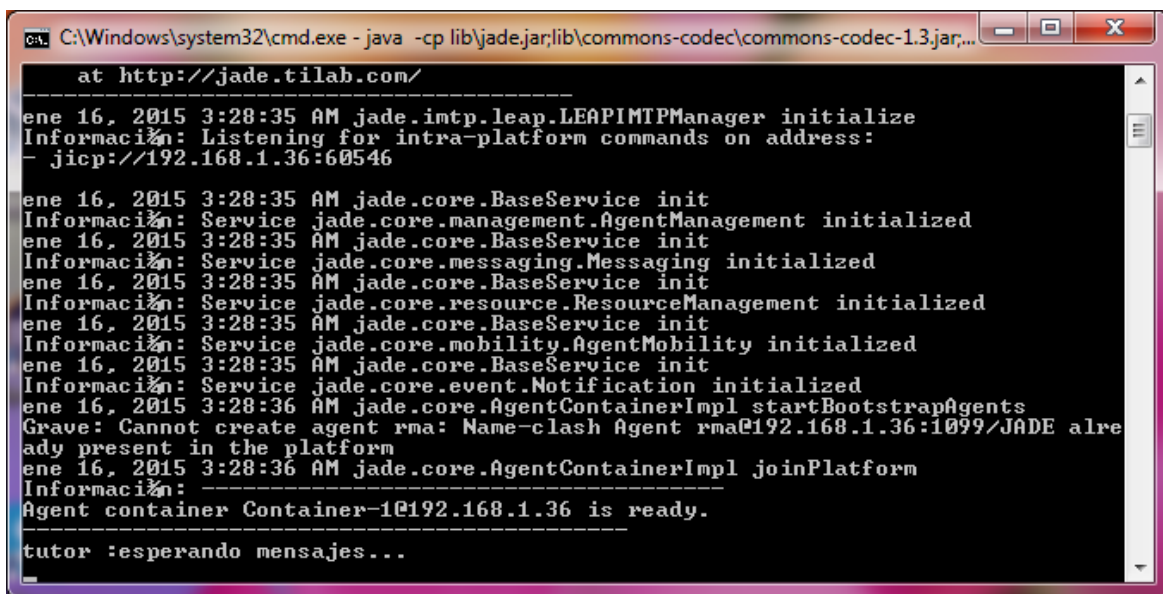
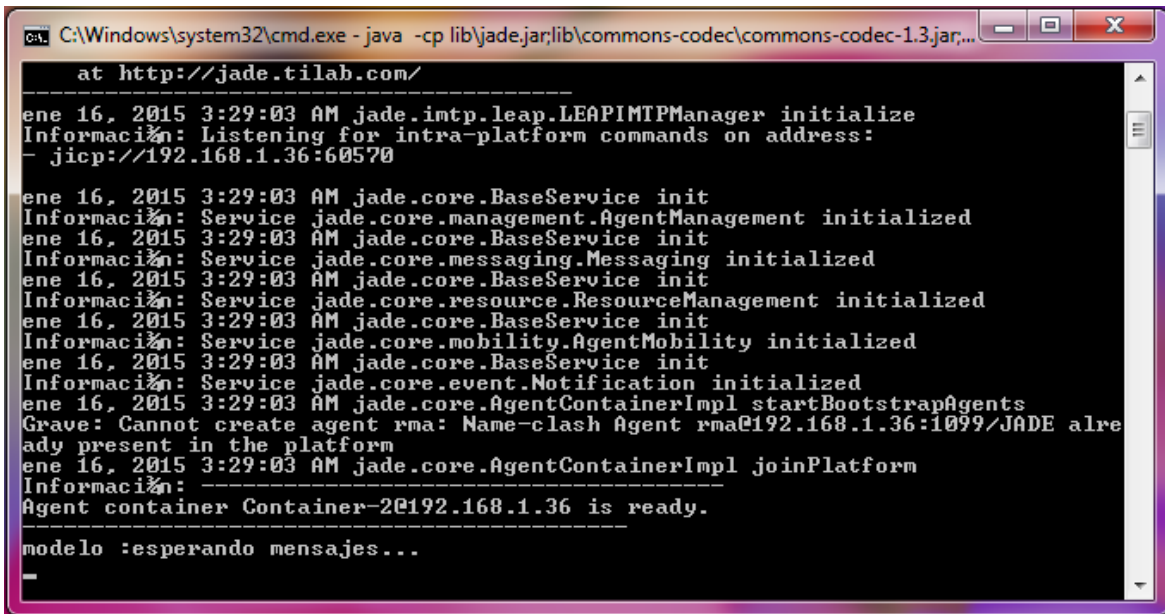


Figura 44. Agente Modelo de Aprendizaje en ejecución



```
C:\Windows\system32\cmd.exe - java -cp lib\jade.jar;lib\commons-codec\commons-codec-1.3.jar,...
at http://jade.tilab.com/
-----
ene 16, 2015 3:29:03 AM jade.imtp.leap.LEAPIMTPManager initialize
Información: Listening for intra-platform commands on address:
- jicp://192.168.1.36:60570

ene 16, 2015 3:29:03 AM jade.core.BaseService init
Información: Service jade.core.management.AgentManagement initialized
ene 16, 2015 3:29:03 AM jade.core.BaseService init
Información: Service jade.core.messaging.Messaging initialized
ene 16, 2015 3:29:03 AM jade.core.BaseService init
Información: Service jade.core.resource.ResourceManagement initialized
ene 16, 2015 3:29:03 AM jade.core.BaseService init
Información: Service jade.core.mobility.AgentMobility initialized
ene 16, 2015 3:29:03 AM jade.core.BaseService init
Información: Service jade.core.event.Notification initialized
ene 16, 2015 3:29:03 AM jade.core.AgentContainerImpl startBootstrapAgents
Grave: Cannot create agent rma: Name-clash Agent rma@192.168.1.36:1099/JADE already present in the platform
ene 16, 2015 3:29:03 AM jade.core.AgentContainerImpl joinPlatform
Información: -----
Agent container Container-2@192.168.1.36 is ready.
-----
modelo :esperando mensajes...
-
```

Figura 45. Pantalla de bienvenida del entorno del estudiante



Figura 46. Mapa de niveles



Figura 47. Pantalla del nivel Koala

Representa 20 🎁 regalos

Responder



Grupo  
50

Nivel  
koala

Estrellas  
0

Ejercicio  
1

Liz Flores

Pedro Lopez

El chat está desactivado

Enviar

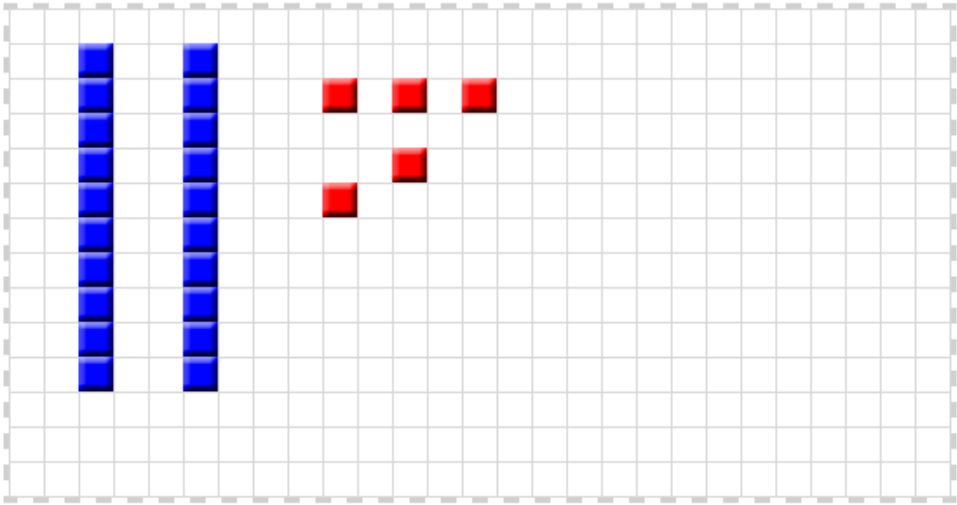





Figura 49. Pantalla del nivel Zorro

**Representa 2D 5U con material Base Diez**

Responder





**Grupo**  
50

**Nivel**  
  
zorro

**Estrellas**  
30

**Ejercicio**  
7

  
Liz Flores

  
Pedro Lopez

El chat está desactivado

Enviar




Figura 50. Pantalla del nivel Cebra

**Representa 8D 9U con material Base Diez y el tablero de valor posicional**

Responder

Representa con material Base Diez

En el tablero de valor posicional

D	U

Grupo 50

Nivel  cebra

Estrellas 65

Ejercicio 14

Liz Flores

Pedro Lopez

El chat está desactivado

Enviar



Figura 51. Pantalla del nivel Jirafa

$23 + 25 =$


Responder

Resuelve con material Base Diez

En el tablero de valor posicional



D	U
2	3
2	5
	8

Grupo 50

Nivel  jirafa

Estrellas 70

Ejercicio 15

 Liz Flores  Pedro Lopez

El chat está desactivado





Enviar 

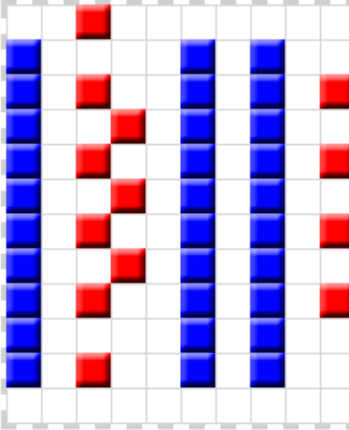
Figura 52. Pantalla del nivel Elefante

$19 + 24 =$

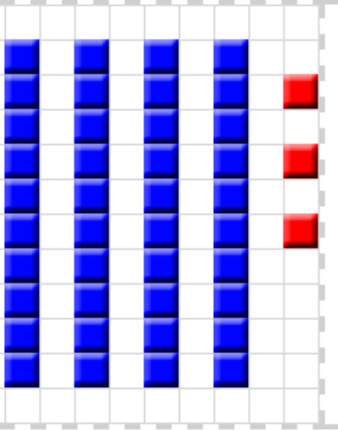





---

Representa y realiza el canje



Después de realizar el canje




En el tablero de valor posicional

D	U
1	
1	9
2	4
	3

+

**Grupo**  
**3**

**Nivel**  
  
**elefante**

**Estrellas**  
**80**

**Ejercicio**  
**17**



Ariana  
Baldera



Juan  
Chapoñán



El chat está desactivado





Figura 53. Pantalla del nivel Oso


**Hay 45 y quito 13**

Responder

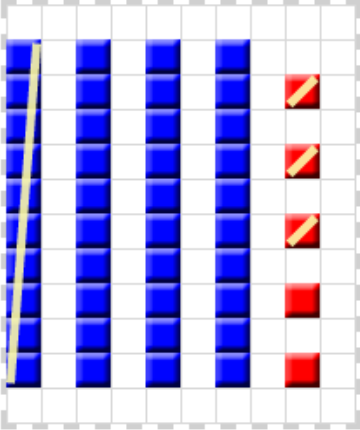
**Grupo**  
**12**

**Nivel**  
  
**OSO**

**Estrellas**  
**90**

**Ejercicio**  
**19**

Base Diez





Queda

**3** D **2** U

Operación

D	U

  
**Ronny**  
**Santa M.**

  
**Stehfano**  
**Solano**

El chat está desactivado


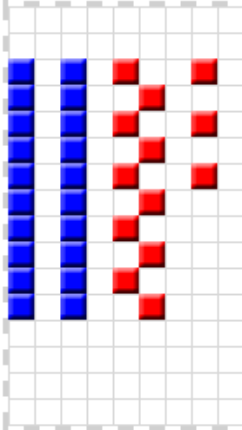


Figura 54. Pantalla del nivel Cocodrilo

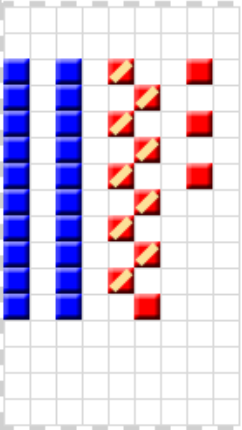
Hay 33 y quito 19

Responder

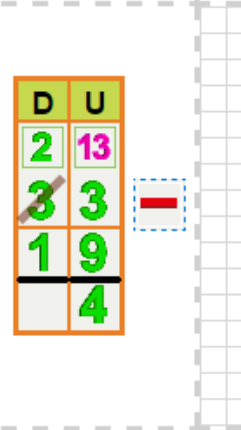
Se canjea 1D por 10U



Se resta las unidades



Se resta las decenas




D	U
2	13
<del>3</del>	3
1	9
	4

-


D	U

Grupo  
**2**


Nivel  
  
**cocodrilo**

Estrellas  
**100**

Ejercicio  
**21**



Amiren  
Cauti



Kiara  
Castro

El chat está desactivado




Figura 55. Pantalla del nivel Tigre

Renato juntó 21 piedritas en la mañana y 13 en la tarde. ¿Cuántas piedritas juntó en todo el día?

Respuesta: Renato juntó  piedritas en todo el día

Resuelve con material Base Diez



En el tablero de valor posicional

D	U
2	1

+

Grupo 50

Nivel  tigre

Estrellas 110

Ejercicio 23

 Liz Flores  Pedro Lopez

El chat está desactivado



Figura 56. Pantalla del nivel León

José tenía 33 canicas y perdió 21 en un juego. ¿Cuántas canicas le quedaron?

Respuesta: A José le quedaron  canicas

Resuelve con material Base Diez



En el tablero de valor posicional

D	U
3	3
2	1
1	2

Grupo 50

Nivel  león

Estrellas 120

Ejercicio 25

 Liz Flores  Pedro Lopez

El chat está desactivado



## J. ANEXO 10

Figura 57. Docente y estudiantes durante sesión de trabajo con el sistema



Figura 58. Estudiantes utilizando el Ambiente Colaborativo de Aprendizaje

