



Universitat
de les Illes Balears

TESIS DOCTORAL
2020

**USO DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES DE
SIMULACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS
MENTALES**

Johanna Beatriz Ayala Moreno



Universitat
de les Illes Balears

TESIS DOCTORAL
2020

Programa de Doctorado en Tecnología Educativa

**USO DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES DE
SIMULACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS
MENTALES**

Johanna Beatriz Ayala Moreno

Director: Jesús Salinas Ibáñez

Tutor: Jesús Salinas Ibáñez

Doctora por la Universitat de las Illes Balears

Lista de acrónimos y/o abreviaturas

ABP: Aprendizaje Basado en Problemas.

E/A: Enseñanza / Aprendizaje.

I&T: Informática y Tecnología.

IBD: Investigación Basada en el Diseño.

IE: Institución Educativa.

ISC: Índice Sintético de Calidad.

MC: Mapas Conceptuales.

MCE: Mapa Conceptual Experto.

MM: Modelos Mentales.

MMA: Meta de Mejoramiento Anual.

MS: Modelado y Simulación.

SI: Sociedad de la Información.

RED: Recursos Educativos digitales.

TE: Tecnologías Educativas.

Lista de publicaciones derivadas de la tesis

Título: USO DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES DE SIMULACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS MENTALES.

Tipo de publicación: Ponencia en el IV Seminario Interuniversitario de Investigación en Tecnología Educativa SiiTE-2017: La construcción del discurso teórico práctico en los procesos de investigación educativa.

Fecha: 3 de febrero de 2017.

Título: USO DE SIMULADORES EN EL AULA PARA FAVORECER LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS MENTALES.

Tipo de publicación: Ponencia en el XX Congreso Internacional EDUtec 2017. (Salinas & Ayala, 2017)

Fecha: 8 al 11 de noviembre de 2017.

Título: USO DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES DE SIMULACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS MENTALES.

Tipo de publicación: Ponencia en el V Seminario Interuniversitario de Investigación en Tecnología Educativa SiiTE-2018.

Fecha: 2 de febrero de 2018.

Título: VALORACIÓN DE MC POR COMPARACIÓN CON MC EXPERTO, UNA PROPUESTA PARA LA ELICITACIÓN DE LOS MODELOS MENTALES CONSTRUIDOS POR LOS ESTUDIANTES.

Tipo de publicación: Poster con artículo en el Congreso Internacional de Mapas Conceptuales CMC2018.

Fecha: septiembre de 2018.

Título: SIMULAR EN EL AULA PARA CONSTRUIR MODELOS MENTALES, UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN BASADA EN EL DISEÑO.

Tipo de publicación: Ponencia y comunicación completa en el XX Congreso Internacional EDUtec 2018, Lleida España.

Fecha: 24-26 de octubre de 2018.

Título: SELECCIÓN DE SIMULADORES PARA MEDIAR LA CREACION DE MODELOS MENTALES EN EL AULA.

Tipo de publicación: Ponencia y comunicación completa en el XXI Congreso Internacional EDUtec 2018. Lima, Perú.

Fecha: 23 al 25 de octubre de 2019.

Agradecimientos

Sólo hasta ahora mis propios modelos mentales me permiten comprender lo que el mundo digital ha puesto frente a mis ojos, apenas empiezo a descubrir el encanto este arte - ciencia que muchos llamamos tecnologías educativas; es momento de agradecer a todos aquellos que me han hablado con pasión y maestría, en sus clases, en sus conferencias, en sus escritos, en sus conversaciones y en sus hechos, porque nada enseña más que la convicción y la coherencia.

Gratitud infinita al Dr. Jesús Salinas por ser inspiración, por su guía, su acompañamiento y su voto de confianza. Así mismo, A la Universidad de las Islas Baleares por ofrecer un espacio virtual de formación doctoral de calidad donde mujeres cabeza de familia como yo pueden encontrar una oportunidad de desarrollo profesional.

Gracias a la comunidad educativa de Las Américas, especialmente a la rectora Liliam Helena Lizcano por concederme el espacio para iniciar mis prácticas; a mis amados estudiantes por permitir gustosamente que los hiciera mis conejillos de indias; a los compañeros, queridos colegas de la IE y de REDdeTEC, que fueron cómplices de este sueño y a la Secretaría de Educación de Bucaramanga por concederme las comisiones de estudio para las actividades de formación.

Agradecimiento especial a los directivos del Centro de Educación Virtual de la Universidad de Santander; Lucy Guerrero, Rafael Lizcano y Maribel Avellaneda por permitirme dar continuidad a mi investigación en el grupo GRAVATE y en los programas de maestría del centro.

Gracias a la Dra. Olga Agudelo y al Dr. Jeison Marín por su asesoría, a los amigos y familia por sus mensajes de aliento y a Jonathan Ayala por el apoyo técnico.

Gracias a mis hijos Michael, David y Janna por darme el tiempo para estudiar a su lado, por ser amor puro, por los oportunos cafecitos y por darme motivos. Y gracias a Papito Dios, porque todo lo hace perfecto.

*A mi madre,
mi mejor modelo,
que siempre cree
y espera lo mejor de mí.*

Resum

En el context de l'món digital que ha transformat la forma de viure de la societat, es requereix que les noves generacions desenvolupin habilitats de pensament d'ordre superior per a la solució de problemes complexos, mentre la investigació en tecnologies educatives s'enfronta a el repte d'estudiar noves formes d'integrar els elements tecnològics, pedagògics i culturals en l'ecologia dels nous escenaris educatius. Es presenta l'informe un estudi investigatiu amb la metodologia de la Investigació Basada en el Disseny, amb la pregunta d'investigació Com aprofitar les eines computacionals de simulació, que ofereixen els nous escenaris formatius, per afavorir la construcció de models mentals en els estudiants? En l'estat de l'art es caracteritzen algunes experiències de simulació assistida per computador en diferents àrees de coneixement, escenaris i nivells educatius i es determina la seva relació amb el procés de construcció de models mentals. Com a resultat de l'estudi es presenta una estratègia de mediació pedagògica per a l'aprofitament dels simuladors a l'aula basada en la teoria de el model de Johnson-Laird. La proposta integra cinc elements de l'ecologia de l'aula: les característiques de l'context, el moment, els elements instruccionals de el simulador, els rols de l'estudiant i de l'docent i els mecanismes de verificació, la qual s'aplica en dues proves empíriques usant els simuladors Robmind i Logic.ly, a classe de tecnologia amb estudiants de novè grau d'educació bàsica; es valida per judici d'experts amb la tècnica Delphi i es contrasta amb la fonamentació teòrica. Es conclou que el docent pot configurar aquests elements per dissenyar una experiència d'aprenentatge que provoqui en els estudiants la construcció de models mentals eficients a través de el desenvolupament de reptes en amb una eina de simulació.

Resumen

En el contexto del mundo digital que ha transformado la forma de vivir de la sociedad, se requiere que las nuevas generaciones desarrollen habilidades de pensamiento de orden superior para la solución de problemas complejos, mientras la investigación en tecnologías educativas se enfrenta al reto de estudiar nuevas formas de integrar los elementos tecnológicos, pedagógicos y culturales en la ecología de los nuevos escenarios educativos. Se presenta en este informe un estudio investigativo con la metodología de la Investigación Basada en el Diseño, con la pregunta de investigación ¿Cómo aprovechar las herramientas computacionales de simulación, que ofrecen los nuevos escenarios formativos, para favorecer la construcción de modelos mentales en los estudiantes? En el estado del arte se caracterizan algunas experiencias de simulación asistida por computador en diferentes áreas del conocimiento, escenarios y niveles educativos y se determina su relación con el proceso de construcción de modelos mentales. Como resultado del estudio se presenta una estrategia de mediación pedagógica para el aprovechamiento de los simuladores en el aula basada en la teoría del modelo de Johnson-Laird. La propuesta integra cinco elementos de la ecología del aula: las características del contexto, el momento, los elementos instruccionales del simulador, los roles del estudiante y del docente y los mecanismos de verificación, la cual se aplica en dos pruebas empíricas usando los simuladores Robmind y Logic.ly, en clase de tecnología con estudiantes de noveno grado de

educación básica; se valida por juicio de expertos con la técnica Delphi y se contrasta con la fundamentación teórica. Se concluye que el docente puede configurar estos elementos para diseñar una experiencia de aprendizaje que provoque en los estudiantes la construcción de modelos mentales eficientes a través del desarrollo de retos con una herramienta de simulación.

Abstract

In the context of the digital world that has transformed society's way of life, new generations are required to develop higher order thinking skills to solve complex problems, while research in educational technologies faces the challenge of studying new ways of integrating the technological, pedagogical and cultural elements in the ecology of the new educational scenarios. The report is presented an investigative study with the methodology of Design-Based Research, with the research question How to take advantage of the simulation computational tools offered by the new formative scenarios, to favor the construction of mental models in students? In the state of the art some experiences of computer-assisted simulation in different areas of knowledge, scenarios and educational levels are characterized and its relationship with the process of construction of mental models is determined. As a result of the study, a pedagogical mediation strategy is presented for the use of simulators in the classroom based on the theory of the Johnson-Laird model. The proposal integrates five elements of classroom ecology: the characteristics of the context, the moment, the instructional elements of the simulator, the roles of the student and the teacher and the verification mechanisms, which is applied in two empirical tests using the simulators Robmind and Logic.ly, in technology class with ninth grade students in basic education; it is validated by expert judgment with the Delphi technique and contrasted with the theoretical foundation. It is concluded that the teacher can configure these elements to design a learning experience that causes students to build efficient mental models through the development of challenges in a simulation tool.

Tabla de contenido

1	Introducción	1
2	Marco de referencia.....	3
2.1	Introducción al marco teórico.....	3
2.2	Investigación en tecnologías educativas.....	5
2.2.1	Estado del arte: antecedentes de las experiencias pedagógicas con uso de simuladores.	5
2.2.2	La investigación en tecnologías educativas.	22
	El objeto de estudio en tecnologías educativas: un tesoro perdido.....	22
	Metodologías de investigación: el mapa del tesoro.	24
2.3	Enseñanza y aprendizaje en la era digital	25
2.3.1	Vencer la verdadera brecha digital: el reto de la educación	25
2.3.2	Uso psico-pedagógico de las TIC en los nuevos escenarios formativos	26
2.3.3	Herramientas computacionales para la simulación.	28
	¿Los simuladores, una tecnología emergente?	28
	Los simuladores y la modelación.	30
	Instrumentos para la evaluación de simuladores.	32
2.3.4	Aspectos cognitivos del aprendizaje	34
	<i>Aprendizaje significativo</i>	34
	<i>El constructivismo</i>	37
	Aprendizaje basado en problemas (ABP)	38
	Aprendizaje experiencial.....	42
2.3.5	Modelos Mentales	45
	Fundamento teórico de los modelos mentales	45
	El cambio conceptual y los modelos mentales	47
	Aplicaciones de los modelos mentales.....	58
	Métodos para valorar el cambio conceptual basado en modelos mentales	60
	Los mapas conceptuales.....	61
	Valoración de mapas conceptuales.....	64
3	Marco metodológico	67
3.1	Planteamiento del problema	67
3.2	Formulación del problema	68
3.3	Objetivos	68
3.4	Tipo de investigación.....	69
3.4.1	Fase de investigación preliminar.....	70
3.4.2	Fase de integración teórica.....	71
3.4.3	Fase de pruebas empíricas	71

Primera prueba empírica:	71
Segunda prueba empírica:	72
Validación por juicio de expertos:	72
3.4.4 Fase de documentación y divulgación	72
3.5 Contexto y población	72
Diagnóstico y viabilidad:	75
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	76
3.6.1 Análisis funcional del simulador	76
3.6.2 Observación participante para el estudio del caso	80
3.6.3 Análisis de los mapas conceptuales construidos por los estudiantes.....	82
3.6.4 Validación por juicio de expertos	83
4 Resultados.....	85
4.1 Resultados de la Revisión bibliográfica	85
4.1.1 Resultados de la revisión preliminar:	85
4.1.2 Revisión bibliográfica de resultados de investigación:	88
4.2 Integración teórica	89
4.3 Propuesta de mediación	91
4.3.1 Las características del contexto.....	92
4.3.2 El momento	96
4.3.3 Los elementos instruccionales del simulador	98
4.3.4 Los roles.....	102
4.3.5 Los mecanismos de verificación	106
4.4 Análisis e interpretación del primer ciclo de pruebas empíricas	106
4.4.1 Descripción de la primera prueba	107
4.4.2 Las características del contexto en la primera prueba	107
4.4.3 El momento en la primera prueba.....	108
4.4.4 Elementos instruccionales del simulador en la primera prueba.....	108
4.4.5 Los roles en la primera prueba	115
4.4.6 Los mecanismos de verificación en la primera prueba.....	118
Archivos recolectados:	119
Procedimiento de comparación:	120
Integridad de los datos:	121
Resultados:	121
Análisis estadístico de los resultados:	123
Análisis del promedio:	127
Relación entre el desempeño en las prácticas con el simulador y los resultados de la comparación:	128

4.5	Análisis e interpretación del segundo ciclo de pruebas empíricas	130
4.5.1	Descripción de la segunda prueba.....	130
4.5.2	El momento en la segunda prueba	131
4.5.3	Elementos instruccionales del simulador en la segunda prueba	131
4.5.4	Los roles en la segunda prueba.....	137
4.5.5	Los mecanismos de verificación en la segunda prueba	140
	Archivos recolectados	141
	Procedimiento de valoración de los MC	142
	Análisis métrico y topológico con CmapAnalisys	142
	Análisis semántico mediante aplicación de rúbrica.....	144
	Interpretación de resultados	144
	Relación de los resultados con la experiencia práctica.....	146
	Análisis de un caso particular	148
4.6	Análisis de la Validación por expertos.....	149
4.6.1	Perfil de los participantes.....	152
4.6.2	Selección de la herramienta tecnológica.....	153
4.6.3	Valoración global de la estrategia	154
4.6.4	Adecuación de los Elementos de la estrategia.....	155
4.6.5	Adecuación de los medios de valoración de los resultados de aprendizaje 156	
5	Discusión.....	158
5.1	Valoración global de la estrategia y adecuación de los elementos	158
5.2	Selección del simulador.....	160
5.3	Rol del estudiante y del docente.....	161
5.4	Adecuación de los medios de valoración de los resultados de aprendizaje	163
5.4.1	Suficiencia del nivel de logro en el simulador para valorar los resultados de aprendizaje	164
5.4.2	Eficiencia del uso de mapas conceptuales para valorar los modelos mentales.....	164
	Pruebas empíricas de valoración de los modelos mentales mediante mapas conceptuales:	165
	La naturaleza de los modelos mentales y mapas conceptuales:	167
	Potencial de los mapas conceptuales para representar modelos mentales: ...	168
	Relación de la evaluación de mapas conceptuales con los modelos mentales:	169
6	Conclusiones	171
6.1	Conclusiones del estudio.....	171
6.2	Lecciones aprendidas	173

6.3	Recomendaciones y perspectivas de investigación	176
7	Bibliografía.....	178

Listado de ilustraciones

Ilustración 1. Relación entre el uso de simuladores y los modelos mentales.....	3
Ilustración 2. Estructura general del marco de referencia.	4
Ilustración 3. Estado del arte- experiencias pedagógicas con simuladores – Inicio.....	7
Ilustración 4. Estado del arte- experiencias pedagógicas con simuladores - Parte1	9
Ilustración 5. Estado del arte- experiencias pedagógicas con simuladores - Parte2 ...	10
Ilustración 6. Estado del arte- experiencias pedagógicas con simuladores - Parte3 ...	11
Ilustración 7. Estado del arte- experiencias pedagógicas con simuladores - Parte4y5	12
Ilustración 8. Estado del arte- experiencias pedagógicas con simuladores - Parte6 ...	13
Ilustración 9. Estado del arte- experiencias pedagógicas con simuladores - Parte7A .	14
Ilustración 10. Estado del arte- experiencias pedagógicas con simuladores - Parte7B	15
Ilustración 11. Mapa de co-concurrencia de palabras claves en publicaciones.....	19
Ilustración 12. Contexto de la investigación en tecnologías educativas.	24
Ilustración 13. TIC en el triángulo interactivo. Versión adaptada de Coll, 2004.	27
Ilustración 14. Razones para construir modelos.....	31
Ilustración 15. ¿Cuál es la importancia de la discusión en grupo en el ABP?	40
Ilustración 16. Proceso del ABP.....	40
Ilustración 17. Modelos de aprendizaje experiencial.	43
Ilustración 18. Modelos Mentales. Parte inicial.....	45
Ilustración 19. ¿Qué es el cambio conceptual?.....	47
Ilustración 20. ¿Qué son las representaciones mentales?	48
Ilustración 21. ¿Qué son los Modelos Mentales?.....	50
Ilustración 22. ¿Cuáles son las características de los modelos mentales?	51
Ilustración 23. ¿Para qué se usan los Modelos Mentales?	53
Ilustración 24. ¿Cómo se forman los Modelos Mentales?	54
Ilustración 25. ¿Cómo es el proceso de construcción de Modelos Mentales?.....	56
Ilustración 26. ¿Qué clases de Modelos Mentales existen?.....	57
Ilustración 27. Relación entre el Modelado en Dinámica de Sistemas y los Modelos Mentales.....	59
Ilustración 28. Rol de los modelos mentales en la solución de problemas	60
Ilustración 29. Comparación de la elicitación de modelos mentales por tipos de entrevistas.	61
Ilustración 30. Estructura de los mapas conceptuales. Fuente: Cañas & Novak (2009)	63
Ilustración 31. Relación entre la calidad de la estructura y contenido en un Cmap.	64
Ilustración 32. Distribución de puntaje por criterios en rúbrica semántica.	66
Ilustración 33. Sero! Interfaz de usuario tomador. Fuente: Moon, Johnston & Moon (2018).....	66
Ilustración 34. Fases del diseño metodológico IBD en el marco del itinerario del Doctorado.....	69
Ilustración 35. Pasos para una búsqueda sistemática (Petticrew & Roberts, 2006)	71
Ilustración 36. Ubicación y entorno de la IE Las Américas Bucaramanga.....	73
Ilustración 37. Infografía estadísticas oficiales 2017 Ciclo Básica Secundaria. IE Las Américas.....	74
Ilustración 38. Proceso de la observación participante.....	81
Ilustración 39. Proceso de validación por juicio de expertos.	83

Ilustración 40. Captura de pantalla. Organización de documentos en Mendeley.....	86
Ilustración 41. Captura de Pantalla. Marco teórico en CmapTools	87
Ilustración 42. Evolución de la propuesta en infografía. Fuente: Salinas & Ayala, 2017 y 2018.	89
Ilustración 43. Integración teórica	91
Ilustración 44. Infografía de la propuesta pedagógica.	92
Ilustración 45. Selección de la herramienta de simulación	98
Ilustración 46. Análisis funcional del simulador	99
Ilustración 47. Entorno del simulador Robomind	109
Ilustración 48. Archivos de los MC recolectados para el análisis.....	119
Ilustración 49. Proceso de validación del MCE en CmapTools.	120
Ilustración 50. Proceso de comparación de los MC en CmapTools.....	120
Ilustración 51. Resultados de la comparación	123
Ilustración 52 Ejemplar A. Primera versión del MC elaborada por un estudiante	124
Ilustración 53 Ejemplar B. Primera versión del MC elaborada por un estudiante	124
Ilustración 54. Conceptos incorporados en la primera versión del MC	125
Ilustración 55. Ejemplo de comparación de conexiones con CmapTools	126
Ilustración 56. Comparación de proposiciones con el MCE en CmapTools.....	127
Ilustración 57. Distribución del puntaje promedio en deciles	128
Ilustración 58. Gráfico del desempeño en las prácticas con el simulador.....	129
Ilustración 59. Simulador de circuitos lógicos Logic.ly- versión Beta on-line	132
Ilustración 60. Rol de los estudiantes y docente durante la clase.	140
Ilustración 61. Proceso de construcción de los MC en la segunda prueba.....	141
Ilustración 62. Archivos de los MC recolectados para el análisis en la segunda prueba.	141
Ilustración 63. Gráfica de resultados por porcentajes.....	145
Ilustración 64. Ejemplar A elaborado por un grupo de estudiantes.....	147
Ilustración 65. Ejemplar B elaborado por un grupo de estudiantes.....	148
Ilustración 66. Ejemplar C, MC y proposiciones como texto.	149
Ilustración 67. Configuración del cuestionario en LimeSurvey.	150
Ilustración 68. Cuestionario en Lime Survey	152
Ilustración 69. Tiempo de experiencia docente de los expertos.	153

Listado de tablas

Tabla 1. Distribución de las referencias del estado del arte en la red de mapas conceptuales.	7
Tabla 2. Convenciones, citas del estado del arte.	16
Tabla 3. Listado de publicaciones en acceso abierto, sobre uso de simuladores en la educación del 2010 al 2019. Fuente: SCOPUS.	19
Tabla 4: Problemas de investigación de acuerdo con la concepción de las tecnologías en educación.	23
Tabla 5. Evolución de los simuladores. Fuente: (Ayala et al., 2018)	29
Tabla 6. Fenómenos que pueden modelarse. Fuente: Jonassen, 2004	30
Tabla 7. Tipos de herramientas para construir modelos. Fuente: Jonassen, 2004.	31
Tabla 8. Tipos de simuladores teniendo en cuenta la claridad del modelo.	32
Tabla 9. Comparativo características que se evalúan en el software de simulación.	33
Tabla 10. Características básicas del aprendizaje significativo.	34
Tabla 11. El aprendizaje significativo desde el marco teórico	36
Tabla 12. Teorías globales del desarrollo del aprendizaje que fundamentan el constructivismo.	38
Tabla 13. Comparación entre los problemas bien estructurados y los mal estructurados.	41
Tabla 14. Convenciones, citas sobre Modelos Mentales.	57
Tabla 15. Características de los mapas conceptuales.	63
Tabla 16. Rubrica semántica en formato resumido. Fuente: (Prats, 2013)	65
Tabla 17. Plan de acción para cumplir condiciones básicas.	75
Tabla 18. Guía para el análisis funcional del simulador.	76
Tabla 19. Sistema de registro de las observaciones	81
Tabla 20. Fuentes de los ítems que conforman la bibliografía de la investigación preliminar.	85
Tabla 21. Cantidad de documentos seleccionados por tema	86
Tabla 22. Revisión de resultados de investigación.	88
Tabla 23. Matriz de integración teórica	90
Tabla 24. Momentos de la clase para el uso del simulador.	97
Tabla 25. Análisis funcional de RoboMind	109
Tabla 26. Características del curso básico1 de Robomind.	114
Tabla 27. Archivos de MC recolectados.	119
Tabla 28: Resultados individuales de comparación de los CM con el MCE	121
Tabla 29. Tabla de frecuencia de resultados por criterios	123
Tabla 30. Resultado del conteo de conceptos incorporados en la primera versión del MC.	124
Tabla 31: Análisis del promedio de resultados de la comparación	128
Tabla 32. Desempeño en las prácticas con el simulador	129
Tabla 33. Diferencia en el puntaje de comparación	129
Tabla 34. Análisis funcional de Logic.ly	132
Tabla 35. Elementos instruccionales de la prueba de uso de Logic.ly en el aula.	136
Tabla 36. Resultados de métricas con CmapAnalisis.	142
Tabla 37. Análisis de los datos generales	143

Tabla 38. Conceptos centrales de los MC.....	143
Tabla 39. Resultados aplicación de rúbrica semántica.....	144
Tabla 40. Comparación de resultado de valoración del Ejemplar C.	148
Tabla 41. Diseño del cuestionario para los expertos.	150
Tabla 42. Cuestionario de validación - segunda vuelta	151
Tabla 43. Perfil de los expertos.....	152
Tabla 44. Puntuación por expertos de la selección de la herramienta.....	153
Tabla 45. Análisis de sugerencias de expertos sobre selección de la herramienta. ...	154
Tabla 46. Puntuación por expertos de la estrategia global.	154
Tabla 47. Puntuación por expertos de los elementos de la estrategia.....	155
Tabla 48. Análisis de sugerencias de expertos sobre elementos de la estrategia.	155
Tabla 49. Análisis de sugerencias de expertos sobre aspectos.	156
Tabla 50. Puntuación por expertos de los medios para la valoración de los resultados aprendizaje.	156
Tabla 51. Categorías de análisis para la triangulación de datos.	158

1 Introducción

La cuarta revolución nos presenta un panorama inédito en el cual las tecnologías permean todos los espacios de desarrollo humano, incluidos los escenarios formativos. El mundo digital presenta nuevas formas de convivir, trabajar, aprender y enseñar, con una sociedad conectada con necesidades cambiantes que reclama ciudadanos capaces de aprender a aprender y resolver problemas complejos, aprovechando la proliferación de las innovaciones tecnológicas y la sobreabundancia de información.

En los escenarios educativos no debería tener lugar el determinismo tecnológico que concede al uso de las tecnologías el poder de generar per sé los cambios educativos que se requieren. En este contexto, la investigación en tecnologías educativas viene surgiendo con el desafío de buscar soluciones a las actuales necesidades formativas mediante estrategias que integren los elementos tecnológicos, pedagógicos y culturales que convergen en los nuevos escenarios educativos.

La psicología cognitiva y las neurociencias también han logrado avances importantes en el estudio sobre la estructuración del pensamiento y la construcción del conocimiento, tal es el caso de las investigaciones desarrolladas por Johnson-Laird sobre la teoría del modelo, según la cual el razonamiento humano se basa en la construcción de modelos mentales. Estos, a su vez, son la base del comportamiento social y la toma de decisiones.

Ahora bien, David Jonassen asegura que crear modelos físicos favorece el aprendizaje significativo y propicia la construcción de modelos mentales, por lo tanto, las herramientas computacionales para la simulación convertirse en el medio tecnológico para facilitar el aprendizaje basado en modelos mentales en el aula. De hecho, los simuladores son tecnologías de eficiencia aparente, ampliamente utilizadas para el entrenamiento en habilidades específicas.

El estudio, se enfoca en el componente pedagógico, específicamente en el uso de herramientas computacionales que favorecen la construcción de modelos mentales, con miras a contrastar la realidad y las expectativas futuras con la literatura producida, para fundamentar una metodología pertinente a los nuevos actores y escenarios de los procesos formativos. El objetivo general es: proponer una metodología de uso de las herramientas computacionales de simulación en los nuevos escenarios formativos de la era digital para favorecer la construcción de modelos mentales en estudiantes de educación básica; para ello se optó por la metodología de Investigación Basada en el Diseño, cuyo objetivo final es establecer una fuerte conexión entre la teoría y los problemas del contexto educativo real, para diseñar, probar y refinar entornos educativos innovadores.

El trabajo de campo se desarrolló con 140 estudiantes de noveno grado de la IE las Américas de Bucaramanga, esta institución de carácter oficial atiende a población estudiantil vulnerable por su nivel socioeconómico y con algunas situaciones especiales de inclusión.

En el documento se presenta el informe final de la tesis organizado en 7 capítulos que inician con la introducción o estado de la cuestión.

En el capítulo 2 el lector encontrará el marco de referencia conformado por el estado del arte del uso de simuladores en el aula y un resumen de las teorías que sustentan el proceso de enseñanza y aprendizaje en la era digital, aplicadas en el estudio. A través de todo el capítulo encontrarán mapas conceptuales que organizan y relacionan la información.

En el capítulo 3 se describen los pormenores de la metodología de investigación, partiendo del planeamiento del problema. El capítulo incluye la descripción de cada una de las fases de la investigación, la población y las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Los resultados se presentan en el capítulo 4. El principal resultado consiste en una propuesta de mediación de la simulación en entornos educativos, la cual tiene en cuenta 5 elementos que se interrelacionan en la ecología del aula: las características del contexto, el momento, los elementos instruccionales del simulador, los roles y los mecanismos de verificación. Este capítulo incluye el análisis de los dos ciclos de pruebas empíricas desarrollados y validación por expertos.

El capítulo 5 contiene la discusión, en la cual se contrasta la fundamentación teórica con el análisis de resultados alrededor de los elementos de la propuesta pedagógica de mediación.

En el capítulo 6 se presentan las conclusiones, lecciones aprendidas, recomendaciones y perspectivas de investigación, y finalmente en el capítulo 7 se encuentran las referencias bibliográficas.

2 Marco de referencia

*“Hace falta maravillarse con las potencialidades de un cerebro evolucionado para educar con algo de acierto a los hijos de la sociedad de la información”
Ayala (2012).*

2.1 Introducción al marco teórico

El presente estudio busca potenciar el uso de simuladores en el aula para favorecer la construcción de modelos mentales en los estudiantes. La ilustración 1 muestra el mapa conceptual que responde la pregunta ¿cómo se relaciona el uso de simuladores con los modelos mentales?

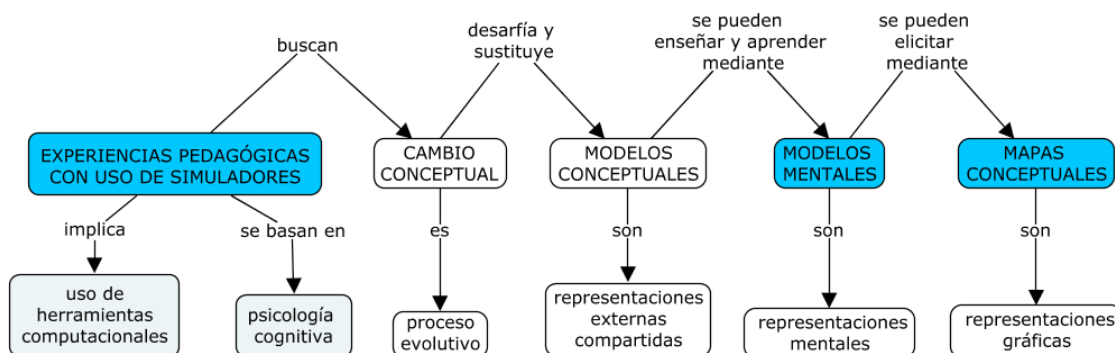


Ilustración 1. Relación entre el uso de simuladores y los modelos mentales.

Desde una perspectiva basada en la psicología cognitiva, se entiende que el uso de herramientas computacionales para la simulación en las experiencias pedagógicas busca el cambio conceptual. El cambio conceptual es un proceso evolutivo, en su forma más profunda conlleva el desafío y sustitución de los modelos conceptuales.

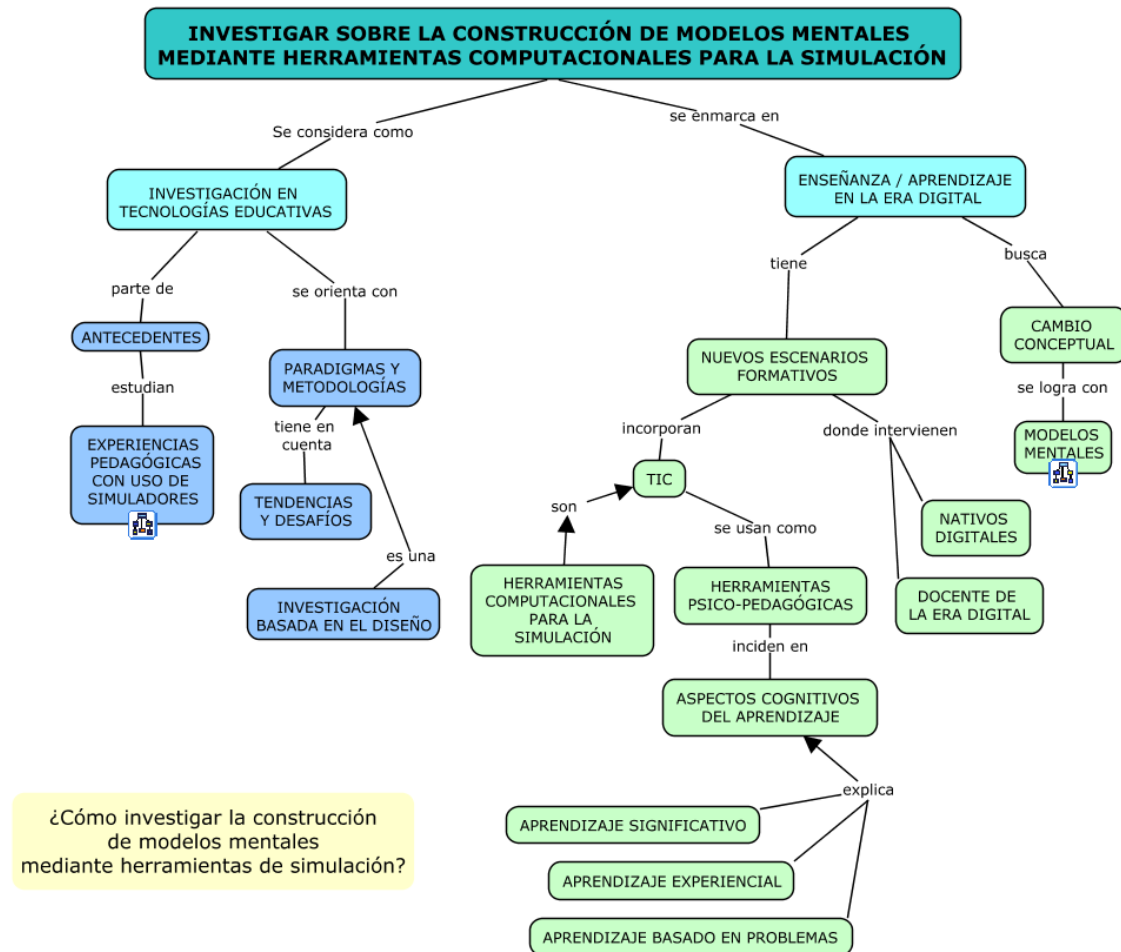
Los modelos conceptuales son las representaciones externas compartidas, ese conjunto de conocimientos avalado por los colectivos científicos, es lo que buscamos que nuestro estudiante comprenda; estos se pueden enseñar y aprender mediante modelos mentales.

Los modelos mentales, por su parte, son las representaciones internas que cada individuo de manera natural construye en su mente para comprender los conceptos, fenómenos o situaciones. Podemos considerar a los modelos mentales como simulaciones internas del mundo exterior que determinan la forma en que las personas usamos los conocimientos para tomar decisiones y comportarnos, de ahí su importancia.

Dado que los modelos mentales son representaciones internas compuestas por proposiciones e imágenes análogas, resulta complejo elicitarlos, es decir, comunicarlas al exterior; sin embargo,

existen varias técnicas que se aproximan a responder este desafío; una de ellas son los mapas conceptuales.

Teniendo esta visión preliminar del objeto de estudio, abordemos ahora la pregunta ¿Cómo investigar la construcción de modelos mentales mediante herramientas de simulación? Véase la ilustración 2.



¿Cómo investigar la construcción de modelos mentales mediante herramientas de simulación?

Ilustración 2. Estructura general del marco de referencia.

Para responder se debe considerar en primer lugar que esta es una investigación en tecnologías educativas, lo cual se explica en sección 2.2, con la presentación de los antecedentes investigativos sobre experiencias pedagógicas con uso de simuladores, así como los referentes sobre este campo de investigación.

En segundo lugar, se considera el marco de referencia del proceso de enseñanza y aprendizaje en la era digital, sección 2.3. En este marco se hace necesario conceptualizar sobre el reto que tiene la educación de vencer la brecha digital, la concepción de las TIC desde un uso psico-pedagógico, las herramientas computacionales de simulación y los aspectos cognitivos del aprendizaje.

Sobre los simuladores se explica ¿por qué su incorporación en el aula se considera una tecnología emergente? y ¿qué relación tienen con la modelación? Además, se presentan algunos instrumentos existentes para su evaluación.

En cuanto a los aspectos cognitivos del aprendizaje, se resumen los fundamentos teóricos del aprendizaje significativo, el constructivismo, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje experiencial.

Como es de esperarse, se dedica un apartado a profundizar sobre los modelos mentales, la sección 2.3.5. Allí se presenta el marco de referencia sobre los modelos mentales, su fundamento teórico con base en la Teoría del Modelo, su relación con el cambio conceptual, sus aplicaciones en diferentes campos de estudio, los métodos para valorar el cambio conceptual y finalmente se exponen las referencias sobre los mapas conceptuales y su valoración.

Como se aprecia, los dos componentes más robustos del marco referencial son: los antecedentes en experiencias pedagógicas con uso de simuladores y los modelos mentales. Para su comprensión estas temáticas se organizaron en redes de mapas conceptuales.

Por lo pronto, esta revisión de antecedentes y teorías ofrece los insumos necesarios para continuar con el proceso de investigación. En los siguientes capítulos se explicará el marco metodológico y con ello, el lector comprenderá cómo se llegó a la integración teórica para justificar la estrategia de mediación propuesta como solución al problema de investigación.

2.2 Investigación en tecnologías educativas

Esta sección responde al cómo se va a dar una solución al problema planteado, hallar la respuesta conlleva a considerar por una parte los antecedentes en experiencias pedagógicas con uso de simuladores para entender qué se ha logrado hasta ahora y por otra analizar los paradigmas y metodologías de la investigación en tecnologías educativa, para entender hacia dónde vamos.

2.2.1 Estado del arte: antecedentes de las experiencias pedagógicas con uso de simuladores.

En la investigación preliminar se siguieron los pasos para una búsqueda sistemática descritos por (Petticrew & Roberts, 2006), tal como se explica en seguida.

Paso 1: definición de las preguntas de revisión.

Se establecieron los siguientes interrogantes para guiar la pesquisa: ¿en qué áreas del conocimiento se han documentado experiencias con uso de simuladores con fines educativos?, ¿cuáles son las características del ambiente escolar en esas experiencias?, ¿cuáles son los fundamentos pedagógicos que soportan esas experiencias?, ¿cómo describen el uso del PC? Y ¿qué tipos de simuladores se utilizan?

En términos del modelo PICO (*population, intervention, comparison, outcomes*), que explican (Petticrew & Roberts, 2006), la búsqueda se enmarca en los siguientes parámetros:

- Población: Docentes y estudiantes de educación formal de distintos niveles, desde básica a educación superior.

- Intervención: Experiencias particulares en el aula donde se utilicen los simuladores como herramienta de apoyo al proceso de enseñanza – aprendizaje.
- Comparación: Se busca diferenciar la necesidad de enseñanza aprendizaje que se quiere resolver en cada caso, los tipos de herramientas de simulación utilizados, la forma en que se usa la herramienta de simulación y las bases pedagógicas que soportan la experiencia.
- Resultados: Hay un interés particular y uno general, en primer lugar, se centra en revisar si los estudios llegan a concretar alguna metodología particular para el uso del simulador y en segundo lugar se busca recopilar información sobre los impactos positivos o negativos determinados en los estudios.

Paso 2: tipos de estudios seleccionados para responder las preguntas.

En la búsqueda se incluyeron artículos, ponencias, tesis y revisiones de literatura que presentaran resultados de investigación relacionadas sobre experiencias en el aula de uso de herramientas computarizadas de simulación.

Paso 3: búsqueda exhaustiva para localizar estudios.

En la investigación preliminar se utilizaron fuentes confiables de literatura científica abierta, como lo son las bibliotecas científicas Redalyc, Scielo y Dialnet, Repositorios registrados en OpenDOAR, libros y otras fuentes confiables en sitios web oficiales de organizaciones educativas o de promoción del conocimiento.

Paso 4: análisis de los resultados de búsqueda.

En algunos de los estudios no se hacía referencia a la herramienta computacional como “simulador”, pero si, se verificó que fueran herramientas que ofrecieran un entorno digitalizado para la representación y manipulación de los fenómenos, situaciones o problemas objetos de estudio en la experiencia educativa.

Finalmente, el criterio de selección que primó fue que los estudios incluyeran aspectos didácticos o fundamentos pedagógicos del uso de estas herramientas, lo que llevó a la selección de 47 documentos.

Paso 5: evaluación crítica de los estudios incluidos.

Se hizo una revisión narrativa de cada uno de los documentos buscando respuesta a las cinco preguntas planteadas.

Los estudios resultaron heterogéneos, sin embargo, se encontró una primera forma de clasificarlos para gestionar la revisión de acuerdo con las disciplinas o áreas de conocimiento en las cuales se desarrolló la experiencia educativa. De este modo se clasificaron 6 estudios sobre Pensamiento computacional y desarrollo de software, 11 en áreas de matemáticas y física, 7 en pensamiento clínico, 4 en administración y negocios, 10 en el campo de las ingenierías y arquitectura y 9 estudios más en otras disciplinas.

Paso 6: Síntesis de los estudios incluidos y evaluación de la heterogeneidad.

Dado que el interés del investigador es la comprensión de cada experiencia vivida en el aula, y documentada en los estudios, se determinó que la construcción de una red de mapas conceptuales sería una estrategia eficiente para tal fin. Para ello se utilizó Cmap Tools.

Paso 7: difusión de los resultados de la revisión.

Los resultados de esta revisión preliminar se dieron a conocer en el 2017 mediante dos ponencias, una en el IV Seminario Interuniversitario de Investigación en Tecnología Educativa SiiTE-2017 y otra en el XX Congreso Internacional EDUTEC 2017. Las evaluaciones de los comités científicos, al igual que las recomendaciones recibidas permitieron precisar los resultados y la descripción del proceso.

A continuación, se presenta en la ilustración 3 el mapa principal o menú de inicio, donde se muestra en un nivel jerárquico superior la organización del estado del arte.

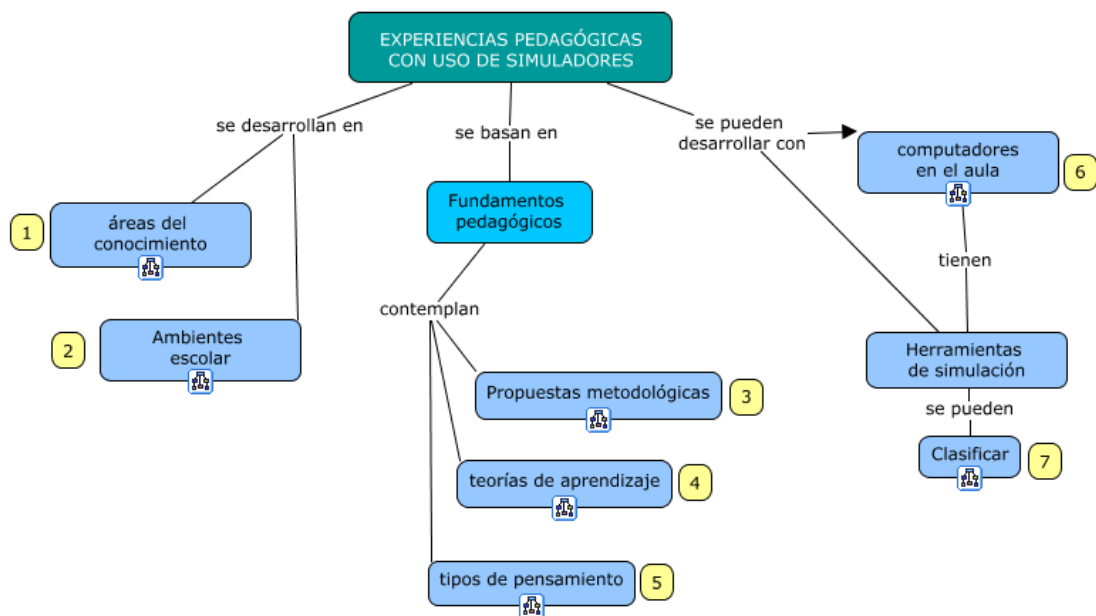


Ilustración 3. Estado del arte- experiencias pedagógicas con simuladores – Inicio.

Como se observa, los mapas conceptuales se distribuyen en seis partes teniendo en cuenta las preguntas de revisión planteadas, tal como se muestra en la tabla 1

Tabla 1. Distribución de las referencias del estado del arte en la red de mapas conceptuales.

Pregunta	Mapa Conceptual	Criterio de selección de los autores o referentes del estado del arte.
¿En qué áreas del conocimiento se han documentado experiencias con uso de simuladores con fines educativos?,	Parte 1, Ilustración 4	Se presentan los autores que explican en su experiencia el área de conocimientos o disciplina en la que se aplicó el uso de simuladores, incluyendo antecedentes y las competencias en contexto que se buscan desarrollar.
¿Cuáles son las características del ambiente escolar en esas experiencias?	Parte 2, Ilustración 5	Se seleccionaron las experiencias que explican el ambiente en el que se desarrollaron, en el contexto de la cibercultura y cómo se interpreta el papel del docente y del estudiante.

¿Cuáles son los fundamentos pedagógicos que soportan esas experiencias?	Parte 3, Ilustración 6	Agrupar los autores que especifican una propuesta metodológica aplicada en la experiencia de uso del simulador.
	Parte 4, Ilustración 7	Agrupar las referencias que profundizan en la teoría pedagógica que fundamenta el uso del simulador en el aula.
	Parte 5, Ilustración 7	Agrupar los autores que explican la pertinencia del uso del simulador para desarrollar algún tipo de pensamiento particular.
¿Cómo describen el uso del PC?	Parte 6, Ilustración 8	Se seleccionaron para este mapa los referentes que presentan una concepción clara sobre el uso del PC en los procesos de enseñanza y aprendizaje.
¿Qué tipos de simuladores se utilizan?	Parte 7A, Ilustración 9 Parte 7B, Ilustración 10	Agrupar los autores que explican características técnicas que permiten clasificar los diferentes tipos de simuladores y sus usos específicos.

A continuación, se presentan los mapas conceptuales que conforman la red, en ellos están especificadas las fuentes de referencia con códigos de convenciones que se especificarán en la tabla 2.

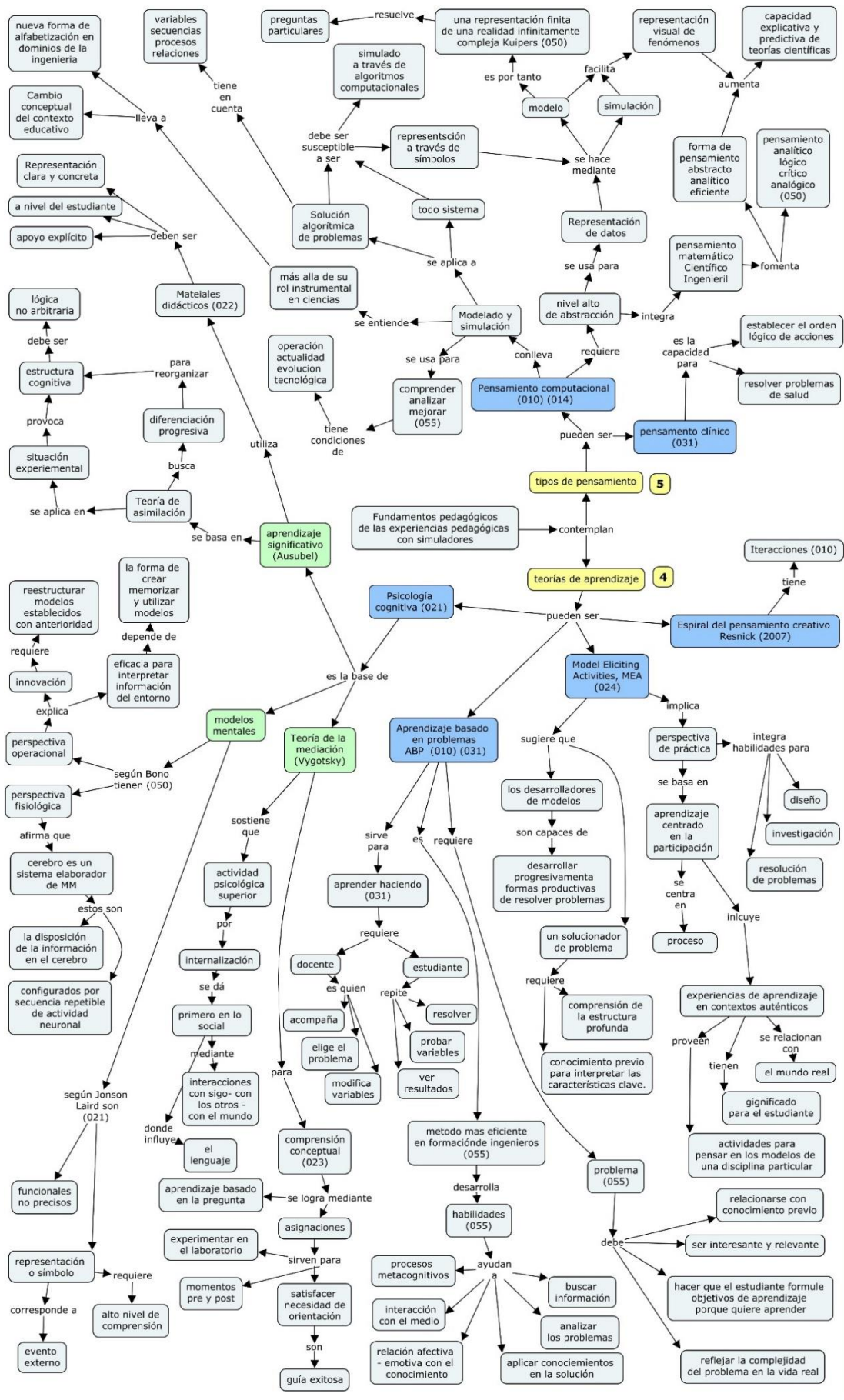


Ilustración 7. Estado del arte- experiencias pedagógicas con simuladores - Parte4y5

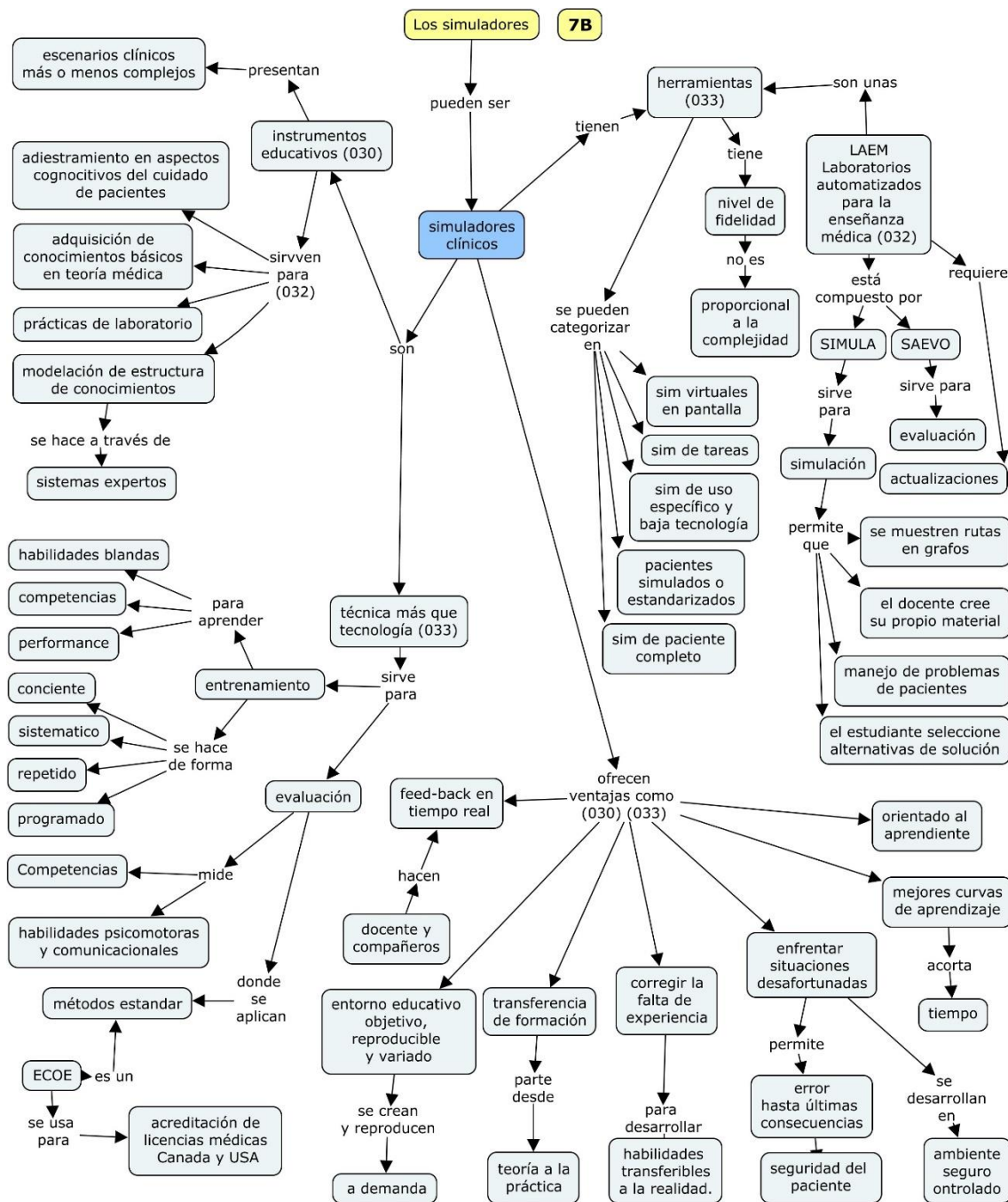


Ilustración 10. Estado del arte- experiencias pedagógicas con simuladores - Parte 7B

Tabla 2. Convenciones, citas del estado del arte.

Código	Autor
(010)	(López, 2014)
(011)	(Gomez Arroyave, 2013)
(012)	(Gómez, Gómez, Sierra, & Escobar, 201AD)
(013)	(Russo et al., 2015)
(014)	(Taborda & Medina, 2012)
(015)	(Andrade, Navas, Maestre, & López, 2014)
(020)	(Bravo-Bohórquez, Castañeda-Rodríguez, Hernández-Yomayusa, & Hernández-Hernández, 2016)
(021)	(Yanitelli, 2011)
(022)	(M. García, 2011)
(023)	(Kollöffel & De Jong, 2008)
(024)	(Shaikh, Magana, Vieira, & García, 2015)
(025)	(Quevedo, 2013)
(026)	(Luis & Benítez, 2012)
(028)	(Flórez, Cristancho, & Velandia, 2014)
(029)	(Sanabria Brenes, Universidad de Costa Rica Costa Rica, Núñez Vanegas, & Universidad de Costa Rica Costa Rica, 2014)
(030)	(Palés & Gomar, 2010)
(031)	(Bustos, 2015)
(032)	(Rodríguez, 2001)
(040)	(Medina-López, Alfalla-Luque, & Arenas-Márquez, 2011)
(041)	(Urquidi, Carmen, & Aznar, 2015)
(042)	(Arias, Haro, Romerosa, & Navarro, 2010)
(050)	(Ansaldo & González, 2015)
(051)	(Dederle Caballero & Rosa, 2015)
(052)	(Francés et al., 2014)
(053)	(Andújar Montoya, García González, Gilart Iglesias, Marcos-Jorquera, & Guerrero Lázaro, 2015)
(054)	(Mar Cornelio, Leyva Vázquez, & Santana Ching, 2015)
(055)	(Forero-Páez & Giraldo, 2016)
(060)	(José & Gómez, 2011)
(061)	(Valverde, 2010)
(062)	(Giudicessi, Martínez-Ceron, Saavedra, Cascone, & Camperi, 2016)
(063)	(Drumond Moraes, 2016)
(064)	(Velasquez Cuervo, 2016)
(065)	(Méndez Rocasolano & Belda Iniesta, 2016)
(066)	(Gómez et al., 2015)
(067)	(López Hernández, 2008)
(068)	(Merino, Pino, Meyer, Garrido, & Gallardo, 2015)

En síntesis, en las experiencias se identificaron como factores comunes el enfoque educativo basado en competencias y la participación activa del estudiante al comprometerlo en el rol de experto. Además, se encontraron aspectos relevantes de los simuladores como su clasificación, los factores de eficacia y las características de interactividad.

Se encontró que entre los simuladores usados en las aulas se incluyen videojuegos, ambientes multisensoriales con realidad aumentada, prototipos, entornos de realidad virtual, modelos

para entrenamiento, laboratorios virtuales, aplicaciones de geometría dinámica y diseño 3D, juegos de negocios, así como software de modelación de sistemas de producción y herramientas para la toma de decisiones, el análisis de datos y la interpretación de sistemas dinámicos; todos ellos buscan llevar al estudiante o aprendiz a desenvolverse en situaciones lo más aproximado a la realidad en condiciones seguras, con variables controladas, sin riesgos, con menores costos y permitiendo el error como experiencia de aprendizaje.

Dado que en los documentos seleccionados se trata el aspecto pedagógico, de una u otra forma, en todos se menciona como potencial de los simuladores su capacidad para permitir que los estudiantes manipulen modelos de una disciplina particular; estas prácticas en contextos auténticos (muy similares a la realidad) les permite activar sus conocimientos previos y poner a prueba los nuevos, convirtiéndose en experiencias de aprendizaje.

En algunos de los estudios se fundamenta la práctica del uso de simuladores desde la psicología cognitiva; bien sea teniendo en cuenta a los simuladores como un material que representa la realidad que es objeto de estudio en forma concreta y al nivel del estudiante, desde el aprendizaje significativo de Ausbel (García, 2011), o bien sea considerando la teoría de Vigotsky en el uso del simulador para la comprensión de conceptos (Kollöffel & De Jong, 2008).

Otros autores, por su parte refieren un enfoque constructivista en el uso de los simuladores, ya que permiten procesos de interpretación y re-interpretación para construir modelos explicativos (Medina-López et al., 2011; Urquidi et al., 2015).

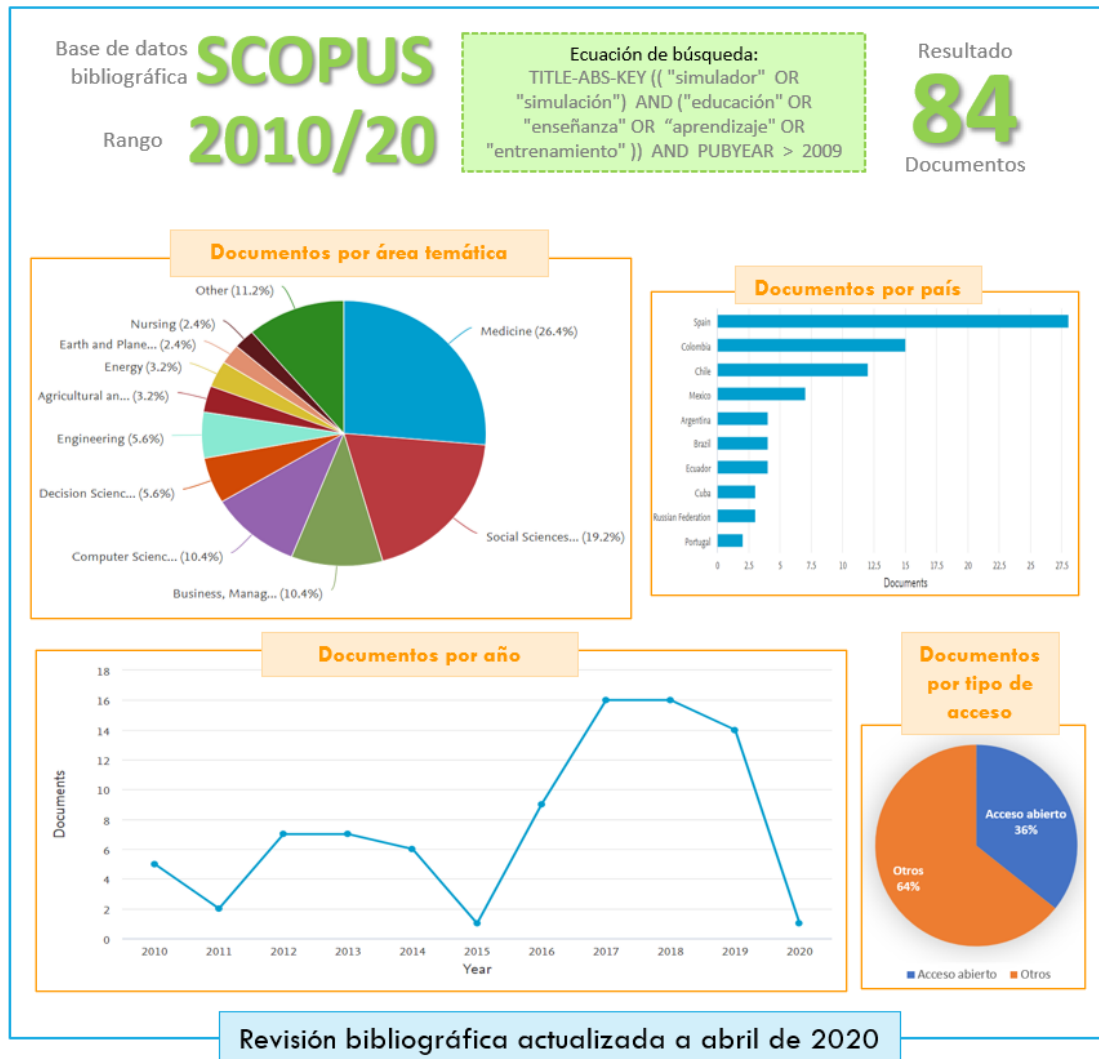
Por su parte, en las experiencias estudiadas en la disciplina del pensamiento computacional, se hace referencia a la representación abstracta y finita de fenómenos reales desde el modelado y la simulación (López, 2014; Taborda & Medina, 2012).

Sólo en 2 documentos los autores relacionan directamente el uso de simuladores con el concepto de “modelos mentales”. El primero habla de la modelación de fenómenos como innovación en los procesos de E/A y tiene en cuenta los modelos mentales desde el punto de vista de Bono (Ansaldo & González, 2015). El segundo trata sobre el uso del ordenador en la resolución de situaciones experimentales y toma como una de sus referencias la teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (Yanitelli, 2011).

Dado que esta revisión preliminar se realizó al inicio del estudio, surge la necesidad de revisar el estado actual de la investigación en el uso de herramientas computacionales de simulación en el aula. Por tal motivo se realiza una búsqueda en la base de datos bibliográfica SCOPUS con la ecuación de búsqueda:

```
TITLE-ABS-KEY ((“simulador” OR “simulación”) AND (“educación” OR “enseñanza” OR “aprendizaje” OR “entrenamiento” )) AND PUBYEAR > 2009.
```

Como resultado de obtuvo 84 documentos, en la siguiente infografía se presentan los análisis de resultados de búsqueda que ofrece SCOPUS.



Destacan los estudios publicados en el área temática de medicina, seguido de las ciencias sociales, en una revisión más detallada de las publicaciones se evidencia que varios de los estudios clasificados en el área de ciencias sociales también estudian experiencias de uso de simuladores en educación médica. Los países que más han publicado sobre el tema son España, Colombia y Chile; además se muestra una tendencia creciente en el número de publicaciones en los últimos 5 años.

Se exportaron los datos bibliográficos de esta búsqueda en formato RIS y se hizo un análisis de co-ocurrencia de las palabras claves utilizando el software VOSviewer. Para eliminar los términos duplicados se configuró el tesauro. El software analizó 413 términos y encontró 22 clústeres con 4.522 enlaces.

A continuación, se presenta el mapa de co-ocurrencia en una visualización de redes que permite distinguir los principales términos utilizados en los estudios. Ilustración 11. Los términos con mayor ocurrencia fueron en su orden: humanos, simulación, educación, educación médica, entrenamiento de simulación, artículo, simulación por ordenador, enseñanza, procedimientos, aprendizaje, curva de aprendizaje y formación.

Título del documento	Autores	Año	Fuente
Simulación en la educación en enfermería: reflexiones y justificaciones a la luz de la bioética y los derechos humanos.	Costa, R.R.O., de Medeiros, S.M., Martins, J.C.A., Coutinho, V.R.D.	2018	Acta Bioética
Aprendizaje basado en simulación: estrategia pedagógica en fisioterapia. Revisión integrativa	Alfonso-Mora, M.L., Castellanos-Garrido, A.L., Villaraga Nieto, A.D.P. (...), Goyeneche-Ortegón, R.L., Cobo-Mejía, E.A.	2018	Educación Medica
Efecto del Aula Invertida Extendida a simulación clínica para la resucitación del paciente traumatizado: estudio piloto de las percepciones estudiantiles sobre el aprendizaje	Domínguez, L.C., Sierra, D., Pepín, J.J., Moros, G., Villarraga, A.	2017	Revista Colombiana de Anestesiología
Simulación, ¿una necesidad en el entrenamiento para la cirugía laparoscópica colorrectal?	Kerrigan, N.	2017	Revista Chilena de Cirugía
Diseño de Herramientas Didácticas Enfocadas al Aprendizaje de Sistemas de Control Utilizando Instrumentación Virtual	Martínez, J., Padilla, A., Rodríguez, E., Jiménez, A., Orozco, H.	2017	RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial
Entrenamiento basado en la simulación: un cambio necesario en la formación de nuestra especialidad	Centella, T., Hornero, F.	2017	Cirugía Cardiovascular
¿Merece la pena considerar los videojuegos en la enseñanza de contabilidad? Comparación de una simulación y un videojuego respecto a atributos, motivación y resultados de aprendizaje	Carenys, J., Moya, S., Perramon, J.	2017	Revista de Contabilidad-Spanish Accounting Review
Entrenamiento basado en simulación durante el grado para el diagnóstico de estenosis mitral. Clínica, imágenes y toma de decisiones	Juvin-Bouvier, C.E., Tena-Santana, G., Torrejón-Domínguez, J.M. (...), Gutiérrez-Carretero, E., Álvarez de Toledo-Naranjo, G.	2017	Cirugía Cardiovascular
Simulador de vuelo ejecutivo como medio de aprendizaje en la planeación de recursos de nuevas empresas bajo el enfoque del marcador balanceado	Vidal Flores, D., Domenge Muñoz, R.	2017	Contaduría y Administración
Efectividad de la simulación en la educación médica desde la perspectiva de seguridad de pacientes	Moya R., P., Ruz A., M., Parraguez López, E. (...), Rodríguez C., A.M., Froes M., P.	2017	Revista Médica de Chile
Soporte vital básico: evaluación del aprendizaje mediante simulación y dispositivos de retroalimentación inmediata	Tobase, L., Peres, H.H.C., Tomazini, E.A.S. (...), Ramos, M.B., Polastri, T.F.	2017	Revista Latino-Americana de Enfermagem
Simulación informática y de laboratorio en la enseñanza de enfermería neonatal: innovación e impacto en el aprendizaje	Fonseca, L.M., Aredes, N.D., Fernandes, A.M. (...), Martins, J.C., Rodrigues, M.A.	2016	Revista latino-americana de enfermagem
Simulación de Procesos de Negocios (BPSIM) como soporte didáctico en el aprendizaje de la gestión de procesos de servicio	Giraldo, J.A., Pinilla, J.	2016	Formación Universitaria
Simulación de un Proceso de Fabricación de Bicicletas. Aplicación Didáctica en la Enseñanza de la Ingeniería Industrial	Forero-Páez, Y., Giraldo, J.A.	2016	Formación Universitaria
Aprendizaje en entornos de simulación de alta fidelidad: Evaluación del estrés en estudiantes de enfermería	Fernández-Ayuso, D., del Campo-Cazallas, C., Fernández-Ayuso, R.M.	2016	Educación Medica
Simulación en educación médica: Una sinopsis	Corvetto, M., Bravo, M.P., Montaña, R. (...), Varas, J., Dagnino, J.	2013	Revista Médica de Chile
Potencial y Problemas de la Simulación en Ambientes Virtuales para el Aprendizaje	Fredes, C.A., Hernández, J.P., Díaz, Y.D.A.	2012	Formación Universitaria
Simulación clínica de alto realismo: Una experiencia en el pregrado	Riancho, J., Maestre, J.M., del Moral, I., Riancho, J.A.	2012	Educación Medica

El 65% de las publicaciones revisadas son del área de la salud, es decir, experiencias de uso de simuladores en formación de médicos, enfermeros o especialistas.

Se presentan distintos tipos de simuladores; en las áreas de la salud, por ejemplo, se clasifican según la calidad en la definición, el sistema de representación del escenario (simulado con hardware o software), el tipo de procedimiento a simular o por el propósito.

Carenys et al. (2017) hacen una comparación entre los videojuegos y encuentran diferencias significativas entre los atributos y las dimensiones de motivación; los videojuegos favorecen en mayor medida la atención, relevancia, confianza y satisfacción; pero no hallan diferencias en los resultados de aprendizaje esperados, por lo que proponen un enfoque combinado.

Algunos artículos de revisión justifican el potencial de los simuladores y la necesidad de incluirlos en el currículo en formación específica de competencias laborales, destacando como características potenciales los elementos éticos, la fidelidad con la realidad y la práctica reiterativa en entornos realistas controlados, donde el alumno participa activamente en el proceso de enseñanza y aprendizaje, para practicar de manera exhaustiva, aprender conceptos, desarrollar habilidades prácticas, reflexionar y evaluar productos y procesos, minimizando la curva de aprendizaje y reduciendo el estrés ante las pruebas; aunque también se advierte que las características específicas que determinan su potencial en la formación no están claras y se describen algunas limitaciones para su uso: cibercultura, alfabetización digital de estudiantes y docentes y la necesidad de nuevas metodologías pedagógicas (Centella & Hornero, 2017; Corvetto et al., 2013; Costa et al., 2018; Fernández et al., 2016; Fredes et al., 2012; Kerrigan, 2017; Moya et al., 2017)

Uno de los artículos que presenta el desarrollo de un simulador para el entrenamiento de emprendedores hace referencia a los modelos mentales aplicado al proceso de toma de decisiones en una empresa, con una visión holística, sistémica y equilibrada, siendo coherente con los dos propósitos principales de un simulador: el científico y el educativo. Aplica el enfoque de SVE, simulador de vuelo ejecutivo y afirma que este tipo de simuladores permiten modificar iterativamente el modelo mental (Vidal D. & Domenge R., 2017)

En los artículos sobre el desarrollo de entornos de simulación se destaca el énfasis en el proceso de modelado y la validación rigurosa del modelo (Collazos & Castrillón, 2019; E. Giraldo et al., 2018; Juvin et al., 2017; Vidal D. & Domenge R., 2017)

En cuanto a los procesos metodológicos de la enseñanza o didáctica, en algunos se describen las fases de enfoques como: ABP (aprendizaje basado en problemas), aprendizaje experiencial o THA (trayectorias hipotéticas de aprendizaje) (Alfonso et al., 2018; Altamirano, 2019; Cazares & Anguiano, 2019; E. Giraldo et al., 2018; J. Giraldo & Pinilla, 2016)

Se describe el potencial de los simuladores para propiciar un entorno de trabajo autónomo del estudiante, por ejemplo, aula invertida, entornos de educación en línea con retroalimentación inmediata y cuestionarios de apoyo para motivar la práctica, (Collazos & Castrillón, 2019; Domínguez et al., 2017; Tobase et al., 2017)

No en todos los artículos se refiere específicamente a la evaluación del aprendizaje, se habla del uso del simulador para realizar actividades prácticas con carácter evaluativo en las que se valen de los registros electrónicos de los dispositivos de retroalimentación inmediata (Tobase et al., 2017), en otros casos se emplearon pruebas con cuestionarios (Martínez et al., 2017) . Se encontraron estrategias que combinaban la evaluación de habilidades prácticas y aspectos cognitivos, con el enfoque «saber cómo» (know how) y «demostrar cómo» (show how); para ello se aplican pruebas escritas de análisis de casos o de examen clínico objetivo estructurado

(ECO), mediante la actividad práctica con el simulador computarizado, laboratorios y pruebas (Domínguez et al., 2017; Fonseca et al., 2016).

Estas evaluaciones pueden tener el carácter de evaluación formativa, sumativa o de certificación, por lo que la realizan los instructores, observadores o empleadores. En varias de las experiencias documentadas los resultados de aprendizaje se analizan mediante instrumentos de percepción de los estudiantes (Carenys et al., 2017; Riancho et al., 2012)

En áreas de la salud es muy frecuente encontrar que se aplican pruebas estandarizadas para la evaluación. En esta revisión se encontró además una experiencia en estadística en la que se evalúa el pensamiento inferencial aplicando una prueba estandarizada, con base en el cuestionario AIRS (Assessment Inferential Reasoning in Statistics) (Cazares & Anguiano, 2019)

2.2.2 La investigación en tecnologías educativas.

El objeto de estudio en tecnologías educativas: un tesoro perdido

“No estamos hablando de medios, hablamos del sentido sustantivo de la educación”, Francisco Martínez, charla inaugural de Edutec 2017.

El dúo tecnologías – educación ha sido objeto de estudio de investigadores desde la aparición misma de las TIC cuando la radio y la televisión empezaron a ser la panacea al romper la barrera del tiempo y el espacio en la educación, y han aumentado considerablemente en la última década; sin embargo, el consumismo, la mitificación de la innovación y del desafortunado afán por publicar han hecho del verdadero valor del estudio un tesoro perdido, en palabras de Neil Selwyn, “las investigaciones sobre educación y tecnología son tristemente débiles, muchas de las “pruebas” de los beneficios y/o los riesgos del uso de la tecnología en la educación no se pueden generalizar... Para mucha gente, el uso de la tecnología en la educación es una caja negra impulsado por la creencia subyacente de que las tecnologías digitales tienen que ser capaces de mejorar el aprendizaje y/o la educación de alguna manera” (Cobo, 2016, p.9); o como lo explican Barroso y Cabero: “Si la tecnología educativa ha sido una de las parcelas menos desarrolladas de la didáctica, ello se debe en parte a la importancia concedida a las máquinas por encima de su propia aplicación didáctica” (Barroso Osuna & Cabero Almenara, 2010, p. 7)

El reto entonces está en abrir esta “caja negra” o “explorar la parcela” atendiendo al sentido sustantivo de la educación; analizar objetivamente los aspectos positivos y negativos de lo que implica usar las tecnologías para aprender y para enseñar, abrir la mirada a la riqueza del contexto con todos los elementos de que una u otra forma inciden en acto educativo y atender a las creencias que llevan a los docentes a decidir sobre el uso de las tecnologías en el aula.

Al respecto, Bustos y Coll (2010) explican que el estudio de cómo se pueden modificar las prácticas con el uso de TIC no debería estar en su caracterización como instrumentos, pero sí en su uso para las actividades de enseñanza y aprendizaje desde la visión del constructivismo y el triángulo interactivo. Esto en torno a tres preguntas: ¿Qué características de las TIC avalan su potencial transformador de las prácticas educativas? ¿Qué aspectos de las prácticas educativas son susceptibles a cambios significativos? ¿Cómo puede incidir estos cambios en procesos E/A?

Julio Cabero (2017), también insiste en ir más allá del solucionismo tecnológico, pasar de pensar que la tecnología resuelve un problema a pensar en los problemas que se generan al usar las

tecnologías cuando no se ha partido en una propuesta metodológica, resalta la necesidad de investigar sobre riqueza de la ecología del aula desde diversas percepciones y empezar a buscar pragmáticas concretas de cómo podemos utilizarla.

En la misma tónica, Salinas (2016) respalda la necesidad de ubicar la investigación sobre los nuevos escenarios formativos en una zona de tensión entre la tradición didáctica y la necesidad de adaptarse a la actualidad, además, explica que las propuestas específicas de cómo utilizar la tecnología vienen determinadas por las propias características de los medios tecnológicos y por la concepción que se tiene de las tecnologías.

En el primer aspecto, conocer la naturaleza del medio tecnológico nos va a permitir hacer cosas de una forma diferente, flexibilizarla, adaptarla y personalizarla para tomar la decisión de incorporarlas o no en un contexto diferente. Mientras que, en el segundo aspecto, una concepción diferente de las tecnologías llevará al planteamiento de problemas diferentes en la investigación, tal como se muestra en la tabla 4. (Cabero, 2017).

Tabla 4: Problemas de investigación de acuerdo con la concepción de las tecnologías en educación.

Concepción de las tecnologías		Algunos problemas específicos de investigación
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación	¿Cómo diseñarlo? ¿Cómo usarlo? ¿Cómo aplicar prácticas concretas? ¿Qué es lo que funciona o qué es lo que podría funcionar?
TAC	Tecnologías de aprendizaje y el conocimiento	¿Cómo se puede adaptar una tecnología a características específicas de los sujetos?
TEP	Tecnologías de empoderamiento y la participación	Cómo utilizar las tecnologías para construir el conocimiento en forma conjunta.

Es más, si mejorar la concepción de la tecnología puede llevar a proponer preguntas más serias en la investigación, más aún lo hará dilucidar ¿qué se entiende por “aprendizaje” en los tiempos modernos? A propósito de la necesidad de estudios que se ocupen de este cuestionamiento, Neil Selwyn sostiene que “la verdadera naturaleza y las formas del aprendizaje son temas que se han pasado por alto flagrantemente en las discusiones de educación y tecnología ... hay poquísima consideración de lo que realmente significa el aprendizaje, cómo podemos estar seguros de que se está produciendo y cómo podríamos asegurarnos de que se produzca aprendizaje en los contextos digitales” (Cobo, 2016, p. 12) .

Ahora bien, la incorporación de las TIC en el acto educativo no puede hacerse de manera generalizada o estandarizada, cada situación de enseñanza / aprendizaje tiene sus características particulares, Salinas en el 2004 explicaba que ninguna innovación docente en el uso de TIC puede ignorar el contexto, puesto que las características del contexto son condicionantes, así que se hace imprescindible integrar un análisis desde los aspectos geográficos, organizacionales, pedagógicos y tecnológicos ; así mismo, Cabero subraya que la investigación en tecnologías educativas también debe combinar las características particulares de estos círculos en el contexto. (Salinas, 2004; Salinas, 2016; Cabero, 2017).



Ilustración 12. Contexto de la investigación en tecnologías educativas.
Fuente: Cabero (2017).

Metodologías de investigación: el mapa del tesoro.

La metodología contemporánea indica que las técnicas deben adaptarse al planteamiento y no al revés; para definir el enfoque de un estudio, los investigadores deben analizar qué se adapta o qué armoniza más con su planeamiento del problema. Por ejemplo, si lo que se busca es establecer tendencias, se acomodan mejor los estudios cuantitativos, pero si lo que se busca es explorar un fenómeno para obtener un entendimiento más profundo, aplica mejor un enfoque cualitativo; pero si el problema o fenómeno es complejo, el enfoque que más se ajusta es el mixto (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

De tal forma que se requiere asumir una diversidad en la metodología de la investigación, no elegir la metodología obedeciendo las tendencias, sino justificar desde el punto de vista teórico, conceptual y científico las decisiones metodológicas que un investigador toma, este es un criterio que deferencia una buena investigación (Barroso & Cabero, 2010).

Por otra parte, también debe seleccionar cuidadosamente el paradigma de investigación, entendido como ese “conjunto de principios teóricos y metodológicos que condicionan la visión de la realidad y la forma de orientarse para estudiarla”; Reeves (2006), establece cinco paradigmas usados en la investigación en tecnologías educativas, estas son: positivista, interpretativista, crítico, heurístico y de diseño.

El paradigma de diseño tiene una visión compleja de los fenómenos educativos, su objetivo es lograr el impacto positivo en la educación y contribuir al conocimiento de diseño, utiliza múltiples métodos en forma creativa y el investigador se compromete.

2.3 Enseñanza y aprendizaje en la era digital

2.3.1 Vencer la verdadera brecha digital: el reto de la educación

El desarrollo de las ciencias, la economía, las ciudades y las nuevas formas de comunicación se deben en gran medida al protagonismo de las tecnologías en casi cualquier actividad del ser humano; pero “la revolución no ocurre cuando las sociedades adquieren una nueva tecnología, sino un nuevo comportamiento” (Cobo, 2018, p.26) por ello es innegable que la cultura y la sociedad actual es producto de la revolución tecnológica.

Así mismo es preciso reconocer que la revolución tecnológica también afecta el núcleo del proceso de enseñanza – aprendizaje, por las nuevas opciones de acceso y transmisión de información que conllevan nuevas formas de establecer relaciones de comunicación.

La discusión sobre la educación ideal para la nueva era digital pone como antagonistas a los tecnoescépticos y los solucionistas; los primeros defienden una educación humanista y satanizan los efectos nocivos del uso de las nuevas tecnologías, los segundos, por su parte, encuentran en las tecnologías la oportunidad de resolver las carencias y problemáticas de la educación. Al respecto, Selwyn (2016) en el prólogo del libro *La innovación pendiente* de Cobo (2016) denuncia que “Las discusiones sobre la educación y la tecnología todavía tienden a ser perdidamente optimistas... sin pensar mucho en por qué exactamente debería ser así o precisamente qué podría implicar esto” (p. 9).

Lo cierto es que la educación ha sido y será el mecanismo para adaptarnos a las condiciones que impone el medio y la herramienta para imponerle al medio el grado de evolución que deseamos, es así, que la educación ocupa un lugar central en la sociedad de la información, el conocimiento es la mercancía más valiosa y la educación y la formación son las vías para adquirirlo, convirtiéndose en el marco de desarrollo cultural, social y económico de los pueblos. En una expresión de Coll (2004), “la educación... adquiere una nueva dimensión: se convierte en la piedra de toque del desarrollo económico y social” (p. 3).

Por otro lado, nuestros estudiantes no son los mismos de ayer y no serán los mismos mañana, vivimos en un mundo donde lo único constante es el cambio. Esos cambios que experimenta la sociedad se reflejan en la configuración de los cerebros de las nuevas generaciones, en donde no basta con ser un nativo digital, sino sobrevivir en un entorno globalizado, altamente tecnificado y con necesidades cambiantes (Ayala, 2013).

El reto que enfrentan hoy nuestros jóvenes es reducir la segunda brecha digital y para ello necesitan vivir experiencias que les permitan desarrollar competencias y habilidades de orden superior que cultive las potencialidades de un cerebro evolucionado capaz de resolver los problemas que demanda la sociedad del conocimiento. Como lo expresa Cobo (2016) en su libro: *La Innovación Pendiente*: “Nunca ha habido un peor momento para ser un trabajador con habilidades “comunes” porque las computadoras, robots y otras tecnologías digitales están adquiriendo estas habilidades y destrezas a un ritmo extraordinario” (p. 16).

La segunda brecha digital separa a quienes tienen habilidades y competencias para beneficiarse del uso de la computadora de quienes no las tienen, está ligada al capital económico, social y cultural de los estudiantes. La e-madurez consiste en saber cómo, dónde y cuándo adoptar las TIC. El *Mindware*, es pues, la brecha de las competencias y habilidades para el aprovechamiento de las TIC. La sociedad de la información se caracteriza por la globalización, la economía de los

talentos, la educación formal e informal, el *Knowledge broken*, la cultura de masas y las características de las nuevas generaciones (H sapiens digital y generación Eistein) (Cobo & Moravec, 2011).

En esta realidad, las tecnologías educativas emergen a un ritmo acelerado y se tiende a pensar que su uso favorece el aprendizaje, en este sentido es necesario ir más allá del positivismo exagerado, o del efecto novedad e insistir en su potencial como herramientas cognitivas para propiciar aprendizajes significativos, como instrumentos para pensar, aprender, conocer y representar conocimientos y aprendizajes adquiridos y transmitirlos a los otros, incluyendo a otras generaciones. De esta forma se le podrá permitir a los estudiantes desarrollar las competencias y habilidades de orden superior que les exige la sociedad del conocimiento (Castelló & Cladellas, 2013; Cobo & Moravec, 2011; Bustos & Coll, 2010; Salinas, 2016).

2.3.2 Uso psico-pedagógico de las TIC en los nuevos escenarios formativos

Según Salinas, el ámbito del aprendizaje varía en forma vertiginosa, se han configurado nuevos escenarios para el aprendizaje tales como el hogar, el puesto de trabajo, el centro de recursos y los escenarios ubicuos basados en tecnologías móviles. Paradójicamente, mientras las tecnologías avanzan dando lugar a estos nuevos escenarios y se ha generalizado el interés por innovar en este campo, se observa una evolución lenta desde la didáctica y las metodologías a implementar (Salinas, 2016).

Los nuevos escenarios de aprendizaje deberían responder al concepto de la nueva ecología del aprendizaje, en la que adquieren relevancia los aprendizajes a lo largo y ancho de la vida, las trayectorias personales de aprendizaje, el desarrollo de competencias genéricas y transversales y la personalización del aprendizaje, en medio de una sociedad del conocimiento donde el uso de las tecnologías son claves en los cambios culturales y sociales. “Esta nueva ecología del aprendizaje, que se vincula a un modelo educativo emergente en el que la acción educativa estaría distribuida entre diferentes escenarios y agentes educativos, contrasta vigorosamente con la ecología del aprendizaje que sustenta los sistemas educativos actuales, basados en el principio de escolarización universal” (Coll, 2013, p.31).

Cesar Coll (2004) presenta un análisis del papel de las TIC en la mediación de las prácticas educativas desde la perspectiva constructivista de la psicología educativa. Las TIC juegan un papel protagónico en los procesos educativos, permite conjugar elementos como el e-aprendizaje, la riqueza de contenidos multimedia, la navegación personalizada mediante la hipermedia, la facilidad de acceso a la información y servicios por medio del internet, el aprendizaje a lo largo de la vida en los nuevos escenarios formativos que se configuran, con potencialidad para mejorar el aprendizaje. “Pero, ni información es sinónimo de conocimiento ni la recepción o el acceso a la información garantiza el aprendizaje. La información se convierte en conocimiento y el acceso a la información da lugar al aprendizaje cuando actuamos sobre ella, la procesamos, la organizamos, nos la apropiamos, la utilizamos y la confrontamos con otros; en suma, cuando somos capaces de darle significado y sentido” (p. 8).

El aprendizaje intencional es resultado de procesos interactivos y comunicacionales complejos, el aprendiz necesita representar para sí mismo la información y también presentarla y contrastarla con los otros; aquí entran en juego las TIC como medios para comunicar y representar la información y adquieren importancia las características y propiedades del entorno simbólico o semiótico que las TIC ponen a disposición del aprendiz.

La forma de representar y transmitir la información, así como los procesos que implican su interpretación están condicionados por el tipo de sistema simbólico o recurso semiótico utilizado pues cada sistema tiene sus propias reglas, estructuras, signos, restricciones y potencialidades. Por ejemplo, el lenguaje oral, la escritura, el lenguaje matemático, el lenguaje musical, los lenguajes lógicos, los sistemas figurativos como diagramas, mapas, dibujos, las imágenes estáticas o en movimiento (Coll, 2004). Sin duda, “si se define el aprendizaje como construcción de conocimiento en lugar de transmisión, entonces el aprendizaje se convierte en una actividad que principalmente proporciona significados y en la que el estudiante busca construir una representación mental coherente a partir del material presentado”, (Salinas, 2016, p. 11).

Desde la perspectiva de Vigotsky, los sistemas simbólicos son “instrumentos psicológicos”, ya que las personas los usamos para regular nuestros propios procesos mentales y la actividad de las otras personas mediante la interacción y comunicación. Es decir, actúan como mediadores de los procesos individuales (intrapersonales e intramentales) y de los procesos comunicativos y sociales (interpersonales e intermentales) (Coll, 2004).

En este orden de ideas, las TIC son instrumentos psicológicos posibles de mediar y transformar; poseen características que avalan su potencial transformador de las prácticas educativas, como el formalismo, la interacción, el dinamismo, la multimedia, la hiperactividad y la conectividad. En el siguiente esquema se intenta representar la función mediadora de las TIC en el triángulo interactivo con esta perspectiva constructivista (Bustos & Coll, 2010)

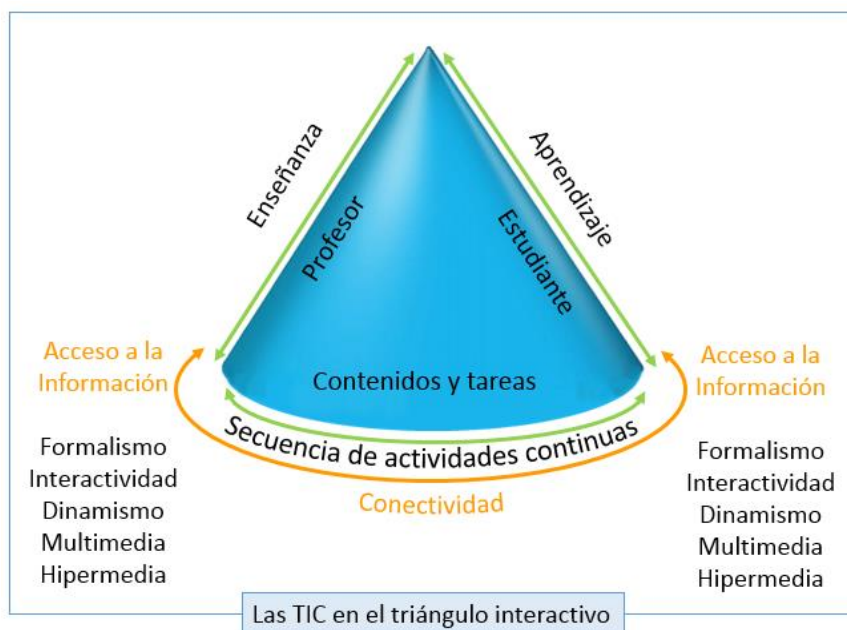


Ilustración 13. TIC en el triángulo interactivo. Versión adaptada de Coll, 2004.

Según Bustos & Coll (2010), el impacto de las TIC sobre las prácticas educativas no depende directamente de su naturaleza, sino de su uso, en este sentido, las prácticas educativas son susceptibles a cambios. No existe una relación biunívoca entre un recurso tecnológico y su uso, de hecho, varios usos de las TIC pueden aparecer simultáneamente en el mismo recurso. Para clasificar sus usos potenciales, pueden tenerse en cuenta criterios como: el equipamiento, el

software, la finalidad, las posibilidades de interacción y comunicación, el carácter presencial o virtual y las concepciones del proceso de E/A.

El potencial de las TIC como instrumentos psicológicos está en mediar los procesos intramentales e intermentales implícitos en el aprendizaje, gracias a que permiten crear condiciones inéditas para operar con la información a partir de la integración de los sistemas simbólicos clásicos.

2.3.3 Herramientas computacionales para la simulación.

En general, un simulador es un escenario físico o digital capaz de reproducir un fenómeno en un ambiente muy parecido al real, con parámetros modificables y variables controladas; particularmente, este estudio se centra en los simuladores digitales.

Desde esta concepción, muchos recursos tecnológicos pueden ser considerados simuladores, se pueden, entonces, enlistar las siguientes tecnologías catalogándolas como herramientas computacionales para la simulación:

- Videojuegos.
- Ambientes multisensoriales con realidad aumentada.
- Prototipos, los entornos de realidad virtual.
- Modelos digitalizados para entrenamiento.
- Laboratorios virtuales.
- Aplicaciones de geometría dinámica y diseño 3D.
- Juegos de negocios.
- Software de modelación de sistemas de producción.
- Herramientas para la toma de decisiones.
- Aplicaciones para análisis de datos.
- Software para interpretación de sistemas dinámicos.

Estos sistemas imitan el funcionamiento de un sistema real en diferentes niveles de complejidad, en medicina, por ejemplo, se pueden encontrar desde maniqués que simulan una parte del cuerpo humano hasta equipos de hardware y software que emulan un cuerpo humano y sus sistemas con alta fidelidad.

¿Los simuladores, una tecnología emergente?

Según González (1999), el término “simulación” se empezó a utilizar desde 1949, como un modelo de un sistema real que se diseña para aprender su comportamiento o evaluar su funcionamiento.

Sin embargo, la simulación data de tiempo atrás, por ejemplo, se usó en el siglo VI a.c. para el entrenamiento de los ejércitos espartanos y hasta nuestros tiempos, han proliferado sus aplicaciones en la enseñanza de competencias específicas en los campos de la medicina, la aeronáutica y la milicia, tal vez por su evidente ventaja de permitir las prácticas minimizando riesgos.

En la tabla 5 se muestra un interesante resumen de la evolución de los simuladores utilizados para la enseñanza y las características en cada una de sus etapas, propuesta por (Ayala, Agudelo, & Lizcano, 2018).

Tabla 5. Evolución de los simuladores. Fuente: (Ayala et al., 2018)

Etapa	Fecha	Características
Los precursores	Siglo VI a. C.	<ul style="list-style-type: none"> • Juegos de guerra creados por el ejército espartano.
	1929 hasta la década de los sesenta	<ul style="list-style-type: none"> • Simuladores de vuelo. • Aplicaciones básicas en el campo militar y de la medicina. • Sin comercialización.
Los pioneros	Década de los sesenta a los ochenta.	<ul style="list-style-type: none"> • Simuladores complejos, capaces de replicar características anatómicas y eventos fisiológicos.
La consolidación	Década de los noventa, primera década del 2.000	<ul style="list-style-type: none"> • Simuladores de tareas específicas quirúrgicas, diagnósticas y de procedimientos. • Aceptación creciente de la simulación como un complemento y a veces como sustituto ventajoso de la formación clínica. • Uso de simulación para evaluación y acreditación de competencias. • Investigación sobre la utilidad de la simulación clínica en el desarrollo de competencias clínicas. • Empresas dedicadas a la investigación, diseño, desarrollo y comercialización.

Entonces, ¿por qué los simuladores se consideran tecnologías emergentes? La eficiencia demostrada para el aprendizaje y su potencial para ofrecer escenarios casi reales que dan significado al objeto de aprendizaje han motivado el auge de estas tecnologías en casi cualquier espacio de aplicación de las ciencias y entrenamientos de competencias prácticos, al punto que para su desarrollo ya se cuenta con estándares y su producción se ha consolidado como un renglón próspero de la economía.

El Informe *Horizon* en varias de sus versiones ha destacado a los simuladores en el análisis prospectivo de innovaciones educativas a implementar, incluso las propone como herramientas para intentar resolver los problemas más desafiantes de la educación para el siglo XXI: la creación de oportunidades de aprendizaje auténticas y el desarrollo del pensamiento complejo; y para explicarlo presenta casos de éxito. (Johnson et al., 2016)

El primer desafío: “oportunidades auténticas de aprendizaje” se refiere al uso de escenarios de aprendizaje que incorporen experiencias de la vida real, como estrategias para ayudar a retener a los estudiantes en la escuela y prepararlos para las exigencias del mundo de una manera que las prácticas tradicionales frecuentemente no logran.

El segundo desafío “pensamiento computacional y comunicación”, habla de la importancia de llevar a los estudiantes a comprender el mundo en red en el que están creciendo y diferenciar la inteligencia humana y la artificial, aprendiendo a usar la abstracción, la descomposición y el razonamiento heurístico en la solución de problemas complejos; pero no en aislamiento, sino permitiendo una aplicación profunda del pensamiento complejo mediante las habilidades comunicativas con un alto nivel de inteligencia social. Esto se hace posible mediante el uso de

tecnologías para colaborar y el aprovechamiento de los datos para sustentar sus ideas, como la web semántica, el Big Data y las tecnologías de modelado y simulación.

Los simuladores y la modelación.

Al representar situaciones “casi” reales y permitir su manipulación, los simuladores propician la aplicación y manejo de modelos, es allí donde radica su potencial para el aprendizaje de alto nivel.

El uso de modelos es habitual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. Al presentar sistemas conceptuales desproporcionados se estimula y valora el cambio conceptual en el estudiante, ya que lo lleva a comprobar sus propios modelos. Jonassen (2004), asegura que construir modelos puede ayudar a construir modelos mentales, por lo cual considera que los estudiantes deberían aprender a construir modelos a partir de un conjunto de fenómenos y esta capacidad se impulsa si los estudiantes utilizan más de una herramienta para su construcción.

Por su parte Schaffernicht (2006), propone el modelado para aprender y saber, desde una concepción del pensamiento en dinámica de sistemas; afirmando que “Lo que no logramos apreciar intuitivamente, el modelamiento nos ayuda aprenderlo” (p. 18).

Muchas veces los estudiantes no demuestran que existen conocimientos estructurales, procedimentales, reflexivos, imaginarios, metafóricos o ejecutivos y creencias sobre los modelos que construyen, porque las herramientas usadas por los estudiantes se basan en un tipo determinado de representación; por ello puede que se requiera usar más de un tipo de herramienta para representar los fenómenos.

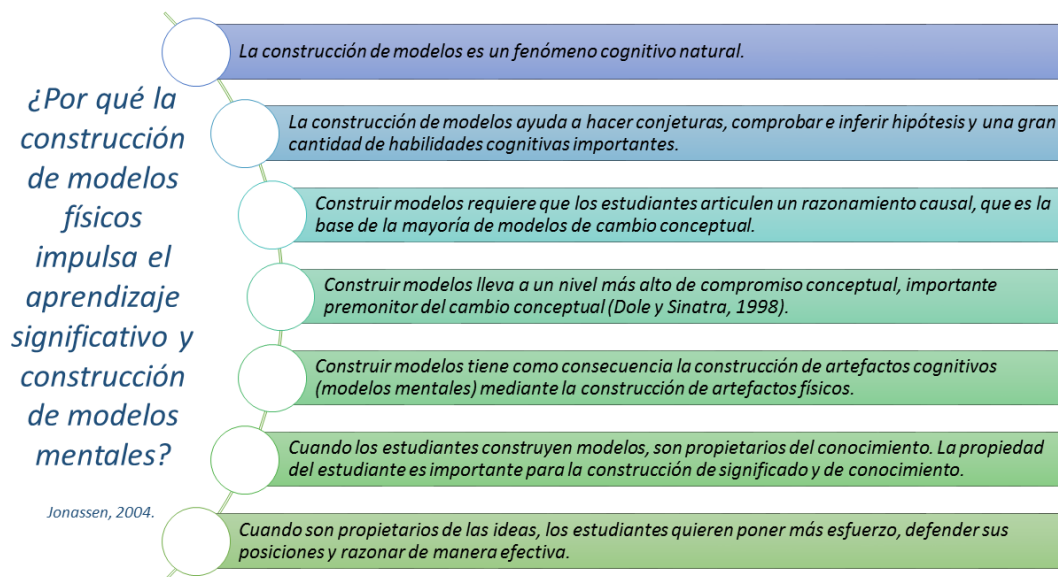
En la tabla 6 se presenta un resumen de los fenómenos que pueden modelarse mediante distintas herramientas computarizadas. (Jonassen, 2004)

Tabla 6. Fenómenos que pueden modelarse. Fuente: Jonassen, 2004

Fenómeno que se modela	Propósito de la modelación	Ejemplos de herramientas
Conocimientos dominantes	Construir modelos de ideas y sistemas dentro de los campos de las matemáticas y la ciencia.	ThinkerTools: Micromundos para construir modelos de principios de trayectorias en el campo de la física. Cabrí para modelar principios geométricos.
Problemas	Desarrollar modelos explícitos de problemas que los estudiantes intentan resolver.	Stella: sistema experto de estequiometría
Sistemas	Estudio del mundo o de un problema complejo desde una concepción de sistema (existen diferentes teorías de sistemas)	Model-it, EcoBeaker: Micromundos que permiten construir reglas sobre la naturaleza del comportamiento en un sistema y comprobar su efecto.
Experiencias	Recoger e indexar historias para construir modelos de las experiencias de las personas que representan diferentes perspectivas y creencias.	RBC: método de inteligencia Artificial para representar los conocimientos de las personas en forma de historias.

Fenómeno que se modela	Propósito de la modelación	Ejemplos de herramientas
Pensamientos	Simulaciones cognitivas: modelos del tipo de pensamiento que necesitan para actuar a la hora de resolver un problema, tomar una decisión o terminar cualquier otra actividad.	Sistemas tutoriales expertos. Herramientas de dinámica de sistemas.

En ese orden de ideas, Jonassen defiende la construcción de modelos ya que insiste en que esto impulsa el aprendizaje significativo y la construcción de modelos mentales. Es así que presenta las siguientes razones:



*Ilustración 14. Razones para construir modelos.
Fuente: Adaptación de Jonassen, 2004.*

Jonassen clasifica las herramientas para la construcción de modelos, de acuerdo con el tipo de modelo que se puede construir y el tipo de manipulaciones que el estudiante puede hacer de sus elementos, variables o relaciones, estas se muestran en la tabla 7. (Jonassen, 2004)

Tabla 7. Tipos de herramientas para construir modelos. Fuente: Jonassen, 2004.

Tipo de herramientas	Características
Herramientas de construcción de simulaciones deductivas	Permiten que el estudiante construya y compruebe modelos de sistemas cerrados controlados por reacción. El modelo de simulación dinámica representa conceptualmente la naturaleza cambiante de fenómenos de sistemas de una forma similar al fenómeno real. En este tipo de herramientas el modelo se concibe y se implementa antes de ser comprobado; se trata de un modelo hipotético-deductivo.
Herramientas de construcción de modelos inductivos de simulación	Permiten construir modelos dinámicos más abiertos de sistemas de fenómeno. Cada vez que se añade un elemento al sistema, se puede comprobar el modelo para observar el efecto del nuevo elemento en el funcionamiento del sistema.
Herramientas de exploración de	Simulaciones construidas para que los estudiantes exploren y experimenten. No explican el modelo implícito.

Tipo de herramientas	Características
modelos de caja negra o simulaciones	Permiten la manipulación de variables y la comprobación de los resultados de estas. Los estudiantes pueden generar hipótesis sobre las relaciones entre las variables y examinarlas.
Herramientas de construcción de modelos causales cualitativos	Permite construir sistemas expertos basados en descripciones cualitativas de relaciones causales. Los sistemas expertos, son programas de inteligencia artificial se basan en modelos del conocimiento, se construye con hechos y reglas si-entonces para la toma de decisiones en todo tipo de problemas.
Herramientas de construcción de modelos Semánticos	Permiten la representación de asociaciones semánticas entre conceptos dominantes dentro de un campo de conceptos, como las herramientas de redes semánticas, el mapeo de conceptos y las bases de datos. No pueden construir modelos de relaciones causales dinámicas.

Desde otro ángulo, el uso de una herramienta de modelación no garantiza que el estudiante aprenda significativamente; Moreira cuenta que en sus clases de física para ingenieros ha tenido estudiantes que utilizan hábilmente el modelado computacional para un fenómeno y quedan encantados con el proceso, pero no entienden el modelo. Es decir, el aprendizaje significativo debe ser subyacente para el uso eficiente de estas tecnologías en el aula. (Moreira, 2018)

Otro aspecto a considerar al usar sistemas de aprendizaje basados en modelos, es la claridad del modelo subyacente. En este sentido, los simuladores pueden ser de caja negra y de caja de cristal. (Jonassen, 2004), en la tabla 8 se explican sus características.

Tabla 8. Tipos de simuladores teniendo en cuenta la claridad del modelo.

Simuladores de caja negra	Simuladores de caja de cristal
Los estudiantes pueden introducir información y manipular las características de los sistemas, comprobando los efectos causales de las manipulaciones teóricas.	El sistema necesita que el estudiante construya el modelo de forma explícita antes de comprobarlo.
El modelo básico que define los parámetros está escondido.	Los estudiantes investigan el modelo subyacente y puede cambiarlo.

Instrumentos para la evaluación de simuladores.

Las herramientas computacionales de simulación, al ser recursos educativos digitales, RED, bien podrían ser evaluadas con las rejillas, grillas o modelos estándar para RED; aun así, algunos autores han utilizado modelos particulares para evaluar simuladores para fines específicos. A continuación, se presenta un comparativo entre varios modelos de evaluación, generales y específicos, que se pueden aplicar a herramientas software de simulación.

- Barroso y Col presentan una guía para evaluación de software educativo de amplia aceptación que valora elementos instrumentales, de contexto y de perfiles de usuario, (Cova, Arrieta, & Aular, 2008)
- El Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2013) propuso una rúbrica para apoyar el arbitraje de los recursos educativos digitales abiertos como parte de la estrategia REDA, Colombia. Este instrumento abarca tres categorías: temática, pedagógica y técnica,

- García, et. al. (2011) proponen un método que combina una función de costo y la Norma ISO/IEC 9126-1 (modelo de calidad y evaluación de herramientas de software).
- Rincon, Alvarez, Perez, & Hernandez (2005) documentan un el Modelo Sistémico de Calidad, MOSCA+, en el cual identificaron 40 criterios y 131 subcriterios que soportan el proceso de evaluación de Software de Simulación de Eventos Discretos, estos criterios los diferencian en 2 categorías: producto y proceso.

La tabla 9 presenta la comparación de estos modelos, teniendo en cuenta ocho ítems: identificación, funcionalidad, confiabilidad / fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenimiento, portabilidad y propuesta didáctica.

Tabla 9. Comparativo características que se evalúan en el software de simulación.

Ítem	Característica	Modelo /autor			
		Método de evaluación García, Escobar, Cadavid, Vásquez.	Modelo MOSCA+ Rincón, Pérez y Hernández	Guía para evaluación de Software Educativo Barroso y Col.	Instrumento de evaluación de REDA MEN
Identificación	Información comercial, técnica, cualitativa. Especificación de requisitos. Documentación y manuales			X	X
Funcionalidad	Ajuste a los propósitos. Seguridad.	X	X		
Confiabilidad / fiabilidad	Capacidad para garantizar resultados científicos.	X			X
Usabilidad	Facilidad de comprensión y aprendizaje. Facilidad en el modelado y las configuraciones. Interfaz gráfica. Operatividad. Instalación.	X	X	X	X
Eficiencia	Rendimiento en relación a la complejidad del proceso. Comportamiento en el tiempo. Uso de recursos.	X	X		
Mantenimiento	características necesarias para realizar modificaciones y/o adaptaciones	X			
Portabilidad	Posibilidad de transferir el software de un entorno a otro	X	X		
Propuesta didáctica	Secuencia de actividades. Instrucciones. Tutorial para trabajo Autodirigido.			X	X

La usabilidad es el criterio que se tiene en cuenta en todos los modelos estudiados y el que menos se considera es el mantenimiento. Una combinación de estos ocho criterios podría dar una visión más integral a la hora de evaluar una herramienta computacional para la simulación.

2.3.4 Aspectos cognitivos del aprendizaje

Aprendizaje significativo

Una de las grandes dificultades que tenemos en la educación es que “hoy día se le llama a todo aprendizaje significativo, el término aparece en cuanto programa y proyecto educativo encontremos, sin saber realmente lo que representa, al punto que, en el fondo sustancial de los procesos, en su gran mayoría, las prácticas docentes actuales están más cerca de parecerse al paradigma de la educación mecánica”; explicó Marco Moreira (2018) en su conferencia en el Congreso Internacional de Mapas Conceptuales, CMC2018. Para él, el aprendizaje significativo va más allá de una teoría de aprendizaje, lo concibe como un paradigma que subyace las teorías, que armoniza con ellas y que garantiza que el estudiante aprenda para la vida (Moreira, 2018).

Jonassen (2004) explica que el aprendizaje significativo es activo, constructivo, progresivo, colaborativo, intencional, conversacional, contextualizado y reflexivo. Para comprender estos principios conviene revisar las teorías de aprendizaje que lo fundamentan.

En su reflexión sobre el aprendizaje significativo subyacente, Moreira argumenta que varias teorías de aprendizaje coinciden en que se puede pensar significativamente, con comprensión, con significado y con capacidad de transferencia; para ello establece la compatibilidad del concepto de aprendizaje significativo en varias teorías de los diferentes autores que se consolidan como marco de referencia desde la pedagogía y la psicología cognitiva, (Moreira, 1997, 2012).

Para Ausubel, el aprendizaje significativo es el mecanismo humano, por excelencia, para adquirir y almacenar una importante cantidad de informaciones representadas en cualquier campo de conocimiento. Las características básicas del aprendizaje significativo son “no-arbitrariedad” y “sustantividad”. Estas dos características del aprendizaje significativo, marcan la extrema diferencia con el aprendizaje mecánico o automático, en el cual la información nueva se relaciona con la estructura cognitiva solamente en forma arbitraria y literal que no representa significado para el sujeto, (Alzugaray, Marino & Carreri, 2015; Moreira, 2012).

Tabla 10. Características básicas del aprendizaje significativo.

Característica	Descripción
No arbitrariedad	El material potencialmente significativo no se relaciona con cualquier aspecto de la estructura cognitiva, sino con conocimientos específicamente relevantes llamados “subsumidores”
Sustantividad	Los signos son medios de representación, el estudiante no incorpora signos en su estructura cognitiva, sino la “sustancia” del nuevo conocimiento, de las nuevas ideas.

Los subsumidores son conocimientos relevantes existente en la estructura cognitiva de quien aprende. Los conocimientos previos deben ser inclusivos y claros, deben estar disponibles y son el andamiaje, puente y organización para la en anclaje de nuevos conocimientos.

Ausubel plantea que, las estructuras se organizan jerárquicamente en términos de nivel de abstracción, generalidad e inclusividad de sus contenidos, de aquí que el valor del significado. Las ideas más generales o con mayor abstracción son jerárquicamente superiores e incluyen,

contienen, subordinan o “subsumen” a las otras ideas. De acuerdo con esto, el aprendizaje significativo puede darse en diversos tipos, según sea el caso, puede ser: representacional, conceptual, proposicional, subordinado, subordinado correlacional, superordenado o combinatorio.

Por su parte, la teoría de Piaget estudia el desarrollo cognitivo. Él prefiere hablar de aumento de conocimiento en lugar de aprendizaje. En esta perspectiva, el desarrollo cognitivo del sujeto se da a través de un proceso de equilibración mayorante, en interacción con el medio físico y sociocultural. El sujeto tiene la iniciativa de interactuar con el medio y construye esquemas mentales de asimilación para abordar la realidad; cuando estos esquemas no consiguen asimilar la situación la mente desiste o reestructura los esquemas mediante la acomodación y es en ese momento en que se da el desarrollo cognitivo, (Moreira, 1997).

Desde otra perspectiva, Kelly propone una teoría de la personalidad, él considera que el progreso del ser humano a lo largo de los siglos no ocurre en función de necesidades básicas, sino que permanentemente busca prever y controlar eventos. Para dar sentido al mundo en el que vive, la persona construye moldes, o plantillas, transparentes y luego intenta ajustarlos a las realidades del mundo. Kelly llamó a estos moldes “constructos personales” y piensa que estos se organizan en un agrupamiento jerárquico que denomina sistema de construcción. Desde su teoría el aprendizaje es el posible cambio que cada persona hace en su propio sistema de construcción al intentar interpretar el universo, (Moreira, 1997).

Otra teoría que Moreira (1997) relaciona es la de Vygotsky, quien asegura que el desarrollo cognitivo no puede entenderse sin referencia al contexto social, histórico y cultural en el que ocurre. Vygotsky considera que el pensamiento, el lenguaje y el comportamiento voluntario son procesos mentales superiores que se originan en procesos sociales; el desarrollo cognitivo es la conversión de relaciones sociales en funciones mentales y está determinado por instrumentos y signos.

Los instrumentos y signos son construcciones socio-históricas y culturales, para la apropiación de estas construcciones, el ser humano tiene que captar los significados ya compartidos socialmente. Para Vygotsky, el desarrollo cognitivo se da a través de la reconstrucción interna o internalización; a medida que el sujeto va utilizando más signos, más se van modificando, fundamentalmente, las operaciones psicológicas que él es capaz de hacer.

Moreira (1997) encuentra una relación lógica entre la teoría de Vygotsky y la teoría de Ausubel, explicado en sus palabras:

En la óptica vygotskyana, la “internalización” de significados depende de la interacción social, pero, así como en la visión ausubeliana, pueden presentarse a la persona que aprende en su forma final. El individuo no tiene que descubrir lo que significan los signos o cómo se usan los instrumentos. Él se apropia (reconstruye internamente) de esas construcciones por la vía de la interacción social (p. 9).

Johnson-Lair presenta otra teoría que es compatible con el aprendizaje significativo, se trata de la teoría de los modelos mentales, esta se profundizará más adelante. En síntesis, Johnson-Laird define que las personas construyen naturalmente representaciones propias internas del mundo real para comprenderlo, estas representaciones pueden ser proposicionales o análogas, a las segundas las denomina modelos mentales y dice que el ser humano los utiliza para comportarse, razonar y tomar decisiones.

Moreira advierte que la teoría de los modelos mentales podría sugerir que los significados usualmente aceptados no son relevantes, sin embargo, el lenguaje juega un papel importante en esta teoría, ya que es por medio de él que la persona logra explicar sus modelos o hacer previsiones sobre un evento o fenómeno, lo cual aclara que Johnson-Laird no deja de lado la construcción social del conocimiento.

Moreira, Ileana & Rodríguez (2002) hicieron un estudio sobre los modelos mentales en la enseñanza de la física y evidenciaron la relación de esta teoría con el aprendizaje significativo. En fin, desde la perspectiva ausubeliana podría decirse que el sujeto aprende significativamente cuando construye un modelo mental y que los modelos mentales consistentes o estables pueden verse como los conceptos subsumidores que incluyen lo nuevo que la persona aprende, así mismo, se puede asociar la no construcción de modelos mentales, con el aprendizaje mecánico, que se contrapone al aprendizaje significativo.

Para finalizar, Moreira (1997) analiza la teoría de Novak, quien adoptó la teoría de Ausubel y enfatizó en el hecho que aprender de manera significativa requiere que quien aprende “quiera” relacionar el nuevo contenido de manera no-literal y no-arbitraria a su conocimiento previo, para proponer lo que él llama su teoría de educación “el aprendizaje significativo subyace a la construcción del conocimiento humano y lo hace integrando positivamente pensamientos, sentimientos y acciones, lo que conduce al engrandecimiento personal” (p. 14).

Según este enfoque, un evento educativo no sólo se intercambian significados, también se intercambian sentimientos, debido a lo cual, el aprendizaje significativo está íntimamente ligado con la predisposición a aprender y con la experiencia afectiva que el estudiante tiene en el evento educativo; por lo tanto, las actitudes y los sentimientos positivos en relación con la experiencia educativa tienen sus raíces en el aprendizaje significativo y, a su vez, lo facilitan.

Es así que Moreira (1997) concluye que las teorías analizadas, aunque sean cognitivistas o humanistas, son todas constructivistas y que el aprendizaje significativo subyace a la construcción humana, es por tanto, un concepto supra-teórico. En la tabla 11 se presenta un breve resumen.>

Tabla 11. El aprendizaje significativo desde el marco teórico

Autor	¿Qué estudia?	Conceptos claves
Ausubel (1963)	El aprendizaje significativo.	Subsumidores No arbitrariedad Sustantividad
Piaget (1971)	El desarrollo cognitivo.	Asimilación Acomodación Adaptación Equilibración
George Kelly (1963)	La personalidad.	Constructos personales Sistema de construcción
Lev Vygotsky (1987)	La interacción social.	Instrumentos y símbolos. Internalización.
Philip Johnson-Laird (1983)	Las representaciones mentales	Modelos mentales
Joseph Novak (1977)	Aprendizaje significativo humanista	Pensamientos, sentimientos y acciones. Aprendizaje significativo subyacente.
Marco A. Moreira (2010)	Aprendizaje significativo crítico	Aprendizaje significativo y cultura

Ahora bien, no es una novedad la queja sobre un sistema educativo y una enseñanza que no responde a las necesidades reales de la sociedad, William Ospina, un escritor colombiano, en su libro de ensayos “La escuela de la noche”, hace fuertes críticas mostrando cómo, a través de la historia, la formación académica dista de ser la educación para la vida.

Pero más allá de la queja o la crítica, este debería ser un cuestionamiento permanente, al respecto, Moreira (2000) encuentra su inspiración en las reflexiones de Postman & Weingartner en su libro “La enseñanza como una actividad subversiva”, así como en la teoría del aprendizaje significativo humanista de Novak para plantear una propuesta que denominó “el aprendizaje significativo crítico” y que es una perspectiva antropológica que permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella.

Esta perspectiva del aprendizaje significativo puede resultar pertinente para el momento histórico de la sociedad digital; según Moreira (2010), el individuo puede participar de las actividades de un grupo social y aprender significativamente de ellas, pero, está en la capacidad de configurar su propia estructura mental y notar cuando las ideologías, mitos, creencias y cultura del grupo se alejan de su propia lógica para no dejarse someter, en sus palabras, el estudiante “podría lidiar con el cambio sin sentirse dominado y lidiar con la información sin sentirse impotente ante su gran disponibilidad y velocidad de flujo, beneficiarse y desarrollar la tecnología sin convertirse en tecnófico” (p. 6).

Para terminar, es imprescindible aclarar cuáles son los resultados esperados del aprendizaje desde esta perspectiva. El carácter significativo de lo que aprendemos está dado por la necesidad y la intensión. Para este estudio se adopta la perspectiva psicológica de Jonassen (2004), quien asegura que los modelos mentales y el cambio conceptual son las concepciones que más se acercan a la significación.

El cambio conceptual radical es producido por las perturbaciones creadas en los propios conceptos y que ponen en duda la comprensión, los estudiantes deben usar sus experiencias u otros procesos altamente atractivos para comparar sus conceptos.

El constructivismo

El constructivismo es uno de los fundamentos teóricos de educación más referidos, incluso llega a darse de una forma tan amplia y genérica que en algunos casos resulta contradictorio. Al respecto, Coll explica que la variedad de enfoques y propuestas del constructivismo tienen diferencias considerables al referirse a la educación escolar y esto depende tanto de las teorías psico-pedagógicas en que se referencian, como en la forma de responder a los diferentes modos de uso de la teoría y la forma de concebir la educación escolar desde su naturaleza y sus funciones. (Coll, 1996)

A través de la historia se ha visto que la psicología científica sirve como marco global de referencia para guiar, orientar y dar coherencia a la propia teoría educativa y a la práctica profesional de los maestros. Es así que, Coll distingue cinco teorías del desarrollo del aprendizaje que sirven como paradigmas explicativos a los diferentes enfoques del constructivismo, tal como se muestra en la tabla 12

Tabla 12. Teorías globales del desarrollo del aprendizaje que fundamentan el constructivismo.

Referentes	Teorías globales o paradigmas explicativos
Piaget, Escuela de Ginebra	Teoría genética del desarrollo intelectual
Ausubel, Novak y Growin	Teorías del aprendizaje verbal significativo, teoría de los organizadores previos y la teoría de la asimilación.
Vygotski	Teoría sociocultural del desarrollo del aprendizaje
Bruner y Miller.	Teorías del procesamiento humano de la información
	Otras teorías del desarrollo y del aprendizaje

Cuando se selecciona una única teoría global, esta puede ser una buena plataforma para analizar, comprender y mejorar la práctica pedagógica; sin embargo, se corre el riesgo de olvidar la larga lista de factores o dimensiones implicados en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Si, por el contrario, se da una solución ecléctica que combine varias teorías psicológicas, como una colcha de retazos, se puede caer en el embrollo de perder el hilo conductor y la coherencia en ese esquema global. (Coll, 1996).

En respuesta, Coll (1996) propone una concepción constructivista de la educación y de la enseñanza, que integra en forma jerárquica los principios teóricos. Para él, resulta ineludible la cuestión de analizar la naturaleza, las funciones y las características de educación escolar, por consiguiente, plantea que la educación escolar es una práctica social que debe buscar el desarrollo personal del estudiante y su proceso de socialización.

Así mismo, Coll considera que el catálogo de factores o dimensiones implicadas en el proceso de enseñanza y aprendizaje es bastante extenso y no se puede obviar, lo que sugiere una búsqueda del sustento teórico de los núcleos explicativos, mediante la investigación interdisciplinaria, evitando el solucionismo psicológico, (Coll, 1996).

Ahora bien, en el contexto de la educación para el siglo XXI, Jonassen (2004) critica que muchos ven la salvación de la educación en la tecnología, por ello insiste en que los educadores deben ir más allá a indagar sobre la naturaleza del proceso de enseñanza / aprendizaje, pues, probablemente sin esa reflexión la tecnología no podría tener efectos favorables en las prácticas formativas. De este modo plantea que el constructivismo, desde la perspectiva del aprendizaje significativo de Ausubel, puede fundamentar una la formación que lleve a los estudiantes a un nivel profundo de pensamiento.

Aprendizaje basado en problemas (ABP)

Desde la antigüedad se ha utilizado la resolución de problemas como una metodología de aprendizaje, pero es en la década de los 70 que se consolida como una metodología en la facultad de medicina la Universidad de McMaster, Canadá, cuando se propone como una forma de llevar a los estudiantes, además de adquirir conocimientos, a desarrollar competencias y habilidades para su trabajo.

Savery (2015) explica que ABP es un enfoque educativo y curricular centrado en el alumno que hace que los alumnos emprendan una investigación, integren teoría y práctica y apliquen conocimientos y habilidades para desarrollar una solución viable a un problema definido. Para el éxito del enfoque es fundamental la selección de problemas mal estructurados y un tutor que guía el proceso de aprendizaje y lleva a cabo un informe final al final de la experiencia de aprendizaje (p.7).

En esta metodología se destaca el trabajo en equipo por parte de docentes y estudiantes, desde el planteamiento del problema, hasta su resolución, de hecho, la colaboración provee el escenario propicio para el desarrollo de competencias para el trabajo, ya que, en la vida real, ningún profesional se enfrentará solo a un problema. Además, se recomienda buscar la máxima integración de las diferentes disciplinas o asignaturas, para lo cual es muy útil la colaboración entre los maestros (Savery, 2015)

El rol del docente se plantea como una “tutoría”, guía de forma activa, pero, discreta el proceso, lo que permite que el estudiante adquiera independencia progresivamente en la adquisición de conocimientos y su aplicación a la resolución de problemas, no sólo los planteados por el docente, sino que desarrolla la capacidad de trasladar lo aprendido a otras situaciones similares en otros contextos en las distintas facetas de su desarrollo laboral.

El rol del estudiante es activo y autónomo. El estudiante aprende a: trabajar en equipo, identificar sus objetivos de aprendizaje, a gestionar su tiempo de forma eficaz, a identificar qué aspectos del problema ignoran o necesitan explorar con más profundidad, a investigarlos por su cuenta y a dirigir su propio aprendizaje. Las tareas a desarrollar por parte del estudiante pueden ser de discusión, de estrategia, de estudio o de aplicación (García, 2008; Marra et al., 2014)

Por su parte, Guillamet (2011), en su estudio sobre la influencia del ABP en la práctica profesional, afirma que además de lo anterior, el estudiante desarrolla el pensamiento crítico, el aprendizaje grupal, capacidad para transmitir ideas, la visión holística y con todo ello lo prepara para el éxito en la vida profesional. Desde otro punto de vista, Lermenda (2007) expone que estas características de los estudiantes no sólo se favorecen con el ABP, sino que los plantea como requerimientos mínimos esenciales, añadiendo a los anteriores el desarrollo de destrezas propias de la disciplina.

La concordancia con la realidad es un factor esencial en el ABP, las simulaciones de problemas favorecen este aspecto, así mismo es importante que lo que los estudiantes investiguen por su cuenta tenga aplicación en la resolución de los problemas prácticos (Savery, 2015)

En el ABP la discusión en grupo cumple funciones importantes de naturaleza intelectual, social y afectiva; por lo cual se recomienda estar atentos a su funcionamiento en lugar de esperar a que se den espontáneamente. En el mapa conceptual de la ilustración 15 se explican estas funciones.

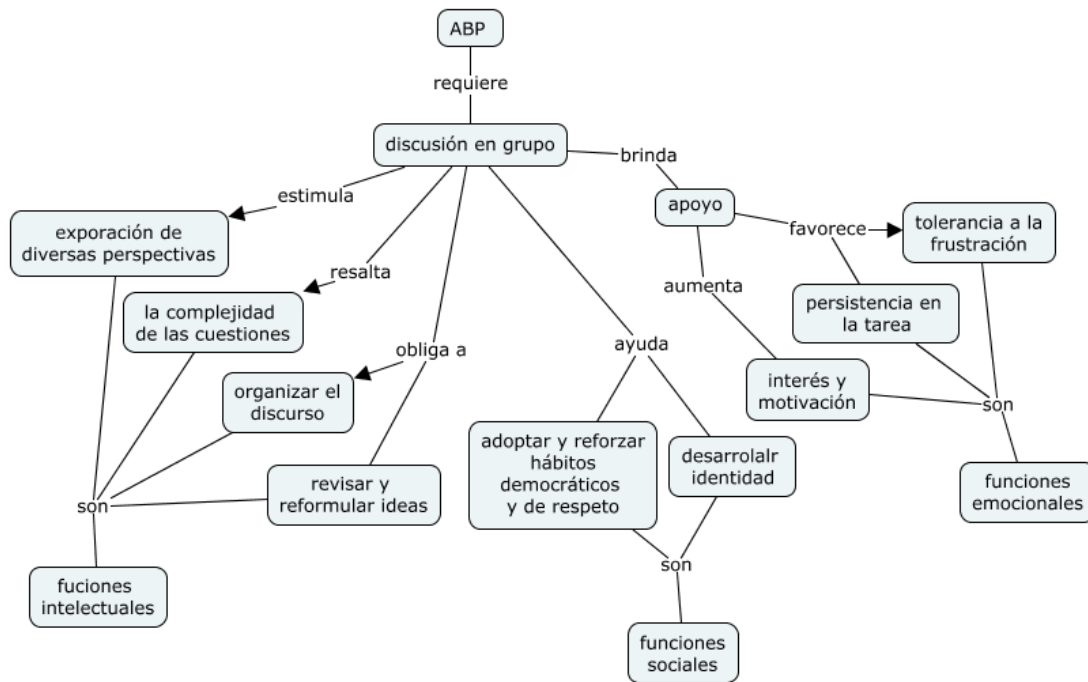


Ilustración 15. ¿Cuál es la importancia de la discusión en grupo en el ABP?
Fuente: Basado en García (2008).

García (2008) establece una comparación entre los procedimientos empleados en el método de los siete saltos o pasos de Maastricht, el método ABP de Hong Kong y el ABP 4x4; finalmente documenta la experiencia en la Universidad de Murcia con el método de los 7 pasos, como lo muestra la ilustración 16.

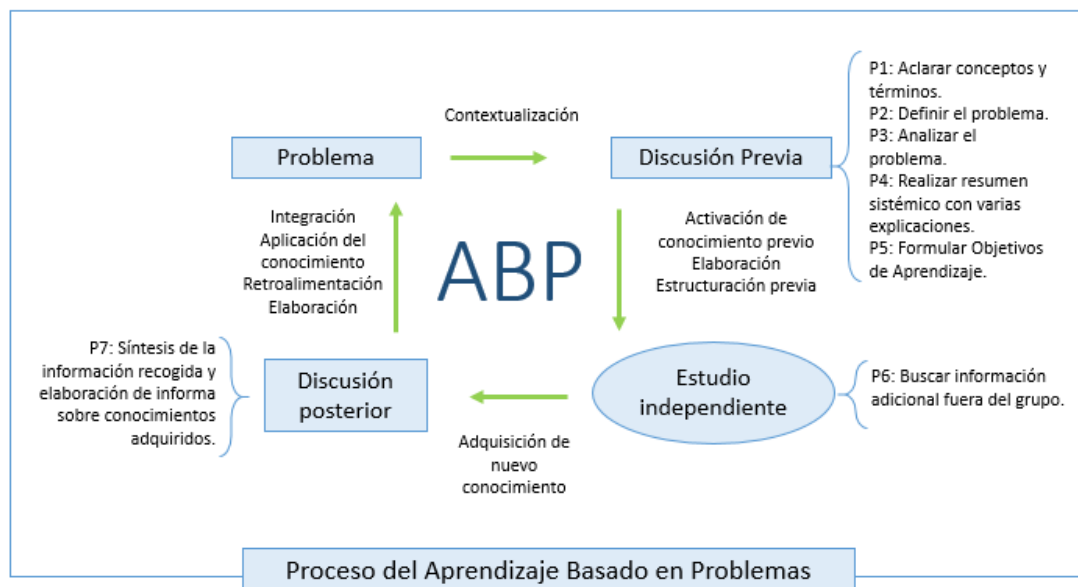


Ilustración 16. Proceso del ABP.
Fuente: García (2008).

En el ABP adquiere especial importancia la preparación del problema, es por ello que se sugiere que los docentes se tomen su tiempo y lo hagan en grupos interdisciplinarios. En este proceso debe temerse en cuenta la relevancia, el ámbito y la complejidad del problema. Al respecto,

Savery (2015) afirma que “las simulaciones de problemas utilizados en ABP deben ser mal estructurados y permiten la libre investigación” (p. 8)

Resulta crítico plantear problemas relevantes para mantener el interés de los estudiantes, para ello, los problemas deben centrarse en sucesos corrientes de la vida del estudiante, situaciones reales propias de una disciplina o situaciones que estén ocurriendo en el contexto real que rodea al estudiante. Por otra parte, los problemas deben permitir preguntas abiertas, esto permitirá que el estudiante encuentre contextos amplios para su aplicación y lo preparará para un desempeño en la vida real, (Jonassen, 2015; Lermada, 2007; Marra et al., 2014).

En cuanto al ámbito, un buen planteamiento del problema le permite al docente garantizar que el estudiante descubra la información que se requiere, para ello es necesario identificar los conceptos más importantes del problema y asegurar la disponibilidad de fuentes de información.

La complejidad del problema ayuda a asegurar que no hay una sola respuesta correcta. Para que los problemas sean complejos deben planearse de manera ambigua, es decir, deben ser “mal estructurados” (García, 2008; Jonassen, 2015) . En la tabla 13 se presenta la comparación entre los problemas bien estructurados y mal estructurados.

Tabla 13. Comparación entre los problemas bien estructurados y los mal estructurados.

Problemas bien estructurados	Problemas mal estructurados
Tienen soluciones convergentes.	Poseen soluciones divergentes o múltiples Poseen distintas vías o formas de llegar a la solución.
Requieren aplicación de un número limitado de reglas y principios, generalmente de modo algorítmico. Las soluciones requieren el uso de procesos lógicos y algorítmicos.	Requieren aplicación de reglas o principios variados, de modo heurístico. Hay incertidumbre acerca de los conceptos, reglas y principios necesarios para la solución.
Actúan sobre parámetros bien definidos.	Presentan menos parámetros, con lo cual son menos manipulables.
Todos los elementos y procesos necesarios para resolver el problema son conocidos.	Uno o varios aspectos de la situación del problema (por ejemplo, estado inicial, estado final, y el conjunto de operadores para ir del estado inicial al final) no están bien especificados.
Toda la información necesaria para resolver el problema está en el texto del problema.	La información necesaria para resolver el problema no está contenida en el texto del problema.
Normalmente se refiere a una sola disciplina.	Es inherentemente interdisciplinar pues requiere la integración de contenidos de diversos ámbitos o dominios disciplinares.
En el contexto de una asignatura, el problema es posterior a la teoría y la ilustra o permite practicarla.	En el contexto de una asignatura, el problema se puede presentar al principio, sin enseñar todos los contenidos

Problemas bien estructurados	Problemas mal estructurados
Habilidades cognitivas requeridas más simples.	Habilidades cognitivas requeridas más complejas, mayor carga de la memoria de trabajo, mayor reflexión sobre los contenidos del problema; necesidad de habilidades metacognitivas (planificación, supervisión y revisión o evaluación de lo conseguido); habilidades de argumentación o justificación.
Proceso de resolución más secuencial.	Proceso de resolución largo, dialéctico, cíclico o iterativo (definir, clarificar, sintetizar, redefinir, volver a clarificar, etc.)
Evaluación del resultado comparándolo con la única respuesta correcta disponible en el manual o por el profesor.	Evaluación del resultado en términos de viabilidad de la solución propuesta por el grupo.

Como se observa, las características propias de los problemas mal estructurados son las que permiten su grado de complejidad, lo cual conlleva a buscar soluciones interdisciplinarias y ayuda a distinguir el grado de experticia de los estudiantes.

El concepto de la interdisciplinariedad en las soluciones del problema se explica claramente en el estudio de Lermenda (2007) sobre el ABP en formación médica, donde afirma que:

durante el autoaprendizaje, los alumnos debieran ser capaces de obtener, estudiar e integrar la información de todas las disciplinas que podrían estar relacionadas con la comprensión y solución del problema específico con el cual están trabajando, tal como el médico recupera y aplica información integrada de estas diversas fuentes para diagnosticar y tratar su paciente (p. 137)

Finalmente es deber mencionar que en la evaluación en el APB se realiza a lo largo del proceso, se evalúa la competencia, por lo tanto, los resultados de aprendizaje se asumen como la construcción de significados y el desarrollo de estrategias para abordar los problemas y tareas. Dados los distintos procesos que se desarrollan en la metodología del ABP, es clave diferenciar los procesos de los productos, ya que los dos son objeto de la evaluación, se requieren variedad de procedimientos y medios para evaluar tanto el proceso como los resultados.

La evaluación por pares y la autoevaluación tienen lugar en el ABP, se hacen de forma crítica y reflexiva y son útiles para valorar aspectos como la interacción social y los aportes en la realización de la tarea. Además, la habilidad de identificar el propio conocimiento y monitorear el avance personal aporta al desarrollo de las capacidades para el autoaprendizaje a largo plazo y la habilidad de proveer feedback preciso a colegas es una importante capacidad de la práctica profesional, (García, 2008; Guillamet, 2011; Lermenda, 2007).

Aprendizaje experiencial

Marta Romero, en su estudio sobre el aprendizaje experiencial y las nuevas demandas formativas, afirma que “aunque puede ser considerado como la forma más primitiva y auténtica de aprendizaje, en la actualidad, existe un interés creciente por estudiar sus peculiaridades, de modo que pueda ser utilizado de forma consciente y programada, como vehículo formativo”, (Romero, 2010, p. 94).

Romero (2010) ofrece un marco teórico para el aprendizaje experiencial en el que aborda las teorías pioneras de Dewey (1938), Itin (1999), Realin (2000) y Epstein (1999), concluye que todas las teorías mencionadas reconocen el potencial natural de la experiencia para provocar un conjunto de estímulos en el sujeto que aprende y advierten que la experiencia no es suficiente para provocar el aprendizaje, sino que se requiere un proceso reflexivo en donde juega un papel decisivo la inteligencia racional para para interpretar y aprovechar los estímulos y la información proveniente del medio.

La ilustración 17 muestra la representación gráfica de los modelos teóricos mencionados.

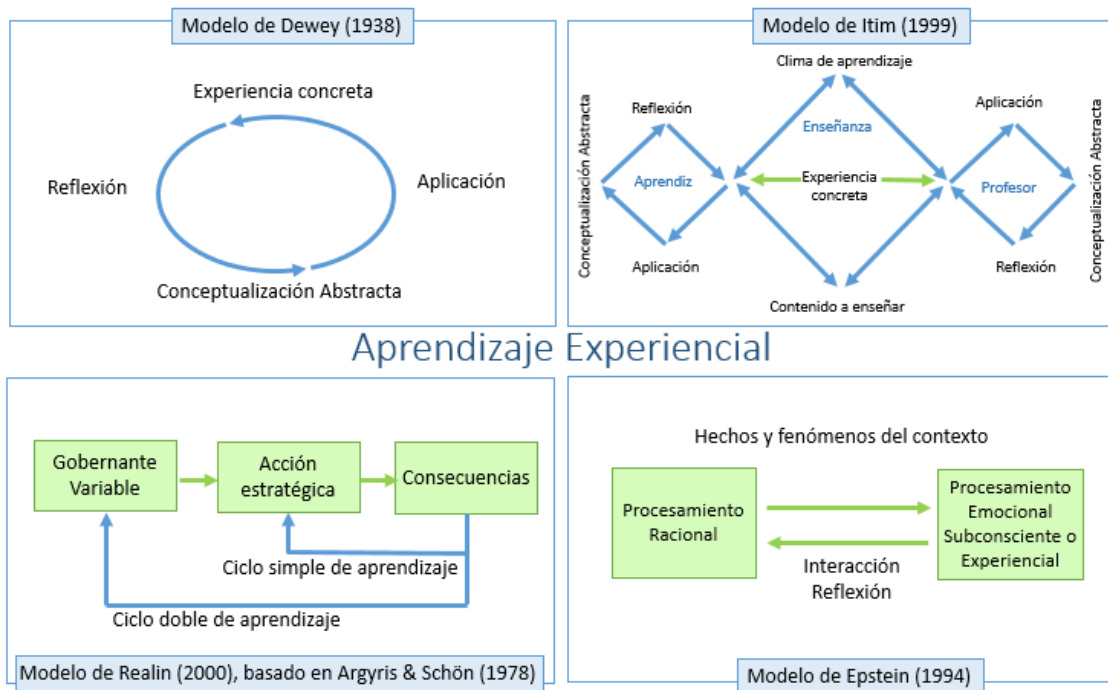


Ilustración 17. Modelos de aprendizaje experiencial.
Fuente: Adaptación de Romero (2010) y otros

A continuación, se presenta un breve resumen de estas aproximaciones teóricas citadas por Romero (2010).

Dewey presenta el aprendizaje como un proceso cíclico en el que los individuos le encuentran significado a su interacción con el medio, según su teoría, para que ocurra un verdadero aprendizaje se requiere la participación e implicación cognitiva del sujeto, es decir cuando se interesa en buscar sentido a lo experimentado y lo relaciona su propio conocimiento previo para desarrollar nuevas estructuras conceptuales que le permitirán aplicar lo aprendido en otras situaciones.

Itin, enriquece la teoría de Dewey, añadiendo a los ciclos una red de interrelaciones entre el entorno, el educador y el aprendiz. De esta forma se resalta el rol del educador como orientador y dinamizador del proceso, encargado de seleccionar un contexto que permita una experiencia rica en estímulos de aprendizaje y se compromete a incentivar la curiosidad y el interés del aprendiz. Según Itin el el aprendizaje experiencial es un proceso formativo en el que se involucra al individuo físicamente, socialmente, intelectualmente, cognitivamente y emocionalmente a través de una experiencia concreta, que le ofrece un reto, no exento de un nivel medurado de riesgo y posibilidad de fracaso.

Por su parte, Raelin retoma la iniciativa de Argyris and Schön (1974) sobre las teorías de la acción, aprendizaje de doble ciclo y aprendizaje organizativo. Raelin sostiene que la construcción de conocimiento a través de la práctica implica una intensa actividad cognitiva por parte del sujeto, que se esfuerza por encontrar sentido e interpretar el mundo, lo que implica un aprendizaje de segundo o tercer orden.

El aprendizaje de tercer orden es un aprendizaje reflexivo, como consecuencia de la interpretación profunda de la experiencia vivida; parte de la necesidad de resolver problemas en contextos complejos y multidisciplinares y la necesidad de buscar respuestas lleva al sujeto más allá, hasta el punto de cuestionar hipótesis ampliamente aceptadas y revisar o modificar ideas fuertemente arraigadas. Por esta razón, la teoría de Raelin se vincula con las corrientes constructivistas que abordan los procesos de cambio conceptual, o modificación de las estructuras cognitivas del sujeto.

Por último, Romero describe el modelo de Epstein, en el cual se consideran dos modos interactivos para procesar los hechos y fenómenos que nos rodean: uno racional y otro emocional.

En esta corriente se defiende la necesidad de considerar la participación del cerebro emocional en el procesamiento de la experiencia como uno de los mecanismos naturales operantes en el ser humano, ya que el subconsciente frecuentemente guía el comportamiento del sujeto de forma intuitiva y le permite responder a situaciones de forma más eficaz, que el procesamiento racional.

Considerar el modo racional para procesar las experiencias puede ayudar a adquirir un mejor conocimiento, control y aprovechamiento de las potencialidades de cada individuo. Este modelo está en consonancia con las corrientes que defienden el papel de la inteligencia emocional y la importancia de dotar a los individuos de estrategias para desarrollarla.

Otros autores que apoyan esta teoría resaltan la importancia de potenciar la reflexión, como instrumento eficaz para tomar consciencia del procesamiento intuitivo o experiencial de la información. De esta forma, el individuo sería capaz de analizar el conocimiento tácito presente en las situaciones reales, e integrarlo con el conocimiento explícito y racional.

Por otra parte, el lugar donde se desarrolla la experiencia es uno de los factores decisivos, al respecto se han publicado estudios que relacionan las experiencias fuera del aula y las salidas pedagógicas como estrategias que permiten la relación del individuo con los estímulos del contexto real, estimulan el interés y la curiosidad del individuo por aprender, involucrándolo en su propio proceso de aprendizaje. Nuevamente se insiste en el papel clave de la reflexión para garantizar la construcción de conocimiento a partir de la experiencia, las experiencias fuera del aula también por favorecer la construcción de un conocimiento contextualizado y especialmente significativo, fruto de la interpretación de aquello que se percibe.

Para tener éxito en una visita también adquiere relevancia tener en cuenta a quién van dirigidas, de modo que se puedan adaptar al nivel de desarrollo y de madurez de los destinatarios, así como a sus intereses y motivaciones. Por lo tanto, es crucial conocer las capacidades y el conocimiento previo de los estudiantes.

Otros estudios han demostrado que la preparación previa a la experiencia fuera del aula (debates, discusiones y explicaciones) favorece la motivación, interés y predisposición de los estudiantes. Así mismo, se ha determinado la conveniencia de encontrar un equilibrio adecuado

en el grado de estructuración de las actividades, de manera que no se propongan tareas ni demasiado abiertas, ni excesivamente rígidas.

Una de las principales limitaciones más sentidas que afrontan estas estrategias de aprendizaje fuera del aula o visitas pedagógicas es la falta de recursos de las instituciones educativas, a pesar de ello, muchas instituciones las promueven, tal es el caso del Manifiesto por el Aprendizaje Fuera del Aula, este es un movimiento en el Reino Unido a favor de la integración del aprendizaje experiencial, junto con la enseñanza formal.

2.3.5 Modelos Mentales

La teoría de los modelos mentales es el pilar central de este trabajo investigativo, para su análisis también se construyó una red de mapas conceptuales, organizada como lo muestra el mapa inicial de la ilustración 18.

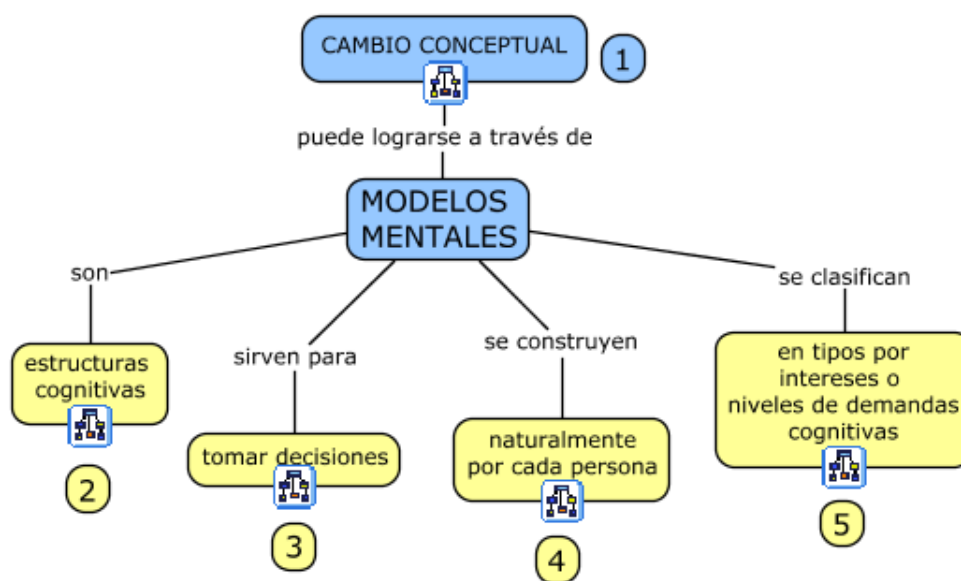


Ilustración 18. Modelos Mentales. Parte inicial.

En síntesis, para este estudio, el resultado deseable del proceso de enseñanza – aprendizaje es el cambio conceptual, al que se puede llegar a través del trabajo con modelos mentales. Las personas somos constructores naturales de modelos mentales, estos son estructuras cognitivas internas que simulan o representan análogamente el mundo y sirven para tomar decisiones, es decir son la base del razonamiento. Existen diferentes tipos de modelos mentales de acuerdo con el interés del individuo o grupo por construirlos y las demandas cognitivas que representan.

Fundamento teórico de los modelos mentales

Los antecedentes de la teoría del modelo: El primero en hablar de modelos fue Charles Sanders en 1896 quien explicó el proceso de razonamiento humano basado en experimentos mentales para concluir una verdad, luego el psicólogo Kenneth Craik en 1943 propuso que la mente construye modelos a pequeña escala para razonar.

Otro antecedente es la teoría de la imagen, propuesta por Wittgenstein en 1922, que explica que la imagen tiene una estructura que corresponde a la estructura que representa. (Khemlani, 2018)

En los 90 Philip Nicolas Jonson-Laird propuso la teoría de los Modelos Mentales que sigue aún vigente, también la llama "*the model theory*"; desde entonces, se han publicado muchos estudios sobre el tema en el campo de la psicología y las ciencias cognitivas que comprueban que el razonamiento humano se basa en modelos mentales y que explican la diferencia entre el razonamiento intuitivo (sistema 1) y razonamiento deliberativo (sistema 2); sin embargo, Johnson-Laird, Goodwi & Khemlan (2017) advierten que esta teoría está lejos de ser perfecta y todavía no está completa.

Johnson-Laird (2010) explica la importancia de los modelos mentales para el razonamiento humano así:

El razonamiento humano no es simple, limpio e impecable. No es una prueba en lógica. En cambio, no hace una distinción clara entre deducción, inducción y abducción, porque tiende a explotar lo que sabemos. El razonamiento es más una simulación del mundo desarrollado con todo nuestro conocimiento relevante que una manipulación formal de los esqueletos lógicos de las oraciones. Construimos modelos mentales, que representan distintas posibilidades, o que se desarrollan en el tiempo en una secuencia cinemática, y basamos nuestras conclusiones en ellos (p. 7).

La teoría de los modelos está sustentada también en estudios experimentales desde las neurociencias que investigan la activación de zonas neuronales, demostrando que las personas utilizan los modelos mentales para hacer deducciones causales, (Khemlani, Barbey, & Johnson-Laird, 2014)

Pero, la teoría de los modelos enfrenta un gran desafío, según Jones et al. (2011), se requiere mejorar los métodos de elicitación de los modelos mentales, los cuales deberían poder integrar la complejidad de los sistemas dinámicos y ser capaces de representar de manera clara y legítima el pensamiento de las personas.

Ahora bien, respecto a la importancia que tiene la teoría de los modelos mentales para la educación, Moreira et al. (2002) concluyen que:

La Psicología Cognitiva contemporánea y, en particular, la teoría de los modelos mentales, por su relación con los modelos conceptuales de las Ciencias, parece ofrecer una rica oportunidad de acercamiento entre la investigación y el desarrollo curricular e instruccional en la enseñanza de las Ciencias, p. 21.

Otros autores que se incluyen en este marco de referencia son: Solaz-Portolés & Sanjosé (2008), quienes hacen un estudio experimental con estudiantes de bachillerato para comprobar la teoría de los modelos mentales en la resolución de problemas, y Jonassen (2004), quien incorpora esta teoría para explicar la necesidad de la modelación que favorece el aprendizaje significativo en entornos educativos con TIC.

El cambio conceptual y los modelos mentales

Para empezar, en este estudio se entiende que el cambio conceptual radical consiste en la modificación o sustitución de los modelos conceptuales, que son consistentes con el conocimiento científico, estos se pueden aprender o enseñar a través de los modelos mentales.

En el mapa conceptual de la ilustración 19 se describe qué se entiende por cambio conceptual. Jonassen expone que se trata de un proceso evolutivo en el cual el aprendiz transforma y amplía sus estados de conocimiento y de esta forma logra conformar un nuevo sistema conceptual.

Este proceso implica el cambio de los conocimientos previos, es decir, las ideas y conocimientos científicos y naturales que forman la estructura actual de conocimientos de las personas, así como el aumento de la coherencia de las teorías implícitas y la forma como la persona interpreta el mundo.

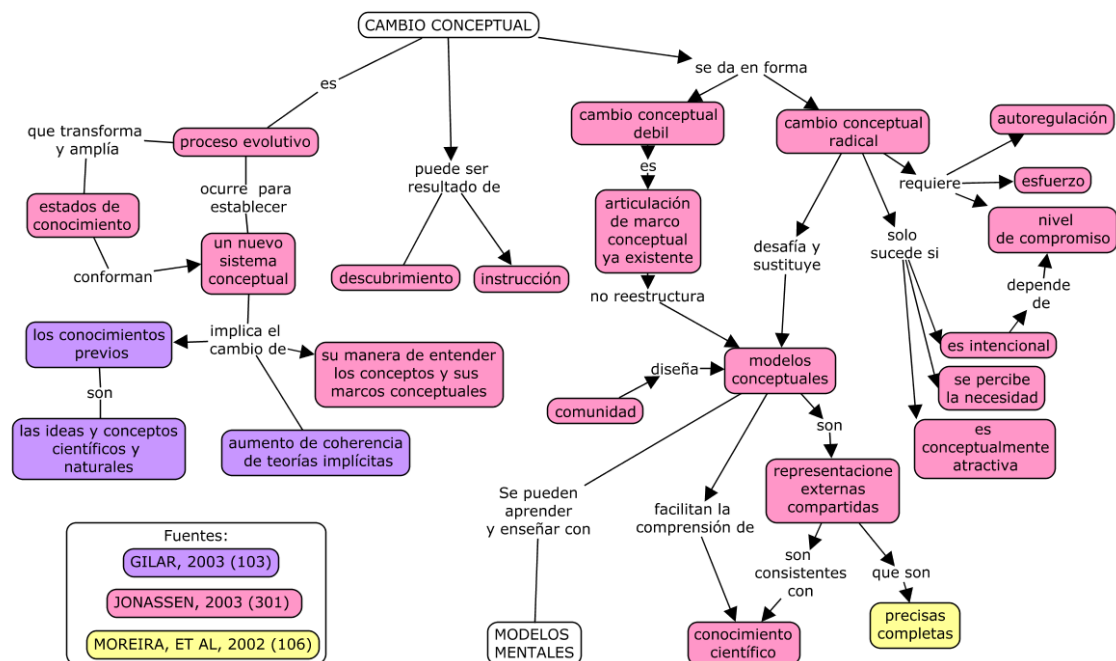


Ilustración 19. ¿Qué es el cambio conceptual?

El cambio conceptual se puede ser el resultado de un proceso natural o de la instrucción intencional, y puede darse en forma débil o radical. El cambio conceptual débil consiste en la articulación del marco conceptual ya existente, este cambio no reestructura los modelos conceptuales.

El cambio conceptual radical requiere autoregulación, esfuerzo y nivel de compromiso por parte del aprendiz, sólo sucede si es intencional, si se percibe la necesidad o si es conceptualmente atractivo. La intencionalidad depende del nivel de compromiso del aprendiz.

Sólo el cambio conceptual radical llega a desafiar o sustituir los modelos conceptuales.

Estos modelos conceptuales son representaciones externas compartidas, precisas y complejas, son diseñados por la comunidad, son consistentes con el conocimiento científico y pueden tanto aprenderse como enseñarse a través de modelos mentales.

Jones (2011) y Moreira (2002) explican el concepto de modelo mental a partir de la teoría del modelo de Johnson- Laird, según ellos, las representaciones mentales son recreaciones internas, concretas, representaciones alternativas o formas de ver que se pueden entender como objetos mentales; existen tres tipos de representaciones mentales, a saber: las imágenes analógicas, las proposiciones y los modelos mentales. Esto se explica con el mapa conceptual de la ilustración 20.

Las proposiciones son una unidad de significado que pueden ser abstractas o discretas, estas últimas son individuales y están organizadas por reglas; están estructuradas en un lenguaje de la mente o código de máquina que no siempre corresponde al lenguaje utilizado en la comunicación, es una especie de lenguaje no consciente y universal de la mente que algunos psicólogos denominan “mentales”, sin embargo, se pueden expresar verbalmente.

Las imágenes analógicas no tienen sintaxis y pueden ser representaciones sensitivas, representan cómo son las cosas desde un punto de vista en particular, así que la imagen en sí será la misma sin importar desde qué punto se ve, ya que no tienen aspectos distintivos de estados o instancias de las cosas o eventos. Las imágenes visuales son icónicas, por lo que podrían subyacer al razonamiento y su uso toma más tiempo en la memoria de trabajo que los otros tipos de representaciones.

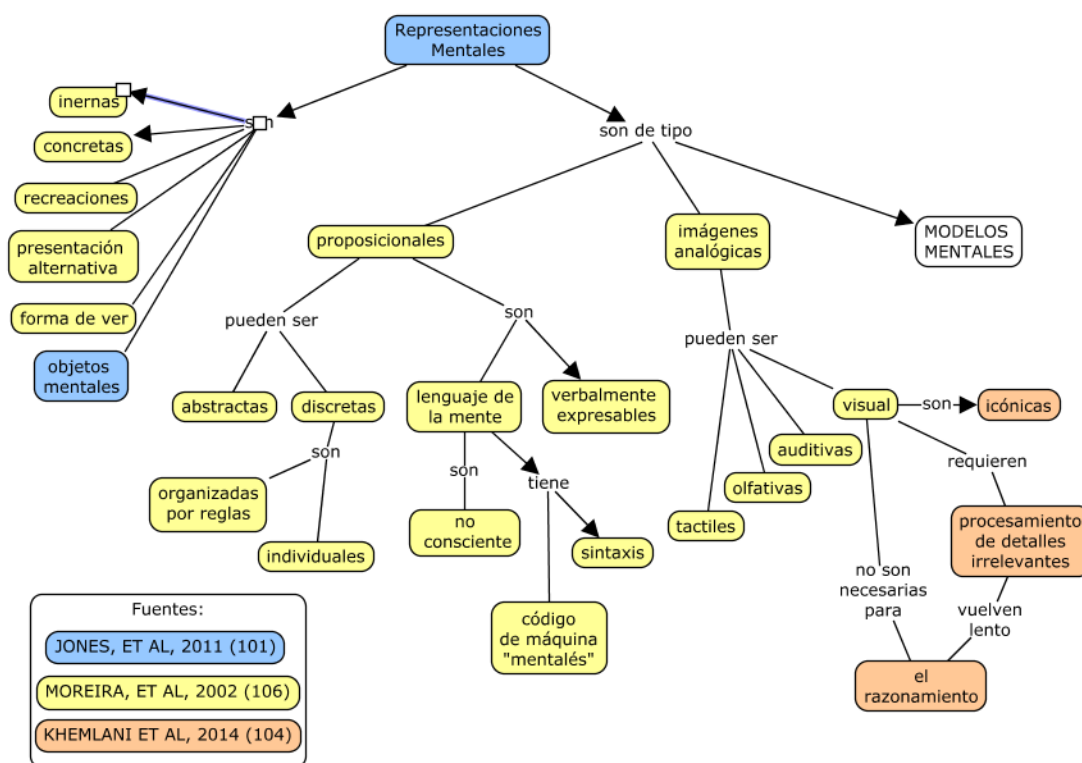


Ilustración 20. ¿Qué son las representaciones mentales?

Los modelos mentales, por su parte, son representaciones análogas del mundo que pueden combinar proposiciones e imágenes para conformar un modelo estructural y funcional. Para Johnson-Laird los modelos mentales pueden contener proposiciones, pero las proposiciones pueden existir en la estructura cognitiva de las personas sin ser parte de un modelo mental.

Aunque la proposición exista como representación mental sin ser parte de un modelo mental, sí requiere de uno para ser interpretada, puesto que el valor de verdad de una proposición se determina al comprobarla en el rodaje de un modelo mental.

Es así que Johnson-Laird considera que las imágenes y los modelos mentales son “representaciones de alto nivel, esenciales para el entendimiento de la cognición humana” (Moreira, 1997, p. 11)

Los modelos mentales son, pues, estructuras cognitivas que representan un estado de las cosas, situaciones o fenómenos; su papel representacional es directo y no tiene sintaxis. Cada persona construye sus propios modelos mentales como análogos estructurales del mundo, es decir se conforma un modelo de la naturaleza de las cosas o situaciones. Están formadas por entidades y relaciones, cada una de las cuales debe tener su propio significado. Las entidades pueden ser físicas o conceptuales (abstractas) y se relacionan en forma causal, temporal, espacial o para darse identidad.

Ese modelo del mundo que las personas crean en su mente puede ser percibido o concebido, tal es así que puede ser real, imaginario o una mezcla de los dos, en todo caso, la analogía estructural del mundo no es arbitraria, la persona construye un modelo funcional y en la medida que comprueba la utilidad o funcionalidad del modelo para entender, predecir y tomar decisiones acertadas, ese modelo se va volviendo más estable. Esto se representa en la el mapa conceptual de la ilustración 21.

El modelo mental se puede manipular mentalmente, tiene forma de modelo a escala, versión genérica, sustituto o simulación del mundo, de la realidad externa, de una proposición, de cómo funciona el mundo, de una situación, de impresiones sensoriales o de posibilidades.

Están compuestos por entidades o elementos y relaciones estructurales, cada uno de los cuales debe tener su propia función o significado. Las relaciones estructurales pueden ser abstractas, de identidad, temporales, espaciales en 2D y 3D, causales, cinemáticas, auditivas o visuales.

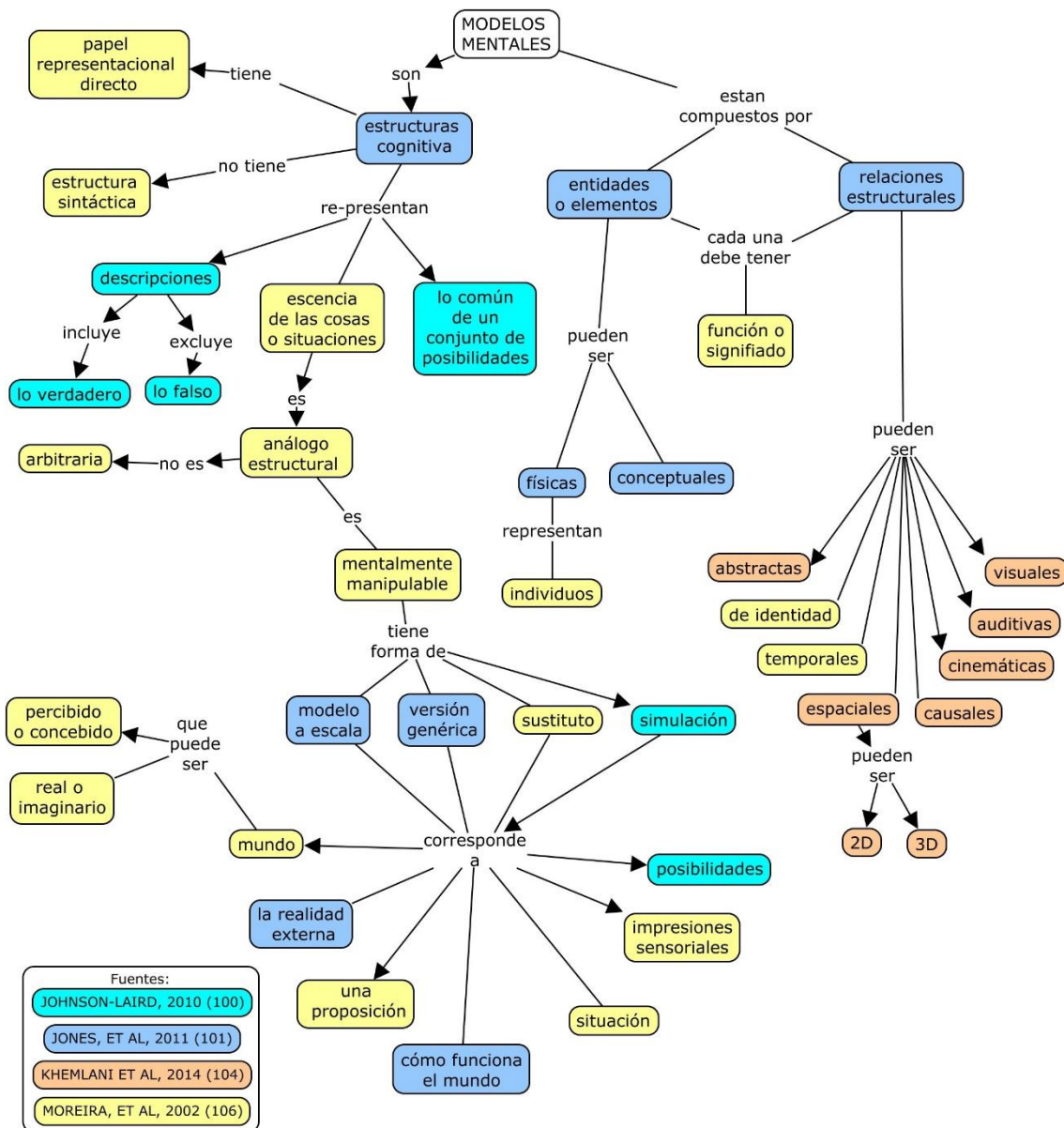


Ilustración 21. ¿Qué son los Modelos Mentales?

En la ilustración 22 se presenta un mapa conceptual que intenta responder la pregunta ¿cuáles son las características de los modelos mentales? con base en las interpretaciones y aplicaciones que autores como Jonassen, Jones y Moreira hacen de la teoría de Johnson-Laird.

Básicamente los modelos mentales tienen algunas características que los hacen confusos y es precisamente porque se trata de modelos de trabajo que cada persona construye y que dependen tanto de sus propias limitaciones, como de las situaciones y el contexto en el que se usen; aunado a eso no sería “posible ni deseable” una representación que contenga absolutamente todos los detalles de la realidad. Por ello, los modelos mentales son inconsistentes, inestables, descartables, únicos de cada individuo, finitos, indeterminados, no tienen fronteras definidas, incompletos, limitados e imperfectos. (Jones, et al., 2011; Moreira et al., 2002)

Se ha dicho también que los modelos mentales pueden contener proposiciones e imágenes, por lo cual pueden ser parcialmente proposicionales, básicamente proposicionales, parcialmente

análogos o básicamente análogos, en esta variedad hay gran cantidad de combinaciones que dan lugar a una estructura cognitiva bastante compleja.

Adicionalmente, al ser creaciones personales reflejan las supersticiones y creencias de cada individuo, por lo que son modelos no científicos y a esto hay que sumarle que las personas suelen evitar el esfuerzo mental aun cuando esto implique mayor actividad física, por ello Johnson-Laird afirma que los modelos mentales son una construcción parsimoniosa.

Se entiende entonces que los modelos mentales son recursivos, ya que se corren o revisan constantemente, un mismo modelo puede utilizarse para representar infinito número de estados de una cosa o evento; esto conlleva a considerar también, que los modelos mentales son compatibles a muchos estados de las cosas, lo que no sucede con las imágenes análogas.

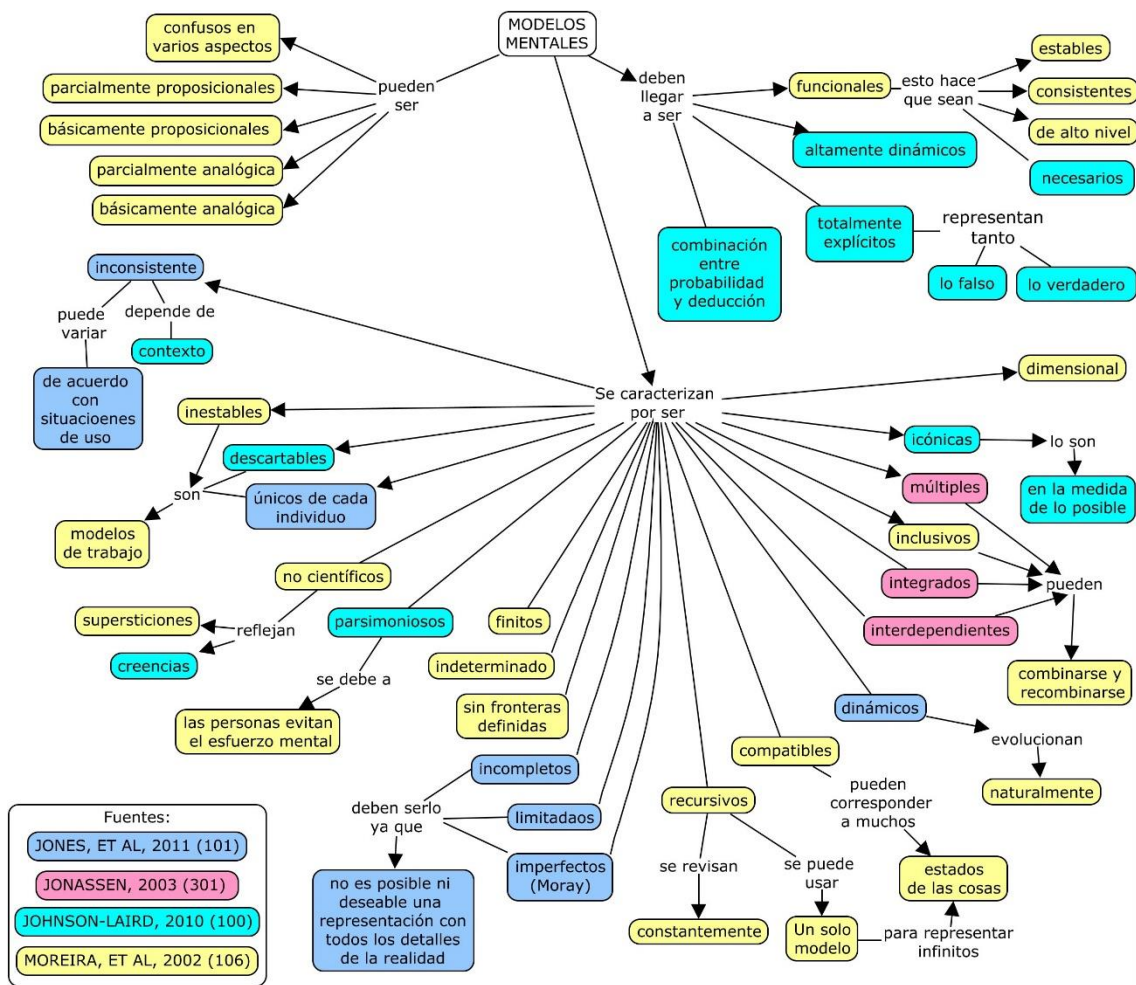


Ilustración 22. ¿Cuáles son las características de los modelos mentales?

Los modelos mentales son múltiples, interdependientes, integrados e inclusivos, son dinámicos, es decir, se pueden combinar y recombinar para generar nuevos modelos. En consecuencia, algunos modelos mentales pueden contener modelos mentales, tal como sucede con las ideas subsunidoras de la teoría de Ausubel.

Los seres humanos somos constructores naturales de modelos mentales, por lo tanto, estos evolucionan naturalmente; una persona puede tener creencias muy arraigadas y modelos

mentales muy eficientes, estables y consistentes, aun así, no se podría pensar que tuviera modelos mentales estáticos.

Para terminar, los modelos mentales tienen dimensiones y pueden ser manipulados libremente en el marco de esas dimensiones que la persona es capaz de percibir o concebir, que en algunos casos podrían ser más de tres.

Ahora bien, algunas de estas características que se derivan de su naturaleza como modelos de trabajo, pueden llegar a modificarse para lo cual es obligatorio que los modelos mentales sean funcionales, pues en la medida que la persona comprueba su eficiencia en el uso, se van convirtiendo en modelos estables, consistentes y de alto nivel.

Pero la gran limitación, para poder sacar conclusiones eficientes que resuelvan los problemas complejos, los modelos mentales deben ser totalmente explícitos, es decir, las personas deberían ser capaces de incorporar en sus modelos lo verdadero y también lo falso.

Dicho esto, indagemos ¿para qué se usan los MM? El mapa conceptual de la ilustración 23 explica que las personas los usan para interactuar con el mundo, generalizar sobre experiencias pasadas, anticipar acontecimientos, explicar acontecimientos de la vida cotidiana, captar y recuperar la esencia de las cosas o fenómenos.

Forman la base de las actitudes, los comportamientos, el razonamiento, la toma de decisiones y el mecanismo de filtrado y almacenamiento de la información. El razonamiento humano se puede explicar mediante la teoría de los MM, las personas construyen modelos para buscar conclusiones que sean verdaderas, posibles o probables, ejecutan un modelo para cada posibilidad y si es funcional lo validan. Básicamente los MM sólo representan lo que es verdadero y excluyen lo que es falso, eso puede dar como resultado inferencias ilusorias.

Según esta teoría la esencia del razonamiento es la habilidad para probar si las conclusiones sirven para explicar o predecir el funcionamiento del modelo, lo que no hace la lógica mental; la lógica mental exigen premisas explícitas y está comprobado que en algunos casos no logra predicciones correctas

El pensamiento deductivo se considera una destreza, es lo que nos permite resolver problemas complejos. Un problema se hace complejo en la medida en que aumenta el número de MM necesarios para comprenderlo y resolverlo, toma más tiempo comprobar cada uno de los MM y se cometen más errores; esta es una de las limitantes de la mente humana. Los problemas complejos requieren alta demanda de memoria de trabajo, lo que limita el rodaje o ejecución de MM, así mismo requieren que se compacte al máximo la información, esto se hace mediante representación implícita.

Los MM que elaboramos o ponemos en funcionamiento para resolver problemas son determinados por los enunciados, las variables instruccionales y el conocimiento previo. Las variables instruccionales influyen de acuerdo a la dificultad. El conocimiento previo de alto nivel se asocia a los MM bien estructurados y funcionales.

Se requiere que los modelos mentales sean funcionales y altamente dinámicos, entre más complejos sean los modelos mentales, el razonamiento será más consciente y profundo. Si bien, los modelos mentales son dinámicos por naturaleza, por lo dicho anteriormente de la

parsimonia, las creencias arraigadas y el contexto, los modelos mentales pueden tomar su tiempo en evolucionar.

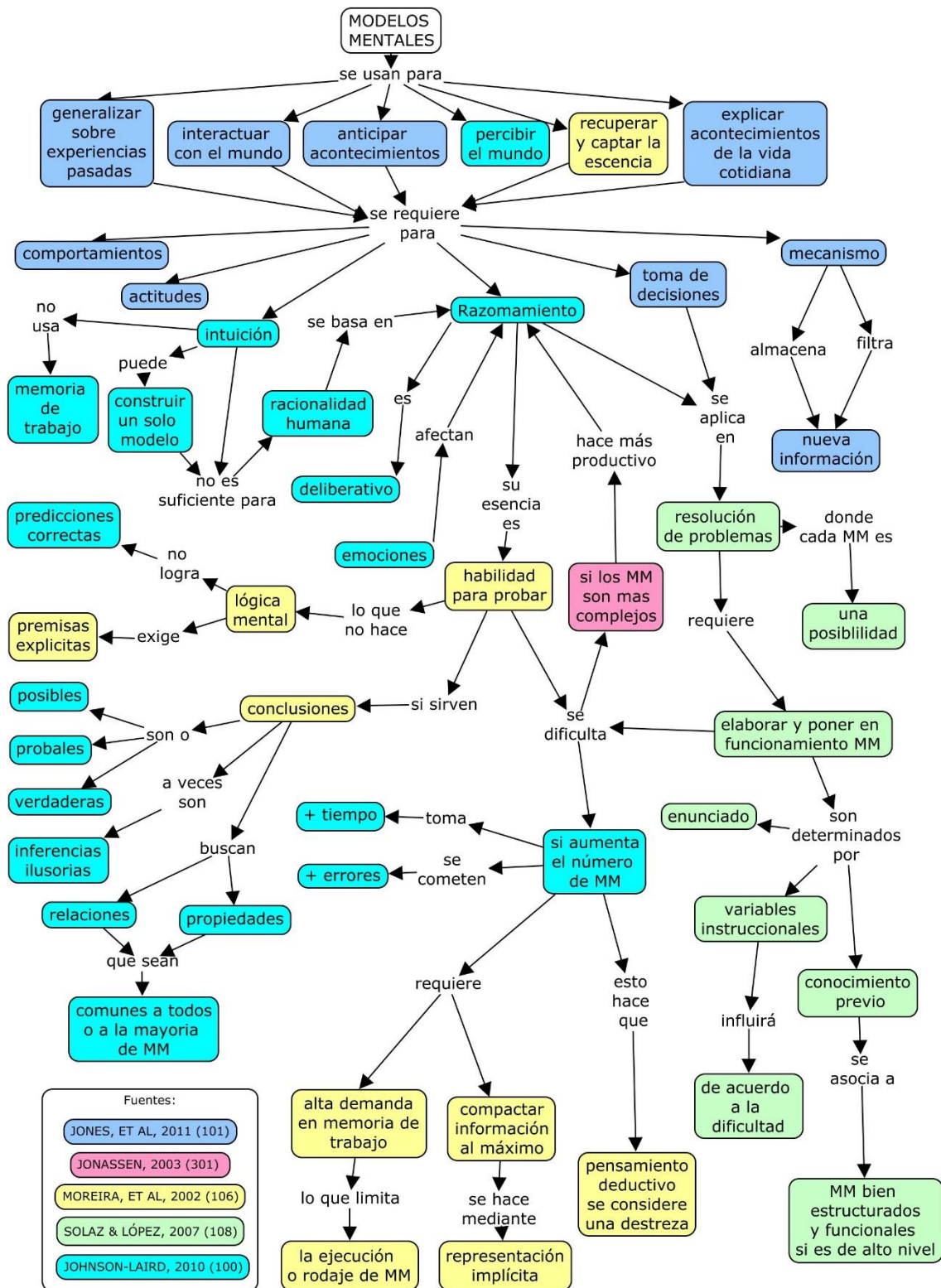


Ilustración 23. ¿Para qué se usan los Modelos Mentales?

Según Jonassen, las personas también llegan a construir modelos mentales a partir de la construcción de modelos físicos o computacionales que representan sistemas, conocimientos dominantes, problemas, estructuras semánticas o procesos de pensamiento.

La construcción de modelos conlleva mayor relación cognitiva, es una habilidad esencial para construir significado en todos los campos y es la forma más productiva y efectiva para ayudar a los estudiantes a construir modelos mentales, este proceso se dificulta cuando los modelos son inconsistentes con las teorías o cuando las personas tienen poca información.

Pasemos a responder ¿cómo se forman los MM?, ilustración 24. Cada individuo construye sus propios modelos mentales a través del pensamiento análogo utilizando procesos cognitivos, es el resultado de la biología o del aprendizaje y en este proceso tiene un papel importante la lengua, como medio para la negociación de significado. Además, al expresar oralmente las ideas, el aprendiz hace un doble proceso de probar el modelo para verbalizar dando la explicación y al escucharse a sí mismo hace más consistente el modelo.

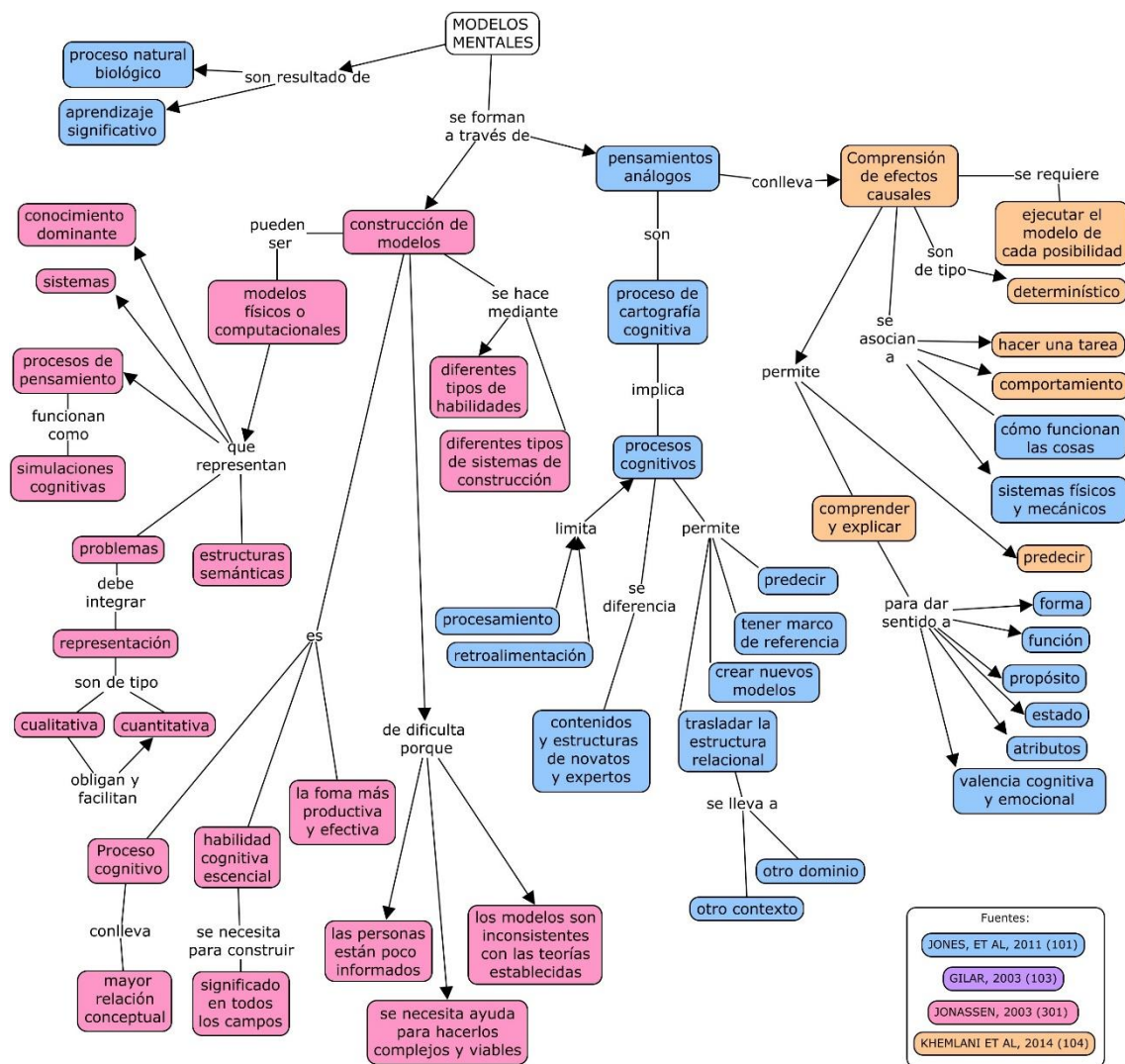


Ilustración 24. ¿Cómo se forman los Modelos Mentales?

Las personas también construyen MM cuando construyen modelos físicos o computacionales que representan sistemas, conocimientos dominantes, procesos de pensamientos (o simulaciones cognitivas), estructuras semánticas o problemas. Los modelos de problemas deben integrar representaciones cualitativas y cuantitativas, ya que las cualitativas facilitan las cuantitativas.

Estos modelos físicos o computacionales se hacen mediante diferentes tipos de habilidades y diferentes sistemas de construcción. Son la forma más productiva y efectiva de llevar a los estudiantes a crear MM, es una habilidad cognitiva esencial para construir significado en todos los campos, pues se considera como un proceso cognitivo que conlleva mayor relación conceptual.

La construcción de modelos físicos y computacionales se dificulta si inconsistentes con las teorías establecidas, si las personas están como informadas, de hecho, se necesita ayuda para hacerlos complejos y viables.

Hemos dicho que los MM se forman a través de pensamientos análogos, estos son un proceso de cartografía cognitiva que implica procesos cognitivos que permiten predecir, tener un marco de referencia, crear nuevos modelos o trasladar la estructura relacional a otro dominio o contexto; mediante estos procesos se diferencian las estructuras de novatos y expertos y limitan el procesamiento y la retroalimentación.

Los pensamientos análogos conllevan la comprensión de efectos causales, que son de tipo determinístico, es decir sin azar ni incertidumbre. Para comprender los efectos causales se requiere ejecutar el modelo de cada posibilidad, este proceso se asocia a hacer una tarea, tener un comportamiento determinado, comprender cómo funcionan las cosas o comprender sistemas físicos y mecánicos.

Comprender los efectos causales permite hacer predicciones, así como comprender y explicar para dar sentido a la forma, la función, el propósito, el estado, los atributos y las valencias cognitivas y emocionales de las cosas, fenómenos o situaciones que modelamos.

En la ilustración 25 se explica cómo se construyen los modelos mentales. El proceso se basa en primitivos conceptuales y procedimentales, que son innatos, su fuente primaria es la percepción, también se basa en la comprensión del mundo, las experiencias personales de vida, la imaginación, el discurso y el significado del contenido.

Las restricciones en la construcción de MM se derivan de mantener el sistema cognitivo libre de contradicciones, el conocimiento anterior, la estructura del mundo percibida, el principio de verdad y el número de posibilidades.

El proceso inicia con una necesidad de explicar o comprender, esto lleva a la construcción la topología y estructura de un MM o del modelo causal; luego se continúa con la ejecución, que es la simulación del MM antes de usarlo, ejecutarlo es necesario para compararlo con la realidad, explorarlo y probarlo. La construcción y ejecución de los MM tiene lugar en la memoria de trabajo que es limitada. Se requiere que sea satisfactoria la comparación del MM con la realidad para que este sea guardado en la memoria a largo plazo.

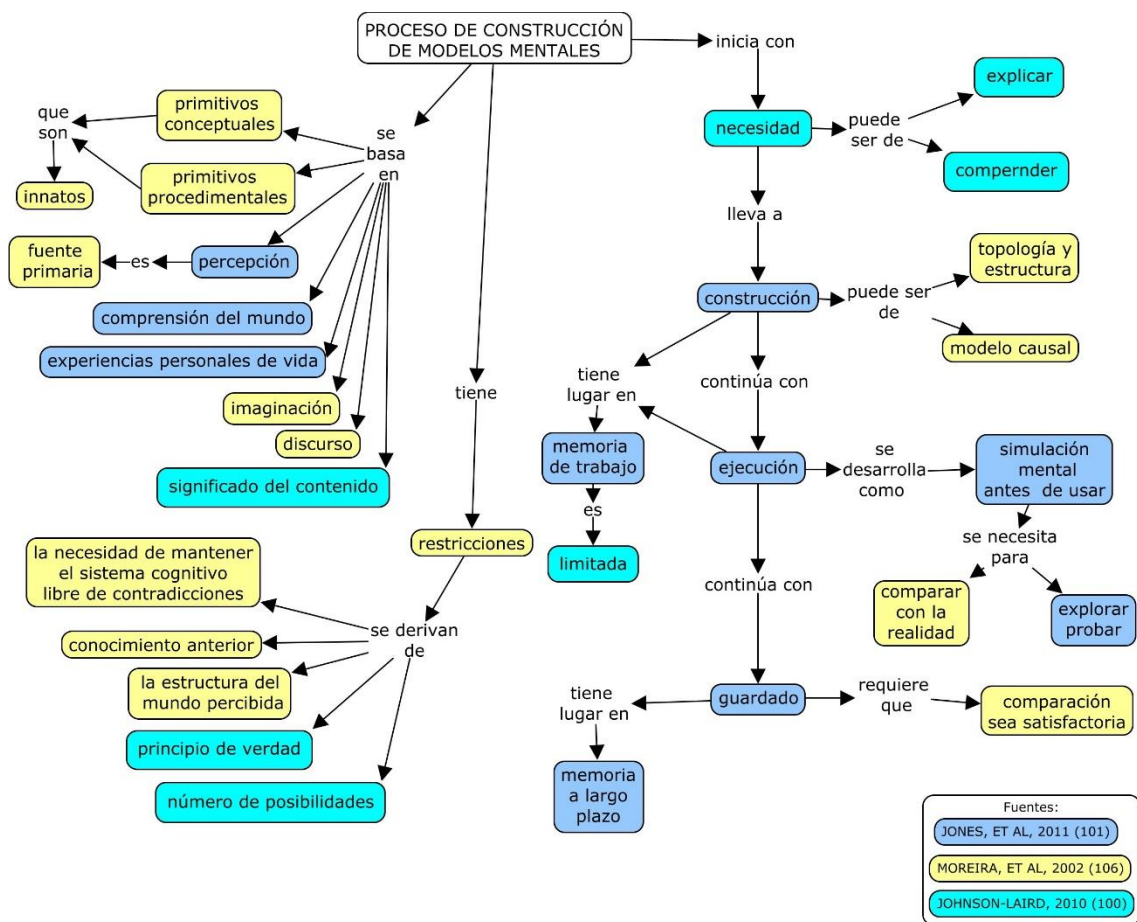


Ilustración 25. ¿Cómo es el proceso de construcción de Modelos Mentales?

Para terminar, ¿qué tipos de MM existen? En la ilustración 26 se explica que los MM pueden ser colectivos o individuales, según sus intereses.

Los MM colectivos también se llaman culturales o compartidos, se interesan en la antropología cognitiva de las organizaciones; se construyen a través de la vivencia de experiencias compartidas o cuando los individuos interactúan juntos para hacer la misma tarea significativa o colaboran, también se construyen cuando se negocia en escenarios socioculturales, provocando cambios en los niveles de construcción de conocimiento en un dominio determinado.

Jones afirma que los MM colectivos influyen a nivel individual en el componente social de la cognición y la toma de decisiones, esta influencia se produce en rango de escalas de individuo a sociedad.

Los MM individuales se clasifican en niveles según sus demandas cognitivas, estos niveles son: de acumulación de experiencias, de inducción o teorización o de metacognición.

Los MM de nivel de acumulación de experiencias implican MM implícitos y explícitos, así como escaso conocimiento esquemático para encontrar las regularidades; en este nivel se van formando trazos con teorías. Los MM de teorización implican MM implícitos y genéricos, parte

da síntesis de trazos y teorías. En este nivel se procesa gran cantidad de conocimiento esquemático que puede ser la base de procesos cognitivos como la memoria, la comprensión y el razonamiento.

El nivel de metacognición implica MM explícitos. Eso se logra a través de la verbalización de los MM implícitos y genéricos y se ajustan a las demandas de reflexión, comparación de alternativas, comprobación de hipótesis, detección de contradicciones o información, en este caso la información debe ser comprensible, coherente, plausible y retórica.

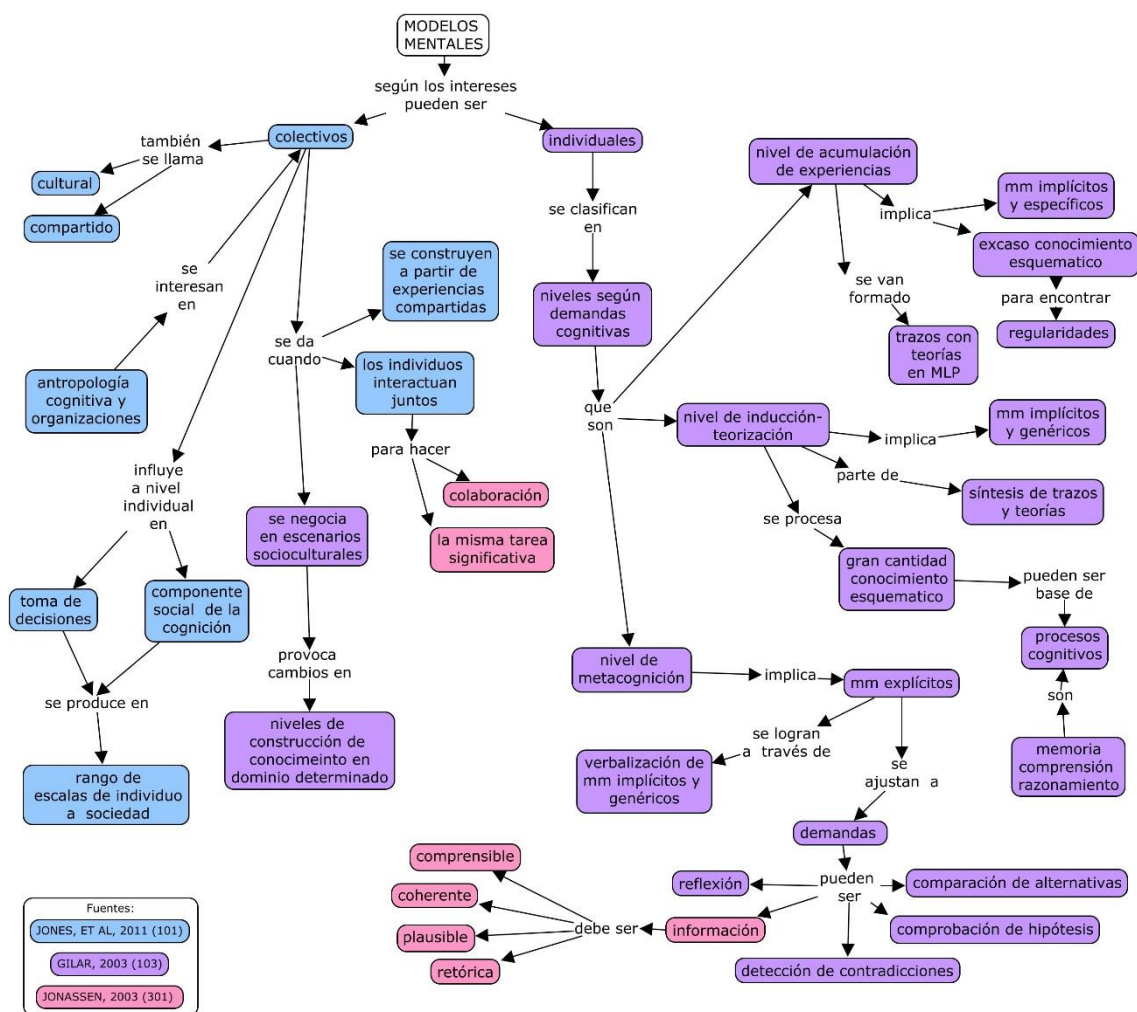


Ilustración 26. ¿Qué clases de Modelos Mentales existen?

Tabla 14. Convenciones, citas sobre Modelos Mentales.

Código	Cita
100	(P. Johnson-Laird, 2010)
101	(Jones et al., 2011)
103	(Gilar Corbi, 2003)
301	(Jonassen, 2004)

Código	Cita
104	(Khemlani et al., 2014)
106	(Moreira et al., 2002)
108	(Solaz-Portolés & Sanjosé, 2008)

Aplicaciones de los modelos mentales.

En la quinta disciplina, Sergé basa el desarrollo de las organizaciones inteligentes en la capacidad innata de las personas para aprender constantemente. Dentro de las disciplinas de la organización inteligente expone el pensamiento sistémico, el dominio personal, los modelos mentales, la construcción de la visión compartida y el aprendizaje en equipo; todo para plantear una revolucionaria forma de gestionar las empresas desde su propia dinámica aprendiendo a enfrentar los desafíos. Según Senge (2005), una organización inteligente es una organización que aprende.

En particular, presenta a los modelos mentales como “supuestos hondamente arraigados, generalizaciones e imágenes que influyen sobre nuestro modo de comprender el mundo y actuar”, señala también que, “a menudo no tenemos conciencia de nuestros modelos mentales o los efectos que surten sobre nuestra conducta”, (Senge, 2005, p. 4). A partir de allí, Sergé explica que los modelos mentales de conducta empresarial también están arraigados con profundidad y que algunos son compartidos, pero que en muchas ocasiones estos son tácitos u ocultos.

En la aplicación de la teoría de los modelos mentales a la gestión empresarial, Sergé explica que las ideas fracasan porque existen por debajo del nivel de conciencia o porque los modelos mentales son tácitos y que la teoría de los modelos mentales pierde su potencial si se aísla del pensamiento sistémico. En ese sentido, propone la disciplina de trabajar con los modelos mentales volviendo el espejo hacia adentro, “Exhumar” las imágenes internas del mundo para llevarlas a la superficie y someterlas al riguroso escrutinio, así como desarrollar la aptitud para entablar conversaciones abiertas donde la gente manifieste sus pensamientos para exponerlos a la influencia de otros. (Senge, 2005)

Con base en estas ideas de Sergé en la quinta disciplina, la concepción de modelos mentales se ha aplicado en las áreas diversas como: el desarrollo personal, la solución de conflictos y el coaching empresarial.

En otra línea de la administración de empresas se encuentra la elaboración de modelos de simulación empresarial basados en dinámica de sistemas, donde los modelos mentales juegan un importante papel en dos sentidos, por una parte, la experiencia acumulada conlleva a la conformación de modelos mentales propios y esto afecta la empresa en la medida en que estas personas son quienes toman las decisiones, por otra parte, la información de cómo funciona el sistema está en los modelos mentales de sus empleados, desde aquí se recalca la importancia de extraer esa información de cada individuo para comprender la visión particular y compartida que se tiene de la situación a modelar. (González, 1999)

En este sentido, Jonh Steman, uno de los máximos representantes de la dinámica de sistemas, establece la relación entre los modelos mentales, la realidad y los mundos virtuales, y explica que para la modelación de un sistema resulta fundamental “reconocer y desafiar las fronteras de modelos mentales y articulados”. Schaffernicht expone que con el modelado en dinámica de

sistemas se pueden indagar situaciones complejas y, para ello, entra en juego la dependencia – influencia bidireccional entre los modelos mentales y la dinámica de sistemas que se muestra en la ilustración 27. (Schaffernicht, 2006).

Además, Schaffernicht cita a Foerster para explicar que un modelo tiene una estructura física y otra de políticas de decisión, y estas decisiones implícitas o explícitas, se basan en los modelos mentales de los actores.

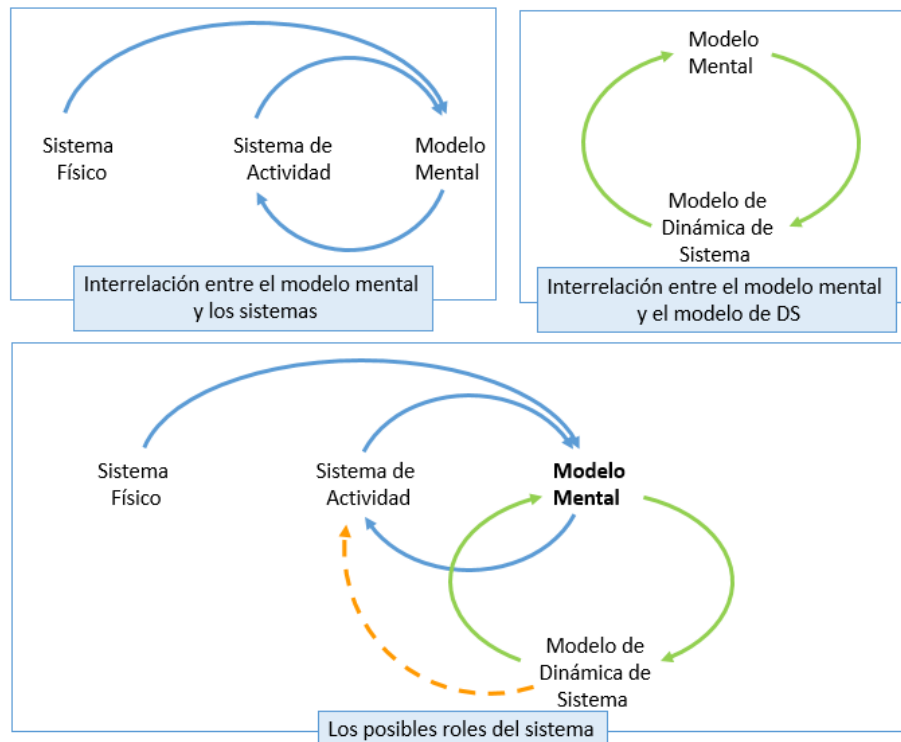


Ilustración 27. Relación entre el Modelado en Dinámica de Sistemas y los Modelos Mentales.
Fuente: (Schaffernicht, 2006)

Los modelos mentales encuentran otro campo de aplicación en la disciplina de la inteligencia artificial, por citar un ejemplo, Chang (2009) propone en el diseño de sistemas cognitivos para robots autónomos, en el que contempla la formulación de algoritmos basados la planificación de la decisión y en esto explica el rol de los modelos mentales en la solución de problemas. Chang afirma que “Normalmente los modelos mentales están formados por conjuntos de reglas relacionadas que se activan simultáneamente. Los conceptos no se hallan definidos en la memoria sino sólo representados de un modo probabilístico; se formarán a partir de reglas con condiciones similares.” (Chang, 2009, p. 24). Esto se representa en la ilustración 28.

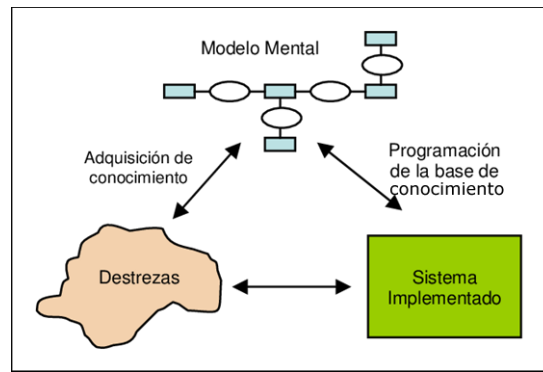


Ilustración 28. Rol de los modelos mentales en la solución de problemas
Fuente: (Chang Jordán, 2009)

Chang explica que los modelos mentales difieren de los esquemas en que son dinámicos y se construyen de acuerdo a cada interacción y que la solución de problemas conlleva una mayor complejidad ya requiere la planificación de la decisión, que implica agrupación de intenciones, metas locales y motivaciones.

Métodos para valorar el cambio conceptual basado en modelos mentales

Según Jonassen (2004) hay muy pocos trabajos que estudien cómo valorar de manera efectiva el cambio conceptual, las herramientas existentes presuponen que el cambio conceptual puede valorarse comparando las estructuras cognitivas de los estudiantes, es decir, podría valorarse en base a sus modelos mentales.

Sin embargo, los métodos de elicitación de modelos mentales resultan un reto para la teoría del modelo; “los métodos directos, válidos, confiables y eficientes para evaluar los modelos mentales siguen siendo esquivos.” (Moon, et al., 2018, p. 2).

Algunos de los métodos empleados son: análisis de la interacción entre los estudiantes, las entrevistas y los mapas conceptuales, (Jonassen, 2004), los protocolos de pensamiento en voz alta, el texto narrativo, los diagramas causales, el análisis de red Pathfinder y la comparación pretest-post test sobre la base de tareas de opción múltiple, (Moon et al., 2018), el análisis de contenido, la observación en el desempeño de la tarea, el análisis de tareas conceptuales, el árbol ordenado, la entrevista cognitiva, la calificación por pares y la clasificación de tarjetas, (Harper & Dorton, 2019)

Revisemos algunos, el análisis de los protocolos de interacción de los estudiantes a la hora de resolver o explicar un problema se lleva a cabo mediante el análisis de conversaciones, Hogan y Fisherkeller (2000) y Chi (1997).

Las entrevistas estructuradas permiten elicitar los modelos mentales proporcionando un mayor acercamiento, sin embargo es un método que requiere personalización lo cual lo hace difícil y largo, Southerland, Smith y Cummins (2000).

Jones, et al (2014) determinaron que las entrevistas son métodos eficientes para elicitar los modelos mentales de las personas, proponen cuatro tipos diferentes de entrevistas combinando dos dimensiones, una situada o no situada y la otra oral o oral-visual.

Utilizaron cuatro medidas para examinar las relaciones entre los procesos de obtención y los modelos mentales expresados: el número de conceptos expresados en cada modelo mental, el número de enlaces funcionales, es decir, relaciones causales, expresadas en cada modelo mental, la densidad del modelo mental y la especificidad del modelo mental, (Jones et al., 2014)

y encontraron diferencias de acuerdo con el tipo de entrevistas, como se muestra en la ilustración 29.

Tipo de entrevista		Variables			
		# de conceptos	# de vínculos funcionales	Índice de densidad	Perspectiva
Por ubicación	Situada	Mayor	=	Menos denso	Más específicos
	No situada	Menor	=	Dos veces más denso	Más generales
Por tarea	Oral	=	=	=	=
	Oral/visual	=	=	=	=

Elicitación de modelos mentales por entrevistas (Jones, et al, 2014)

Ilustración 29. Comparación de la elicitación de modelos mentales por tipos de entrevistas.

Por otra parte, los mapas conceptuales han demostrado ser valoraciones válidas de las estructuras cognitivas que producen los estudiantes Jonassen (2004).

Los experimentos diseñados por los estudiantes muestran la estructura mental de los estudiantes respecto al sistema modelado, estos modelos se valorarán utilizando la coherencia explicativa, la fijación y la calidad, Thagard (1992) y Fisher (2000).

Por su parte, Moreira afirma que el estudiante debe estar externalizando el conocimiento que está captando; se sabe que el aprendizaje significativo es progresivo y sería un error muy grave dar una clase sin tener oportunidad de que los alumnos hablen. Los mapas conceptuales son muy útiles para ello, pero Moreira advierte que los alumnos deben explicar los mapas conceptuales que construyen, ya que, de esta forma se evidencia la comprensión y si el aprendizaje está en un camino significativo, (Moreira, 2018).

Los mapas conceptuales

Los mapas conceptuales fueron desarrollados por Joseph Novak en 1992, son representaciones gráficas que sirven para organizar y representar el conocimiento, en base a dos componentes claves: los conceptos y los conectores o palabras de enlace, con los cuales se forman proposiciones.

Los conceptos:

Novak define un "concepto" como una regularidad o patrón percibido en los acontecimientos u objetos, o registros de acontecimiento u objetos, designados por una etiqueta que hace referencia una característica común (Cañas & Novak, 2009).

Los acontecimientos también pueden entenderse como conceptos, tanto los objetos como los acontecimientos son necesarios para entender el universo. En un mapa conceptual los

conceptos son objetos o acontecimientos que se representan en etiquetas de una o varias palabras o símbolos.

Cuando se usan conceptos que son acontecimientos, para construir mapas conceptuales, estos resultan más explicativos, mientras que si se usan conceptos que son objetos, los mapas conceptuales construidos son más descriptivos y de clasificación.

Los enlaces:

caracterizar cualquier concepto sin su relación con otros conceptos, esta relación depende del contexto de significado del concepto. Los enlaces pueden ser palabras o frases de palabras que unen dos conceptos expresando la relación que hay entre ellos, las relaciones pueden ser estáticas o dinámicas

Las relaciones estáticas sirven para describir, definir y organizar el conocimiento para un dominio dado, pueden ser relaciones de *inclusión*, *membresía común*, *intersección* y *similitud*. Mientras que las relaciones dinámicas describen la forma en que el cambio en un concepto afecta el otro concepto, estas pueden ser de *causalidad* o de *correlación/probabilidad*. (Cañas & Novak, 2009)

Las proposiciones:

estas son oraciones o afirmaciones sobre algún objeto o acontecimiento del universo. Se forman con dos conceptos unidos por un enlace, y se consideran unidades de significado, es decir se pueden leer y entender y entender claramente aunque el contexto de la proposición no se enuncie.

Dependiendo del tipo de enlace que se use, las proposiciones pueden ser estáticas o dinámicas; estas últimas captan la covariación y las relaciones cambiantes entre dos o más conceptos y hacen que los mapas conceptuales sean más explicativos.

Algunas proposiciones requieren tres conceptos, pero al construir mapas conceptuales se intenta crear proposiciones lo más cortas posible.

En la ilustración 30 se presenta la estructura de los mapas conceptuales.

Novak y Cañas afirman que con frecuencia los mapas conceptuales son confundidos con cualquier esquema con textos y nodos, por lo que insisten en las características especiales que distinguen a los mapas conceptuales, estos son: la estructura jerárquica, la estructura proposicional, los enlaces cruzados, la fundamentación teórica y la pregunta de enfoque (Cañas & Novak, 2009). Estos se explican en la tabla 15.

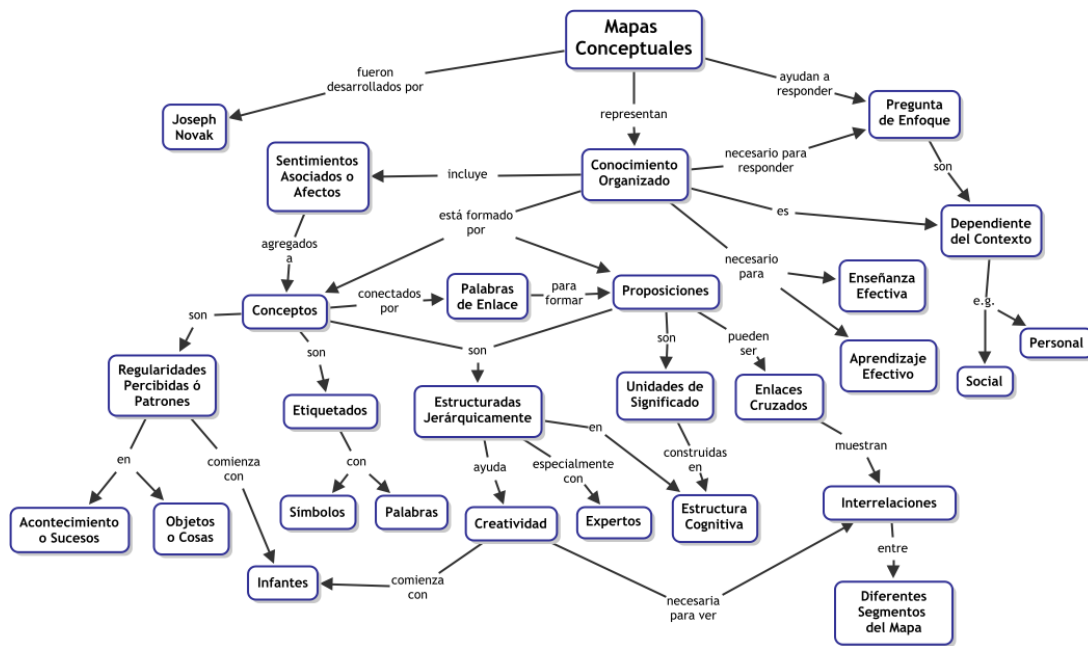


Ilustración 30. Estructura de los mapas conceptuales. Fuente: Cañas & Novak (2009)

Tabla 15. Características de los mapas conceptuales.

Característica	Descripción
La estructura jerárquica	Los conceptos del mapa conceptual están organizados jerárquicamente de acuerdo con el dominio de conocimientos al que corresponden, de tal manera que los conceptos generales están en la parte superior del mapa y los conceptos más específicos o menos generales se encuentran en la parte inferior del esquema.
La estructura proposicional	Un mapa conceptual es un conjunto de proposiciones sobre un tema. Cada dos conceptos están enlazados con conectores o palabras de enlaces, estos tres elementos conforman una oración corta que se constituye como una unidad de significado.
La pregunta de enfoque	Un mapa conceptual da respuesta a una pregunta de enfoque, esta respuesta depende del contexto personal, social (o cultural). Una pregunta que especifica claramente el problema o asunto, lleva a que se construya un mapa conceptual rico.
Los enlaces cruzados	Son las relaciones entre segmentos diferentes del mapa conceptual. Muestran la creatividad del constructor del mapa.
La fundamentación teórica	Se basan en la teoría de la asimilación de Ausubel (1968, 2000) y la teoría de aprendizaje de Novak.
Representación que media entre humanos.	Los mapas mentales pueden ser usados por personas de todas las edades, son una forma de comunicación entre humanos. El propósito de los mapas conceptuales no es ser interpretados por computadores, o ser usados por computadores para razonar, ya que las proposiciones no son suficientemente “formales” o “precisas”.

Valoración de mapas conceptuales

Al examinar un mapa conceptual para determinar su calidad, se debe analizar tanto el contenido como la estructura. Cañas y Novak explican que un buen constructor de mapas conceptuales crea mapas conceptuales que tienen una buena estructura gráfica y un buen contenido y su relación se representa mediante la ilustración 31, (Cañas, Novak, & Reiska, 2015).

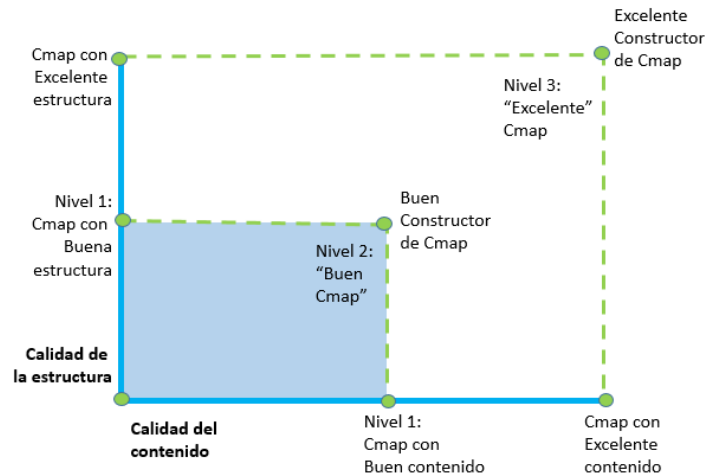


Ilustración 31. Relación entre la calidad de la estructura y contenido en un Cmap.

En diversos contextos se requiere de “buenos” mapas conceptuales, pero es en el contexto de la educación, donde los docentes validan la calidad de los mapas conceptuales mediante una evaluación formal de los mismos, para lo cual se requiere establecer criterios o rúbricas con las cuales se puedan medir todos los mapas de los estudiantes.

Se puede hacer una evaluación objetiva de un mapa conceptual mediante el análisis de su estructura o análisis topológico, en el cual se tienen en cuenta la jerarquía del conocimiento de un dominio particular (conceptos generales arriba y específicos abajo) y la organización de la estructura cognitiva (necesaria para el aprendizaje significativo), (Cañas et al., 2015).

Adicionalmente, Moreira (2018) recalca que el docente es la mejor persona para saber si el alumno está aprendiendo de manera significativa, es así que insiste en dos aspectos importantes: en primer lugar la necesidad de dar espacio para que el alumno explique los mapas conceptuales que construye y de esta forma evidencie su comprensión y, en segundo lugar, la importancia de considerar la valoración subjetiva que el docente pueda hacer del mapa, de su explicación y de su proceso de construcción. Este segundo aspecto puede contradecir la tendencia “mercadológica” de la evaluación cuantitativa de los resultados de aprendizaje, orientada al entrenamiento para las pruebas; sin embargo, Moreira llama a los maestros a la subversión en la defensa del aprendizaje significativo.

Por otra parte, Cañas y Novak (2015) advierten que las estructuras de los mapas conceptuales no siempre son jerárquicas, pueden construirse también mapas conceptuales cíclicos y pueden tenerse relaciones cruzadas, de hecho, la estructura de un mapa conceptual y las relaciones cruzadas son necesarias para desarrollar el pensamiento creativo.

Para determinar la calidad de la estructura de un mapa conceptual pueden tenerse en cuenta algunas medidas estructurales tales como: número de conceptos, número de proposiciones, número de niveles de jerarquía, conceptos por nivel, frecuencia de ramificación, número de enlaces cruzados, número de cadenas, número de ejemplos, diámetro de un gráfico, grado

máximo de concepto, árbol de expansión del mapa, el número de segmentos jerárquicos, la robustez (partes no conectadas), la distancia espacial, la conectividad gráfica, la correspondencia con los patrones estructurales y la jerarquización, (Cañas et al., 2015).

Ernest Prats (2013) realiza un estudio sobre la evaluación de mapas conceptuales, ante la pregunta: ¿Existe un instrumento de evaluación válido para cualquier mapa conceptual? y concluye que “intentar encontrar un instrumento válido para cualquier mapa conceptual sería como intentar crear un sistema de evaluación de cualquier tipo (por ejemplo, una rúbrica para evaluar la comprensión lectora), y que sirviese para cualquier tipo de texto y se pudiese aplicar en cualquier nivel” (p. 162)

En su estudio realiza pruebas con varias rúbricas construidas y validadas por diferentes autores, estableciendo una comparación entre ellas. Una de las rúbricas que estudia y que pudiera aplicarse al presente estudio es la rúbrica semántica utilizada en el proyecto Conéctate al Conocimiento, por Miller y Cañas en el 2008, a continuación, se presenta una versión resumida.

Tabla 16. Rubrica semántica en formato resumido. Fuente: (Prats, 2013)

Criterios	0 puntos	1 punto	2 puntos	3 puntos	4 puntos	5 puntos
1. Relevancia y exhaustividad de los conceptos	Pocos conceptos, y no son relevantes. Más 1/3 ejemplos.	La mitad de los conceptos son relevantes, pero faltan muchos importantes. Más 1/3 ejemplos.	Predominan conceptos relevantes, pero faltan algunos importantes. Menos de 33 % ejemplos (correcto)	Todos los conceptos son relevantes		
2. Estructura proposicional	Menos de la mitad bien estructurados.	La mitad o más bien estructurados.	Todas menos 1 o 2 bien estructuradas.			
3. Proposiciones erróneas	Más de 2 proposiciones erróneas.	1-2 proposiciones erróneas.	No hay proposiciones erróneas.			
4. Proposiciones dinámicas	sólo contiene proposiciones estáticas y ninguna dinámica.	Hay proposiciones dinámicas, pero son no causativas.	Hay 1 o 2 proposiciones dinámicas causativas.	Hay más de 2 proposiciones causativas o 1-2 proposiciones causativas dinámicas.	Hay más de 2 proposiciones causativas cuantificadas.	
5. Enlaces cruzados	Enlaces cruzados erróneos.	No hay enlaces cruzados.	Hay enlaces cruzados, pero son redundantes o no relevantes.	1-2 enlaces cruzados con distintas frases de enlace con relaciones adecuadas. Faltan las importantes.	Hay más de 2 enlaces cruzados con distintas frases de enlace con relaciones adecuadas. Faltan las importantes.	Hay más de 2 enlaces cruzados con distintas frases de enlace con relaciones adecuadas. No faltan las importantes.
6a. Presencia de ciclos	No hay ciclos.	Hay ciclos, pero con proposiciones que no cumplen criterio 2.	Hay ciclos y todas sus proposiciones cumplen criterio 2.			
6b. Jerarquía de los conceptos	Pobre organización jerárquica de conceptos.	Jerarquía de conceptos regular o buena.	Jerarquía de conceptos muy buena o excelente.			

Como se aprecia en la rejilla, esta rúbrica tiene en cuenta 7 criterios con un puntaje máximo de 20 puntos, distribuidos como se muestra en la ilustración 32:

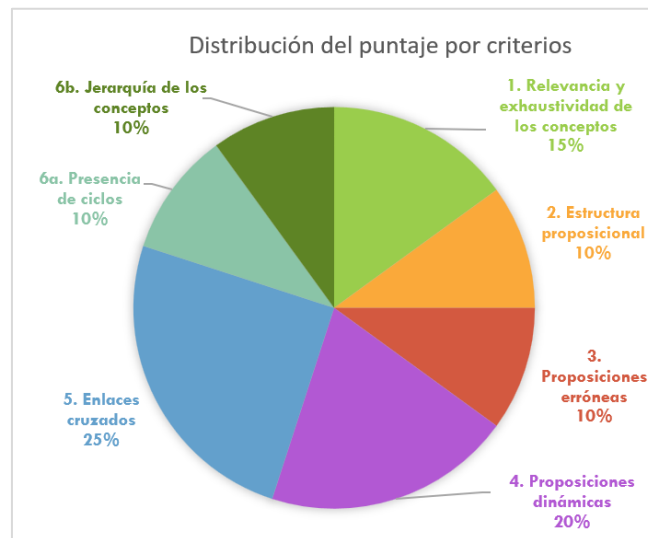


Ilustración 32. Distribución de puntaje por criterios en rúbrica semántica.

En otro estudio, Moon, Johnston & Moon (2018), describen una aplicación para evaluar modelos mentales basada en mapas conceptuales llamada Sero!. Ilustración 31. La aplicación tiene procesos semi automáticos para evaluar de diversas formas los MC, por ejemplo,

- Comparación de conceptos, enlaces y proposiciones
- Opción múltiple
- Generar y completar mapas (GAFI)
- Conectar, seleccionarlos y completar mapas (SAFI)
- Detectar / corregir errores

En todo caso, la aplicación siempre compara el mapa con un *MasterMaps* o clave de respuesta y presenta los resultados en forma visual, numérica o textual (Moon, Johnston & Moon, 2018).

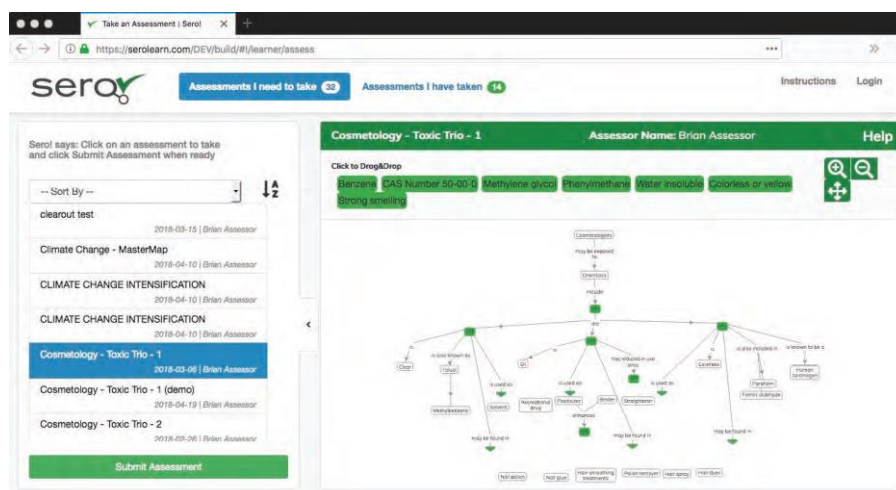


Ilustración 33. Sero! Interfaz de usuario tomador. Fuente: Moon, Johnston & Moon (2018)

3 Marco metodológico

3.1 Planteamiento del problema

Los cambios que vive la sociedad se reflejan en la configuración de los cerebros de las nuevas generaciones, en donde no basta con ser nativo digital, sino tener las competencias y habilidades de orden superior necesarias para triunfar en un entorno altamente tecnificado, globalizado, con sobreabundancia de datos y con necesidades cambiantes, en el cual la educación se convierte en la piedra angular para el desarrollo social, cultural y económico de los pueblos y en uno de pilares para la competitividad, (Cobo & Moravec, 2011; Bustos & Coll, 2010; Cordeiro, 2008).

Atravesamos un momento histórico, la gran revolución tecnológica de la humanidad; donde los espacios de enseñanza/aprendizaje son puntos de encuentro entre docentes con estructuras mentales de ayer, educando estas nuevas generaciones con sus propias formas de construir el conocimiento, para formar los ciudadanos competentes de un futuro de ciencia ficción. En medio de la era digital, la educación se da lugar en escenarios antes no imaginados, espacios masivos tan amplios y generalizados como para reunir a miles de aprendices, o espacios personales tan específicos que se adaptan a las necesidades particulares de un individuo; espacios invadidos de tecnologías, con dispositivos y recursos que llegan a estar desactualizados antes de entrar a nuestro inventario, con sistemas capaces de gestionar tanto contenidos como ambientes de aprendizaje, y en donde la única constante es el cambio, (Cabero, 2010; Cordeiro, 2008; Salinas, 2016)

En efecto, desde hace un tiempo, se ha venido argumentando la necesidad de replantear los propósitos de la educación hacia el desarrollo de aprendizajes para la vida, (Comisión Europea, 2007), en donde lo importante es el uso que se hace del saber en un contexto, más que poseer un gran cúmulo de conocimientos aislados que no ayudan a resolver problemas reales. En este sentido, el uso de TIC en el aula tiene un alto potencial para el cambio de las prácticas de enseñanza – aprendizaje, por el abanico de posibilidades que ofrece y por la motivación intrínseca que genera en los nativos digitales, (Cassany & Ayala, 2008); las clases tradicionales están en vía de extinción, hoy resulta más fácil y divertido viajar en el tiempo haciendo un recorrido virtual por el mejor museo de historia, participar en un trabajo en equipo con la variedad de herramientas sincrónicas y asincrónicas para la colaboración, construir micro mundos para encontrar el equilibrio en un ecosistema o jugar con campos magnéticos en realidad aumentada mientras descubres las leyes de la física.

Ahora bien, usar tecnologías en el aula se ha convertido en un reto que los docentes de la nueva era deben afrontar, a veces a la fuerza, a veces por inercia; una tarea más que cumplir superando, en algunos casos, los obstáculos de la falta de tiempo para la planeación, los escasos recursos tecnológicos y el nivel básico de competencias digitales de los estudiantes y del mismo maestro. Sin embargo, el esfuerzo se justifica en la evidente mejora de los resultados del aprendizaje. El uso de TIC en la educación tiene una validez aparente, se tiende a pensar que el aprendizaje es más efectivo, pero su abuso puede llevar a la pérdida de flexibilidad en la función docente, las tecnologías digitales deberían usarse para propiciar el aprendizaje significativo y

permitir, por ejemplo, la evaluación de aprendizajes de alto nivel (Cabero, 2010; Castelló & Cladellas, 2013)

Sin duda, entre los recursos más apetecidos en los entornos educativos con TIC se encuentran los simuladores, su uso acorta el tiempo necesario para aprender, ya que facilita la adquisición de conocimientos conceptuales y procedimentales, mediante la manipulación de modelos. Los simuladores tienen la propiedad de reproducir situaciones reales con parámetros modificables, lo cual permite entrenar al estudiante en la toma de decisiones en contextos variados y con distintos niveles de complejidad, realizar el *feedback* en tiempo real y convertir el error en una experiencia de aprendizaje; adicionalmente, se constituyen en herramienta para la evaluación formativa y sumativa. Sin embargo, el mérito de su utilidad se encuentra en el uso pedagógico, en la intencionalidad del maestro y en la concepción de la simulación como metodología de enseñanza, (Castelló & Cladellas, 2013; Palés & Gomar, 2010).

Este contexto de cambios culturales, sociales, tecnológicos y pedagógicos de la era digital se hace necesario orientar la investigación en educación hacia el estudio de las nuevas modalidades de enseñanza- aprendizaje que son posibles gracias a los sistemas de gestión del conocimiento; en torno a la pregunta: “¿Cómo logramos la adecuada combinación de elementos pedagógicos, tecnológicos y organizativos del escenario de aprendizaje que estamos construyendo?” (Salinas, 2016, p. 17)

El estudio, se enfoca en el componente pedagógico, específicamente en el uso de herramientas computacionales que favorecen la construcción de modelos mentales, con miras a contrastar la realidad y las expectativas futuras con la literatura producida, para fundamentar una metodología pertinente a los nuevos actores y escenarios de los procesos formativos.

3.2 Formulación del problema

¿Cómo aprovechar las herramientas computacionales de simulación, que ofrecen los nuevos escenarios formativos, para favorecer la construcción de modelos mentales en los estudiantes?

3.3 Objetivos

General:

Proponer una metodología de uso de las herramientas computacionales de simulación en los nuevos escenarios formativos de la era digital para favorecer la construcción de modelos mentales en estudiantes de educación básica.

Específicos:

1. Establecer los factores de relación entre los diferentes procesos de construcción de modelos mentales en escenarios educativos y las experiencias de aprendizaje con herramientas computacionales de simulación.
2. Diseñar estrategias didácticas para el uso de herramientas computacionales de simulación que favorezcan la construcción de modelos mentales para el cambio conceptual en procesos de enseñanza – aprendizaje de educación básica.

3. Implementar la estrategia diseñada en pruebas empíricas con estudiantes de educación básica.
4. Evaluar los efectos del uso de la estrategia didáctica propuesta en el proceso de construcción de los modelos mentales en un caso estudiado en los nuevos escenarios formativos.

3.4 Tipo de investigación

Hoy por hoy, la investigación en educación se enfrenta al desafío de buscar la adecuada combinación de elementos pedagógicos, tecnológicos y organizativos de los nuevos escenarios de aprendizaje (Salinas, 2016). Aunque los artefactos y la información invaden todos los espacios (y son necesarios), no deben solamente los aspectos instrumentales y técnicos el objeto de estudio de las investigaciones educativas, apremia enfocar los estudios hacia su uso, buscando las respuestas metodológicas que permitan obtener el máximo provecho en lo que realmente importa, los procesos de E/A en contexto.

Se seleccionó la metodología de IBD, cuyo objetivo final es establecer una fuerte conexión entre la teoría y los problemas del contexto educativo real, para diseñar, probar y refinar entornos educativos innovadores (Amiel & Reeves, 2008).

La metodología de Investigación Basada en el Diseño, funciona como un puente entre la teoría y la práctica; la IBD está comprometida tanto con la construcción y ampliación teórica, como con la resolución de problemas del mundo real. La IBD se caracteriza por ser pragmática, interactiva, flexible, integrada, reflexiva, abierta e inconclusa, (De Benito & Salinas, 2016; Ellis & Levy, 2010).

La IBD contempla cuatro fases: la investigación preliminar, la integración teórica, las pruebas empíricas y la documentación y divulgación. Dado que la IBD es flexible e interactiva, (De Benito & Salinas, 2016), los avances en estas fases se desarrollaron en varios ciclos o iteraciones enmarcadas en el itinerario del Doctorado en Tecnología Educativa de la UIB, tal como se muestra en la ilustración 34.

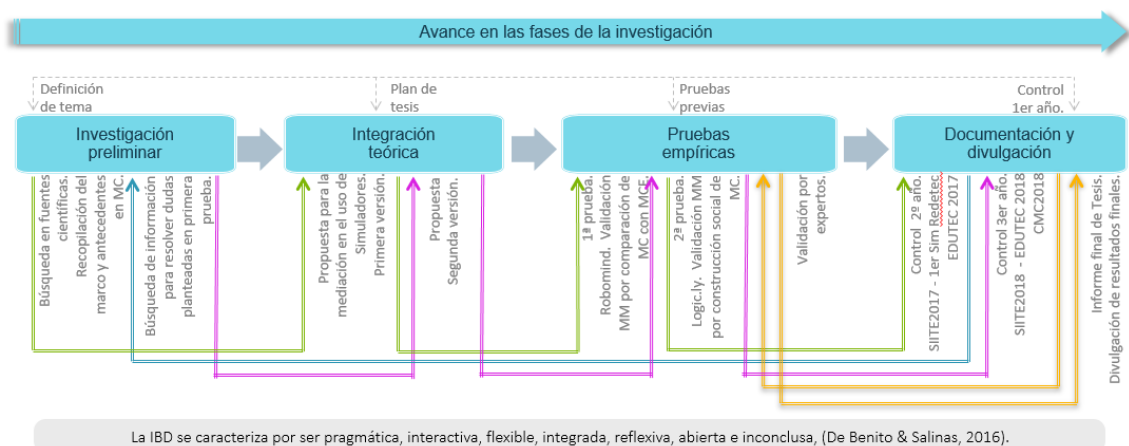


Ilustración 34. Fases del diseño metodológico IBD en el marco del itinerario del Doctorado.

Se hacen evidentes en el esquema las características de la IBD, por ejemplo la retroalimentación que es posible gracias a sus fases cíclicas, para la reformulación con base en los avances logrados y los nuevos interrogantes que van surgiendo como fruto tanto la práctica como de la socialización con la comunidad científica.

3.4.1 Fase de investigación preliminar

Para empezar, se requiere comprender, por una parte, la importancia y función de la revisión de la literatura para la metodología de investigación seleccionada y, por otra parte, el papel del acceso abierto en la sociedad del conocimiento.

Como ya se expuso, el paradigma de investigación basada en el diseño y desarrollo funciona como un puente entre la teoría y la práctica; al comprometerse con la construcción y ampliación teórica resulta vital realizar la revisión de la literatura, como medio para ubicar el estudio en el contexto del conocimiento existente y así mismo intentar hacer frente al problema de investigación basándose en la fundamentación teórica, (De Benito & Salinas, 2016; Ellis & Levy, 2010).

La revisión de literatura no es exclusiva de una determinada metodología de investigación, es un deber ineludible en cualquier estudio ya que es el punto de partida para abordar problemas relevantes; no obstante, vale la pena insistir en la necesidad de hacer una buena revisión de la literatura científica en una investigación en tecnologías educativas, dada la importancia de la fundamentación teórica tanto para las decisiones metodológicas del estudio, como para hallar el marco conceptual que soporte la propuesta pedagógica (Barroso & Cabero, 2010).

Sin duda una de las ventajas de la sociedad del conocimiento es el desarrollo de sistemas de gestión del conocimiento para lidiar con la sobreabundancia de información que nos trae la nueva era. Desde la declaración de la iniciativa de acceso abierto (Budapest Open Access Initiative-BOAI), en 2002, se han impulsado dos estrategias para favorecer el acceso a la información en el ámbito académico e investigativo y promover su uso: a través de la publicación en revistas de acceso abierto o mediante el autoarchivo de los trabajos en repositorios institucionales o temáticos. (Ayala & Arias, 2014).

En las dos líneas se han desarrollado sistemas de catalogación e indexación que permiten garantizar la idoneidad de los contenidos. De este modo existen bibliotecas científicas que indexan las revistas y publicaciones arbitradas, así como directorios de repositorios jerarquizados que cosechan contenidos teniendo en cuenta las políticas de acceso abierto y los estándares de interoperatividad.

En consideración de lo anterior, en la investigación preliminar de este estudio se realizará una búsqueda intensiva de literatura abierta de publicaciones científicas como: artículos, informes de investigación, tesis y ponencias; acerca de las siguientes temáticas generales:

- Experiencias con simuladores en el aula.
- Modelos mentales.
- Investigación en tecnologías educativas y pedagogía.

En esta revisión se aplicarán los pasos para una búsqueda sistemática propuestos por Petticrew & Roberts (2006), que se presentan en la ilustración 35.

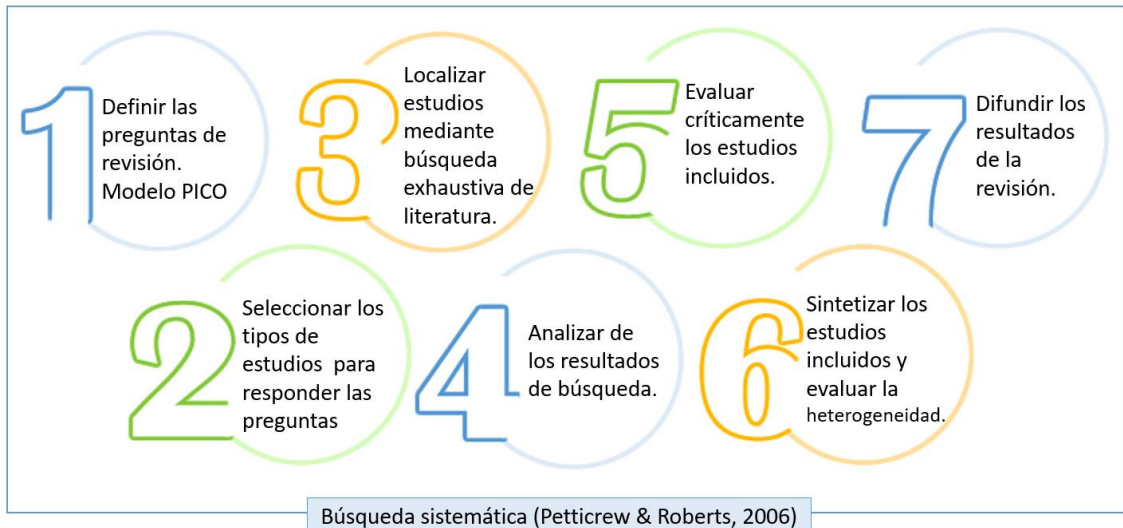


Ilustración 35. Pasos para una búsqueda sistemática (Petticrew & Roberts, 2006)

Se utilizará Mendeley para gestionar las referencias bibliográficas, con las funciones de *Mendeley Institutional Edition* (MIE) que provee la universidad de las Islas Baleares a su comunidad.

3.4.2 Fase de integración teórica

La fase de integración teórica se desarrollará en dos iteraciones. Se pretende establecer una metodología de mediación del proceso de enseñanza aprendizaje para el uso de la simulación como una herramienta cognitiva que posibilita experiencias, para establecer y comprobar relaciones causales y de esta manera dar significado al objeto de estudio, fundamentada en el aprendizaje significativo, basado en problemas y experiencial.

Se planteará una propuesta inicial articulando las teorías y experiencias estudiadas, con ideas generales sobre los elementos que componen la ecología del aula, esta idea se aplicará en una prueba empírica y con base en los hallazgos se alimentará con una nueva integración teórica para obtener en una versión final de la propuesta de mediación, que se aplicará en la segunda prueba empírica y se someterá a juicio de expertos.

En este proceso se utilizará la infografía como medio de representación y comunicación de la propuesta.

3.4.3 Fase de pruebas empíricas

Esta fase se desarrollará en iteraciones, se realizarán pruebas previas en el 2016 y primer trimestre del 2017 para contextualizar la problemática, buscando identificar algunas variables del contexto a considerar, pues el uso de TIC implica comprender todos los actores y elementos del proceso de enseñanza aprendizaje en la ecología del aula. Luego se realizaran dos pruebas empíricas con la misma población.

Primera prueba empírica:

En la primera prueba se realizará una experiencia usando el simulador en línea de robótica Robomind, con el itinerario del curso abierto “Hora de código” de *Robomind Academy*.

Se utilizarán los mapas conceptuales para verificar el resultado del aprendizaje. Para analizar los resultados estos mapas se compararán con el mapa construido por un experto en el tema utilizando CmapTools.

Segunda prueba empírica:

Para la segunda experiencia se utilizará otro tipo de simulador, el laboratorio virtual de circuitos electrónicos Logic.ly en su versión demo on-line, en una unidad didáctica diferente.

Para verificar el resultado del aprendizaje, se analizarán los mapas conceptuales construidos por los estudiantes. La construcción y análisis de estos mapas podrá hacerse de manera diferente a la primera prueba, dependiendo de los resultados de la misma y de la nueva integración teórica que se realice.

Validación por juicio de expertos:

La fase de pruebas empíricas incluye estrategias de validación de los resultados. La primera estrategia será la presentación de avances de la investigación en eventos académicos y científicos, lo cual permitirá recibir retroalimentaciones para nutrir el desarrollo del trabajo.

La segunda será una estrategia más formal que consiste en validar la propuesta final mediante juicio de expertos, para lo cual se aplicará el método Delphi con participación anónima en dos rondas. Esta técnica es ampliamente usada en investigaciones en el contexto de la educación, parte del principio de inteligencia colectiva y facilita la participación de expertos en busca del consenso, (Barroso & Cabero, 2010).

El detalle de la estrategia de validación por juicio de expertos se expondrá en la sección 3.5 de técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.4.4 Fase de documentación y divulgación

La fase de documentación y divulgación corresponde al uso de las TIC en la elaboración de contenidos, informes, artículos y ponencias para la presentación de los productos y resultados parciales y finales, así como su publicación en medios de difusión avalados y eventos científicos.

Respecto a la documentación se ha utilizará la herramienta Cmap tools para la construcción de mapas conceptuales y el paquete de office junto con Google docs para la edición de documentos. Las referencias bibliográficas gestionarán con Mendeley; la encuesta a expertos de diseñará y aplicará con LimeSurvey y , finalmente, la metodología propuesta se presentará en una infografía creada con Power point y Adobe Fireworks.

En la medida que se avance en el estudio se realizarán las publicaciones que aparecen enlistadas al inicio de este documento con resultados parciales; esta dinámica impacta favorablemente en la investigación ya que ofrece la oportunidad de validar los avances con la comunidad científica y recibir retroalimentación por parte de los pares.

3.5 Contexto y población

La población seleccionada para el trabajo de campo son los estudiantes de noveno grado de la IE las Américas de Bucaramanga. Esta institución, de carácter oficial está ubicada en la calle 33

No. 36-16, barrio Álvarez. En el 2017 se ofreció el servicio educativo a **1.900** estudiantes provenientes principalmente de la comuna Morrórico y la comuna Oriental. Ilustración 36.

Como es la realidad de las instituciones educativas públicas colombianas, la población estudiantil es vulnerable por su nivel socioeconómico, con algunas situaciones especiales de inclusión y agresión escolar. Es de anotar que a pesar de que algunos estudiantes residen en lugares con problemas de orden público y delincuencia, en general en la institución educativa hay un ambiente de buena convivencia escolar.



Ilustración 36. Ubicación y entorno de la IE Las Américas Bucaramanga.

Fuente: Google Maps, <https://www.facebook.com/LasAmericasBucaramanga/>

Los cuatro grupos de noveno grado del 2017 sumaron un total de 140 estudiantes; adolescentes de edades entre los 14 y 17 años. Los grupos fueron heterogéneos en cuanto a sus edades, nivel de convivencia, habilidades cognitivas e intereses.

En la infografía de la ilustración 37 se presentan las estadísticas oficiales del año 2017, correspondientes a los resultados de las pruebas estandarizadas nacionales, Pruebas Saber 3-5-9, realizadas por el Instituto Colombiano de Evaluación, ICFES, y las mediciones del Índice Sintético de Calidad, ISC, que realiza el Ministerio de Educación Nacional.

En el ciclo de básica secundaria (grados 6º a 9º) fueron evaluados en el 2017 los estudiantes del grado noveno, el 88% se encuentra en los niveles mínimo y satisfactorio en matemáticas y Lenguaje, mientras que en el nivel superior se encuentra el 4% en matemáticas y el 8% en lenguaje. Estos resultados se encuentran dentro de la tendencia de la Entidad Territorial, ET, a nivel municipal y departamental y superan los porcentajes nacionales.

El ISC, por su parte mide en forma integral la calidad educativa, además de los desempeños en las pruebas saber, también mide el nivel de eficiencia (tasa de mortalidad académica) y el nivel de ambiente escolar; en un histórico de tres años atrás y una proyección de Metas de Mejoramiento Anual, MMA, para el año siguiente. La IE Las Américas obtuvo una puntuación de 7,20, disminuyendo respecto al año anterior; pero aún se mantiene por encima del índice municipal en 0,57 y del departamento en 1,6.

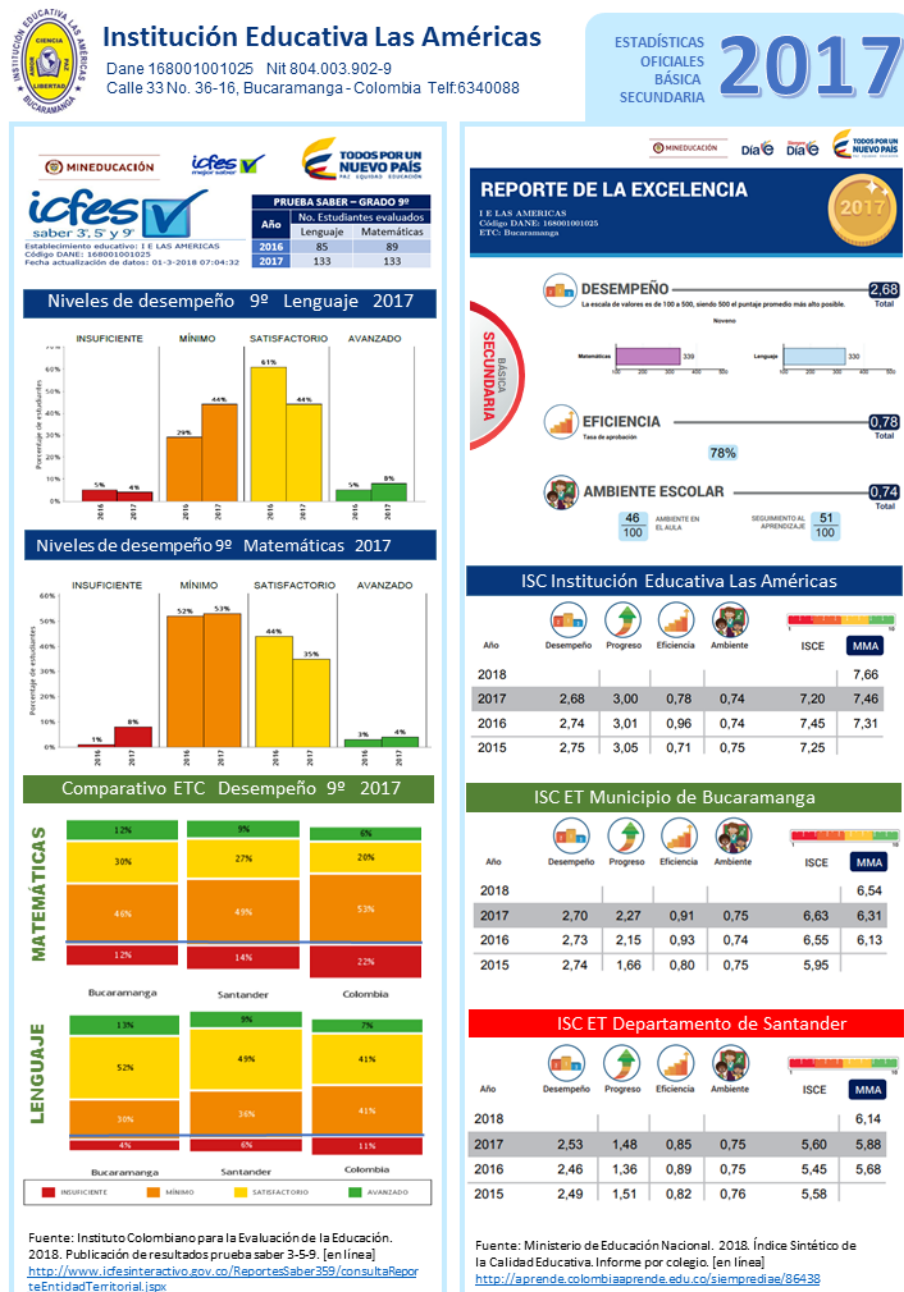


Ilustración 37. Infografía estadísticas oficiales 2017 Ciclo Básica Secundaria. IE Las Américas

Fuente: adaptación de publicaciones oficiales.

El trabajo de campo se realizó en las sesiones de clase de tecnología, en el horario habitual y con las condiciones normales de la dinámica institucional; este no fue un ensayo de laboratorio en

un ambiente controlado. Esto implicó que algunos estudiantes no concluyeran las actividades por inasistencia a clase debido a ausencia del colegio, estudiantes en suspensión por procesos de normalización (disciplinarios) o participación en otras actividades institucionales. Para efectos del estudio, estos aspectos no son considerados como limitantes puesto que el propósito era desarrollar la propuesta en un entorno lo más real posible.

Diagnóstico y viabilidad:

En el año anterior (2016) se inició el uso de simuladores en las clases de tecnología a manera de pruebas diagnósticas para determinar la viabilidad de la propuesta en las esferas tecnológica, pedagógica y organizacional. Se detectaron necesidades y se implementó un plan de acción para cumplir las condiciones básicas, tal como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Plan de acción para cumplir condiciones básicas.

Esfera	Diagnóstico	Plan de acción
Organizacional	Se cuenta con el apoyo de la dirección. No hay recursos para comprar licencias de software.	Responder al voto de confianza de la dirección con un proyecto bien planificado. Buscar opciones de simuladores de software libre.
Pedagógica	El plan de estudio de octavo y noveno tiene temáticas que se pueden manejar con simuladores. Estudiantes con buena disposición para la clase de tecnología, nivel inicial en hábitos para el manejo de las aulas especializadas y el trabajo colaborativo y autónomo. Bajo nivel de competencias comunicativas y no han manejado mapas conceptuales. Habilidades digitales básicas.	Continuar con el trabajo en el desarrollo hábitos de estudio y protocolos de uso de las aulas especializadas. Refuerzo en clase de tecnología de competencias comunicativa y manejo de mapas mentales y conceptuales. Se opta por hacer la experiencia con grado noveno.
Tecnológica	En la sala de tecnología no hay computadores. Hay dos salas de informática con computadores 1:1 y conexión a internet. La red LAN de las salas de informática se encuentran en malas condiciones llevan varios años sin mantenimiento.	Disponibilidad de usar la sala de informática. Se tendrá eso en cuenta al organizar los horarios de tecnología con el grado seleccionado. Gestión del mantenimiento de la red y equipos de las dos salas de informática. Pruebas en las salas con el aula virtual de Edmodo y algunos simuladores en línea.

Con lo anterior se determinó que la implementación de la propuesta es viable, con las pruebas se pudo hacer la selección de las herramientas a utilizar y con las mejoras en la infraestructura tecnológica de las salas de informática se contaba con las condiciones básicas para implementar el trabajo de campo.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Análisis funcional del simulador

Más que hacer una evaluación técnica basada en métricas, se preñe analizar en forma descriptiva las características del software de simulación para determinar requerimientos técnicos, facilidad de uso y características de la simulación, para ello, se combinan elementos de cuatro referentes: el Modelo de Evaluación del Software Educativo de Barroso y Col, (Cova et al., 2008), el Instrumento de Evaluación de REDA del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2013), el Modelo de Calidad y Evaluación de Herramientas de Software de García, et. al. (2011) y el Modelo Sistémico de Calidad, MOSCA+ de Rincon, Alvarez, Perez, & Hernandez (2005).

Se diseñó la guía que se presenta en la tabla 18 para el análisis descriptivo de la funcionalidad del software de simulación.

Tabla 18. Guía para el análisis funcional del simulador.

1. Identificación		
Nombre del software:		
Versión:		Año:
Descripción cualitativa del programa:		
Especificación de requerimientos técnicos.	Hardware: <i>¿Tiene especificaciones de requisitos mínimos de procesador y periféricos?</i>	
	Sistema operativo: <i>¿Se puede instalar en diferentes sistemas operativos?</i>	
2. Funcionabilidad		
Tipo de construcción de la simulación:	Construcción de simulación deductiva	<input type="checkbox"/> Permite que el estudiante construya y compruebe modelos de sistemas cerrados controlados por reacción. <input type="checkbox"/> El modelo de simulación dinámica representa conceptualmente la naturaleza cambiante de fenómenos de sistemas de una forma similar al fenómeno real. <input type="checkbox"/> En este tipo de herramientas el modelo se concibe y se implementa antes de ser comprobado.
	Construcción de simulación inductiva	<input type="checkbox"/> Permiten construir modelos dinámicos abiertos de sistemas de fenómeno. <input type="checkbox"/> Cada vez que se añade un elemento al sistema, se puede comprobar el modelo para observar el efecto del nuevo elemento en el funcionamiento del sistema.
	Construcción de modelos causales cualitativos	<input type="checkbox"/> Permite construir sistemas expertos basados en descripciones cualitativas de relaciones causales con hechos y reglas si-entonces, para la toma de decisiones.

	Construcción de modelos semánticos	<input type="checkbox"/> Permite la representación de asociaciones semánticas entre conceptos dominantes dentro de un campo de conceptos.
Tipo de Exploración del modelo simulado:	De caja negra	<input type="checkbox"/> La simulación está previamente construida para que los estudiantes exploren y experimenten. <input type="checkbox"/> No se explica el modelo implícito. <input type="checkbox"/> Permite la manipulación de variables y la comprobación de los resultados de estas.
	De caja de cristal	<input type="checkbox"/> El sistema necesita que el estudiante construya el modelo de forma explícita antes de comprobarlo. <input type="checkbox"/> Se puede hacer seguimiento al comportamiento del modelo subyacente en la simulación. <input type="checkbox"/> Permite la manipulación de variables y la comprobación de los resultados de estas.
Fenómeno que se modela	<input type="checkbox"/> Conocimientos dominantes <input type="checkbox"/> Problemas <input type="checkbox"/> Sistemas <input type="checkbox"/> Experiencias <input type="checkbox"/> Pensamientos Otro: _____	
Interacción	<input type="checkbox"/> Una corrida del modelo se puede detener.	
	Forma en que se solicitan los datos: <input type="checkbox"/> Control análogo. <input type="checkbox"/> Botones (íconos) <input type="checkbox"/> Cuadro de Caracteres, texto / numéricos <input type="checkbox"/> Otro: _____	
Resistencia a errores	<input type="checkbox"/> Genera mensaje de error específico. <input type="checkbox"/> El sistema con error no funciona. <input type="checkbox"/> Otro: _____	
Recursividad de la simulación	<input type="checkbox"/> Permite grabación y reproducción. <input type="checkbox"/> Permite guardar la simulación. <input type="checkbox"/> Permite re-uso por parte de otros usuarios. <input type="checkbox"/> Genera reportes. <input type="checkbox"/> Otro: _____	
Descripción de las variables del modelo a simular: <i>Incluya desde una lista hasta una descripción más detallada con tipos de variables y posibles rangos de valores.</i>		
Adecuación al currículo: <i>¿Qué objetivos de aprendizajes o competencias cubre?</i>		

3. Confiabilidad / fiabilidad

Sistema de representación	Los elementos del modelo o fenómeno a simular se representan con: <input type="checkbox"/> Íconos. <input type="checkbox"/> Imágenes planas. <input type="checkbox"/> Imágenes 3D de baja definición. <input type="checkbox"/> Imágenes 3D de alta definición <input type="checkbox"/> Realidad aumentada <input type="checkbox"/> Otro: _____
	Los cambios en el modelo o fenómeno a simular se representan con: <input type="checkbox"/> Datos numéricos o texto. <input type="checkbox"/> Cambio de imágenes 2D. <input type="checkbox"/> Movimiento animado. <input type="checkbox"/> Otro: _____
	El escenario donde se encuentra el modelo o fenómeno a simular se representan con: <input type="checkbox"/> Fondo unicolor. <input type="checkbox"/> Imagen plana estática. <input type="checkbox"/> Imagen plana en movimiento. <input type="checkbox"/> Imagen 3D estática. <input type="checkbox"/> Animación 3D con movimiento. <input type="checkbox"/> Otro: _____
Descripción del nivel de Abstracción de la simulación: <i>¿En qué nivel se aproxima a la realidad la simulación?</i>	
Descripción del nivel de profundización de la simulación: <i>¿El sistema permite observar elementos y comportamientos del fenómeno que no se pueden observar en la realidad?</i>	
Respaldo del software: <i>Organizaciones, sellos, certificaciones, reporte de estudios que avalan que los resultados de la simulación son científicos.</i>	
Descripción de la validación de los resultados de simulación: <i>Descripción de pruebas hechas por un experto en el tema para validar que los resultados de la simulación son científicos.</i>	

4. Usabilidad
Facilidad de la instalación: <i>Facilidad de instrucciones. Tiempo medio de instalación.</i>

<p>Manual de usuario: <i>Calidad del lenguaje. Precisión en las instrucciones. Apoyo gráfico. Secuencia de contenidos. Autosuficiencia del tutorial.</i></p>
<p>Entrenamiento: <i>Tiempo de aprendizaje del uso del software. Forma en que puede ser utilizado y habilitado para el aprendizaje de la aplicación.</i></p>
<p>Facilidad de uso: <i>¿El software es intuitivo y atractivo? ¿Qué nivel de complejidad tiene la construcción o configuraciones particulares del modelo o fenómeno a simular? ¿los términos usados por el software son de fácil comprensión por parte del usuario?</i></p>
<p>Aporte a errores de uso: <i>¿El software da orientaciones frente a errores de uso?</i></p>
<p>Posibilita la conexión de redes y bases de datos:</p>

<p>5. Eficiencia</p>
<p>Rendimiento: <i>Capacidad de la herramienta para rendir en relación a la complejidad del proceso de simulación.</i></p>
<p>Comportamiento con el tiempo: <i>Control de la velocidad de la animación. Rapidez de la compilación.</i></p>
<p>Uso de recursos: <i>Requerimientos de hardware y software.</i></p>

<p>6. Mantenimiento</p>
<p><i>Facilidad para realizar modificaciones y/o adaptaciones de la herramienta. Manual de mantenimiento.</i></p>

<p>7. Portabilidad</p>
<p>Posibilidad de transferir el software de un entorno a otro: <i>(Por ejemplo, transferir entre diferentes sistemas operativos)</i></p>
<p>Intercambio de datos: <i>Facilidad para el intercambio de datos entre el software y otras aplicaciones, como: hojas de cálculo y archivos de texto.</i></p>

<p>8. Propuesta didáctica</p>

Herramientas, recursos u orientaciones que ofrece el software para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

3.6.2 Observación participante para el estudio del caso

En el desarrollo de las pruebas empíricas se aplicará la estrategia diseñada con estudiantes de básica secundaria, en estas pruebas se utilizará la observación participante para recoger información de manera directa sobre los aspectos relacionados con el rol del estudiante y del docente en el desarrollo de las sesiones de clase.

Este es un tipo particular de recogida de datos en la que el investigador observa directamente y luego registra en forma sistemática las observaciones resultantes. Para efectos de este estudio el investigador participará como docente en las pruebas empíricas.

Esta es una observación sistematizada, indirecta, participante y autoobservada.

- Sistematizada, ya que las conductas objeto de evaluación están definidas.
- Indirecta, ya que el rol de los estudiantes y docentes se observa y después se registran los comportamientos a través de lo que el docente informa sobre el mismo.
- Participante, pues el investigador que observa participa en la dinámica de la clase como docente.
- Autoobservada, pues el observador atiende su propia conducta.

Adicionalmente, esta se considera una observación estructurada teniendo en cuenta que requiere planeación y definición clara del objeto a observar, el cómo, el cuándo y dónde. En el siguiente gráfico se presenta la planificación de la observación, siguiendo el esquema propuesto por Barroso y Cabero (2010), ilustración 38.



Ilustración 38. Proceso de la observación participante

Las categorías a observar hacen referencia a los aspectos específicos referentes al rol del estudiante en la aplicación de la estrategia de mediación diseñada, la observación se orienta con preguntas que constituyen el sistema de registro presentado en la tabla 19.

Tabla 19. Sistema de registro de las observaciones

	Categorías	Preguntas
Rol del estudiante en el uso del simulador	Actitud frente al reto	¿Qué actitud asume con respecto al reto planteado?
	Habilidad en el uso del simulador	¿Cómo se desenvuelve el estudiante con el simulador? ¿Cómo se evidencia la diferencia en este desempeño de los estudiantes que han tenido experiencias previas en el tema?
	Actitud frente a la solución de dudas	¿Cómo demuestra las dudas? ¿qué hace cuando no sabe cómo continuar con la solución del reto?
	Interacción con los pares	¿Cómo interactúan los estudiantes entre sí, respecto al logro de los retos? ¿Cómo ayudan los estudiantes avanzados a quienes no han logrado realizar los retos?
	Interacción con el docente	¿Cómo manifiestan sus dudas al docente? ¿Qué actitud tienen frente a la intervención del docente
	Nivel de logro del reto	¿Los estudiantes logran cumplir los retos planteados en cada sesión?

Rol del docente	Intervención	¿Cómo identifica una situación que requiere intervención del docente? ¿Cómo interviene el docente en el desarrollo del reto por parte del estudiante?
	Interacción con el docente	¿Qué tipo de preguntas hacen los estudiantes? ¿Qué tipo de respuestas da el docente?

Dado que en dos interacciones de las pruebas empíricas se aplicará la estrategia diseñada, podrían considerarse estas interacciones como casos de estudio, por lo tanto, la observación participante resulta un instrumento apropiado para recolectar los datos sobre los comportamientos a observar en los estudiantes y el docente.

Además, la observación participante de la prueba empírica permite comprobar si al aplicar la estrategia diseñada en la intervención del docente se obtienen como resultado las reacciones esperadas en los estudiantes; esta, a la vez, es una manera de triangular la teoría con la práctica.

3.6.3 Análisis de los mapas conceptuales construidos por los estudiantes

Para el análisis de los mapas conceptuales construidos por los estudiantes se aplicarán diferentes procedimientos en cada prueba. En la primera, se utilizará la herramienta de comparación de CmapTools, para valorar los MC construidos por los estudiantes tomando como referencia un mapa conceptual experto, MCE.

La herramienta de comparación utiliza los parámetros de proposiciones, conectores y conceptos para comparar, además de determinar los textos completos o parciales en los conceptos, y arroja un informe del porcentaje de similitud en cada uno de ellos.

Se hará el análisis estadístico de los resultados para cada uno de los criterios de comparación: proposiciones, conectores y conceptos y para el promedio. Luego se hará una reflexión sobre la relación entre el desempeño en las prácticas con el simulador y los resultados de la comparación del MC con MCE.

En la segunda prueba se hará un análisis métrico y topológico de los mapas, para lo cual se utilizará la extensión de CmapTools CmapAnalisis que es una aplicación capaz de analizar un paquete de mapas y arrojar métricas de los mismos. Adicionalmente se hará un análisis semántico de los mapas mediante la aplicación de la rúbrica semántica originalmente aplicada en el proyecto Conéctate al Conocimiento, por Miller y Cañas en el 2008, y posteriormente validada por Prats en el 2013.

Se interpretarán de manera reflexiva los resultados de estos análisis, así como la relación de estos resultados con la experiencia práctica en el uso del simulador.

Más adelante, en la discusión final de este estudio, se analizará la eficiencia de esta forma de verificar los modelos mentales de los estudiantes. Inicialmente se confrontarán los resultados de las pruebas empíricas con otros estudios y luego se hará una discusión con base en los fundamentos teóricos de los modelos mentales y los mapas conceptuales para inferir las condiciones en las que el método puede llegar a ser eficiente.

3.6.4 Validación por juicio de expertos

Después de la segunda iteración de pruebas empíricas se documentará la experiencia describiendo los elementos de la propuesta de mediación, para ser presentada a un grupo de expertos para su validación.

Se aplicará el método Delphi con participación anónima en dos rondas para buscar el mayor consenso posible entre las opiniones del panel de expertos. En la primera ronda se presentará el cuestionario completo y de acuerdo con los resultados obtenidos, en la segunda ronda se presentarán las preguntas en las que se encuentre mayor desacuerdo.

Según Barroso y Cabero (2010), esta es una de las técnicas más utilizadas en investigación educativa, en casos como este, donde se recurre a un grupo de expertos para buscar su consenso. El método Delphi se basa en el principio de la inteligencia colectiva. Los expertos no tienen que estar en el mismo espacio, de hecho, se hace de manera anónima. El consenso se obtiene por un proceso matemático de agregación de juicios individuales con repetición del cuestionario, dando a conocer a todos los expertos los resultados de las anteriores aplicaciones e invitándolos a buscar el máximo consenso en sus respuestas. (Barroso & Cabero, 2010), (Riaño & Palomino, 2015)

En este método resulta primordial asegurarse que sea válido para la investigación donde se va a aplicar, al respecto Barroso y Cabero (2010) ilustran varios ejemplos en los que se muestra que este método es pertinente para valorar una propuesta metodológica.

En el esquema de la ilustración 39 se presenta la planificación de esta validación:

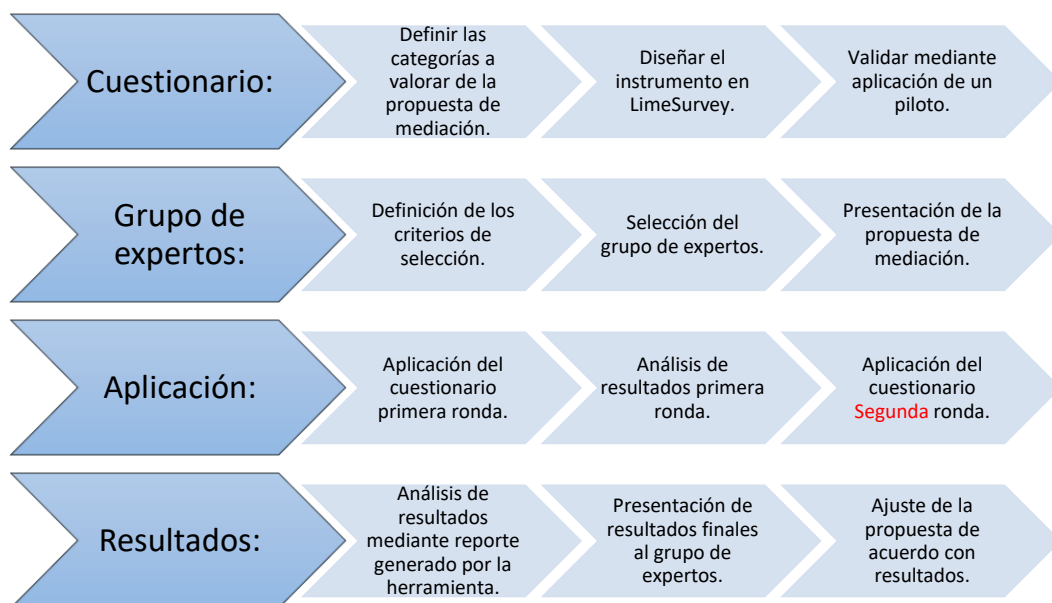


Ilustración 39. Proceso de validación por juicio de expertos.

El grupo de expertos debe estar confirmado por un mínimo de siete expertos, pero no más de treinta; la composición del grupo es decisiva para la confiabilidad de los resultados, se deben

considerar criterios que permitan definir la pertinencia con la temática y la vinculación con la actividad (Riaño & Palomino, 2015).

Para la validación se trabajará con un grupo de 10 expertos. Se aplicará un cuestionario en la herramienta Lime Survey, el cuestionario estará organizado en 5 categorías, la primera de identificación y perfil del experto y las siguientes para la valoración de la estrategia.

4 Resultados

4.1 Resultados de la Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica se realizó en dos momentos: el primero durante la revisión preliminar y en un segundo después de realizar las pruebas y validación, con el propósito de contrastar los resultados con otros estudios.

4.1.1 Resultados de la revisión preliminar:

En la investigación preliminar de este estudio se realizó una búsqueda intensiva de literatura abierta de las temáticas generales: 1. Experiencias con simuladores en el aula, 2. Modelos mentales y 3. Investigación en tecnologías educativas y pedagogía. Se seleccionaron en total 91 ítems entre artículos, informes de investigación, tesis y ponencias cuyas fuentes se especifican en la tabla 20.

Tabla 20. Fuentes de los ítems que conforman la bibliografía de la investigación preliminar.

Bibliotecas científicas	Repositorios registrados en el directorio OpenDOAR	Libros	Otras fuentes confiables
47 ítems	21 ítems	9 ítems	16 ítems
Redalyc Scielo Dialnet	Biblioteca digital ICESI INTELECTUM Kérwá PubMed RAD-UNAM REPOSITORIO TEC Research Online RIUBU RUA SEDICI TDL UACH UAM UPCommons	Ed PRH y Sudamericana Uruguay Ed U de Burgos Ed U de Barcelona Ed Síntesis Ed U Pedagógica Nacional Ed UIS Ed UOC Ed BoD	American Society for Engineering Education Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería EDUTECH Institute for Human and Machine Cognition Instituto GeoGebra de Cantabria (IGC) New Media Consortium Proceedings of Informing Science & IT Education Conference Revista Cubana de Informática Médica Virtual Educa

Se utilizó Mendeley para gestionar las referencias bibliográficas, con las funciones de *Mendeley Institutional Edition* (MIE) que provee la universidad de las Islas Baleares a su comunidad, organizando las referencias en 4 folders de acuerdo con las temáticas generales enunciadas anteriormente, ilustración 40.

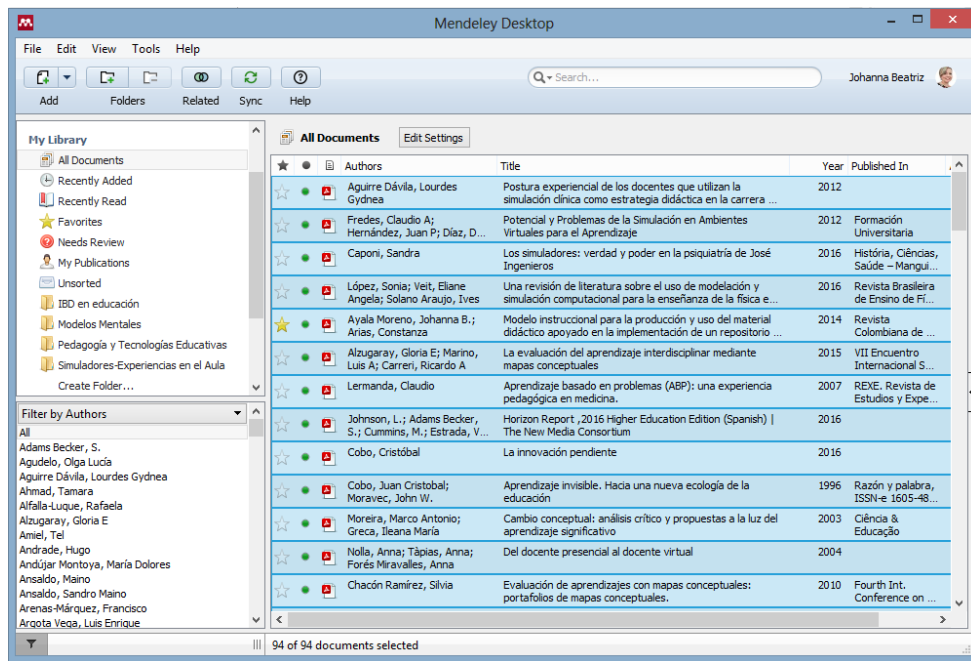


Ilustración 40. Captura de pantalla. Organización de documentos en Mendeley

Ahora bien , en la fase de investigación preliminar de la IBD se busca analizar la eficacia de los enfoques adoptados en problemas similares en diferentes contextos, así como establecer un puente entre la teoría y la práctica (Ellis & Levy, 2010); por tal motivo se buscaron estudios que documentaran tanto experiencias prácticas en el uso de simuladores, como estudios documentales de fundamentación teórica. En este ejercicio se evidenció que por una parte algunas fuentes teóricas explican los conceptos basados en experiencias y por otra, los estudios experimentales llegan a establecer reflexiones y conclusiones que, sin ser leyes o generalizaciones, se constituyen en aportes al andamiaje teórico a partir de las soluciones encontradas a los problemas estudiados; lo cual resulta coherente con la metodología de investigación de la IBD.

En el primer tema a considerar: experiencias de uso de simuladores en el aula, se seleccionaron 47 documentos entre artículos, ponencias y tesis, incluyendo revisiones de literatura. El criterio de selección utilizado fue que los estudios incluyeran aspectos didácticos o fundamentos pedagógicos del uso de estas herramientas. Para el análisis de los documentos en primera instancia se clasificaron por disciplinas, tabla 21; y finalmente se construyó una red de mapas conceptuales utilizando CmapTools, en la ilustración 41 se aprecia una captura de pantalla de la herramienta.

Tabla 21. Cantidad de documentos seleccionados por tema

Experiencias con simuladores en el aula	
Disciplinas	Número de documentos
1. Pensamiento computacional y desarrollo de software	6
2. Matemáticas y física	11
3. Pensamiento clínico	7

4. Administración y negocios	4
5. Ingenierías y arquitectura	10
6. Otras	9

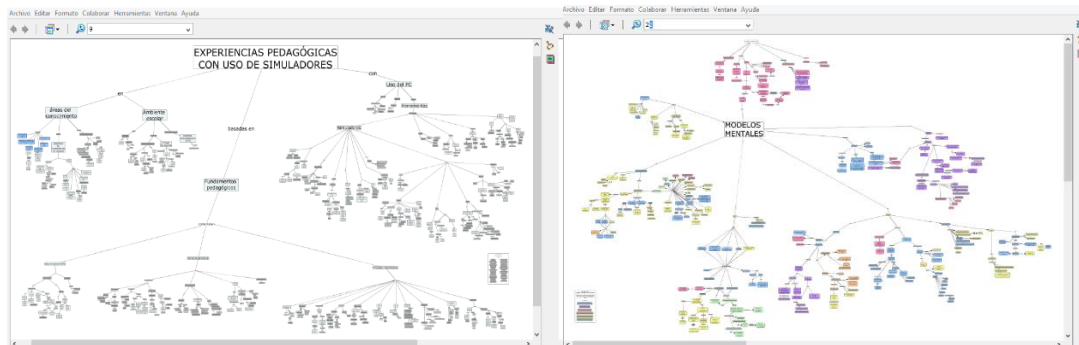


Ilustración 41. Captura de Pantalla. Marco teórico en CmapTools

En las experiencias se identificaron como factores comunes el enfoque educativo basado en competencias y la participación activa del estudiante al comprometerlo en el rol de experto. Además, se encontraron aspectos relevantes de los simuladores como su clasificación, los factores de eficacia y las características de interactividad.

Dado que en los documentos seleccionados se trata el aspecto pedagógico, de una u otra forma, en todos se menciona como potencial de los simuladores su capacidad para permitir que los estudiantes manipulen modelos de una disciplina particular; estas prácticas en contextos auténticos (muy similares a la realidad) les permite activar sus conocimientos previos y poner a prueba los nuevos, convirtiéndose en experiencias de aprendizaje.

En algunos de los estudios la práctica del uso de simuladores se fundamenta desde la psicología cognitiva; bien sea teniendo en cuenta a los simuladores como un material que representa la realidad que es objeto de estudio en forma concreta y al nivel del estudiante, desde el aprendizaje significativo de Ausbel, (M. García, 2011), o bien sea considerando la teoría de Vigotsky en el uso del simulador para la comprensión de conceptos (Kollöffel & De Jong, 2008).

Otros autores, refieren un enfoque constructivista en el uso de los simuladores, ya que permiten procesos de interpretación y re-interpretación para construir modelos explicativos, (Medina-López et al., 2011; Urquidi et al., 2015). Por su parte, en las experiencias estudiadas en la disciplina del pensamiento computacional, se hace referencia a la representación abstracta y finita de fenómenos reales desde el modelado y la simulación, (López, 2014; Taborda & Medina, 2012).

Sólo en 2 documentos los autores relacionan directamente el uso de simuladores con el concepto de “modelos mentales”. El primero habla de la modelación de fenómenos como innovación en los procesos de E/A y tiene en cuenta los modelos mentales desde el punto de vista de Bono, (Ansaldó & González, 2015). El segundo trata sobre el uso del ordenador en la resolución de situaciones experimentales y toma como una de sus referencias la teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird, (Yanitelli, 2011).

El segundo tema de búsqueda de literatura fue la fundamentación teórica de los modelos mentales, MM. Se seleccionaron 16 fuentes bibliográficas y del mismo modo que la temática anterior, se construyó una red de mapas conceptuales en CmapTools para su análisis.

La documentación sobre los MM fue útil para explicar qué son, de qué tipos existen, para qué se usan y como se forman. Se encontró que aún sigue vigente la teoría de Johnson-Laird (1983).

Desde luego, no se puede desligar el concepto de los MM del estudio de los procesos de E/A, por lo tanto, se incluyeron otras 20 fuentes bibliográficas sobre la temática general de pedagogía y tecnologías educativas.

El tercer componente de la revisión preliminar cubre la temática de la investigación en tecnologías educativas. En este aspecto se seleccionaron 8 referencias bibliográficas, 3 de las cuales se refieren específicamente a la metodología IBD.

4.1.2 Revisión bibliográfica de resultados de investigación:

En cuanto a la revisión bibliográfica del segundo momento, se consideraron como fuentes dos repositorios de tesis doctorales: TESEO y DART-Europe. El propósito de esta búsqueda fue consolidar un referente de resultados investigativos para compararlos con los obtenidos en el presente estudio, como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Revisión de resultados de investigación

Repositorio de tesis doctorales:	TESEO	DART-Europe
Método y palabras de búsqueda	Búsqueda avanzada: (Simulador o simulación) y (formación o entrenamiento o aprendizaje)	<i>Results must contain:</i> • <i>simulator</i> • <i>simulation</i> • <i>learning</i> • <i>training</i>
Resultado de la búsqueda	98	32
Preseleccionados por título relacionado con la temática educativa	24	22
Seleccionados por acceso y contenido	6	12

Se hizo el análisis narrativo de los estudios seleccionados con base en las siguientes preguntas que corresponden a las categorías de análisis alrededor de las cuales se hará la triangulación de resultados:

- ¿Qué aspectos se tienen en cuenta para seleccionar el simulador?
- ¿Cuál es el rol del estudiante y del docente en la estrategia de enseñanza / aprendizaje?
- ¿Qué elementos se tienen en cuenta en la planificación y desarrollo de la estrategia de enseñanza / aprendizaje?
- ¿Qué aspectos se tienen en cuenta para valorar en forma general la estrategia de enseñanza / aprendizaje?
- ¿Qué medios se utilizan para valorar los resultados de aprendizaje y cómo se determina su eficiencia?

De los 18 estudios seleccionados, 14 tratan temas relacionados con el desarrollo de habilidades clínicas en varios campos de la medicina como la ginecología, urología, oftalmología y otros; 6 de ellos con el propósito de desarrollar algún simulador, mientras los demás estudiaron metodologías o propuestas de formación para comprender o evaluar su eficiencia.

Sólo uno de los estudios relaciona los modelos mentales con el proceso educativo, estudiando la organización socio – técnica de la simulación en la formación marítima, (Hontvedt, 2014)

4.2 Integración teórica

La fase de integración teórica tuvo dos iteraciones. Se esbozó una propuesta articulando las teorías y experiencias estudiadas, una metodología de mediación del proceso de enseñanza aprendizaje para el uso de la simulación como una herramienta cognitiva que posibilita experiencias, para establecer y comprobar relaciones causales y de esta manera dar significado al objeto de estudio, fundamentada en el aprendizaje significativo, aprendizaje basado en problemas y aprendizaje experiencial.

Se planteó una primera propuesta con ideas generales sobre los elementos que componen la ecología del aula, esta idea se aplicó en una prueba empírica y con base en los hallazgos se alimentó con una nueva integración teórica que resultó en una versión final de la propuesta de mediación, que se aplicó en la segunda prueba empírica y que finalmente se sometió a juicio de expertos.

En este proceso la infografía se utilizó como medio de representación y comunicación de la propuesta; en la ilustración 42 se aprecia la evolución en infografía de las dos versiones de la integración teórica.

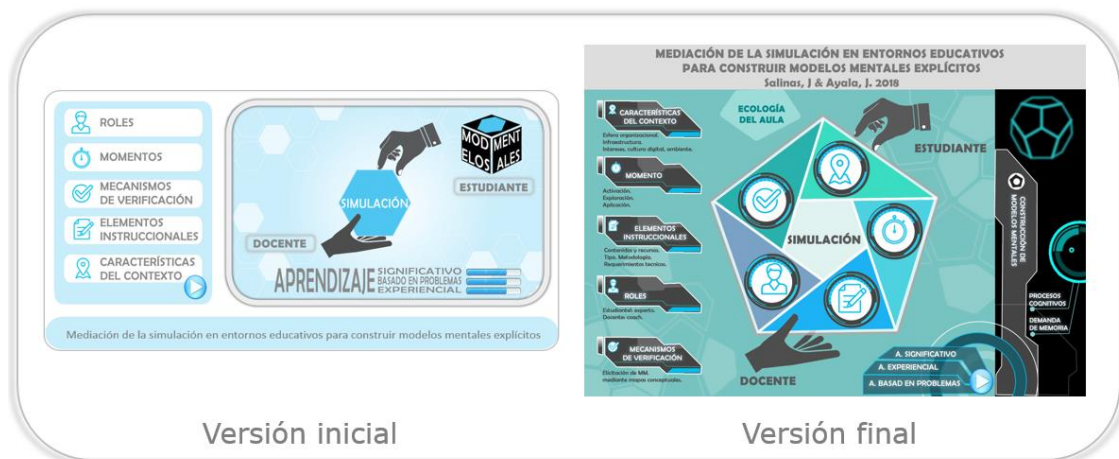


Ilustración 42. Evolución de la propuesta en infografía. Fuente: Salinas & Ayala, 2017 y 2018.

Se construyó una matriz de integración teórica, tabla 23, para sintetizar las principales bases teóricas que se integraron en la propuesta y su correspondencia con los 5 elementos de la estrategia de mediación.

Tabla 23. Matriz de integración teórica

Bases teóricas y sus autores	Las características del contexto	El momento	Los elementos instruccionales del simulador	El rol del docente y del estudiante	los mecanismos de verificación
1. Desafíos de la educación los nuevos escenarios de la era digital (Johnson et al., 2016; Salinas, 2004, 2016)	X	X	X	X	X
2. Aprendizaje significativo mediante TIC (Jonassen, 2004)	X	X	X	X	
3. Mediación de las prácticas educativas con TIC desde el constructivismo, (Bustos & Coll, 2010; Coll, 2004)	X	X	X		
4. Aprendizaje significativo crítico y subyacente, (Moreira, 1997, 2000, 2012)	X		X	X	
5. Teoría de los modelos mentales, (P. Johnson-Laird, 2010; Khemlani et al., 2014; Moreira et al., 2002)		X	X	X	X
6. Aprendizaje basado en problemas, (García, 2008).		X		X	
7. La nueva ecología de la educación, (Cobo & Moravec, 2011; Coll, 2013; Salinas, 2016)	X				
8. El MindWare y la verdadera Brecha digital, (Cobo, 2016). La autorregulación: educación para la era digital, (Cobo, 2018)	X				
9. Componente social de los modelos mentales. (Jones, et al, 2011).	X				
10. La motivación del estudiante, (Osse & Jaramillo, 2008)	X				
11. Modelos mentales para la solución de problemas complejos, (Chang Jordán, 2009)	X				
12. Modelado y simulación, (González, 1999; Maldonado, Alfonso, & Gómez, 2010).			X		
13. Evaluación de recursos educativos digitales, (Cova et al., 2008; A. García et al., 2011; MEN, 2015; Rincón, Pérez, Hernández, & Alvarez, n.d.).			X		
14. Mapas conceptuales (Novak & Cañas, 2006; Prats, 2013)					X

Se integraron catorce ejes teóricos para explicar los cinco elementos de la propuesta, tal como se muestra en el esquema de la ilustración 43. Como se puede apreciar, los ejes de mayor influencia teniendo en cuenta el número de elementos que integran en la propuesta son:

- Eje 1: desafíos de la educación en los nuevos escenarios de la era digital
- Eje 2: aprendizaje significativo mediante TIC
- Eje 3: mediación de prácticas educativas con TIC desde el constructivismo
- Eje 4: aprendizaje significativo crítico y subyacente
- Eje 5: teoría de los modelos mentales

INTEGRACIÓN TEÓRICA

Mediación de la simulación en entornos educativos para construir modelos mentales explícitos

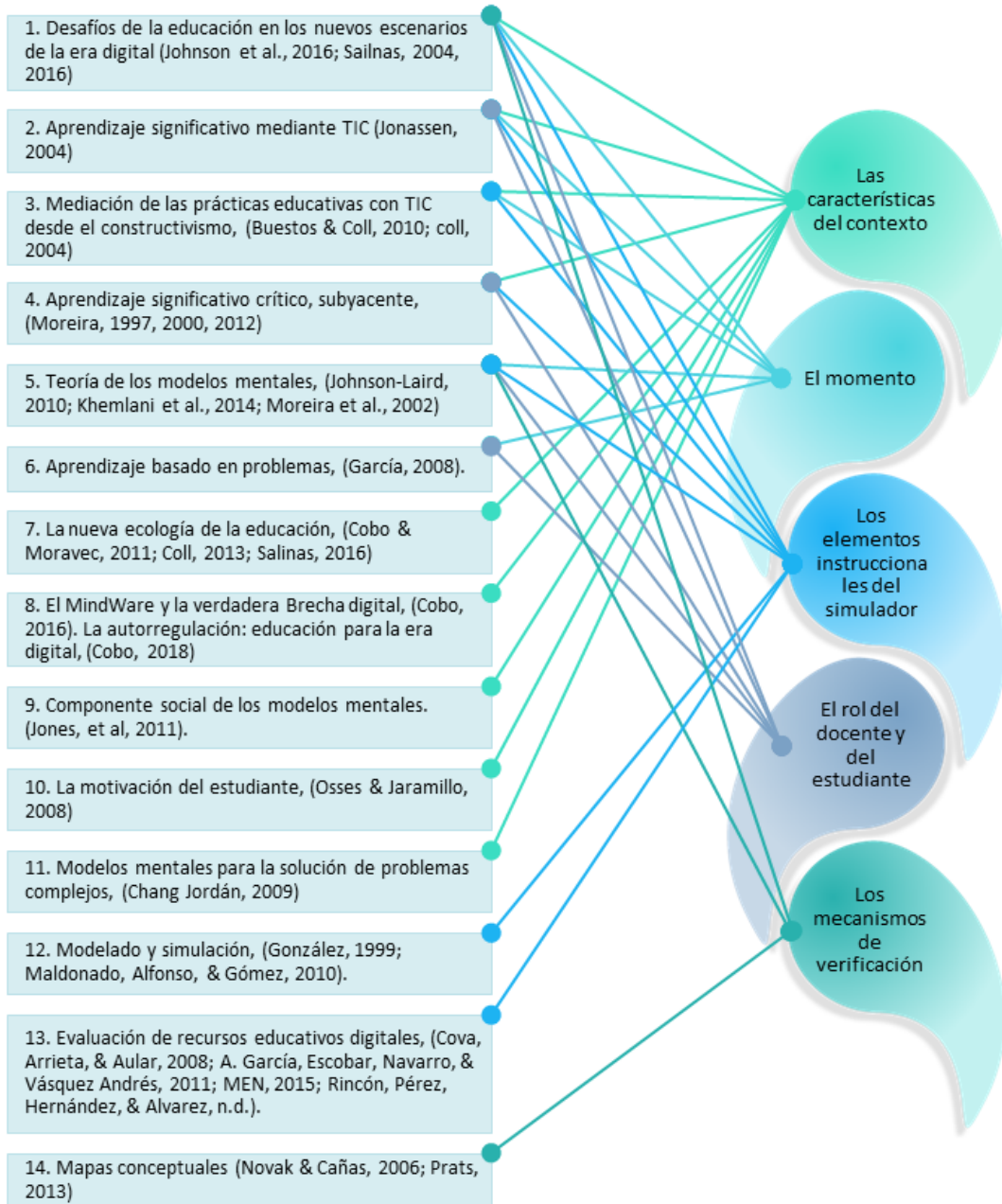


Ilustración 43. Integración teórica

4.3 Propuesta de mediación

La propuesta de mediación tiene en cuenta 5 elementos que se interrelacionan en la ecología del aula: las características del contexto, el momento, los elementos instruccionales del simulador, los roles y los mecanismos de verificación, estos se representan en la infografía de la ilustración 44.



Ilustración 44. Infografía de la propuesta pedagógica.

4.3.1 Las características del contexto

Desde una perspectiva ampliada, esta propuesta se enmarca en el contexto de la educación en la era digital; en donde la cultura y la sociedad actual son producto de la revolución tecnológica; revolución que también afecta el núcleo del proceso de enseñanza – aprendizaje, por las nuevas opciones de acceso y transmisión de información que conllevan nuevas formas de establecer relaciones de comunicación.

Si un docente reconoce que la educación ocupa un lugar central en la sociedad de la información, y es la base para el desarrollo cultural, social y económico de los pueblos, (Coll, 2004), entonces comprenderá el impacto de su labor y se motivará por generar estrategias acordes con las necesidades actuales. Nos enfrentamos pues al reto de reducir la segunda brecha digital con la educación potenciando el *Mindware*, es decir, vencer la brecha desarrollando las competencias y habilidades para el aprovechamiento de las TIC, (Ayala, 2013; Cobo, 2016; Cobo & Moravec, 2011)

Para ello se requiere configurar escenarios educativos donde los aprendices puedan vivir experiencias que les permitan desarrollar competencias y habilidades de orden superior para resolver los problemas que demanda la sociedad del conocimiento, ello requiere una armonizar convenientemente los elementos pedagógicos, tecnológicos y organizacionales del aula, (Salinas, 2016). Es así, que el escenario educativo se concibe desde la ecología del aprendizaje como un entorno donde la acción educativa se distribuye entre diferentes escenarios y agentes

educativos que determinan trayectorias de aprendizaje diversas y singulares mediadas por las TIC (Coll, 2013).

Entonces, en la ecología del aula convergen un conjunto de elementos que se interrelacionan unos con otros, que le dan vida a acto de enseñanza - aprendizaje y que lo hacen único. “Todos estos factores inciden entre sí de manera multivariable y no necesariamente de forma previsible ya que mutan y se transforman... interactúan entre sí de manera compleja y resultan muy difíciles de abarcar en su totalidad en un único estudio” (Cobo, 2016, p. 63)

Estos elementos tienen dinámica propia y algunos no son susceptibles e intervención por parte del docente, pero, en definitiva, inciden en el proceso, por consiguiente, en el grado en que el docente pueda tener en consideración una variedad de estos elementos y sus interrelaciones, mayor será el grado de dinamismo, adaptabilidad, integración y pertinencia de su propuesta educativa; por consiguiente, en la presente propuesta se consideran: la esfera organizacional, la infraestructura tecnológica y la esfera cultural.

Por lo que toca a la esfera organizacional, el docente debe tener en cuenta el macro-currículo de su institución educativa para que su propuesta pedagógica responda a los propósitos de formación y principios institucionales, así como determinar la pertinencia desde el plan de estudios.

También es necesario tener en cuenta la dinámica de funcionamiento de la institución para organizar espacios y tiempos y gestionar la disponibilidad de recursos. En lo que respecta a la infraestructura tecnológica, vale la pena considerar las condiciones del ambiente físico y técnico del aula, por cuanto estas determinan la viabilidad para el uso de las herramientas computacionales, por lo cual, se deben verificar los requisitos técnicos de la herramienta a utilizar para garantizar que se cumplen los requerimientos para su normal funcionamiento.

En la esfera cultural entran en juego desde la cultura digital, hasta los intereses, hábitos, nivel de convivencia y expectativas de los estudiantes.

Hablar de cultura digital va más allá de la educación que propende por el desarrollo de competencias digitales, se trata de contextualizarla en el escenario de la sociedad del conocimiento, pues nos corresponde a todos involucrarnos con la misión de potenciar el *mindware* en nuestros estudiantes.

Un informe de la OCDE (2015), señala que la exposición tecnológica moderada en la educación muestra mejores resultados que la exposición intensiva a las herramientas tecnológicas; por ello, Cobo (2016) propone 6 aspectos claves para garantizar una vida online segura, responsable y saludable para los jóvenes que educamos, estos son: privacidad y seguridad; identidad digital y reputación; alfabetismo informacional, licenciamiento y propiedad intelectual, y relación con otros.

Cobo (2018), además, plantea como estrategia de solución ayudar a nuestros jóvenes a desarrollar la autorregulación, entendida como la capacidad de emanciparse a la dependencia y sobreexposición digital, esto para lograr que no sean “solo sujetos hiperconectados y sobreexpuestos al uso de la tecnología 24/7 sino capaces de crear valor, innovar, identificar problemas que otros no han visto y explorar posibles soluciones” (Cobo, 2016. p. 94).

Por otra parte, uno de los principios del aprendizaje significativo advierte que el significado y el pensamiento se distribuyen entre la cultura y la comunidad en las que vivimos y las herramientas

que utilizamos, desde este punto de vista, el aprendizaje puede ser entendido como los cambios que sufre nuestra relación con la cultura con la que estamos conectados, (Jonassen, 2004).

Por consiguiente, para potenciar el uso de una herramienta tecnológica sofisticada, debe hacerse en un contexto en el que los estudiantes tengan un nivel suficiente de competencias digitales y en el que haya una cultura implantada de aprovechamiento de las TIC para la construcción de conocimiento.

Sumando a lo anterior, debe tenerse en consideración que incorporar una nueva tecnología en el aula, trae consigo el efecto novedad; los estudiantes estarán estimulados por la expectativa que genera el nuevo material. El aprendizaje significativo es intencional, por lo tanto, los resultados serán mejores si el estudiante está más motivado por aprender y centra su atención en la experiencia de simulación que en el material en sí.

De tal forma que utilizar un simulador en el aula de manera esporádica en un contexto que no está preparado para vencer la brecha digital, no asegura que el estudiante construya modelos mentales consistentes, desarrolle aprendizajes de alto nivel o logre el cambio conceptual, su uso se potencia para estos fines si se hace en un contexto con un nivel suficiente de cultura digital.

Otros elementos a considerar son los hábitos de los estudiantes y su nivel de convivencia, por una parte se debe reconocer que los grupos, con el paso del tiempo desarrollan una identidad colectiva que se va construyendo naturalmente con la convivencia, se trata de características específicas del grupo, con una estructura de reglas de comportamiento que determinan el ambiente social de la clase y la dinámica de comunicación, y que de algún modo pueden representar oportunidades o limitaciones a la hora de desarrollar una experiencia de enseñanza – aprendizaje, los seres humanos son criaturas sociales que confían en las reacciones de otros humanos para determinar su propia existencia y la veracidad de sus creencias personales, (Jonassen, 2004).

Precisamente, el Informe *Horizon 2016* explica que el segundo de los grandes desafíos de la educación actual es aprender a resolver problemas complejos; pero no en aislamiento, sino permitiendo una aplicación profunda del pensamiento complejo mediante las habilidades comunicativas con un alto nivel de inteligencia social. Esto se hace posible mediante el uso de tecnologías para colaborar y el aprovechamiento de los datos para sustentar sus ideas, como la web semántica, el Big Data y las tecnologías de modelado y simulación, (Johnson et al., 2016).

Por otra parte Vygotsky asegura que el desarrollo cognitivo no puede entenderse sin referencia al contexto social, histórico y cultural en el que ocurre. Según su teoría, el lenguaje y el comportamiento voluntario son procesos mentales superiores que se originan en procesos sociales; el desarrollo cognitivo es la conversión de relaciones sociales en funciones mentales y está determinado por instrumentos y signos.

Los instrumentos y signos son construcciones socio-históricas y culturales, para la apropiación de estas construcciones, el ser humano tiene que captar los significados ya compartidos socialmente. Para Vygotsky, el desarrollo cognitivo se da a través de la reconstrucción interna o internalización; a medida que el sujeto va utilizando más signos, más se van modificando, fundamentalmente, las operaciones psicológicas que él es capaz de hacer. (Moreira, 2000). Es claro que el contexto socio-histórico del estudiante no se limita al grupo con el que convive su año escolar, pero es en este escenario donde se desarrollan las experiencias de enseñanza – aprendizaje que el docente planifica, por lo tanto, la dinámica de comunicación del grupo, así como los códigos de comportamiento inciden en el desarrollo de las mismas.

Ahora bien, Moreira advierte que la teoría de los modelos mentales de Johnson-Lair podría sugerir que los significados usualmente aceptados no son relevantes, sin embargo, el lenguaje juega un papel importante en esta teoría, ya que es por medio de él que la persona logra explicar sus modelos o hacer previsiones sobre un evento o fenómeno, lo cual aclara que Johnson-Laird no deja de lado la construcción social del conocimiento.

Además, los modelos mentales pueden ser colectivos, estos se construyen a través de experiencias compartidas y su significado se negocia. Jones afirma que estos influyen en la toma de decisiones y el componente social de los modelos mentales de cada individuo, (Jones et al., 2011).

Los intereses y expectativas de los estudiantes, también son elementos a considerar, puesto que la propuesta se basa en el aprendizaje significativo, desde esta perspectiva el aprendizaje es intencional, los estudiantes intentan conseguir un objetivo cognitivo de forma activa e intencional. El aprendiz tiene que manifestar una disposición para relacionar a su estructura cognitiva los significados que capta de los materiales educativos, potencialmente significativos, del currículum de forma no arbitraria y no literal, (Jonassen, 2004).

Desde otro ángulo, de acuerdo con la teoría de Johnson Laird, el cambio conceptual radical requiere autoregulación, esfuerzo y nivel de compromiso por parte del aprendiz, sólo sucede si es intencional y se llegan a desafiar o sustituir los modelos conceptuales, (Moreira, 1997), y Chang explica que los modelos mentales son dinámicos y se construyen de acuerdo a cada interacción y que la solución de problemas conlleva una mayor complejidad ya que requiere la planificación de la decisión, que implica agrupación de intenciones, metas locales y motivaciones. (Chang Jordán, 2009)

Los intereses y las expectativas son factores que dependen de la motivación y esta a su vez es la que induce la voluntad, la que lleva a una persona a la práctica de una acción, es decir, la que estimula la intención de aprender.

En la práctica pedagógica frecuentemente se habla de la motivación del estudiante, pero esta no es una técnica o método de enseñanza particular, sino un factor cognitivo presente en todo acto de aprendizaje ya que condiciona la forma de actuar y pensar; (Osses & Jaramillo, 2008)

De hecho, los simuladores han demostrado gran eficiencia en escenarios de formación profesional, como la educación médica, militar o ingeniería; en donde ofrecen la oportunidad de experimentar en campos de pleno interés para el estudiante que ya tiene definida su vocación. En los niveles de formación básica, el uso del simulador también debe responder a los intereses de los estudiantes y cumplir sus expectativas; el docente, a través de la interacción, puede indagar sobre aquello que atrae al estudiante, incitar motivos y despertar expectativas como preparación a la experiencia de aprendizaje.

Si el docente determina que las características del contexto no son óptimas para el desarrollo de la estrategia usando simuladores en el aula, deberá implementar un plan de acción para optimizar el ambiente y asegurar las condiciones mínimas necesarias, por ejemplo, mediante la gestión de horarios, organización de recursos o desarrollo de hábitos para el trabajo en el aula y desarrollo de competencias para la construcción de mapas conceptuales.

4.3.2 El momento

Las TIC tienen un potencial transformador de las prácticas educativas fundamentado en sus características de formalismo, interacción, dinamismo, multimedia, hiperactividad y conectividad; tanto así, que desde una perspectiva constructivista se les asigna un papel mediador en el triángulo interactivo, (Bustos & Coll, 2010; Coll, 2004).

Ahora bien, la transformación de las prácticas educativas no se produce por la aparición de la tecnología en el aula, ni por sus propiedades intrínsecas, pues el impacto no depende directamente de su naturaleza, sino de su forma de uso. Según Coll (2004), no existe una relación biunívoca entre un recurso tecnológico y su uso, de hecho, varios usos de las TIC pueden aparecer simultáneamente en el mismo recurso.

Por otro lado, esta propuesta pretende superar la creencia subyacente sobre la capacidad de las tecnologías per se para mejorar el proceso de enseñanza - aprendizaje, que da más importancia a las máquinas que a su aplicación didáctica. Por el contrario, se busca explorar la parcela de la didáctica del uso de las tecnologías, específicamente, las herramientas computacionales para la simulación, atendiendo al sentido sustantivo de la educación.

Sumado a esto, las TIC entran en juego en el acto educativo como medios para comunicar y representar la información, pues el aprendizaje intencional es resultado de procesos interactivos y comunicacionales complejos, el aprendiz necesita representar para sí mismo la información y también presentarla y contrastarla con los otros. En palabras de Salinas, “si se define el aprendizaje como construcción de conocimiento en lugar de transmisión, entonces el aprendizaje se convierte en una actividad que principalmente proporciona significados y en la que el estudiante busca construir una representación mental coherente a partir del material presentado”, (Salinas, 2016, p. 23).

En ese orden de ideas, identificar la necesidad formativa se antepone a la elección de la herramienta computacional, lo que supone planificar la clase, la secuencia didáctica o la experiencia educativa desde la perspectiva del aprendizaje significativo, para determinar en qué momento resulta pertinente usar el simulador.

En este punto, es relevante analizar sobre el enfoque de esta propuesta hacia la construcción de modelos mentales pues en ese sentido adquieren mayor relevancia las decisiones que toma el docente frente al momento de la clase en que requiere el uso del simulador y lo que busca pedagógicamente al usarlo. De hecho, en la encuesta de validación, uno de los expertos hizo la siguiente sugerencia: “incluiría un momento previo donde se garantice que el docente identifica los aspectos claves de lo que quiere enseñar y maneja adecuadamente las herramientas digitales”

Entonces, se parte de dos fundamentos:

En primer lugar, la utilidad del simulador en su función de mediador en el triángulo interactivo es permitir la representación del modelo que es objeto de estudio, pues construir modelos o manipularlos con ayuda de las herramientas computacionales puede ayudar a que las personas construyan sus propios modelos mentales, (Bustos & Coll, 2010; P. Johnson-Laird, 2010; Jonassen, 2004).

En segundo lugar, el cambio conceptual al que se pretende llegar puede ser resultado de la instrucción intencional y sucede cuando se llegan a desafiar a sustituir los modelos conceptuales.

Hemos dicho que estos modelos conceptuales son representaciones externas compartidas, consistentes con el conocimiento científico, que pueden aprenderse y enseñarse a través de modelos mentales. Además, los fenómenos que se pueden modelar son los conocimientos dominantes, los problemas, los sistemas, las experiencias y los pensamientos, (Jonassen, 2004)

En ese orden de ideas, el docente, para empezar, debe tener claro cuál es el modelo conceptual implícito en el objeto de estudio, cuáles son sus propios modelos mentales sobre el mismo y cuáles son las competencias que se espera que el estudiante desarrolle con relación a ese modelo.

Desde el enfoque del ABP, este momento de planeación es crucial, se recomienda que los docentes se tomen su tiempo para plantear el problema a resolver y se analice su relevancia, ámbito y complejidad; así mismo, que este trabajo de desarrolle en equipos interdisciplinarios ya que esta estrategia aprovecha las ventajas de la colaboración, no sólo entre los estudiantes, sino también en los docentes, (García, 2008).

Entonces, después de revisar estos elementos en la planeación, el docente podría escoger entre alguno de estos tres momentos para el uso del simulador, tabla 24.

Tabla 24. Momentos de la clase para el uso del simulador.

Momento	Uso del simulador
Inicial	Activación de presaberes. El entorno de simulación debe ofrecer elementos con significado para los estudiantes, que se relacionen con sus presaberes
Exploración	Con el simulador los estudiantes exploran y comprenden el comportamiento de las variables dentro del modelo y descubren las características, dinámicas o principios que rigen el comportamiento del modelo.
Aplicación	Los estudiantes usan el simulador para construir modelos que ya han estudiado, para comprobar la veracidad de sus concepciones y predicen el comportamiento o resultados del modelo.

Ahora bien, en las primeras versiones de esta propuesta se había considerado que la selección del simulador depende del momento en el que se requiera su uso; sin embargo, después de contrastar la experiencia con la teoría, se concluyó que esta decisión no debe ser lineal, más bien, se podría explicar como un ciclo de decisión que busca el equilibrio entre satisfacer la necesidad educativa, aprovechar el potencial del simulador dadas sus características funcionales e instruccionales y el momento pertinente para su uso en la clase, como se representa en el esquema de la ilustración 45. Esto evidencia la necesaria integración de los elementos pedagógicos y tecnológicos en la configuración de los escenarios educativos, (Salinas, 2016).

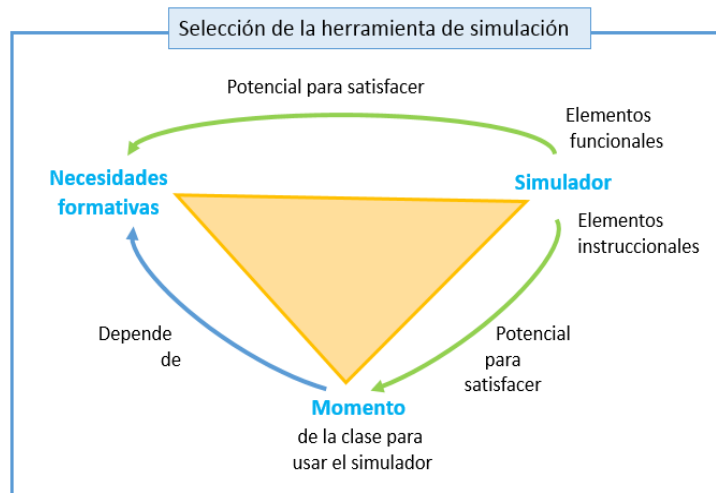


Ilustración 45. Selección de la herramienta de simulación

4.3.3 Los elementos instruccionales del simulador

Uno de los grandes desafíos de la educación para el siglo XXI es la creación de oportunidades auténticas de aprendizaje, es decir, el uso de escenarios de aprendizaje que incorporen experiencias de la vida real, (Johnson et al., 2016), es una de las razones por las cuales los simuladores se proyectan como tecnologías de alto potencial en el aula. Es necesario comprender la naturaleza y funcionamiento de las herramientas tecnológicas, para descubrir su potencial a razón de las nuevas formas de aprender en los nuevos escenarios formativos, (Salinas, 2016).

Se ha determinado, que por su capacidad para modelar situaciones o fenómenos reales y permitir su manipulación por parte del estudiante, (González, 1999; Maldonado et al., 2010), existe una gran cantidad de herramientas computacionales que pueden ser consideradas simuladores. Para elegir el simulador deben analizarse los elementos instruccionales que implican su uso y combinan aspectos tecnológicos y pedagógicos.

El primer análisis que se debe hacer para elegir la herramienta es el funcional, es decir, revisar los aspectos de identificación, funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenimiento, portabilidad y propuesta didáctica, (Cova et al., 2008; A. García et al., 2011; MEN, 2015; Rincón et al., n.d.).

En este sentido se identifican una serie de características comunes a todos los recursos educativos digitales que vienen a determinar la viabilidad técnica de su uso, pero también, se identifican características propias de los simuladores que garantizan la buena elección; en la ilustración 46 se enlistan estas características.

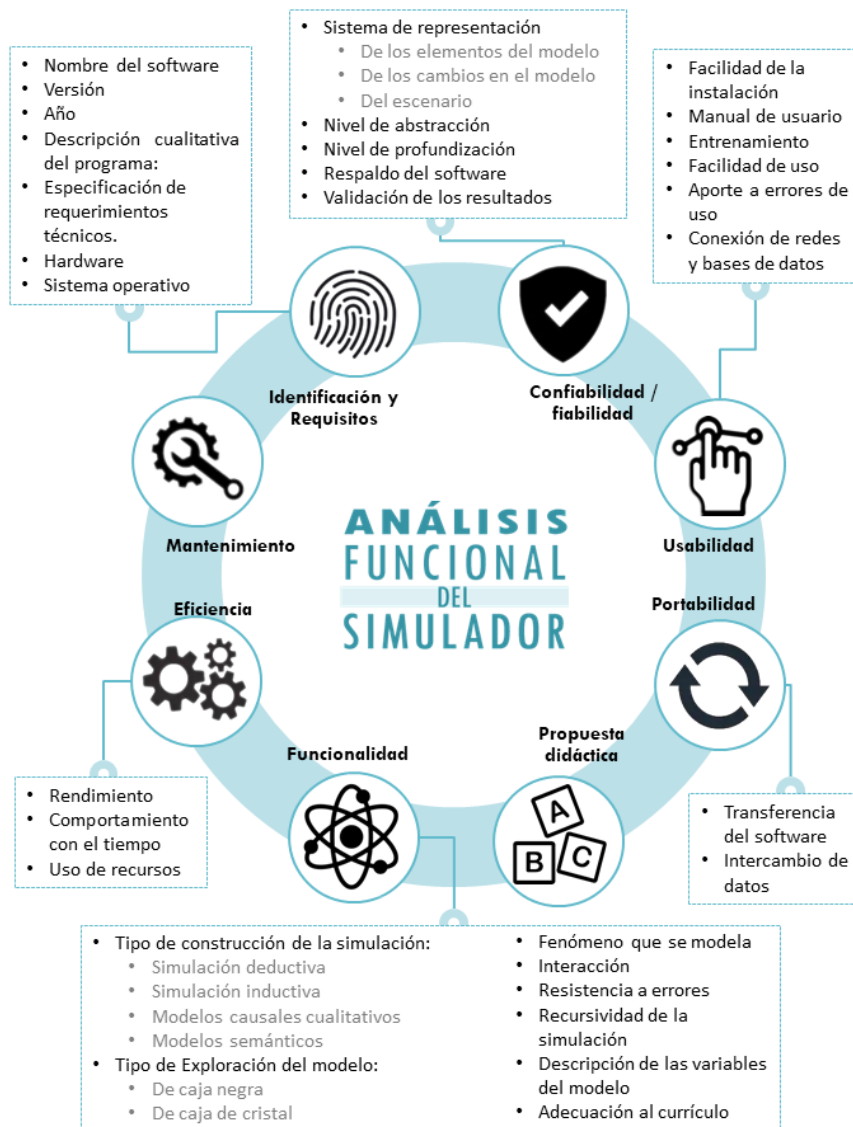


Ilustración 46. Análisis funcional del simulador

En cuanto a la funcionabilidad, se requiere determinar los siguientes aspectos específicos de la herramienta:

Una de las particularidades es el tipo de construcción de la simulación que ofrece el software, si es una simulación deductiva, inductiva, de modelos causales cualitativos o de modelos semánticos, (Jonassen, 2004). Esto permitirá determinar la forma como el estudiante podrá construir el modelo a simular y el tipo de manipulación que puede hacer de sus elementos, variables o relaciones. En un análisis más profundo, le permitirá al docente planificar el tipo de competencia y el nivel de construcción o estructuración de conocimiento que puede potenciar el uso del simulador.

- La construcción de la simulación es deductiva si el software permite que el estudiante construya y compruebe modelos de sistemas cerrados controlados por reacción, si permite que se construya un modelo dinámico que representa conceptualmente la naturaleza cambiante de fenómenos de sistemas de una forma similar al fenómeno real, o si el modelo se concibe y se implementa antes de ser comprobado.

- La construcción de la simulación es inductiva si se permite construir modelos dinámicos abiertos de sistemas de fenómeno, o si cada vez que se añade un elemento al sistema, se puede comprobar el modelo para observar el efecto del nuevo elemento en el funcionamiento del sistema.
- Para determinar que el software permite la construcción de modelos causales cualitativos, se debe identificar si se pueden construir sistemas expertos basados en descripciones cualitativas de relaciones causales con hechos y reglas si-entonces, para la toma de decisiones.
- Y si el software permite la representación de asociaciones semánticas entre conceptos dominantes dentro de un campo de conceptos, entonces el tipo de modelo que se puede construir es semántico.

Otro aspecto particular es el tipo de exploración del modelo simulado.

- En los simuladores de caja negra la simulación está previamente construida para que los estudiantes exploren y experimenten, no se explica el modelo implícito y se permite la manipulación de variables y la comprobación de los resultados de estas.
- En los simuladores de caja de cristal el sistema necesita que el estudiante construya el modelo de forma explícita antes de comprobarlo, se puede hacer seguimiento al comportamiento del modelo subyacente en la simulación, permite la manipulación de variables y la comprobación de los resultados de estas.

Diferenciar el tipo de modelación permite al docente determinar el potencial de la herramienta para ofrecer claridad del modelo subyacente. Es necesario advertir que el uso de una herramienta de modelación no garantiza que el estudiante aprenda significativamente, en palabras de Moreira, los estudiantes pueden trabajar “encantados” con este tipo de herramientas sin entender el modelo. El aprendizaje significativo debe ser subyacente para el uso eficiente de las tecnologías en el aula. (Moreira, 2018). En consecuencia, el rol del docente como mediador adquiere mayor importancia en la medida en que sus preguntas motivan la reflexión sobre el modelo que se explora para que se potencie su significado para el estudiante.

También se debe analizar cuál es el fenómeno que se puede modelar con la herramienta, que según Jonassen (2004) pueden ser: conocimientos dominantes, problemas, sistemas, experiencias y pensamientos. Esto le permite al docente determinar si la herramienta responde al objeto de estudio planteado en su currículo.

Otra de las características particulares que se requiere analizar es la forma de interacción con la simulación, en este aspecto se puede identificar si la herramienta permite detener una corrida del modelo, además de la forma en que se solicitan los datos.

De la misma forma, el docente debe revisar la resistencia a errores en la simulación, verificando si el software genera mensajes de error específicos, si no funciona con error o si tiene algún otro mecanismo para su manejo.

Una de las ventajas del uso de los simuladores que se reportan en el estado del arte es precisamente la posibilidad de convertir el error en una experiencia de aprendizaje, evitando sin costos y riesgos; por otra parte, la construcción de modelos mentales conlleva a que estos deben

ser comprobados y la identificación de los errores aporta a esa comprobación; por lo tanto, conviene identificar qué manejo o apoyo a los errores ofrece la herramienta.

Se requiere también que el docente describa las variables del modelo a simular que la herramienta permite que el estudiante manipule.

En suma, identificación de las características anteriores, respecto a la funcionabilidad de la herramienta, posibilitan al docente para determinar qué objetivos de aprendizajes o competencias pueden apoyarse con su uso y así decidir si el simulador es adecuado para el currículo.

Por otra parte, sobre la fiabilidad, se requiere determinar los siguientes aspectos particulares de la herramienta de simulación:

Uno de los aspectos determinantes es el sistema de representación, al respecto el docente debe analizar qué medio se utiliza para la representación de los elementos del modelo o fenómeno a simular, que puede ser mediante íconos, imágenes planas, imágenes 3D de baja definición, imágenes 3D de alta definición, realidad aumentada u otro tipo de medio como por ejemplo algún tipo de hardware específico.

Así mismo se debe observar que medio se usa para representar los cambios en el modelo o fenómeno a simular, por ejemplo, datos numéricos o texto, cambio de imágenes 2D, movimiento animado u otros.

Al igual, el escenario donde se encuentra el modelo o fenómeno a simular se puede representar por diferentes medios, que pueden ser: fondo unicolor, imagen plana estática, imagen plana en movimiento, imagen 3D estática, animación 3D con movimiento u otros.

Además, se debe analizar el nivel de abstracción de la simulación, es decir, ¿en qué nivel se aproxima a la realidad la simulación? Y el nivel de profundización de la simulación, es decir, identificar si el sistema permite observar elementos y comportamientos del fenómeno que no se pueden observar en la realidad.

Otros aspectos particulares que ameritan su análisis son: la confiabilidad, usabilidad y eficiencia.

En el primero, el docente debe validar los resultados de la simulación, a partir de pruebas para evaluar si los resultados de la simulación son científicos; se entiende que esto exige que tenga un nivel de experticia o dominio del conocimiento implícito.

En el aspecto de usabilidad, es recomendable que el docente identifique la facilidad de instalación y uso, así como el aporte que el software ofrece a los errores de uso y en la eficiencia se analiza la capacidad de la herramienta para rendir en relación a la complejidad del proceso de simulación, la posibilidad de controlar la velocidad de la simulación y la rapidez de la compilación.

Los aspectos anteriores tienen una alta implicación, pues, de acuerdo con Alfonso Bustos y Cesar Coll (2010), al estudiar el uso psico-pedagógico de las TIC en los nuevos escenarios formativos desde una perspectiva Vigostskiana, las TIC entran en juego como medios para comunicar y representar la información, es así que las características y propiedades del entorno simbólico o semiótico que las tecnologías ponen a disposición del aprendiz adquieren importancia.

De modo que, los simuladores representan un fenómeno o modelo utilizando un sistema simbólico; la forma de representar y transmitir la información, así como los procesos que implican su interpretación están condicionados por el tipo de sistema simbólico o recurso semiótico utilizado pues cada sistema tiene sus propias reglas, estructuras, signos, restricciones y potencialidades.

Reconocer el tipo de sistema simbólico que utiliza el simulador le permitirá al docente planificar de una forma más intencional la mediación del proceso de aprendizaje, teniendo en cuenta que los sistemas simbólicos son “instrumentos psicológicos”, ya que las personas los usamos para regular nuestros propios procesos mentales y la actividad de las otras personas mediante la interacción y comunicación. Es decir, actúan como mediadores de los procesos individuales (intrapersonales e intramentales) y de los procesos comunicativos y sociales (interpersonales e intermentales). (Bustos & Coll, 2010)

Ahora bien, Coll también insiste en que el impacto de las TIC sobre las prácticas educativas no depende directamente de su naturaleza, sino de su uso; es así que, una vez identificadas las características funcionales del simulador, el docente deberá planificar cómo potenciarlas como instrumentos psicológicos para mediar los procesos intramentales e intermentales implícitos en el aprendizaje.

Finalmente, el docente debe analizar los elementos instruccionales, a partir de las necesidades de aprendizaje definidas.

Algunas herramientas de simulación traen una propuesta didáctica, con herramientas, recursos u orientaciones para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Otras herramientas sólo ofrecen el escenario y herramientas de la experimentación en sí.

Es necesario analizar todos los elementos de la propuesta didáctica, así como su intencionalidad buscando comprender en qué medida dicha propuesta responde a la necesidad pedagógica, para determinar si es posible su articulación, adaptación o integración con el currículo.

Bien sea que se elijan la propuesta didáctica que ofrezca el software o el docente decida plantear su propia propuesta, se deben definir otros aspectos instruccionales tales como: el nivel, el contenido, la metodología, la organización de las temáticas en retos, prácticas o experimentos, el tiempo de actividad, el acceso, los requerimientos, el idioma y los recursos didácticos.

4.3.4 Los roles

Antes de considerar el rol del docente durante la experiencia en el aula, es primordial considerar el perfil del docente; y es que, hablar de la teoría de los modelos mentales nos lleva a aplicarla también en la parte práctica de esta propuesta metodológica; de acuerdo con la teoría, el comportamiento de las personas se rige por sus propios modelos mentales, además de la forma de percibir al mundo y la toma de decisiones en la resolución de problemas cotidianos.

Lo que significa que el docente debe, no solo comprender el marco teórico de esta propuesta, sino, adoptarlo como suyo para incorporarlo intencionalmente en su propia estructura mental y basar en él su actuar y su toma de decisiones. En este sentido, se podrían considerar las siguientes características del perfil del docente para esta propuesta metodológica:

- Cultura digital: reconoce su misión como docente en la era digital, se compromete en la búsqueda de un ambiente on-line seguro, responsable y saludable, y se interesa por mejorar sus competencias para el uso, gestión y valoración de herramientas digitales.
- Perfil pedagógico: aplica intencionalmente los fundamentos pedagógicos y aspectos cognitivos del proceso de E/A en su desempeño docente.
- Perfil disciplinar: reconoce en el currículo objetos de estudio factibles a manejar con el enfoque de modelo y competencias a desarrollar alrededor de los mismos. Reconoce las teorías y conceptos científicos como modelos conceptuales y los contrasta con sus propios modelos mentales.
- Perfil organizacional: reconoce la diversidad de elementos que conforman la ecología del aula y se interesa por integrarlos en su propuesta pedagógica. Reconoce la dinámica organizacional de su institución educativa y se integra a ella para configurar escenarios que proporcionen el ambiente y las condiciones necesarias para su práctica docente.

Ahora, en el desarrollo de la experiencia de enseñanza y aprendizaje, se propone atender los siguientes aspectos sobre el rol tanto del estudiante como del docente:

- Actitud del estudiante frente al reto: se busca que el estudiante se deje desafiar por el reto plantado con el simulador, que se comprometa cognitivamente con la tarea, para ello, el material debe ser significativo para él. Entonces entran en juego sus presaberes, sus creencias respecto al objeto de estudio y respecto a sus propias capacidades y el significado que le da al contenido de las instrucciones, (P. Johnson-Laird, 2010; Moreira, 2012; Moreira et al., 2002).
- Habilidad del estudiante en el uso del simulador: en este aspecto es importante seleccionar una herramienta de simulación acorde al nivel de los estudiantes en lo que se refiere a facilidad de uso y a requerimientos en los presaberes sobre el modelo a simular, sus variables y el comportamiento esperado.
- Actitud del estudiante frente a la solución de dudas: se espera generar un ambiente de confianza que motive al estudiante a expresar sus dudas, al principio el estudiante no hace preguntas abiertamente, pero su actitud, expresiones gestuales y comportamiento pueden dar indicios.

El error y las situaciones inconsistentes propician más la reflexión que las situaciones en donde sucede lo que el estudiante espera. El razonamiento en las personas es parsimonioso, la persona no le busca explicación a lo obvio; eso sumado al principio de verdad se conjugan en un limitante para el cambio conceptual, (P. Johnson-Laird, 2010; Khemlani et al., 2014).

Por lo tanto, las situaciones en las que el simulador se comporta de la manera esperada por el estudiante sólo confirmarán sus propios conceptos o creencias, mientras que las situaciones donde sucede algo inesperado le exigirán buscar una explicación, explorar posibilidades y probarlas, estas son las situaciones con potenciales para el aprendizaje.

Ahora bien, la forma como el docente responda a las dudas, le enseñará un modelo de pregunta al estudiante, entonces, resulta estratégico no brindar la información en la respuesta, sino responder con preguntas de nivel más sencillo, sobre lo que el estudiante ya sabe para ayudarlo a explorar diferentes posibilidades en el comportamiento del modelo que se está simulando.

- Interacción con los pares: se debe permitir la interacción del estudiante con sus pares, aunque se esté utilizando el simulador de manera individual, esta interacción es favorable ya que los modelos mentales se activan en la memoria de trabajo cuando se hace una descripción o explicación, además al tratar de explicar las estrategias utilizadas en la solución el estudiante puede desarrollar procesos de metacognición, es decir, “pensar en su propio pensamiento y en cómo podría mejorarlo”, (Johnson-Laird, 2010, p. 5); por lo tanto, el estudiante que explica al otro se beneficia de este ejercicio; en la frase del escritor Joseph Joubert “el que enseña, aprende dos veces”

Por otra parte, desde los supuestos del constructivismo el significado se conversa y se negocia de forma social, es decir, de la misma forma en que compartimos el mundo físico, también compartimos con los pares el significado que le damos. Los seres humanos, al ser criaturas sociales, confiamos en las reacciones de otros humanos para determinar la verdad de nuestras creencias personales, le damos valor a los aportes y al apoyo de los pares y contribuimos con el aprendizaje del colectivo, (Jonassen, 2004; Salinas, 2016) por lo tanto, la interacción entre los estudiantes puede influir tanto en la forma de manipular y comprender el modelo que se está simulando como en la actitud que se adopta respecto al uso del simulador y el logro de los retos.

Desde el ABP también se puede justificar la necesidad de los espacios de discusión, ya que se conlleva el desarrollo de funciones intelectuales, sociales y emocionales, pues implica explorar diversas perspectivas, obliga a organizar el discurso y a revisar y reformular las ideas; ayuda a desarrollar la propia identidad y hábitos de respeto; aumenta el interés y la motivación y favorece la persistencia en la tarea y la tolerancia a la frustración, (García, 2008).

- Interacción del estudiante con el docente: como se ha dicho anteriormente, una de las claves es que el docente esté alerta a la forma en que el estudiante manifiesta sus dudas para aprovechar ese momento y propiciar la interacción de los estudiantes o intervenir.

El docente también debe leer en la actitud de los estudiantes frente a su intervención, si esta es recibida asertivamente y hacer lo necesario para que sea así; pues en la experiencia de enseñar y aprender juega un papel esencial el componente emocional.

Esto es importante, pues, la teoría de los modelos mentales explica que las emociones afectan el razonamiento (Johnson-Laird, 2010) ; adicionalmente, en el evento educativo no sólo se intercambian significados, también se intercambian sentimientos, por ello el aprendizaje significativo se facilita con la predisposición a aprender y con las actitudes y los sentimientos positivos en relación con la experiencia educativa (Moreira, 2012).

- Nivel de logro del reto por parte de los estudiantes: desde el inicio de la propuesta se advirtió sobre el riesgo de la pérdida de interés del estudiante frente al reto a causa de la frustración producida por el error insistente, por lo tanto, el problema o reto a resolver debe estar al alcance de las competencias y presaberes del estudiante, para que tenga las herramientas necesarias para afrontarlo.

En la motivación del estudiante inciden sus creencias respecto a la expectativa de logro y las atribuciones que hace de su propio éxito o fracaso, por lo tanto, conviene también, en el

momento de activar los presaberes, revisar cuáles son las expectativas del estudiante en cuanto a la exigencia práctica y cognitiva de la tarea.

Una buena estrategia para comprender la satisfacción o frustración que puede producir el reto propuesto es que el docente, previamente, realice la práctica en el simulador y prevea las posibles dificultades a las que se enfrentará el estudiante.

- Intervención del docente: además de lo mencionado anteriormente, y teniendo en cuenta que una de las funciones del docente es garantizar un ambiente de trabajo adecuado en la práctica de la cultura digital y el enfoque de la ecología del aula, el docente debe estar alerta a identificar situaciones que requieran su intervención.

En la conformación de grupos espontáneos para la discusión se corre el riesgo de cambiar el rumbo de la discusión hacia aspectos que no tienen que ver con el propósito de la clase, por lo que el acompañamiento del docente es crucial para ayudar a enfocar la atención y generar en los estudiantes una autonomía progresiva (.).

Otro aspecto que amerita la intervención del docente es en el garantiza ese ambiente respetuoso, seguro y saludable para el aprovechamiento del espacio on-line al servicio de los propósitos de formación, por lo tanto, se debe propender por el desarrollo de la autoregulación del estudiante en el uso de las tecnologías.

- Intervención del docente en el desarrollo del reto por parte del estudiante: el papel del docente es de activador y motivador del estudiante.

Como activador es crucial que presente el problema a manera de un reto que provoque y desafíe al estudiante, ya que el aprendizaje significativo es intencional y sólo cuando el estudiante toma la decisión de aprender se compromete cognitivamente.

Como motivador ya se ha justificado desde el aspecto emocional, pero, también es importante considerar la incidencia de la intervención del docente para motivar el cambio conceptual en la experiencia de la simulación.

La teoría del modelo explica con amplio detalle cómo es que el razonamiento de las personas no se rige por las leyes de la lógica mental, sino que se basa en la comprobación de conclusiones en la ejecución de sus modelos mentales. Las personas son constructores naturales de modelos mentales, pero tenemos varios limitantes, a saber, la intuición, la demanda de memoria, la demanda de procesos cognitivos y el principio de verdad. Los modelos mentales tienden a ser parsimoniosos y sólo incluyen lo verdadero, esto puede llevar a que las respuestas a los problemas incorrectas producidas por inferencias ilusorias. Por otra parte, muchas veces la intuición nos lleva a dar respuestas erróneas pues sólo valida un modelo mental y los problemas complejos requieren del uso de muchos modelos mentales causales, uno por cada posibilidad, incluso las que parecen falsas o imposibles, (P. Johnson-Laird, 2010; Khemlani et al., 2014; Moreira et al., 2002).

En ese orden de ideas, lo que se debe buscar en la experiencia con el simulador es llevarlos a resolver problemas complejos en los que el estudiante contemple todas las posibilidades en sus conclusiones; en términos de la teoría esto es crear modelos mentales funcionales, altamente dinámicos y totalmente explícitos.

En la práctica el manejo de la pregunta puede ser la clave de la intervención del docente en el acto educativo para intuir el tipo de razonamiento que está intentando realizar el estudiante a partir de las preguntas que formula.

El manejo de la pregunta para estimular el razonamiento del estudiante tiene además un componente metacognitivo, pues el estudiante aprende el tipo de preguntas que le pueden llevar a comprender un modelo y después utilizarlas en su propio razonamiento o en las discusiones con otros para discernir sobre la mejor conclusión.

Ahora bien, los problemas complejos son difíciles de resolver en la medida en que requieren el rodaje de un mayor número de modelos mentales, cada posibilidad representa un modelo y a veces, la memoria de trabajo no da abasto con ellos, por eso, el docente puede incitar al estudiante a hacer esquemas que representen las posibilidades para apoyar sus procesos de razonamiento.

4.3.5 Los mecanismos de verificación

Y finalmente, la propuesta pone como quinto elemento a considerar los mecanismos de verificación. Se espera que al experimentar mediante el simulador el estudiante llegue al cambio conceptual, construyendo MM propios. Aquí aparece uno de los cuestionamientos más interesantes de la experiencia: ¿cómo valorar esos nuevos MM de cada estudiante construye?

Para valorar los modelos mentales que los estudiantes construyen, se deberían poder elicitar, lo cual exige un método que evidencie de manera genuina e integral tales modelos, que, vale la pena recordar, son complejos y dinámicos. Este, precisamente, es uno de los retos de la teoría del modelo, Jones et al. (2011).

Existen varias técnicas de elicitación para lograrlo, tales como: las entrevistas o las representaciones gráficas, de ellas se escogió a los mapas conceptuales por su eficiencia y por las posibilidades del manejo independiente y simultáneo en el aula. (Novak & Cañas, 2006) (Salinas & Ayala M., 2017).

Usar MC para valorar el cambio conceptual a través de la elicitación de sus modelos mentales puede ser una estrategia eficiente, pero, exigente. Hay dos aspectos claves que incide tanto en la calidad del MC construido como en la valoración del mismo, estos son: el nivel de habilidades como mapeadores del docente y del estudiante y el tipo de MC construido.

Los MC pueden ser de tipo descriptivo o explicativo, esto depende en gran medida de la pregunta de enfoque. Además, es posible que el estudiante haya podido construir nuevos modelos mentales a partir de la experiencia, pero no pueda expresarlo mediante el MC.

Los MC pueden ser valorados por medio de métodos de análisis métrico, topológico y semántico, mediante la observación de la comunicación verbal y corporal que utilizan los estudiantes, así como de sus actitudes en el momento de construcción de los MC y mediante entrevistas individuales a los estudiantes sobre el MC terminado.

Sobre estos aspectos del mecanismo de verificación se profundizará en el capítulo de discusión.

4.4 Análisis e interpretación del primer ciclo de pruebas empíricas

Se trata de poner a prueba la propuesta planteada en la fase de integración teórica, que en resumen consiste en utilizar los simuladores en el aula como herramienta psico-cognitiva que

posibilita que el estudiante viva experiencias que le permitan establecer y comprobar relaciones causales y dar significado al objeto de estudio; de esta manera se pretende favorecer el cambio cognitivo a través de la construcción de modelos mentales explícitos.

4.4.1 Descripción de la primera prueba

La prueba se llevó a cabo con los cuatro grupos que conforman la población. Se desarrolló una unidad temática que hace parte del plan de estudios del curso: programación de robots; durante 4 sesiones de 100 minutos.

El simulador se utilizó en el momento inicial de la unidad, es decir, en la exploración de nuevos saberes. Se seleccionó el simulador de robótica de *Robonind Academy*; con el itinerario de *hour of code*, 2 lecciones con un total de 21 retos. Los estudiantes desarrollaron las actividades individualmente.

Se presentó a los estudiantes un listado de conceptos para organizar un mapa conceptual. Ellos organizaron una versión preliminar del mapa al iniciar la experiencia, luego desarrollaron el itinerario con el simulador y finalmente construyeron su versión final de los mapas conceptuales.

Se analizaron 86 mapas entre las dos versiones, elaborados por una muestra de 67 estudiantes.

Para la recolección de los datos de las pruebas se utilizó como instrumentos la observación participante, el análisis funcional del simulador y el análisis de los mapas conceptuales; el análisis e interpretación de los datos se presenta a continuación organizado de acuerdo con los cinco elementos de la propuesta de mediación.

La propuesta de mediación tiene en cuenta básicamente 5 elementos: los roles, el momento, los mecanismos de verificación, los elementos instruccionales del simulador y las características del contexto; en torno de ellos se va a exponer la puesta en marcha de la primera prueba, sin intentar desarticularlos, pues estos elementos de interrelacionan en la ecología del aula.

4.4.2 Las características del contexto en la primera prueba

En las características del contexto entran en juego desde la cultura digital, hasta los intereses, hábitos, nivel de convivencia y expectativas de los estudiantes, así como las condiciones del ambiente físico y técnico del aula. En la sección 3.4.3 Fase de pruebas empíricas quedaron claramente expuestas las características del contexto, y la forma como se buscó optimizar el entorno para contar con las condiciones básicas para realizar la experiencia; partiendo de la necesidad en el plan de estudio y teniendo en cuenta aspectos técnicos y organizacionales como el acceso a los recursos y la organización del horario.

Es menester considerar también que cada grupo tiene su propia dinámica, los chicos adquieren unas características particulares, una identidad colectiva que consciente o inconscientemente van construyendo en conjunto y que rige la forma de desenvolverse e incluso de “sobrevivir”. Estas características particulares marcan la diferencia y puede llegar a ser favorable si el docente está abierto a conocerlas, ya que mejorará el ambiente de clase y la comunicación, pero sobre todo, se podrán identificar potencialidades y limitaciones de los grupos para darles el mejor manejo.

Por ejemplo, de acuerdo con las observaciones y experiencias previas se encontraron las siguientes particularidades:

- 9-1 se podría considerar como el grupo más estándar, salvo que hay algunas situaciones particulares de estudiantes con proceso de seguimiento por el aspecto disciplinario que en algunos casos llegan a dificultar el manejo general del grupo, sin embargo, estos estudiantes han demostrado agilidad en las actividades prácticas de tecnología, por lo tanto, requieren atención especial y estímulo para mantenerlos conectados con la actividad.
- 9-2 es el grupo que maneja mejores procesos cognitivos, esto se evidencia tanto en las respuestas a las actividades que se proponen como en los registros académicos generales, demuestran un buen nivel de atención, se desenvuelven mejor en los ejercicios de lectura crítica y manejan el espíritu de competencia como un motivador innato en ellos.
- 9-3 es un grupo activo, aunque su desempeño académico es básico son entusiastas y demuestran interés por la clase. Su atención se dispersa con facilidad, aunque son receptivos a los llamados de atención del docente. Hay dos estudiantes con necesidades especiales, uno con dificultades de aprendizaje y otro con alto coeficiente intelectual.
- 9-4 es un grupo particular, los estudiantes demuestran un alto nivel de procesos cognitivos y tienen facilidad para resolver problemas, pero no son persistentes y el nivel de responsabilidad con los compromisos académicos es bajo. Hay situaciones de matoneo o bullying escolar que afectan el ambiente de la clase, sin embargo, se ha logrado buena empatía con ellos y se han establecido compromisos a nivel personal.

4.4.3 El momento en la primera prueba

Una experiencia de enseñanza – aprendizaje con el simulador puede ubicarse en diferentes momentos de la clase, dependiendo de la intención formativa. Podría usarse, por ejemplo, como actividad inicial para activar presaberes, como actividad de exploración de nuevos saberes o como actividad de aplicación.

Para el caso, se iba a iniciar una unidad temática nueva para los estudiantes “programación de robots”, en años anteriores esta temática se trabajaba de manera teórica, viendo algunos videos, realizando algunos algoritmos de programación en papel o construyendo una maqueta de robot en cartón. Gracias al simulador, esta vez los estudiantes tendrían la oportunidad de experimentar programando un robot “real”, por lo tanto, el momento seleccionado para su uso fue el momento de exploración de nuevos saberes.

De la decisión anterior depende el tipo de simulador elegido del amplio abanico de posibilidades existentes, se hace preciso analizar entonces sus elementos instruccionales para seleccionar la herramienta que mejor se adapte a la necesidad de aprendizaje y conocer sus requerimientos, entonces para el caso, se requiere un simulador que ofrezca un escenario intuitivo donde los estudiantes puedan aprender a dar instrucciones básicas a un robot, a su propio ritmo, para desarrollar el pensamiento algorítmico.

4.4.4 Elementos instruccionales del simulador en la primera prueba

Teniendo en cuenta las necesidades de aprendizaje, se seleccionó una versión libre en línea del simulador de robótica de *Robonind Academy*; un itinerario con la filosofía de *hour of code*, un curso para principiantes que presenta retos en 21 niveles para enseñar en forma intuitiva los

comandos básicos de la programación de robots de desplazamiento automatizado con sensores, (Kochakornjarupong, 2010).

Robomind es un micromundo de realidad virtual que simula un robot de desplazamiento llamado “Robo”, con una consola de programación básica para controlar entradas de sensores de proximidad y movimientos en el plano bidimensional; ofrece una versión cliente de escritorio y un servicio en línea, en la ilustración 47 se presenta la interfaz.

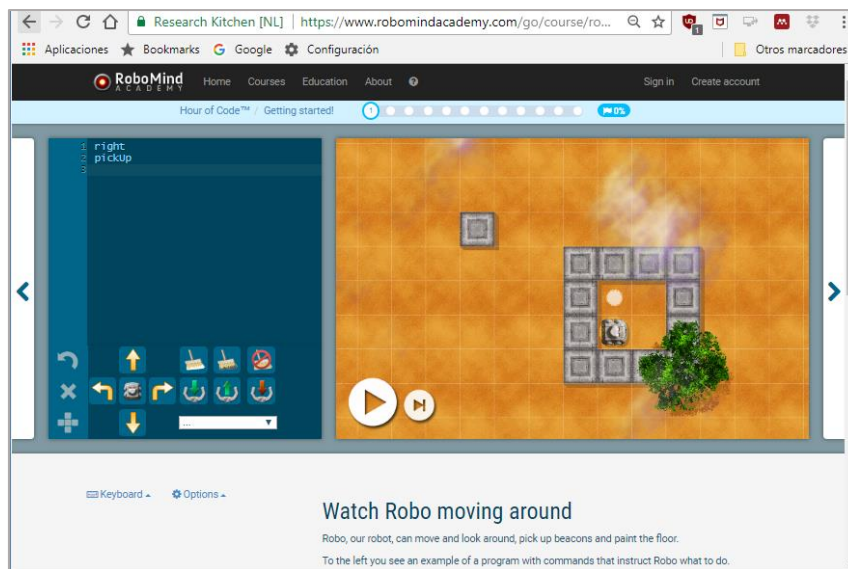


Ilustración 47. Entorno del simulador Robomind

Fuente: Robonimnd Academy <https://www.robomindacademy.com>

Robomind Academy ofrece además toda una plataforma para el entrenamiento en pensamiento computacional, con un currículo particular para primaria, secundaria, escuela en casa y estudiantes avanzados. Este currículo se basa en pequeños retos a manera de juegos o desafíos que los estudiantes van logrando en poco tiempo y que los lleva a avanzar en niveles elevando sus competencias para la computación.

El software es licenciado bajo las leyes de los Países Bajos, fue creado por un grupo de expertos en telecomunicaciones, desarrollo de software, inteligencia artificial y educación en tecnología. Ofrece una licencia gratuita de prueba de 30 días para la versión de escritorio y una decena cursos abiertos en línea soportados desde su plataforma de entrenamiento. (Kochakornjarupong, 2010)

En la tabla 25 se presenta el análisis funcional del simulador:

Tabla 25. Análisis funcional de RoboMind

1. Identificación	
Nombre del software: Robomind	
Versión: Academia - Servicio en línea – versión libre.	Año: 2018
Descripción cualitativa del programa:	
La Academia RoboMind apoya la enseñanza y la formación del pensamiento lógico, la resolución de problemas, la programación y el pensamiento computacional en general.	

<p>Con este fin, la Academia RoboMind proporciona materiales educativos, que incluyen un entorno de programación y cursos con presentaciones, películas, pruebas y desafíos interactivos.</p> <p>La Academia RoboMind proporciona verificación automatizada para validar soluciones, ayudar con problemas y guiar a los estudiantes a través de los Materiales educativos.</p> <p>La Academia RoboMind proporciona diplomas validados de pensamiento computacional a los estudiantes cuando un curso se ha completado con éxito.</p> <p>RoboMind Academy es una solución basada en la nube a la que se puede acceder a través de Internet.</p>	
Especificación de requerimientos técnicos.	Hardware: Pc con requisitos básicos para conectarse a Internet.
	Sistema operativo: Linux, Mac OS X, Windows

2. Funcionabilidad		
Tipo de construcción de la simulación:	Construcción de simulación deductiva	<input type="checkbox"/> Permite que el estudiante construya y compruebe modelos de sistemas cerrados controlados por reacción. <input type="checkbox"/> El modelo de simulación dinámica representa conceptualmente la naturaleza cambiante de fenómenos de sistemas de una forma similar al fenómeno real. <input type="checkbox"/> El modelo se concibe y se implementa antes de ser comprobado.
	Construcción de simulación inductiva	<input checked="" type="checkbox"/> Permiten construir modelos dinámicos abiertos de sistemas de fenómeno. <input checked="" type="checkbox"/> Cada vez que se añade un elemento al sistema, se puede comprobar el modelo para observar el efecto del nuevo elemento en el funcionamiento del sistema.
	Construcción de modelos causales cualitativos	<input type="checkbox"/> Permite construir sistemas expertos basados en descripciones cualitativas de relaciones causales con hechos y reglas si-entonces, para la toma de decisiones.
	Construcción de modelos semánticos	<input type="checkbox"/> Permite la representación de asociaciones semánticas entre conceptos dominantes dentro de un campo de conceptos.
Tipo de Exploración del modelo simulado:	De caja negra	<input type="checkbox"/> La simulación está previamente construida para que los estudiantes exploren y experimenten. <input type="checkbox"/> No se explica el modelo implícito. <input type="checkbox"/> Permite la manipulación de variables y la comprobación de los resultados de estas.
	De caja de cristal	<input checked="" type="checkbox"/> El sistema necesita que el estudiante construya el modelo de forma explícita antes de comprobarlo. <input checked="" type="checkbox"/> Se puede hacer seguimiento al comportamiento del modelo subyacente en la simulación. <input checked="" type="checkbox"/> Permite la manipulación de variables y la comprobación de los resultados de estas.
Fenómeno que se modela	<input checked="" type="checkbox"/> Conocimientos dominantes <input checked="" type="checkbox"/> Problemas <input type="checkbox"/> Sistemas <input type="checkbox"/> Experiencias	

	<input type="checkbox"/> Pensamientos Otro: _____
Interacción	<input checked="" type="checkbox"/> Una corrida del modelo se puede detener.
	Forma en que se solicitan los datos: <input type="checkbox"/> Control análogo. <input checked="" type="checkbox"/> Botones (íconos) <input checked="" type="checkbox"/> Cuadro de Caracteres, texto / numéricos Otro: _____
Resistencia a errores	<input checked="" type="checkbox"/> Genera mensaje de error específico. <input type="checkbox"/> El sistema con error no funciona. <input type="checkbox"/> Otro: _____
Recursividad de la simulación	<input checked="" type="checkbox"/> Permite grabación y reproducción. <input checked="" type="checkbox"/> Permite guardar la simulación. <input type="checkbox"/> Permite re-uso por parte de otros usuarios. <input type="checkbox"/> Genera reportes. <input type="checkbox"/> Otro: _____
Descripción de las variables del modelo a simular: Comandos: <ul style="list-style-type: none"> ● <i>Basic Instructions: Move (forward, backward, left, right), Grab (pickUp, putDown, eatUp), See, Left, Front, Right (Clear, Obstacle, Beacon, White, Black)</i> ● <i>Loops (Bucles o ciclos): Repeat, repeat(n), repeatWhile(condition), break</i> ● <i>Conditions: If, ir/else,</i> ● <i>Logical Expressions: Operation (not, and, or), Comparators (==, ~=, <, <=, >, >=)</i> ● <i>Procedures and recursión.</i> ● <i>Return(arg)</i> ● <i>Arithmetic: (+, -, *, /)</i> Variables (x = ...)	
Adecuación al currículo: Permite que el estudiante programe un robot con instrucciones básicas y ejecute su programa para ver su funcionamiento en un mundo de realidad virtual, controlando todas las funciones de programación tal como en un robot real.	

3. Confiabilidad / fiabilidad	
Sistema de representación	Los elementos del modelo o fenómeno a simular se representan con: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Íconos. <input type="checkbox"/> Imágenes planas. <input type="checkbox"/> Imágenes 3D de baja definición. <input checked="" type="checkbox"/> Imágenes 3D de alta definición <input type="checkbox"/> Realidad aumentada Otro: _____

	<p>Los cambios en el modelo o fenómeno a simular se representan con:</p> <p><input type="checkbox"/> Datos numéricos o texto.</p> <p><input type="checkbox"/> Cambio de imágenes 2D.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Movimiento animado.</p> <p>Otro: _____</p>
	<p>El escenario donde se encuentra el modelo o fenómeno a simular se representan con:</p> <p><input type="checkbox"/> Fondo unicolor.</p> <p><input type="checkbox"/> Imagen plana estática.</p> <p><input type="checkbox"/> Imagen plana en movimiento.</p> <p><input type="checkbox"/> Imagen 3D estática.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Animación 3D con movimiento.</p> <p>Otro: _____</p>
<p>Descripción del nivel de Abstracción de la simulación: Tiene un alto grado de aproximación a la realidad, la única diferencia es que no se tiene el robot físicamente, pero el entorno de programación se manipula y visualiza tal como un sistema real.</p>	
<p>Descripción del nivel de profundización de la simulación: El sistema no permite observar elementos o comportamientos del robot o de la secuencia de instrucciones que no se pueden observar en un equipo real.</p>	
<p>Respaldo del software: El equipo desarrollador trabaja en conjunto con varias escuelas primarias y secundarias para construir planes de estudio y con la Universidad de Tecnología de Delft.</p> <p>RoboMind es un socio de programa de Samsung Smart Education Hubs y de Naace: la asociación británica para el mundo del aprendizaje.</p> <p>Existen artículos internacionales sobre las ideas, la experiencia en las aulas y la eficacia de la educación con RoboMind.</p>	
<p>Descripción de la validación de los resultados de simulación: Se realizaron pruebas con los cursos de Hora de código, curso básico 1 y retos de competencia, comprobando que la simulación corre adecuadamente de acuerdo a las instrucciones dadas. Permite la combinación de comandos básicos y creación de procedimientos.</p>	

<p>4. Usabilidad</p>	
	<p>Facilidad de la instalación: No requiere instalación, la aplicación se usa sobre el navegador. Requiere creación de cuenta de usuario.</p>
	<p>Manual de usuario: El manual de usuario para el registro está en inglés. El lenguaje es claro, instrucciones precisas, apoyo de ilustraciones, el acceso al tutorial está ubicado en la página de registro. Los manuales de usuario se ubican en cada sección del curso.</p>
	<p>Entrenamiento: La versión de Robomind Academia trae cursos que funcionan a manera de tutorial. Para usuarios novatos se requiere una hora de uso para conocer el entorno de los cursos y el uso básico del simulador. Hay un video de un minuto que explica cómo usar el simulador.</p>

<p>Facilidad de uso: El software es intuitivo y atractivo. La complejidad de la programación depende de la complejidad de los retos. Los cursos inician en nivel novato y van aumentando su complejidad.</p> <p>Los comandos utilizados son comunes en los lenguajes de programación de robots, el usuario puede iniciar desconociendo los términos, pero para progresar en los cursos debe avanzar en el manejo de los términos requeridos.</p> <p>La aplicación funciona con traducción automática desde el navegador, se recomienda usarla en inglés, ya que las palabras reservadas del código de programación deben usarse en inglés.</p>
<p>Aporte a errores de uso: El software muestra errores de sintaxis en las instrucciones, tal como un compilador real. No señala errores en la secuencia de las instrucciones para cumplir los retos, no muestra la respuesta a los retos.</p>
<p>Posibilita la conexión de redes y bases de datos: Esta versión en línea de Robomind academia lleva el registro del avance en los cursos y de los códigos desarrollados en cada reto. En la versión libre, no permite la conexión con un profesor o conformar grupos.</p>

<p>5. Eficiencia</p>
<p>Rendimiento: La herramienta rinde al nivel de complejidad de los retos planteados en los diferentes cursos.</p>
<p>Comportamiento con el tiempo: Se puede controlar la velocidad de la animación. La compilación se realiza en tiempo real.</p>
<p>Uso de recursos: No requiere hardware adicional. Requiere navegador.</p>

<p>6. Mantenimiento</p>
<p>El usuario no puede realizar modificaciones y/o adaptaciones de la herramienta. No tiene manual de mantenimiento, en la licencia se establece que el desarrollador está en libertad de realizar actualizaciones en el servicio que ofrece.</p>

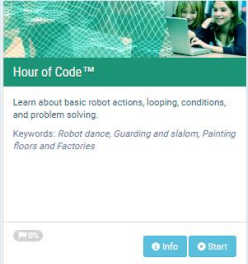
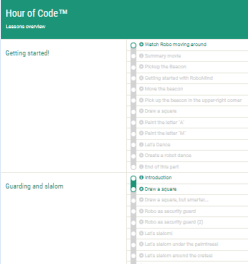
<p>7. Portabilidad</p>
<p>Posibilidad de transferir el software de un entorno a otro: Como el software funciona en línea sobre un navegador, es posible acceder a él usando varios sistemas operativos. Los archivos quedan alojados en la nube, no se pueden transferir en modo físico.</p>
<p>Intercambio de datos: En esta versión en línea no se permite intercambio de datos. La versión de escritorio sí lo permite, e incluso tiene interfaz con diferentes plataformas físicas.</p>

<p>8. Propuesta didáctica</p>
<p>Herramientas, Recursos u Orientaciones que ofrece el software para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Robomind Academia es un entorno de aprendizaje que ofrece cursos en diferentes niveles para el aprendizaje y la enseñanza de la programación de robots, con recursos y herramientas tanto para el estudiante como para el docente.</p>

En la versión gratuita no están habilitadas las funciones de seguimiento para el docente.

Para la práctica, teniendo en cuenta que esta era una experiencia inicial en el tema, se eligió el curso de iniciación: la hora de código. Los elementos instruccionales se presentan en la tabla 26.

Tabla 26. Características del curso básico1 de Robomind.

Característica	Descripción	Presentación
Nivel	Para principiantes, no se necesita experiencia previa en programación. Pueden usarlo niños desde los 9 años.	 <p>Hour of Code™ Learn about basic robot actions, looping, conditions, and problem solving. Keywords: Robot dance, Guarding and slalom, Painting Floors and Factories</p>
Contenido	Acciones básicas de robots, bucles, condiciones y resolución de problemas.	
Metodología	Autodirigido. Los ejercicios se verifican automáticamente y se dan pistas cuando es necesario. Diseñado para la iniciativa “la hora de código”.	
Unidades y retos	2 unidades o lecciones con un total de 21 retos o niveles. 1. Getting Started! 2. Guarding and slalom	
Tiempo de actividad	Se estima que cada unidad toma alrededor de 1.0-1.5 horas	
Acceso	En línea, gratuito. Con cuenta: registra el avance y almacena respuestas. Sin cuenta: funcionamiento normal sin registro de respuestas.	 <p>Hour of Code™ Lessons overview</p> <p>Getting started!</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Getting started! 2. Getting started! 3. Getting started! 4. Getting started! 5. Getting started! 6. Getting started! 7. Getting started! 8. Getting started! 9. Getting started! 10. Getting started! 11. Getting started! 12. Getting started! 13. Getting started! 14. Getting started! 15. Getting started! 16. Getting started! 17. Getting started! 18. Getting started! 19. Getting started! 20. Getting started! 21. Getting started! <p>Guarding and slalom</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Guarding and slalom 2. Guarding and slalom 3. Guarding and slalom 4. Guarding and slalom 5. Guarding and slalom 6. Guarding and slalom 7. Guarding and slalom 8. Guarding and slalom 9. Guarding and slalom 10. Guarding and slalom 11. Guarding and slalom 12. Guarding and slalom 13. Guarding and slalom 14. Guarding and slalom 15. Guarding and slalom 16. Guarding and slalom 17. Guarding and slalom 18. Guarding and slalom 19. Guarding and slalom 20. Guarding and slalom 21. Guarding and slalom
Requerimientos	Conexión a internet estable con ancho de banda básico. Navegador Web – todas las plataformas para PC de escritorios, tabletas y tableros inteligentes. Android, iPad, iPhone, tableta o teléfono con Windows	
Idioma	Las lecciones están disponibles en inglés y holandés. Sin embargo, el robot en sí puede programarse en 27 idiomas, incluido el español.	
Recursos didácticos	Presentaciones, películas, concursos y ejercicios.	

Analizados estos elementos instruccionales se determina la conveniencia del simulador; de acuerdo con esto, se planificaron 4 sesiones de 100 minutos.

Recursos de apoyo:

Dado que la versión original del simulador es en inglés y usar la versión traducida por el navegador afecta en el uso de comandos se decidió trabajar con la versión en inglés, esto representó un reto ya que el nivel de manejo del idioma es básico por parte de los estudiantes. A pesar de ello los estudiantes se desarrollaron bien ya que se apoyaron en el traductor y con el tiempo se familiarizaron con las instrucciones en inglés.

Adicionalmente se puso a su disposición una versión traducida de la “Ayuda” de Robomind en pdf. Prover este material tuvo dos intenciones, por una parte facilitar la comprensión de los comandos y procedimientos de programación al presentarles una traducción con sentido y por otra parte cambiar la función del “contenido” por la “ayuda”.

Por medio de un aula virtual en Edmodo se ofreció a los estudiantes otros materiales de apoyo como el tutorial de acceso a la plataforma y las asignaciones donde se fijaban las metas para cada sesión de clase. En el aula de tecnología, además se cuenta con

4.4.5 Los roles en la primera prueba

Se presenta a continuación el análisis de la información recogida mediante la observación participante, en primer lugar, sobre el rol del estudiante en el uso del simulador

Actitud frente al reto

¿Qué actitud asume con respecto al reto planteado?

Se esperaba que los estudiantes aceptaran el desafío y así sucedió. El aprendiz debe escoger aprender significativamente, en el momento en que él acepta el desafío e intenta resolver la situación se empiezan a activar sus MM existentes y a crear nuevos, según el problema lo demande, por ello es tan importante que él se involucre seriamente, (Novak & Cañas, 2006) (Moreira & Greca, 2003).

Algunos se mostraron más entusiastas que otros, pero en últimas, ante la posibilidad de tener computadores 1:1, cada estudiante asumió el rol de programador para intentar cumplir cada uno de los retos controlando a “Robo”, el robot virtual, y avanzar en los niveles del simulador, evidenciando el compromiso activo que se buscaba.

Habilidad en el uso del simulador

Habilidad del estudiante en el uso del simulador

Cada estudiante escogió la forma de programación, por panel o por código en la consola, según cómo se sintiera más cómodo y de esta forma cada uno, sin dejar de interactuar con sus pares, condujo a Robo a cumplir las misiones, evidenciando el compromiso activo que se buscaba.

El entorno de la simulación es intuitivo, los estudiantes aprendieron a utilizarlo con facilidad.

Evidencia de la diferencia en este desempeño de los estudiantes que han tenido experiencias previas en el tema

Algunos estudiantes ya tenían un nivel avanzado en las competencias a desarrollar por ser del equipo de robótica estudiantil, y otros estudiantes practicaban en casa, dado que se usaron herramientas abiertas; esto incidió en que avanzaran más que otros.

En la medida en que lograban mayor dominio se convertían en “expertos” y se les permitía apoyar a sus compañeros, ellos mostraron agrado por enseñar a los compañeros la forma en que lo lograron.

Actitud frente a la solución de dudas

Forma de demostración de las dudas:

Más con expresiones gestuales o corporales que con palabras.

Algunos pocos que soy introvertidos guardaban silencio, antes de preguntar, intentaban mirar los monitores de sus compañeros.

Actitud del estudiante cuando no sabe cómo continuar con la solución del reto:

La mayoría recurría a buscar ayuda.

En algunos se veía desánimo y frustración manifestada en expresiones gestuales de desagrado.

Hubo un caso de un estudiante que abrió un juego en el computador, su explicación ante este comportamiento fue que no entendía qué hacer.

Interacción con los pares

Interacción de los estudiantes entre sí, respecto al logro de los retos:

El hecho de que el simulador se desarrolle en un micromundo con niveles hace que se le de cierta connotación de competencia y entre ellos se evidenciaba la satisfacción de ir más adelante que los demás. Esto les divertía.

Forma en que los estudiantes avanzados ayudan a quienes no logran realizar los retos:

En las charlas de los expertos, llamó la atención que en varias ocasiones la respuesta no se orientaba hacia el aspecto operativo – instrumental del uso de comandos, sino hacia la interpretación del reto y el diseño de la estrategia más eficiente.

Se notaba que a los chicos avanzados les agradaba ayudar a los otros, a veces lo hacían espontáneamente cuando veían en los monitores de sus compañeros que les estaba costando trabajo superar algún nivel o que cometían algún error en la secuencia.

Interacción con el docente

Forma de manifestar las dudas al docente:

Al principio los estudiantes preguntaban al docente esperando una respuesta inmediata sobre un comando o solución, pero, al darse cuenta de la estrategia, intentaban buscar la solución antes de preguntar y luego pedían ayuda para descubrir la falla.

Actitud de los estudiantes frente a la intervención del docente:

Son receptivos, pero tímidos.

A algunos les costaba trabajo explicar cómo lograron superar algún nivel.

La mayoría prefería preguntar a sus compañeros.

Nivel de logro del reto

Logro en la resolución de los retos planteados en cada sesión.

La mayoría de los estudiantes lograron cumplir los dos retos y algunos cumplieron el primero, pero el segundo no lo completaron.

Una minoría de estudiantes no lograron desarrollar en el tiempo de las sesiones todos los niveles del primer reto.

En segundo lugar, se presentan las observaciones sobre el rol del docente en esta prueba:

Intervención

Identificación de situaciones que requerían intervención del docente:

Cuando un estudiante no le explicaba a su compañero, sino que intentaba hacerle el trabajo, por ello se creó una regla: Nadie puede tomar el mouse o teclado de otro compañero.

Cuando se creaban grupos de más de tres personas.

Cuando aumentaba el número de estudiantes que preguntaban a sus compañeros, aproximadamente 7.

Cuando algún estudiante tenía expresiones verbales o gestuales de sentirse agobiado por la tarea o querer renunciar.

Intervención del docente en el desarrollo del reto por parte del estudiante:

Estimulando a manera de retroalimentación, es decir, frente a un reto cumplido, felicitar, después preguntar ¿cómo lo logró? Y parafrasear la respuesta.

No dar la respuesta a la pregunta, sino hacer preguntas más sencillas que lleven al estudiante a descubrir la solución.

En caso de estudiantes desmotivados o agobiados por la tarea, motivarlos con expresiones de aliento, diciéndoles que lo hagan paso a paso, insistirles para que no se rindan.

Cuando aumentaba las dudas, era momento de interrumpir el trabajo y hacer la “Charla de expertos”, entonces los estudiantes más rezagados hacían preguntas que los estudiantes avanzados respondían y además recomendaciones generales.

Estas charlas no requirieron intervención significativa del docente en cuanto a la disciplina del grupo, los estudiantes que participaban como expertos mostraban una postura de seguridad y estímulo por ser escuchados, mientras que los demás demostraban interés por escuchar los “tips” que les permitirían superar los retos.

Interacción con el docente

Tipo de preguntas hacen los estudiantes:

Inicialmente los estudiantes preguntaban para que les dieran el comando o secuencia exacta. Al entender cuál era la dinámica, en que cada uno debía ser capaz de descubrir la forma de avanzar en los niveles, los estudiantes hacían preguntas como: ¿por qué no me funciona esta secuencia?

Las instrucciones del juego estaban en inglés, la mayor dificultad era entender qué tenían que hacer. Aunque sólo se debía copiar la instrucción en el traductor, para muchos estudiantes fue difícil entenderlas.

Tipo de respuestas da el docente:

Respuestas orientadas a retroalimentar los pasos que el estudiante ya había logrado hacer bien.

Responde con preguntas que le ayudaran a recordar al estudiante situaciones similares que ya se habían resuelto.

Con situaciones hipotéticas que tienen variables similares, para ayudarles a analizar todas las posibilidades.

Acompañándolos a buscar una respuesta en el manual de ayuda.

Observaciones finales:

El rol que el docente asume, inicia en la planificación de la experiencia, teniendo claro cuál es el cambio conceptual que busca como resultado de aprendizaje y, en coherencia con esto, selecciona o diseña las situaciones o fenómenos a simular. Para el caso el simulador seleccionado ofrecía la secuencia didáctica para aprender la programación básica de un robot de desplazamiento, por lo tanto, no requirió diseñar situaciones extras. Esto permitió que el docente adoptara un rol de acompañante – observador.

Otra función fundamental del docente en la ecología del aula es, en la medida de lo posible, garantiza un ambiente propicio para el trabajo; esto implica por una parte controlar la disciplina, resolver imprevistos de manera asertiva y estar atento a escuchar.

El reto que presenta el simulador es atractivo para el estudiante ya que genera la satisfacción del logro, es aquí donde se compromete a nivel personal, sin embargo, el error insistente produce frustración y conlleva pérdida de interés, con su consecuente abandono de la misión.

El docente desafía al estudiante a vencer el reto y lo acompaña en el rol de coaching, de tal forma que lo ayude a descubrir su potencial, lo oriente al cambio y lo exhorte a la excelencia. Se intenta, entonces, desarrollar la autonomía del estudiante, por ejemplo, escuchar sus dudas y ayudar a conseguir las respuestas por medio del diálogo guiado con preguntas; así se le permite tomar decisiones y ser el protagonista en su propio proceso de formación.

4.4.6 Los mecanismos de verificación en la primera prueba

Finalmente, uno de los grandes retos se halla en la verificación de los resultados de aprendizaje. Es de notar que el propósito formativo de la clase era dar pasos iniciales en la competencia para resolver problemas mediante el pensamiento computacional y algorítmico. Por lo tanto, el que un estudiante pueda resolver los retos del curso de Robomind puede ser suficiente evidencia de su logro frente al objetivo de aprendizaje. Sin embargo, el propósito del estudio es determinar

si al hacerlo, el estudiante tuvo un cambio cognitivo, es decir si configuró nuevos modelos mentales.

El primer desafío está en lograr que el estudiante haga explícitos los MM que ha construido, existen varias técnicas de elicitación aplicables, una técnica de elicitación debería permitir la representación de pensamiento de las personas en forma clara y legítima; en este caso se optó por analizar los mapas conceptuales elaborados por los estudiantes.

Archivos recolectados:

A través de la plataforma de Edmodo se recolectaron un total de 97 archivos correspondientes a mapas conceptuales elaborados por los estudiantes participantes de la experiencia. 11 de los archivos estaban en formatos varios como .docx, .pptx, .png y .jpg, por lo tanto estos no fueron tenidos en cuenta para el análisis.

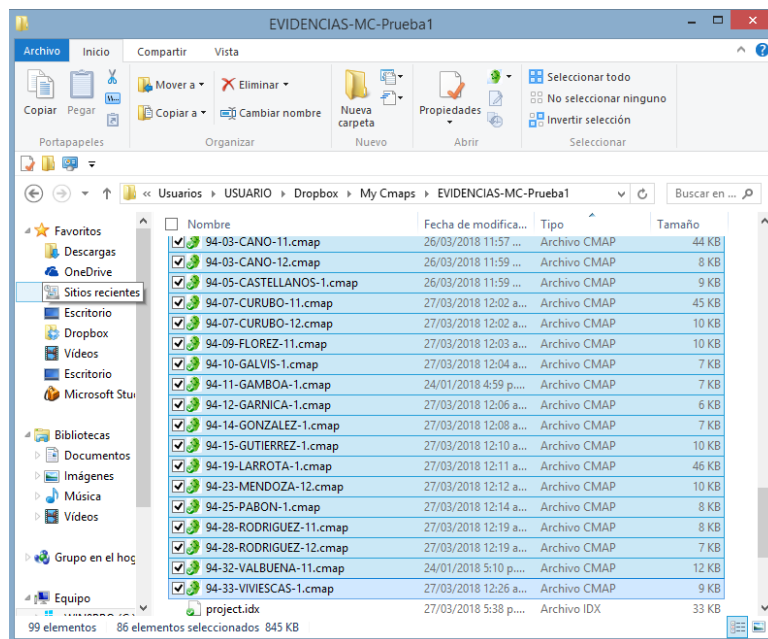


Ilustración 48. Archivos de los MC recolectados para el análisis.

Fuente: captura de pantalla – el autor.

Los estudiantes construyeron los mapas conceptuales en dos momentos, uno previo al uso del simulador y otro momento después de las prácticas. Todos los estudiantes que participaron dibujaron la primera versión del mapa en papel, y algunos voluntariamente lo digitalizaron en CmapTools. Por lo tanto, sólo se analizó una muestra de los mapas en su primera versión.

Se analizaron entonces, 86 mapas en total, 19 correspondientes a la versión inicial y 67 a la versión final, elaborados por una muestra de 67 estudiantes. En la tabla 27 se relacionan estos datos.

Tabla 27. Archivos de MC recolectados.

Formato	Versión inicial	Versión final	Total
Otros	2	9	11
CMAP	19	67	86
Total de archivos recolectados			97

Procedimiento de comparación:

La valoración de los MC se realizó utilizando la herramienta de comparación de CmapTools, tomando como referencia un mapa conceptual experto, MCE.

Se validaron los enlaces del MCE antes de iniciar la comparación. El MCE tiene 36 proposiciones, 51 conectores y 37 conceptos. La herramienta de comparación utiliza estos parámetros para comparar, además de determinar los textos completos o parciales en los conceptos, y arroja un informe del porcentaje de similitud en cada uno de ellos. En la ilustración 49 se evidencia el proceso.

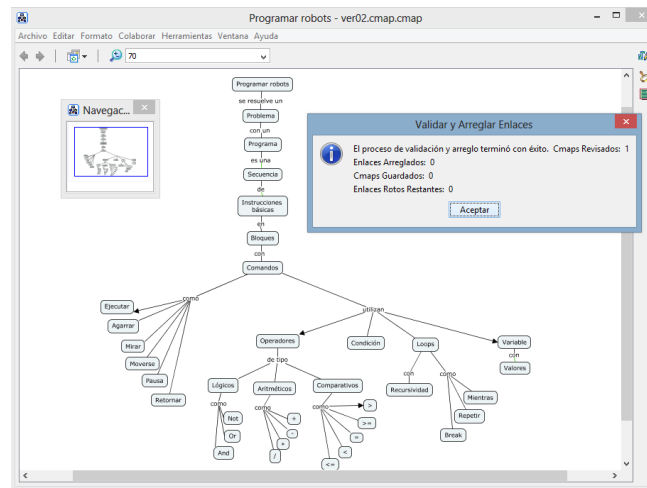


Ilustración 49. Proceso de validación del MCE en CmapTools. Fuente: captura de pantalla – el autor.

El ejercicio se realizó comparando 1 a 1 los MC elaborados por los estudiantes con el MCE. En la captura de pantalla de la ilustración 50 se observa la selección de los criterios de comparación: Proposiciones, Conectores, Conceptos, Texto completo y Texto parcial.

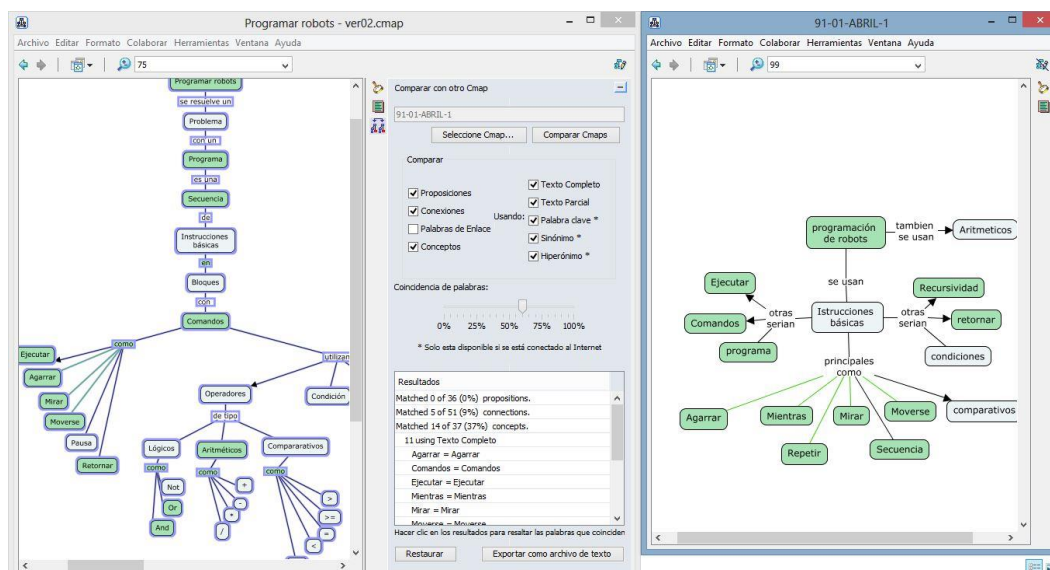


Ilustración 50. Proceso de comparación de los MC en CmapTools. Fuente: captura de pantalla – el autor.

Los resultados arrojados de cada comparación se registraron en una hoja de cálculo en Excel para su posterior análisis.

Integridad de los datos:

Durante el proceso de comparación se detectaron algunos eventos que vale la pena considerar en cuanto a la integridad de los datos recolectados.

En algunos conceptos el software no detectaba la similitud debido a la mayúscula inicial o error ortográfico (tildes) por lo cual se editaron los mapas de los estudiantes en este aspecto antes de realizar la comparación. Por ejemplo: “Instrucciones básicas”, “Aritméticos”, “Lógicos”. Este es un aspecto de forma que no cambia el significado de los conceptos ni de las proposiciones.

En otros conceptos el uso de las mayúsculas fue transparente para el software.

Adicionalmente se evidenció que el software detectaba el concepto “And” como texto parcial en el concepto “Comando” por lo cual, fue contabilizado para algunos estudiantes que no lo incluyeron, esto daría un margen de error de un 3% en el porcentaje de similitud de conceptos.

Al eliminar alguno de los dos conceptos (and o comando) se cambiaría el sentido del ejercicio y realizar el proceso manual variaría los resultados arrojados por el Software; por lo tanto se decidió aceptar el margen de error y tomar los datos tal como fueron calculados por la función comparar de CmapTools.

Resultados:

A continuación, se presenta la tabla 28 con el consolidado de resultados de la comparación:

Tabla 28: Resultados individuales de comparación de los CM con el MCE

Nombre del archivo	Proposiciones		Conectores		Conceptos	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
91-01-1.cmap	0	0%	5	10%	14	38%
91-02-1.cmap	0	0%	2	4%	15	41%
91-03-1.cmap	0	0%	3	6%	11	30%
91-04-11.cmap	0	0%	12	24%	9	24%
91-08-1.cmap	0	0%	5	10%	9	24%
91-12-12.cmap	3	8%	8	16%	21	57%
91-17-1.cmap	0	0%	0	0%	12	32%
91-21-12.cmap	0	0%	2	4%	17	46%
91-24-1.cmap	0	0%	1	2%	21	57%
91-27-12.cmap	0	0%	2	4%	14	38%
91-28-1.cmap	0	0%	10	20%	24	65%
91-30-12.cmap	0	0%	2	4%	23	62%
91-41-1.cmap	0	0%	23	45%	19	51%
92-01-1.cmap	0	0%	7	14%	22	59%
92-02-12.cmap	18	50%	31	61%	34	92%
92-03-1.cmap	0	0%	15	29%	35	95%
92-05-1.cmap	0	0%	0	0%	9	24%
92-06-1.cmap	0	0%	0	0%	15	41%
92-07-1.cmap	0	0%	26	51%	25	68%

Nombre del archivo	Proposiciones		Conectores		Conceptos	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
92-08-12.cmap	16	44%	24	47%	31	84%
92-09-1.cmap	0	0%	6	12%	33	89%
92-11-12.cmap	0	0%	1	2%	18	49%
92-14-1.cmap	1	3%	2	4%	7	19%
92-16-1.cmap	0	0%	0	0%	16	43%
92-18-1.cmap	5	14%	16	31%	17	46%
92-22-12.cmap	15	42%	25	49%	34	92%
92-23-1.cmap	3	8%	17	33%	13	35%
92-24-12.cmap	0	0%	1	2%	16	43%
92-25-12.cmap	1	3%	10	20%	18	49%
92-26-12.cmap	9	25%	30	59%	30	81%
92-27-12.cmap	0	0%	1	2%	31	84%
92-28-12.cmap	6	17%	14	27%	25	68%
92-30-1.cmap	0	0%	14	27%	16	43%
92-31-11.cmap	0	0%	3	6%	13	35%
92-35-1.cmap	1	3%	6	12%	29	78%
92-37-1.cmap	1	3%	3	6%	25	68%
93-03-1.cmap	14	39%	38	75%	36	97%
93-06-1.cmap	0	0%	2	4%	28	76%
93-07-1.cmap	0	0%	0	0%	26	70%
93-08-1.cmap	5	14%	17	33%	37	100%
93-09-1.cmap	0	0%	1	2%	34	92%
93-10-1.cmap	0	0%	0	0%	24	65%
93-11-1.cmap	0	0%	17	33%	26	70%
93-20-1.cmap	0	0%	17	33%	33	89%
93-22-1.cmap	0	0%	18	35%	27	73%
93-24-1.cmap	0	0%	4	8%	24	65%
93-28-1.cmap	0	0%	11	22%	32	86%
93-30-1.cmap	13	36%	23	45%	31	84%
93-32-1.cmap	5	14%	13	25%	36	97%
93-35-1.cmap	0	0%	1	2%	11	30%
93-36-1.cmap	0	0%	1	2%	14	38%
94-01-12.cmap	0	0%	1	2%	37	100%
94-03-12.cmap	4	11%	15	29%	22	59%
94-05-1.cmap	0	0%	20	39%	22	59%
94-07-12.cmap	5	14%	13	25%	36	97%
94-09-11.cmap	0	0%	0	0%	27	73%
94-10-1.cmap	0	0%	0	0%	35	95%
94-11-1.cmap	0	0%	1	2%	24	65%
94-12-1.cmap	0	0%	4	8%	28	76%
94-14-1.cmap	0	0%	4	8%	13	35%
94-15-1.cmap	0	0%	2	4%	35	95%
94-19-1.cmap	0	0%	11	22%	17	46%
94-23-12.cmap	1	3%	18	35%	27	73%
94-25-1.cmap	0	0%	7	14%	21	57%
94-28-12.cmap	0	0%	8	16%	18	49%
94-32-11.cmap	1	3%	4	8%	35	95%
94-33-1.cmap	3	8%	10	20%	37	100%

Análisis estadístico de los resultados:

Tabla 29. Tabla de frecuencia de resultados por criterios

Resultado %	Proposiciones		Conectores		Conceptos	
	f	F	f	F	f	F
0-10	55	55	33	33	0	0
11-20	6	61	9	42	1	1
21-30	1	62	9	51	5	6
31-40	2	64	8	59	7	13
41-50	3	67	4	63	11	24
51-60	0	67	2	65	7	31
61-70	0	67	1	66	10	41
71-80	0	67	1	67	6	47
81-90	0	67	0	67	7	54
91-100	0	67	0	67	13	67
Total	67		67		67	

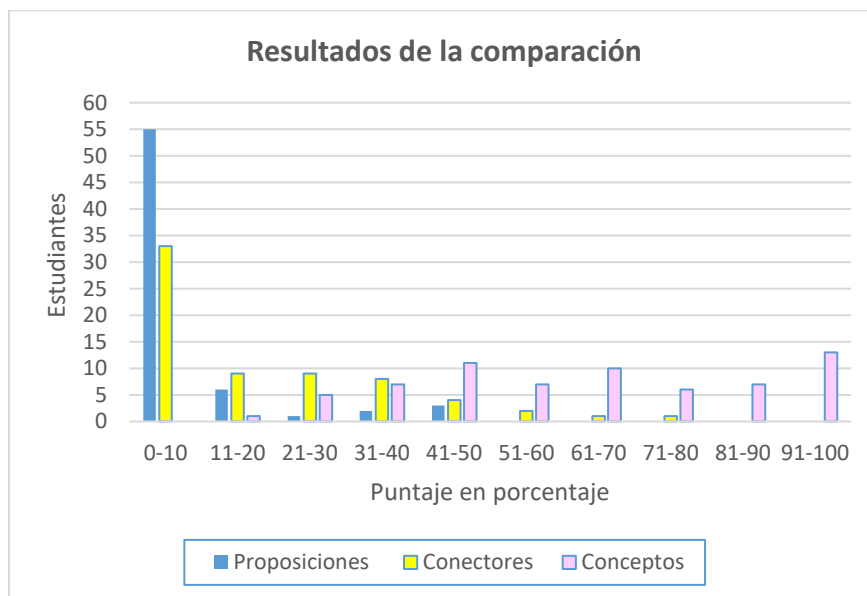


Ilustración 51. Resultados de la comparación

Fuente: el autor.

La tabla 29 muestra la frecuencia de resultados por criterios y en la ilustración 51 se representan los puntajes en porcentaje. En los resultados de la comparación se observa que en el criterio que los estudiantes más lograron aproximarse al MCE fue en la integración de conceptos en sus mapas conceptuales, mientras que el aspecto que más se les dificultó fue la conformación de proposiciones similares a las del MCE.

Esto resulta coherente con el propósito de la experiencia, que buscaba llevar a los estudiantes a un primer acercamiento a la programación de robots, por lo cual puede considerarse que el nivel de comprensión del tema es satisfactorio.

Es momento de retornar al inicio de la experiencia; recordemos que antes de empezar a utilizar el simulador se presentó a los estudiantes el listado de los 37 conceptos que se buscaba incorporar al mapa y se les propuso el reto construir con estos términos un mapa conceptual. La mayoría de “términos” eran desconocidos para ellos, así que se les motivó a incluir en el mapa sólo aquellos términos que les fueran familiares de algún modo, aunque no pudieran explicar con claridad su significado, e intentaran relacionarlos con líneas aunque no encontraran el conector exacto que pudiera explicar la relación.

Este ejercicio se realizó dibujando el mapa en papel. Se tomó como muestra uno de los grupos con un total de 30 estudiantes, haciendo conteo manual de los conceptos que lograron incorporar, a continuación se presentan dos ejemplares de los mapas construidos en las ilustraciones 52 y 53, y la tabulación de los resultados en la tabla 30.

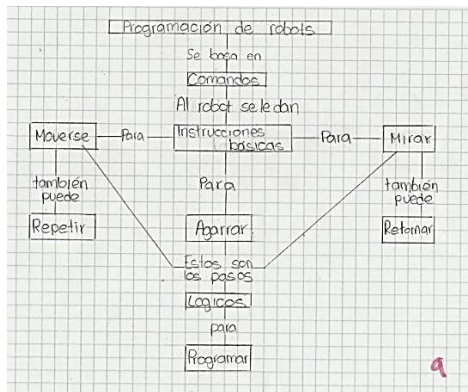


Ilustración 52 Ejemplar A. Primera versión del MC elaborada por un estudiante
Fuente: material de evidencias del estudio.

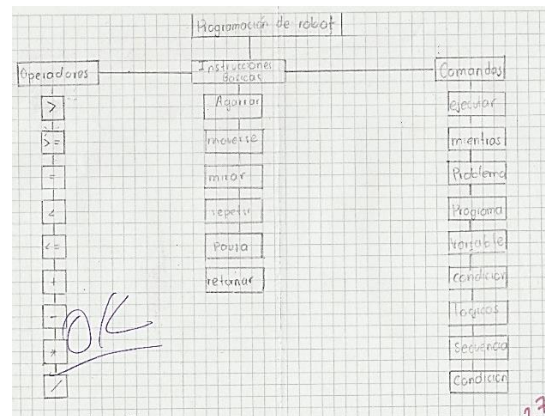
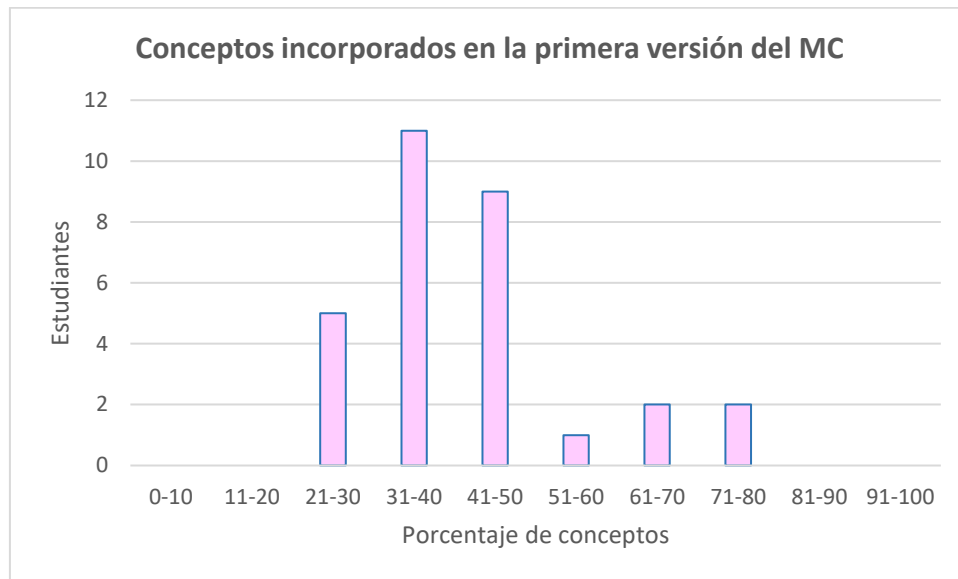


Ilustración 53 Ejemplar B. Primera versión del MC elaborada por un estudiante
Fuente: material de evidencias del estudio.

Tabla 30. Resultado del conteo de conceptos incorporados en la primera versión del MC

# conceptos	% de 37	f	F
8	22	1	1
9	24	1	2
10	27	2	4
11	30	1	5
12	32	6	11
13	35	2	13
14	38	3	16
15	41	2	18
16	43	2	20
17	46	2	22
18	49	3	25
21	57	1	26
24	65	2	28
27	73	2	30
Sumatoria		30	

Datos agrupados por %		
Rango	f	F
0-10	0	0
11-20	0	0
21-30	5	5
31-40	11	16
41-50	9	25
51-60	1	26
61-70	2	28
71-80	2	30
81-90	0	30
91-100	0	30
Sumatoria	30	



*Ilustración 54. Conceptos incorporados en la primera versión del MC
Fuente: el autor.*

En su primera versión del MC los estudiantes lograron utilizar en promedio 15 de los 37 conceptos presentados, entre el 20% y el 80% de los conceptos tenían algún significado para ellos, ilustración 54.

Como se puede apreciar en los ejemplares, los estudiantes intentaron dar un orden lógico y jerárquico a los conceptos. En la ilustración A, por ejemplo se observa que el estudiante integró sólo 9 conceptos al MC, sin embargo los relacionó intuitivamente con cierta lógica, demostrando que tiene unos pre-conceptos básicos sobre la programación de robots; comprende que un programa está basado en comandos, que el robot recibe instrucciones, que algunas de ellas son: “moverse, mirar, repetir y retornar”, en el mapa asocia la tarea del robot a “Agarrar” algún objeto y relaciona las instrucciones con los pasos lógicos de un programa.

Aunque este MC incluye un número mínimo de conceptos demuestra que el estudiante tiene una noción básica de lo que es la programación de robots. Indagando sobre las experiencias previas del estudiante, se encuentra que ya ha tenido la oportunidad de hacer algunas prácticas con “Robi”, una plataforma de enseñanza que consta de un robot de desplazamiento para niños con una interfaz de programación por bloques. Estas nociones o conocimientos previos que tiene constituyen en el andamiaje que le dará ventaja para enfrentarse a la experiencia con el simulador, los probará en la solución de los retos y los modificará en la medida que evidencie su efectividad.

Por su parte, la ilustración del ejemplar B muestra el caso de uno de los estudiantes que logró integrar el mayor número de conceptos. Él logró diferenciar perfectamente dos categorías: “operadores e instrucciones básicas” el resto de los términos los relacionó con una tercera categoría que decidió denominar “comandos”. Aunque no utiliza conectores que den significado a la relación entre los términos, el estudiante logró identificar alguna familiaridad entre los conceptos y los clasificó según su propia intuición. Revisando sus antecedentes, se encuentra que este estudiante no había tenido experiencias previas en programación de robots.

Retomando el análisis de resultados de la comparación, el número de conceptos que el estudiante logra incorporar en su mapa es uno de los criterios que permiten medir la similitud con el MCE.

Los estudiantes lograron incorporar un promedio de 23,5 conceptos, en contraste del promedio de 15 conceptos iniciales, de un total de 37 conceptos empleados en el MCE. Esto nos dice, que después de la experiencia con el simulador, los estudiantes lograron dar significado a un mayor número de conceptos. En la gráfica de los datos agrupados, Ilustración 54. Conceptos incorporados en la primera versión del MC, se observa que el mayor grupo logró incorporar del 90 al 100% de los conceptos.

Otro de los criterios de comparación es el número de conectores. El software cuenta el número de líneas de conexión de entrada y salida de cada concepto. En la ilustración 55 se muestra el MC de los estudiantes que logró utilizar un mayor número de conexiones.

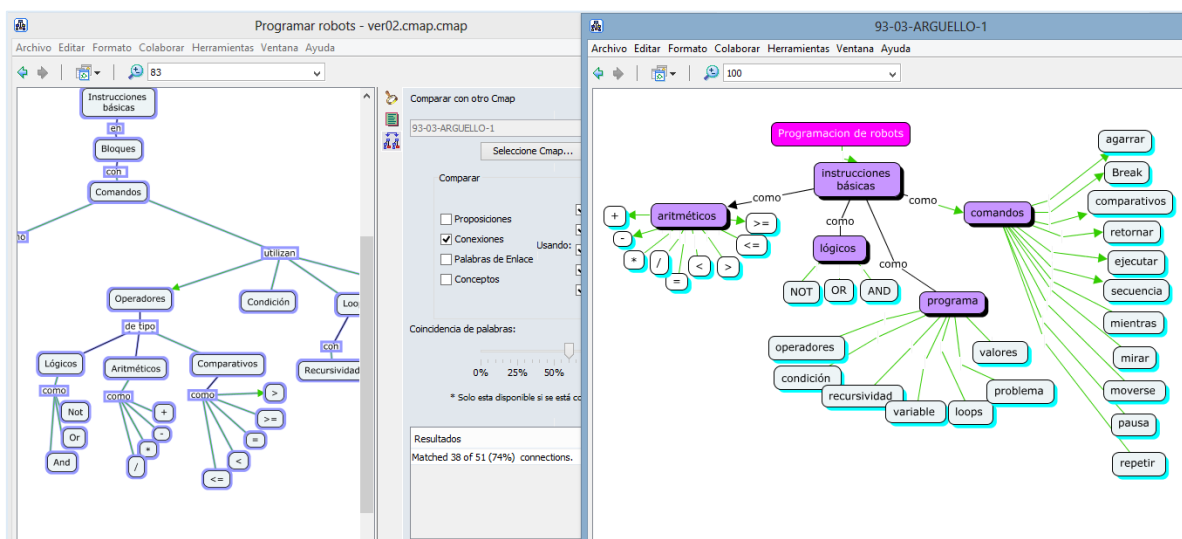


Ilustración 55. Ejemplo de comparación de conexiones con CmapTools
Fuente: captura de pantalla – el autor.

Entonces, las conexiones están asociadas a los conceptos. Por lo tanto se podría decir que el criterio de comparación “conexiones” es dependiente de los conceptos (de texto completo o parcial) similares detectados por el software.

La Ilustración 51. Resultados de la comparación, muestra que cerca de la mitad de los estudiantes lograron establecer del 0 al 10% de conexiones similares al MCE; y sólo cuatro estudiantes lograron aproximarse a las conexiones en un porcentaje entre el 50 y 80%.

Pero, en definitiva, el criterio más exigente de la comparación que hace CmapTools es el porcentaje de similitud en las proposiciones. Los resultados muestran que la gran mayoría de los estudiantes alcanzaron a un 10 % de similitud. Y es que para que el software detecte la similitud de una proposición, deben coincidir los conceptos, las conexiones y los enlaces. En este punto, se insiste en dilucidar que el propósito de la experiencia no era llevar a los estudiantes a un nivel de expertos.

Cinco estudiantes lograron un porcentaje de similitud en las proposiciones del 30 al 50%. Los cinco estudiantes en mención, en general se destacan por su interés en las clases de tecnología, participan en las discusiones y demuestran gusto por vencer los desafíos propuestos. Dos de ellos ya tenían experiencias previas en programación, desde el año anterior han usado en un

nivel inicial varias plataformas en el semillero de robótica; en particular el simulador utilizado en clase sí fue nuevo para ellos, sin embargo se adaptaron rápidamente, y siempre fueron de los primeros en cumplir los retos. Algo que tienen en común y que se hizo evidente en las clases con el simulador es que sienten agrado al apoyar a sus pares.

En la ilustración se muestran las proposiciones que fueron detectadas por el software en el MC del estudiante que logró construir 18 proposiciones similares al MCE, equivalente a un 50%. Con esto se puede considerar como uno de los estudiantes de nivel avanzado en su grupo.

Ahora bien, aplicando este criterio de conteo, queda la duda si en los mapas construidos por los estudiantes que no tienen proposiciones “iguales” a las del MCE, las proposiciones son erróneas, o si los estudiantes construyeron proposiciones válidas aunque las organizaran de manera diferente que el docente lo hizo en el MCE.

Construir las proposiciones implica que el estudiante identifique relaciones causales, categorice, establezca jerarquías e identifique el tipo de relación de dependencia entre los conceptos mediante el uso del conector apropiado, es decir, desarrolle procesos cognitivos de orden superior. El reducido número de estudiantes que lograron construir proposiciones similares a las del MCE demuestra que este requerimiento es una limitante en la construcción de los modelos mentales.

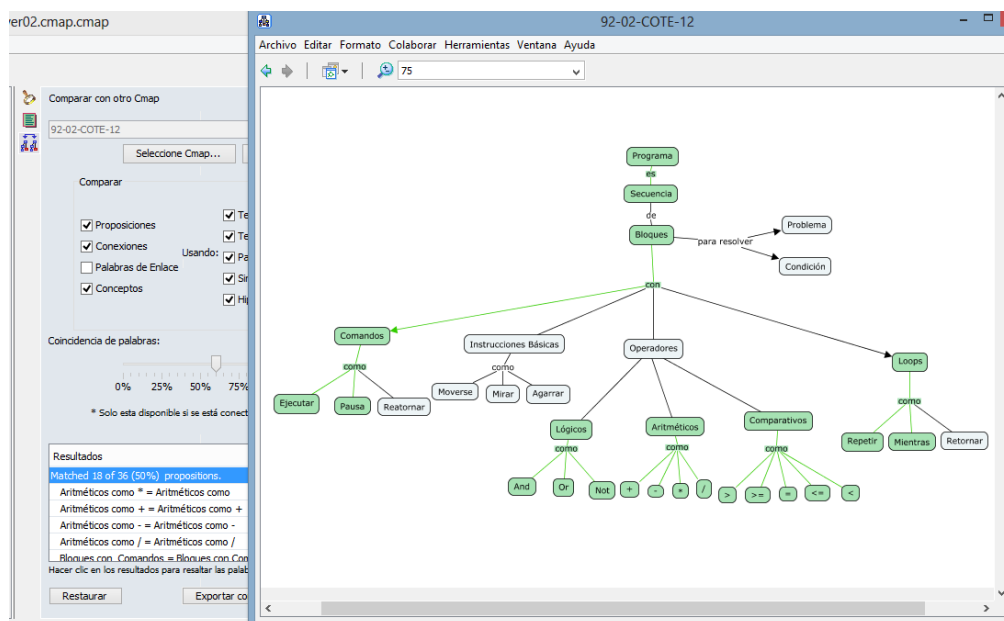


Ilustración 56. Comparación de proposiciones con el MCE en CmapTools
Fuente: captura de pantalla – el autor.

Análisis del promedio:

Para tener una visión integral de los resultados, se calculó el promedio de los tres criterios para cada estudiante. A continuación, en la tabla 31 se presentan los datos agrupados para su análisis.

Tabla 31: Análisis del promedio de resultados de la comparación

Resultado en %	Promedio		Distribución del promedio en deciles	
	f	F	Decil	Valor
0-10	2	2	D1	13
11-20	17	19	D2	17
21-30	21	40	D3	21
31-40	16	56	D4	24
41-50	6	62	D5	27
51-60	2	64	D6	30
61-70	3	67	D7	34
71-80	0	67	D8	39
81-90	0	67	D9	47
91-100	0	67	D10	70
Total	67			

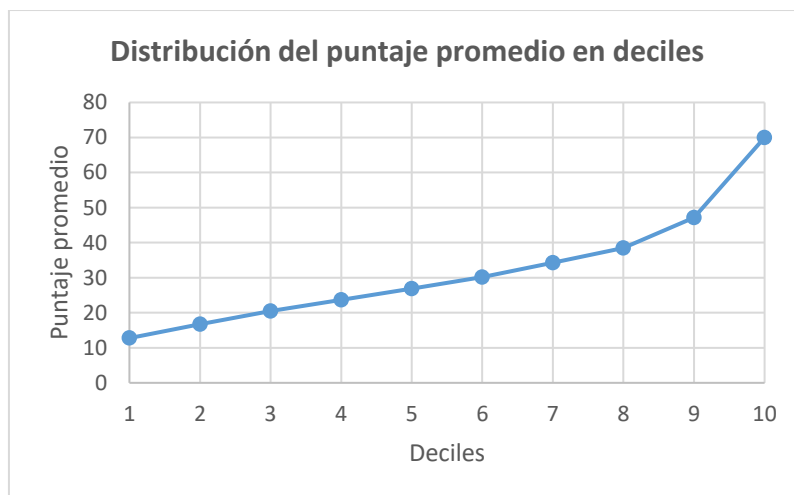


Ilustración 57. Distribución del puntaje promedio en deciles
Fuente: el autor.

Se encuentra que el menor promedio fue 8%, mientras que el máximo fue 70%. El 80% de los estudiantes lograron un promedio por debajo de 40, distribuidos en deciles más o menos homogéneos. El 20% restante, se ubicó en los dos deciles superiores marcando la diferencia de 40 a 80 en el promedio de sus resultados, ilustración 57.

Relación entre el desempeño en las prácticas con el simulador y los resultados de la comparación:

Se consultó el registro de notas del curso para extraer el nivel de desempeño en las prácticas los 67 estudiantes que constituyen la muestra de este estudio. La propuesta del uso del simulador consistió en un curso de “La hora de código” de Robomind Academy, el curso tiene dos unidades con 12 y 9 niveles respectivamente. Una vez finalizadas las dos unidades se recibe una certificación. Cada unidad se asumió como un reto y el propósito final era alcanzar la certificación.

Para efectos de la comparación se tuvo en cuenta tres niveles de desempeño: el primer nivel de “exploración” en el cual los estudiantes intentaban resolver los desafíos de cada nivel, pero no

llegaban a concluir el reto completo de la unidad; el segundo nivel corresponde a “un reto logrado”, cuando el estudiante cumplía los niveles de una unidad completa y el tercer nivel “curso acreditado” cuando se cumplían los desafíos de todos los niveles del curso. Los resultados se presentan en la tabla 32 y la ilustración 58.

Tabla 32. Desempeño en las prácticas con el simulador

Nivel de desempeño	Puntaje	No. Estudiantes
Exploración	0	7
Un reto logrado	50	10
Curso acreditado	100	50

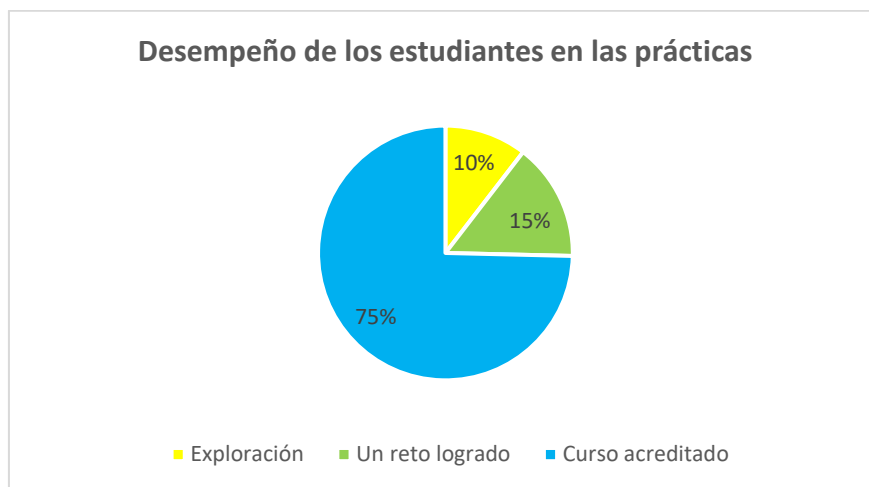


Ilustración 58. Gráfico del desempeño en las prácticas con el simulador
Fuente: el autor.

De la muestra que se analizó, el 75% logró la acreditación del curso, es decir, cumplieron todos los niveles de las 2 unidades; mientras que el 15% logró sólo un reto (una unidad del curso) y el 10 % restante se quedó en un nivel de exploración en el uso del simulador.

Ahora bien, 19 de los estudiantes digitalizaron la primera versión de su MC en CmapTools, lo hicieron de manera voluntaria en clase. Estos mapas también fueron comparados con el MCE para calcular la diferencia y validar de esta manera el cambio conceptual fruto de la práctica. Los datos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 33. Diferencia en el puntaje de comparación

NOMBRE	Puntaje de la práctica	Diferencia porcentaje proposiciones	Diferencia porcentaje conexiones	Diferencia porcentaje conceptos	Diferencia porcentaje promedio *
94-28-12.cmap	100	-6	-11	-8	-9
92-24-12.cmap	100	0	2	2	1
92-11-12.cmap	100	0	-10	22	4
91-04-11.cmap	100	0	18	-3	5
91-21-12.cmap	100	0	2	12	5
91-27-12.cmap	100	0	4	19	8
91-30-12.cmap	100	0	4	27	10
92-02-12.cmap	100	8	14	12	10
94-01-12.cmap	100	0	2	27	10

92-25-12.cmap	100	3	18	11	11
92-27-12.cmap	100	0	2	38	14
92-28-12.cmap	50	17	15	11	14
94-03-12.cmap	100	11	21	10	14
91-12-12.cmap	100	8	16	43	22
92-08-12.cmap	100	33	23	16	24
92-22-12.cmap	100	28	14	30	24
94-07-12.cmap	100	6	13	61	27
92-26-12.cmap	50	25	59	30	38
Promedio		6	9	19	11

* Los datos se ordenaron por la diferencia de porcentaje promedio

En promedio, la muestra seleccionada mejoró en un 6% la similitud de sus proposiciones con el MCE, en un 9% las conexiones y un 19 % los conceptos.

No se evidencia una relación directa del nivel de desempeño en las prácticas que tiene en cuenta el logro de los retos en el simulador con la mejora en los resultados de la comparación de los MC. De hecho, la estudiante que logró un mayor mejoramiento en el porcentaje sólo terminó uno de los dos retos de la propuesta. Mientras que el estudiante que obtuvo una diferencia negativa en el promedio, logró certificar sus dos retos del simulador.

4.5 Análisis e interpretación del segundo ciclo de pruebas empíricas

Finalizada la primera prueba empírica, se hizo una iteración a la fase de integración teórica buscando validar con la teoría los resultados obtenidos y se implementó una segunda prueba con la misma población variando las siguientes condiciones:

- El momento de la clase.
- El tipo de simulador.
- La forma de utilizar los mapas conceptuales para la validación de los modelos mentales.

Modificar estos elementos conlleva también una variable en la actuación del docente y del estudiante sin que en esencia cambie su rol.

4.5.1 Descripción de la segunda prueba

La prueba se llevó a cabo con los cuatro grupos que conforman la población. Se desarrolló una unidad temática que hace parte del plan de estudios del curso: sistemas digitales; durante 3 sesiones de 100 minutos.

El simulador se utilizó en las actividades de aplicación, es decir el momento en que los estudiantes usan el simulador para construir modelos que ya han estudiado, para comprobar la veracidad de sus concepciones y predecir el comportamiento o resultados del modelo.

Se seleccionó el simulador de circuitos lógicos Logic.ly; con una secuencia de tres actividades planificadas por el docente. Los estudiantes desarrollaron individualmente las prácticas con el simulador, así como la construcción de la primera versión del mapa conceptual. Luego en grupos construyeron en forma colectiva su versión final del mapa.

Se recolectaron 29 mapas conceptuales, elaborados por una muestra de 80 estudiantes. A estos mapas se les aplicó un análisis métrico y topológico con CmapAnalysys y un análisis semántico mediante rúbrica.

4.5.2 El momento en la segunda prueba

En esta prueba, la experiencia con el simulador se usó como actividad de aplicación. Es necesario aclarar que el currículo de la institución educativa sigue los lineamientos de un bachillerato académico por lo que el área de tecnología se desarrolla en un nivel básico, sin embargo, se espera que el uso del simulador permita a los estudiantes llegar a un nivel de aplicación y comprensión de la lógica binaria de los sistemas digitales.

Los conocimientos previos de los estudiantes consisten en nociones básicas sobre señales digitales y análogas, reconocimiento de algunos componentes electrónicos y su función, descripción de los elementos básicos de un circuito electrónico, solución de situaciones sencillas de aplicación de la ley de Ohm. En las actividades iniciales de activación de estos conocimientos previos se logró comprobar que la gran mayoría de los estudiantes no tenían conocimiento del álgebra Booleana, las funciones lógicas o los circuitos combinacionales, sólo dos o tres en cada grado hicieron alguna referencia al procesamiento de las señales digitales que se hace “dentro de los circuitos integrados”.

Se esperaba que los estudiantes, en esta unidad, no sólo aprendieran a resolver funciones de lógica binaria sencillas, sino que llegaran a comprender su aplicación en los sistemas digitales y que describieran las funciones de algunos circuitos combinacionales.

Previo a las sesiones con el laboratorio virtual, los estudiantes iniciaron la unidad que se llamó “sistemas digitales” y de la manera tradicional se desarrollaron las temáticas de lógica binaria y álgebra de booleana, con explicaciones realizadas por el docente y desarrollo de ejercicios de solución por método gráfico.

Para llevar esto a la práctica se requería un kit de electrónica por estudiante o varios bancos de trabajo, en este caso el simulador de circuitos digitales fue la mejor opción para propiciar a los estudiantes la experiencia de la manipulación de compuertas lógicas.

4.5.3 Elementos instruccionales del simulador en la segunda prueba

El simulador seleccionado fue Logic.ly, este es un laboratorio virtual de circuitos lógicos, usado esencialmente para la enseñanza, ofrece licencias individuales, para grupos o institucionales. En su versión completa es un software de escritorio para Windows o Mac OS. La versión de prueba en línea y una versión Beta para escritorio con permiso de uso por 30 días. Para la experiencia se utilizó la versión de prueba en línea, aunque esta no permite guardar los proyectos sí tiene los elementos necesarios para las prácticas que se deseaba implementar, ilustración 59.

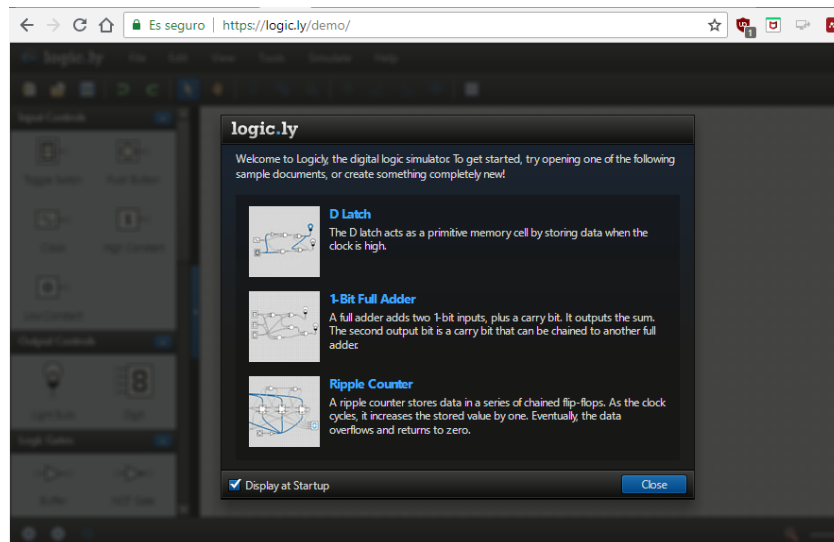


Ilustración 59. Simulador de circuitos lógicos Logic.ly- versión Beta on-line

Fuente: <https://logic.ly/demo/>

Logic.ly ofrece un entorno de trabajo intuitivo con componentes electrónicos representados por sus símbolos que se pueden interconectar en un área de trabajo para conformar circuitos con compuertas lógicas, además de otras herramientas de medición y etiquetado.

El análisis funcional del software se presenta en la tabla 34.

Tabla 34. Análisis funcional de Logic.ly

9. Identificación		
Nombre del software: logic.ly		
Versión: de prueba - libre – on line.		Año: 2018
Descripción cualitativa del programa:		
Logic.ly tiene un entorno de trabajo intuitivo con componentes electrónicos representados por sus símbolos que se pueden interconectar en un área de trabajo para conformar circuitos con compuertas lógicas, además de otras herramientas de medición y etiquetado. Genera la tabla de verdad de los circuitos. La versión de prueba trae algunos modelos de circuitos.		
Especificación de requerimientos técnicos.	Hardware: Pc con requisitos básicos para conectarse a Internet.	
	Sistema operativo: La versión on line funciona en cualquier sistema operativo con navegador. La versión de escritorio corre sobre Mac OS y Windows	
10. Funcionabilidad		
Tipo de construcción	Construcción de simulación deductiva	<input type="checkbox"/> Permite que el estudiante construya y compruebe modelos de sistemas cerrados controlados por reacción.

de la simulación:		<input type="checkbox"/> El modelo de simulación dinámica representa conceptualmente la naturaleza cambiante de fenómenos de sistemas de una forma similar al fenómeno real. <input type="checkbox"/> El modelo se concibe y se implementa antes de ser comprobado.
	Construcción de simulación inductiva	<input checked="" type="checkbox"/> Permiten construir modelos dinámicos abiertos de sistemas de fenómeno. <input checked="" type="checkbox"/> Cada vez que se añade un elemento al sistema, se puede comprobar el modelo para observar el efecto del nuevo elemento en el funcionamiento del sistema.
	Construcción de modelos causales cualitativos	<input type="checkbox"/> Permite construir sistemas expertos basados en descripciones cualitativas de relaciones causales con hechos y reglas si-entonces, para la toma de decisiones.
	Construcción de modelos semánticos	<input type="checkbox"/> Permite la representación de asociaciones semánticas entre conceptos dominantes dentro de un campo de conceptos.
Tipo de Exploración del modelo simulado:	De caja negra	<input type="checkbox"/> La simulación está previamente construida para que los estudiantes exploren y experimenten. <input type="checkbox"/> No se explica el modelo implícito. <input type="checkbox"/> Permite la manipulación de variables y la comprobación de los resultados de estas.
	De caja de cristal	<input checked="" type="checkbox"/> El sistema necesita que el estudiante construya el modelo de forma explícita antes de comprobarlo. <input checked="" type="checkbox"/> Se puede hacer seguimiento al comportamiento del modelo subyacente en la simulación. <input checked="" type="checkbox"/> Permite la manipulación de variables y la comprobación de los resultados de estas.
Fenómeno que se modela	<input type="checkbox"/> Conocimientos dominantes <input checked="" type="checkbox"/> Problemas <input type="checkbox"/> Sistemas <input type="checkbox"/> Experiencias <input type="checkbox"/> Pensamientos Otro: _____	
Interacción	<input checked="" type="checkbox"/> Una corrida del modelo se puede detener.	
	Forma en que se solicitan los datos: <input type="checkbox"/> Control análogo. <input checked="" type="checkbox"/> Botones (íconos) <input checked="" type="checkbox"/> Cuadro de Caracteres, texto / numéricos Otro: _____	
Resistencia a errores	<input type="checkbox"/> Genera mensaje de error específico. <input checked="" type="checkbox"/> El sistema con error no funciona. <input type="checkbox"/> Otro: _____	

<p>Recursividad de la simulación</p>	<p><input type="checkbox"/> Permite grabación y reproducción.</p> <p><input type="checkbox"/> Permite guardar la simulación.</p> <p><input type="checkbox"/> Permite re-uso por parte de otros usuarios.</p> <p><input type="checkbox"/> Genera reportes.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Otro: <u>La versión de prueba on-line tiene bloqueadas las opciones de guardar, importar y exportar circuitos.</u></p>
<p>Descripción de las variables del modelo a simular:</p> <p>Controles de entrada: interruptor de palanca, reloj, pulsador, alta constante, baja constante.</p> <p>Controles de salida: bombilla, dígito de 4 bits.</p> <p>Compuertas lógicas: buffer, and, not, nand, or, nor, xor, xnor, triestatal.</p> <p>Integrados: flip-flop SR, flip-flop D, flip-flop de JK, flip-flop T</p> <p>Otros: label, bus, pull up, pull down.</p> <p>Variables: digitales (1/0)</p>	
<p>Adecuación al currículo:</p> <p>Permite que el estudiante construya circuitos lógicos, genere la tabla de verdad y compruebe su funcionamiento en tiempo real.</p>	

11. Confiabilidad / fiabilidad	
<p>Sistema de representación</p>	<p>Los elementos del modelo o fenómeno a simular se representan con:</p> <p><input type="checkbox"/> Íconos.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Imágenes planas.</p> <p><input type="checkbox"/> Imágenes 3D de baja definición.</p> <p><input type="checkbox"/> Imágenes 3D de alta definición</p> <p><input type="checkbox"/> Realidad aumentada</p> <p>Otro: _____</p>
	<p>Los cambios en el modelo o fenómeno a simular se representan con:</p> <p><input type="checkbox"/> Datos numéricos o texto.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cambio de imágenes 2D.</p> <p><input type="checkbox"/> Movimiento animado.</p> <p>Otro: _____</p>
	<p>El escenario donde se encuentra el modelo o fenómeno a simular se representan con:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Fondo unicolor.</p> <p><input type="checkbox"/> Imagen plana estática.</p> <p><input type="checkbox"/> Imagen plana en movimiento.</p> <p><input type="checkbox"/> Imagen 3D estática.</p> <p><input type="checkbox"/> Animación 3D con movimiento.</p> <p>Otro: _____</p>
<p>Descripción del nivel de Abstracción de la simulación:</p> <p>Tiene nivel básico de aproximación a la realidad, los elementos físicos como los interruptores y bombillos se representan con dibujos planos en blanco y negro, los elementos lógicos se representan mediante sus símbolos.</p>	

<p>La simulación demuestra el funcionamiento real, permitiendo el control de elementos de entrada y mostrando los elementos encendidos, se representa mediante color azul en los elementos con valor de 1 lógico.</p>
<p>Descripción del nivel de profundización de la simulación: El sistema permite observar elementos o comportamientos del circuito lógico, lo que no se puede hacer en un sistema real ya que las compuertas y otros elementos se encuentran miniaturizados en los circuitos integrados. En la vida real sólo se puede observar la señal de salida.</p>
<p>Respaldo del software: Desarrollado por la compañía Bowler Hat LLC, no tiene sellos de garantía. Ofrece testimonio de usuarios en redes sociales desde el 2012.</p>
<p>Descripción de la validación de los resultados de simulación: Se realizaron pruebas con los circuitos de ejemplo de la versión de demo y otros circuitos montados en el área de trabajo, comprobando que la simulación corre adecuadamente de acuerdo al funcionamiento esperado. Se comprobaron algebraicamente algunas tablas de verdad y se comprueba su respuesta correcta.</p>

12. Usabilidad
<p>Facilidad de la instalación: No requiere instalación, la aplicación se usa sobre el navegador.</p>
<p>Manual de usuario: Manual elemental. El lenguaje es claro, instrucciones precisas, sin apoyo de ilustraciones.</p>
<p>Entrenamiento: No provee recursos de entrenamiento. El entorno es intuitivo.</p>
<p>Facilidad de uso: El software es intuitivo y atractivo. Los elementos se representan en dibujos simples, sin embargo es de apariencia atractiva. Se pueden crear circuitos básicos sin conocimiento de lógica digital. Para la creación de circuitos complejos requiere conocimiento básico de compuertas lógicas Utiliza nombres técnico en los elementos.</p>
<p>Aporte a errores de uso: El software muestra errores en los circuitos con código de colores.</p>
<p>Posibilita la conexión de redes y bases de datos: No.</p>

13. Eficiencia
<p>Rendimiento: La herramienta rinde al nivel de complejidad de los circuitos creados.</p>
<p>Comportamiento con el tiempo: No se puede controlar la velocidad de la animación. La compilación se realiza en tiempo real.</p>
<p>Uso de recursos: No requiere hardware adicional. Requiere navegador.</p>

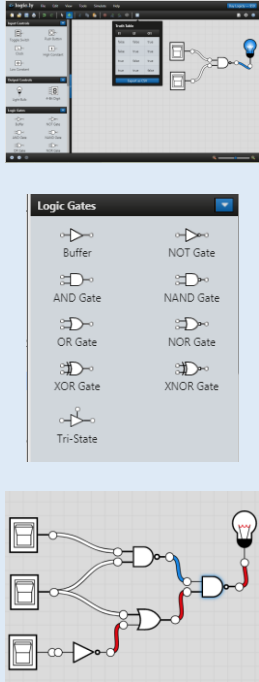
14. Mantenimiento
El usuario no puede realizar modificaciones y/o adaptaciones de la herramienta. Tiene manual de actualizaciones.

15. Portabilidad
Posibilidad de transferir el software de un entorno a otro: Como el software funciona en línea sobre un navegador, es posible acceder a él usando varios sistemas operativos. La versión de prueba no permite guardar archivos.
Intercambio de datos: En esta versión en línea no se permite intercambio de datos. La versión de escritorio sí lo permite.

16. Propuesta didáctica
Herramientas, Recursos u Orientaciones que ofrece el software para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje. La versión de prueba trae algunos modelos de circuitos, pero, no ofrece cursos, tutoriales o secuencias didácticas.

Ya en el análisis funcional se determinó la adecuación del software al currículo, en la medida que permite que el estudiante construya circuitos lógicos, genere la tabla de verdad y compruebe su funcionamiento en tiempo real; determinadas estas características se considera que es viable y pertinente el uso de este simulador; sin embargo, al no traer una propuesta didáctica, los elementos instruccionales para su uso en el aula deberán ser determinados por el docente. Estos se presentan en la tabla 35.

Tabla 35. Elementos instruccionales de la prueba de uso de Logic.ly en el aula.

Característica	Descripción	Presentación								
Nivel	Medio. El estudiante ya debe tener conocimientos básicos de electrónica digital y algebra booleana.									
Contenido	Circuitos sencillos de funciones lógicas. Tabla de verdad. Circuitos combinacionales.									
Metodología	Tres talleres orientados por el docente, se plantean tres tipos de situaciones para resolver en el simulador y los estudiantes experimentan en búsqueda de la solución, individualmente y con apoyo de sus pares.									
Unidades y retos	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #4F81BD; color: white;">Sesiones</th> <th style="background-color: #4F81BD; color: white;">Situaciones propuestas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Ejercicio de reconocimiento del entorno de trabajo.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Resolución de funciones lógicas y construcción de tablas de verdad.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Construcción grupal y montaje individual de un circuito combinacional decodificador.</td> </tr> </tbody> </table>		Sesiones	Situaciones propuestas	1	Ejercicio de reconocimiento del entorno de trabajo.	2	Resolución de funciones lógicas y construcción de tablas de verdad.	3	Construcción grupal y montaje individual de un circuito combinacional decodificador.
Sesiones	Situaciones propuestas									
1	Ejercicio de reconocimiento del entorno de trabajo.									
2	Resolución de funciones lógicas y construcción de tablas de verdad.									
3	Construcción grupal y montaje individual de un circuito combinacional decodificador.									
Tiempo de actividad	3 sesiones de 100 minutos.									
Acceso	En línea, gratuito. Versión beta de prueba.									

Característica	Descripción	Presentación
	No requiere cuenta.	
Requerimientos	Conexión a internet estable con ancho de banda básico. Navegador Web – todas las plataformas para PC de escritorios, tabletas y tableros inteligentes. Android, iPad, iPhone, tableta o teléfono con Windows	
Idioma	Inglés y español. Los nombres de los elementos electrónicos son más conocidos en inglés, por lo que es importante usar la herramienta en este idioma para que el estudiante se familiarice con los términos en el contexto real.	
Recursos didácticos	Ninguno aparte del propio software de simulación.	

4.5.4 Los roles en la segunda prueba

Con respecto al rol del estudiante en el uso del simulador en esta segunda prueba se puede observar lo siguiente:

Actitud frente al reto

¿Qué actitud asume con respecto al reto planteado?

En esta prueba los estudiantes ya tenían conocimiento del tema, en su mayoría aceptaron con agrado el reto planteado en cada sesión.

Cada estudiante asumió el reto propuesto, interesándose por completar las situaciones en el tiempo propuesto y nuevamente dieron muestra de su compromiso activo.

En las sesiones en las cuales se trabajó con funciones que los estudiantes ya habían resuelto en clases anteriores de manera manual, para que las comprobaran en la práctica con el simulador se evidenció la satisfacción y entusiasmo por parte de los estudiantes, incluso algunos decían expresiones como: ahora sí entiendo.

Habilidad en el uso del simulador

Habilidad del estudiante en el uso del simulador

El entorno del laboratorio virtual de lógica digital es intuitivo y sencillo, por lo cual, los estudiantes aprendieron a usarlo rápidamente.

Los estudiantes asociaron rápidamente los íconos con los símbolos de las compuertas y comprendieron el lenguaje simbólico de los colores para representar el paso de corriente y los estados 0 y 1 en cada sección de los circuitos.

Representaba más dificultad registrar las evidencias ya que debían hacerlo por medio de pantallazos debido a que se estaba usando una versión de prueba que no permitía guardar o exportar los circuitos montados.

Evidencia de la diferencia en este desempeño de los estudiantes que han tenido experiencias previas en el tema

En esta ocasión los estudiantes que tenían experiencias previas desde el semillero de robótica o cursos de tecnoacademia no tenían ventaja evidenciada en el manejo del tema como tal, pero

sí se evidenciaba la diferencia en la actitud frente a los retos, se muestran menos tímidos y más motivados a trabajar, así como también más expresivos al celebrar los logros y se les veía expresiones para motivar y desafiar a sus compañeros hacia el logro.

Ocurrió una situación particular con un estudiante de inclusión que tiene alto coeficiente intelectual y había estado en el semillero de robótica. Su relación con el grupo se dificulta porque tiene dificultades para la expresión oral y en ocasiones es impulsivo en el manejo de los conflictos interpersonales, el grupo no lo reconocía como un estudiante con capacidades intelectuales normales, mucho menos de nivel superior.

Sin embargo, fue sorprendente su desempeño, pues desarrolló todos los ejercicios en mucho menor tiempo que los demás, ante lo cual se le propuso probar con circuitos de mayor nivel de complejidad y el estudiante logró, por ejemplo, crear un circuito decodificador de 8 dígitos binarios.

El estudiante manifestó su satisfacción por el reconocimiento que hicieron sus compañeros de sus habilidades.

Actitud frente a la solución de dudas

Forma de demostración de las dudas:

Preguntas directas.

Actitud del estudiante cuando no sabe cómo continuar con la solución del reto:

Preguntas al docente o a sus compañeros.

Los estudiantes manifestaron que los ejercicios propuestos para el laboratorio virtual eran posibles de resolver, con expresiones como: “es enredado, pero es fácil si uno se concentra”

En esta ocasión no se evidenció estudiantes que quisieran abandonar la tarea. Cuando habían expresiones de frustración, venían acompañadas de expresiones de automotivación como “no me puede quedar grande”, “profesora, espere, deme tiempo, que yo puedo”

Interacción con los pares

Interacción de los estudiantes entre sí, respecto al logro de los retos:

El espíritu de competencia es una constante en ellos, los que logran terminar en primer lugar alardean de su triunfo. No se evidencia que esto moleste a sus compañeros, por el contrario, se puede percibir que los motiva a continuar intentándolo.

Forma en que los estudiantes avanzados ayudan a quienes no logran realizar los retos:

La interacción con los pares nuevamente se generó, especialmente de los estudiantes avanzados, esta vez, de manera autónoma se dedicaron a plantear retos nuevos o a apoyar a los compañeros que expresaban dificultades.

Se sigue aplicando la regla de no tocar el mouse o teclado de otro compañero, y se insiste en que la ayuda debe ser con explicación y no dar la respuesta sin razón.

Interacción con el docente

Forma de manifestar las dudas al docente:

Dado que ya se venía trabajando con simuladores, los estudiantes hacían preguntas sobre la comprobación de los circuitos montados.

Actitud de los estudiantes frente a la intervención del docente:

Al igual que la prueba anterior, se muestran receptivos, pero, la mayoría prefiere preguntar a sus compañeros.

Nivel de logro del reto

Logro en la resolución de los retos planteados en cada sesión.

Todos los estudiantes lograron cumplir los retos de las sesiones 1 y 2.

El reto final de la sesión tres representó mayor dificultad, aproximadamente la cuarta parte de los estudiantes no lo terminaron, sin embargo, se evidenció su persistencia, muchos lograron entender lo que debían hacer, pero el tiempo no les fue suficiente.

Con respecto al rol del docente, en esta prueba se conservaron algunas formas de actuar que evidenciaron buenos resultados en la prueba anterior, como se describe a continuación:

Intervención

Identificación de situaciones que requerían intervención del docente:

Al igual que en la prueba anterior.

Cuando un estudiante no le explicaba a su compañero, sino que intentaba hacerle el trabajo.

Cuando se creaban grupos de más de tres personas.

Cuando algún estudiante tenía expresiones verbales o gestuales de sentirse agobiado por la tarea o querer renunciar.

Intervención del docente en el desarrollo del reto por parte del estudiante:

Igual que en la primera prueba, estimulando a manera de retroalimentación, es decir, frente a un reto cumplido, felicitar, después preguntar ¿cómo lo logró? Y parafrasear la respuesta.

No dar la respuesta a la pregunta, sino hacer preguntas más sencillas que lleven al estudiante a descubrir la solución.

En caso de estudiantes desmotivados o agobiados por la tarea, motivarlos con expresiones de aliento o desafío, diciéndoles que lo hagan paso a paso, insistirles para que no se rindan.

Interacción con el docente

Tipo de preguntas hacen los estudiantes:

Sobre los errores de funcionamiento de los circuitos montados.

Tipo de respuestas da el docente:

Igual que la primera prueba, respuestas orientadas a retroalimentar los pasos que el estudiante ya había logrado hacer bien.

Responde con preguntas que le ayudaran a recordar al estudiante situaciones similares que ya se habían resuelto.

Con situaciones hipotéticas que tienen variables similares, para ayudarles a analizar todas las posibilidades.

Acompañándolos a revisar sus apuntes en el cuaderno.

Observaciones finales:

Como se expuso anteriormente, dadas las características del simulador, el docente asumió la planificación de la secuencia didáctica y las situaciones a simular. En ese mismo orden, el uso del laboratorio en clase requirió otro tipo de acompañamiento por parte del docente, con la presentación de la situación a simular en cada una de las sesiones y un trabajo menos autónomo **en la interpretación** de las mismas por parte de los estudiantes. Los registros fotográficos de la ilustración 60 presentan evidencias del desarrollo de las sesiones.



Ilustración 60. Rol de los estudiantes y docente durante la clase.

4.5.5 Los mecanismos de verificación en la segunda prueba

En esta segunda prueba, aunque también se usaron mapas conceptuales, se hizo de una manera diferente, teniendo en cuenta dos premisas:

- Los significados se negocian mediante el lenguaje y la interacción en los grupos sociales.
- Los Modelos Mentales son producto de la instrucción o de la experiencia, pero cada persona, de acuerdo a su percepción y los resultados que evidenció en la experiencia, decide qué versión del modelo incorpora a su estructura mental, por lo tanto, es posible

que algunos estudiantes establezcan estructuras mentales más amplias de las esperadas.

En virtud de ello, se plantó la dinámica representada en el esquema de la ilustración 61 para la construcción de los mapas conceptuales en una cuarta sesión.

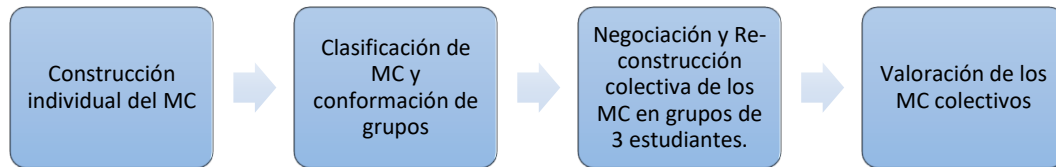


Ilustración 61. Proceso de construcción de los MC en la segunda prueba.

Es de aclarar que no fue posible realizar la cuarta sesión con uno de los cursos (9-4) debido a cambios en el cronograma institucional, por lo tanto, se analizaron los mapas elaborados por los tres cursos restantes. Para verificar el resultado del aprendizaje, después de usar el simulador cada estudiante construyó en papel, de manera libre un mapa conceptual que respondiera la pregunta ¿Qué aprendí sobre la lógica binaria de los sistemas digitales?

El docente organizó equipos de tres estudiantes teniendo en cuenta la similitud en los mapas conceptuales, en estos grupos los estudiantes discutieron y llegaron a un consenso para organizar una versión final en CmapTools.

Archivos recolectados

A través de la plataforma de Edmodo se recolectaron un total de 29 archivos en formato de .cmap, ilustración 62, como producto del trabajo de los 29 grupos. 7 grupos estaban conformados por 2 estudiantes y 22 por 3 estudiantes para un total de 80 estudiantes participantes en esta muestra.

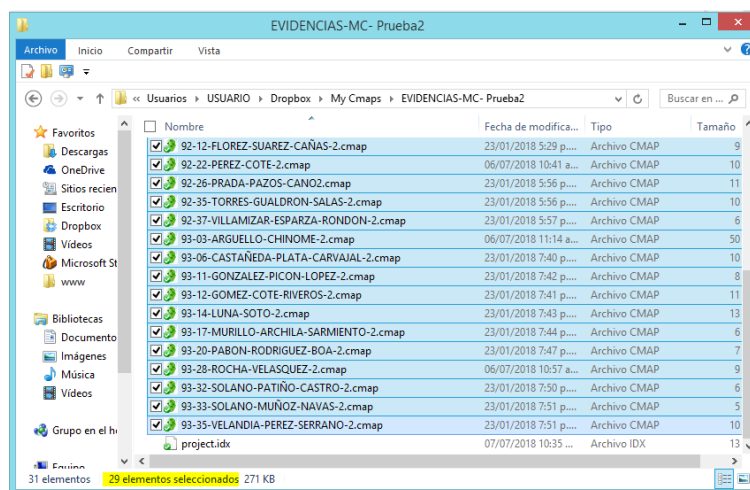


Ilustración 62. Archivos de los MC recolectados para el análisis en la segunda prueba.

Fuente: captura de pantalla – el autor.

Procedimiento de valoración de los MC

Antes de iniciar la valoración de los mapas se hizo un filtro en el que se revisó que los mapas incluyeran conceptos significativos relacionados con la experiencia de E/A. No fue necesario excluir ninguno, ya que los estudiantes utilizaron los términos esperados.

Análisis métrico y topológico con CmapAnalysis

Con el propósito de validar otra de las herramientas de CmapTools mencionadas en los estudios de referencia, en primera instancia se utilizó la extensión de CmapTools CmapAnalysis que analiza un paquete de mapas y arroja métricas de los mismos. Para el caso se tuvo en cuenta lo siguientes ítems para el análisis:

1. Conteo de frases de enlace
2. Conteo de sub Mapas
3. Conteo de Raíz Pequeña
4. Conteo de proposiciones
5. Conteo de huérfanas
6. Conteo de puntos rotos
7. Puntaje de Taxonomía
8. Promedio de frases de enlace por concepto
9. Promedio de proposiciones por concepto
10. Promedio de palabras por concepto
11. Conteo de conceptos

Con ello se pudo tener una visión general de las características de los mapas conceptuales construidos por los chicos, tal como se muestra en la tabla 36:

Tabla 36. Resultados de métricas con CmapAnalysis.

Título	Ítem										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
91-01	11	1	10	22	0	5	2	0,58	1,16	1,95	19
91-02	12	1	1	18	0	2	3	0,75	1,13	1,81	16
91-07	10	1	3	16	0	4	3	0,59	0,94	3,76	17
91-08	13	2	1	17	0	5	2	0,87	1,13	3,27	15
91-12	11	2	5	17	0	4	3	0,61	0,94	1,56	18
91-14	7	1	2	17	0	3	6	0,58	1,42	3,67	12
91-21	11	1	3	25	0	6	6	0,61	1,39	3,00	18
91-30	17	1	1	20	0	4	0	0,89	1,05	2,05	19
91-41	5	1	1	7	0	1	1	0,63	0,88	3,63	8
91-42	10	1	3	12	0	3	0	0,77	0,92	5,31	13
92-01	17	6	2	27	0	7	2	0,74	1,17	1,78	23
92-08	14	1	7	29	1	6	6	0,56	1,16	1,96	25
92-10	11	1	3	16	0	2	3	0,65	0,94	2,59	17
92-12	9	1	5	27	0	3	6	0,47	1,42	1,00	19
92-22	19	1	1	26	0	6	5	0,76	1,04	1,52	25
92-26	21	1	1	26	0	5	0	0,78	0,96	1,22	27
92-35	18	1	1	25	0	7	2	0,78	1,09	1,35	23
92-37	7	1	2	11	0	5	3	0,64	1,00	2,09	11
93-03	5	1	1	7	0	1	1	0,63	0,88	3,38	8

93-06	6	1	1	13	0	3	5	0,50	1,08	1,50	12
93-11	12	1	1	14	0	1	2	0,92	1,08	2,69	13
93-12	22	1	1	26	1	2	3	0,85	1,00	2,50	26
93-14	26	1	6	48	1	13	0	0,74	1,37	1,34	35
93-17	6	1	1	9	1	1	2	0,60	0,90	1,60	10
93-20	9	1	1	11	0	2	2	0,75	0,92	1,58	12
93-28	18	1	1	21	0	5	0	0,95	1,11	1,68	19
93-32	7	1	3	9	1	2	2	0,64	0,82	2,55	11
93-33	4	1	1	8	0	2	2	0,44	0,89	1,67	9
93-35	14	1	1	19	1	2	2	0,67	0,90	1,14	21

Con estos datos se puede describir de manera general la topología de los MC. En la tabla 37 se presenta el análisis del conteo de conceptos, enlaces y proposiciones, así como el puntaje de taxonomía.

Tabla 37. Análisis de los datos generales

	Proposiciones	Enlaces	Conceptos	Puntaje de taxonomía
Promedio	18,72	12	17,25	2,55
Mayor	48	26	35	6
Menor	7	4	8	0

Los porcentajes muestran que en general la experiencia fue significativa para los estudiantes, evidenciado en una cantidad importante de conceptos incorporados a los MC.

Llama la atención el alto número de proposiciones que lograron conformar algunos equipos y se hace evidente la heterogeneidad de los grupos.

Sin embargo, con estos datos numéricos no se puede determinar si los conceptos claves son los esperados, si hay concepciones erróneas en la relación de los conceptos y tampoco se puede verificar la validez o calidad de las proposiciones.

Los resultados de CmapAnalisis también arrojaron los conceptos centrales más utilizados, esto resulta interesante ya que se les dio libertad de construir el MC alrededor de los que hubieran aprendido con la experiencia, esperando que se centraran en la lógica binaria o el álgebra booleana. Los resultados en la tabla 38 muestran que los conceptos centrales más frecuentes en los MC sí tienen relación de relevancia dentro del tema.

Tabla 38. Conceptos centrales de los MC

Concepto central	puntaje total
NÚMEROS BINARIOS	13
AND	12
COMPUERTAS LOGICAS	12
FUNCIONES LOGICAS	12
MULTIPLICACION	10
COMPUERTAS	9
NEGACIÓN	8
CONVERTIR	6
OR	6
CIRCUITOS COBINACIONALES	5

CIRCUITOS	5
OBJETO	5
RESTAN	5

Los datos proporcionados por estas métricas no permiten inferir mayor conclusión que las ya presentadas, por lo que resulta insuficiente para valorar los modelos mentales expresados por los estudiantes en estos mapas.

Análisis semántico mediante aplicación de rúbrica.

La valoración de los MC requiere un análisis más profundo de carácter cualitativo e incluso semántico. Desde el punto de vista cualitativo, los mapas que obtuvieron los menores puntajes contenían los conceptos generales que se esperaba que lograran incorporar y utilizaron un nivel de jerarquías básico con proposiciones correctas, con lo cual se establece un nivel básico de identificación de la relación entre estos conceptos.

Esto permite concluir que, en general, los estudiantes de la muestra lograron los resultados de aprendizaje esperados. Ahora bien, surge la inquietud de saber hasta qué nivel lograron superar las expectativas, para ello, se decidió aplicar una rúbrica semántica.

Existen varios instrumentos para valorar o evaluar MC en forma de rúbricas, que se pueden enfocar en la topografía o en la semántica; Prats (2013), hace un análisis de varias de ellas encontrando ventajas y desventajas e insiste en que ningún instrumento para evaluar MC es universal, y que depende de contexto y la intensidad al evaluar. En este caso la intención era analizar los MC en su contenido, por lo cual se seleccionó la rúbrica semántica usada en el proyecto “Conéctate al conocimiento” de Miller y Cañas, referenciado por (Prats Garcia, 2013).

Interpretación de resultados

Aplicar la rúbrica requiere tiempo y práctica, los aspectos que se analizan son: relevancia y exhaustividad de los conceptos, estructura proposicional, proposiciones erróneas, proposiciones dinámicas, enlaces cruzados, presencia de ciclos y jerarquía de los conceptos. A continuación, en la tabla 39 se presentan los resultados ordenados por el puntaje final.

Tabla 39. Resultados aplicación de rúbrica semántica.

Título	Aspectos semánticos							Valoración final
	Relevancia y exhaustividad de los conceptos	Estructura proposicional	Proposiciones erróneas	Proposiciones dinámicas	Enlaces cruzados	Presencia de ciclos	Jerarquía de los conceptos	
92-22-2.cmap	3	2	2	4	3	0	2	16
93-12-2.cmap	3	2	2	1	3	0	2	13
91-02-2.cmap	3	2	2	0	3	0	2	12
92-08-2.cmap	3	2	2	1	2	0	2	12
92-12-2.cmap	3	2	2	1	2	0	2	12
92-37-2.cmap	3	2	2	1	2	0	2	12
91-12-2.cmap	3	2	2	1	1	0	2	11

92-01-2.cmap	3	2	1	1	2	0	2	11
93-20-2.cmap	3	2	2	1	1	0	2	11
91-21-2.cmap	3	2	2	0	0	0	2	9
91-30-2.cmap	3	1	2	1	1	0	1	9
91-07-2.cmap	3	2	1	0	1	0	1	8
91-14-2.cmap	2	2	1	0	1	0	2	8
91-41-2.cmap	2	2	2	0	1	0	1	8
92-10-2.cmap	3	1	2	0	1	0	1	8
93-14-2.cmap	3	1	0	0	2	0	2	8
93-32-2.cmap	2	2	1	0	1	0	2	8
92-26-2.cmap	3	1	1	0	1	0	1	7
92-35-2.cmap	3	1	1	0	1	0	1	7
93-11-2.cmap	2	2	1	0	1	0	1	7
93-35-2.cmap	2	2	1	0	1	0	1	7
91-01-2.cmap	3	1	0	0	1	0	1	6
93-03-2.cmap	2	1	1	0	1	0	1	6
93-06-2.cmap	2	2	1	0	0	0	1	6
93-28-2.cmap	2	1	1	0	1	0	1	6
93-33-2.cmap	2	1	1	0	1	0	1	6
91-08-2.cmap	2	1	0	0	1	0	1	5
91-42-2.cmap	2	0	0	0	1	0	1	4
93-17-2.cmap	1	0	1	0	1	0	1	4
PROMEDIO	3	2	1	0	1	0	1	9

* Los datos se ordenaron por la valoración final.

Al observar los resultados generales se interpreta que, tal como se había anticipado, los estudiantes obtuvieron puntajes altos en la relevancia y exhaustividad de los conceptos, la dificultad principal está en la estructuración de las proposiciones y en la conformación de proposiciones erróneas.

Para analizar por niveles de desempeño se hizo una distribución en una escala de 1 a 16, teniendo en cuenta que el mínimo puntaje final posible es 1 y el máximo logrado fue 16 y se establecieron cuatro niveles de desempeño, adaptando la escala valorativa que se utiliza en la institución (y que corresponde a los parámetros nacionales) de Superior, Alto, Básico y Bajo.

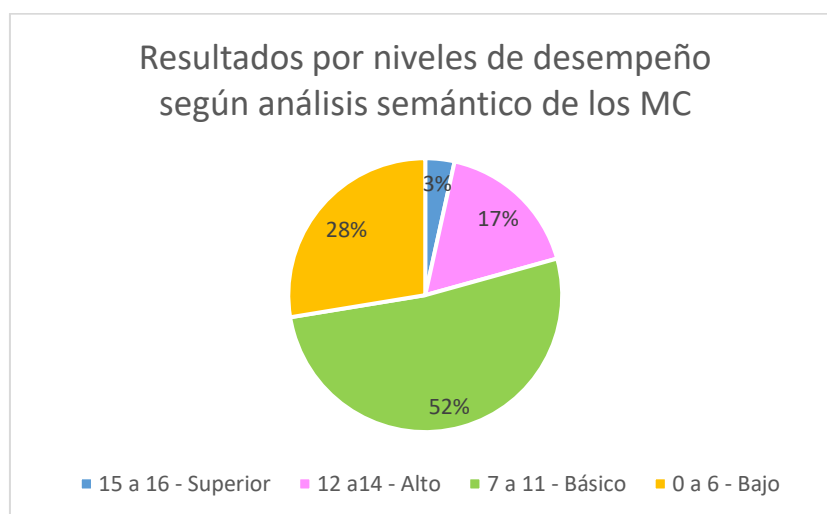


Ilustración 63. Gráfica de resultados por porcentajes.

De acuerdo con la gráfica de la ilustración 63, el 28% de los estudiantes quedaron ubicados en un desempeño bajo. Ellos, aunque incorporaron conceptos relevantes en sus MC, no lograron relacionarlos adecuadamente, por lo que obtuvieron bajos puntajes en la conformación de las proposiciones y en las proposiciones erróneas.

El grupo más predominante con un 52% de los estudiantes obtuvieron un puntaje básico (de 7 a 11 puntos), mostrando un desempeño bueno o alto en la estructuración de las proposiciones.

Y en definitiva, los factores diferenciadores que cualificaron los MC fueron: el uso de proposiciones dinámicas y enlaces cruzados, así lo muestran los resultados de los estudiantes ubicados en los niveles alto y superior con 17% y 3%, respectivamente.

En realidad, estas son las dos categorías de mayor exigencia en la rúbrica aplicada, el máximo puntaje posible es de 4 para las proposiciones dinámicas y 5 para los ciclos. En las proposiciones dinámicas se requería tener más de dos proposiciones causativas cuantificadas, mientras que en los enlaces cruzados para obtener la máxima puntuación se requería tener más de 2 enlaces cruzados con distintas frases de enlace, con adecuadas relaciones y sin que faltaran las importantes. Para llegar a tener esto en los mapas se habría requerido un trabajo de mayor profundización, con más dedicación de tiempo, complementado con situaciones que requirieran la aplicación de conceptos más complejos y estructurados y, además, estudiantes con mayor nivel de evolución en su aspecto cognitivo, es decir de mayor edad.

En ese orden de ideas, teniendo en cuenta el nivel de los estudiantes, sus edades y sus limitantes, así como el tiempo dedicado a la actividad, se puede concluir que los resultados superaron las expectativas.

Relación de los resultados con la experiencia práctica.

Una vez realizado el análisis semántico de los MC, se observa una tendencia marcada en dos de los cursos, por una parte, en 9-2 los conceptos se enmarcan con claridad en la relación de entrada-proceso-salida, mientras que en 9-3 se orientan más por la especificación de la función lógica de las compuertas. Esto se puede observar en los ejemplares seleccionados y presentados a continuación.

Enlazando esto con la observación de la experiencia en el uso del simulador, se encuentra clara la relación con la dinámica desarrollada en cada grupo, en cada uno de los cuales se destacó un grupo de estudiantes que tomaron el liderazgo, en el primero se interesaron por trasladar la práctica a comprender cómo funcionan los sistemas electrónicos, (Ejemplar A), ilustración 64; mientras que en el segundo, a los chicos líderes les llamó más la atención la solución de funciones complejas con las compuertas y surgió la idea de proponer ellos mismos situaciones “difíciles” para trabajar en la segunda sesión, (Ejemplar B), ilustración 65.

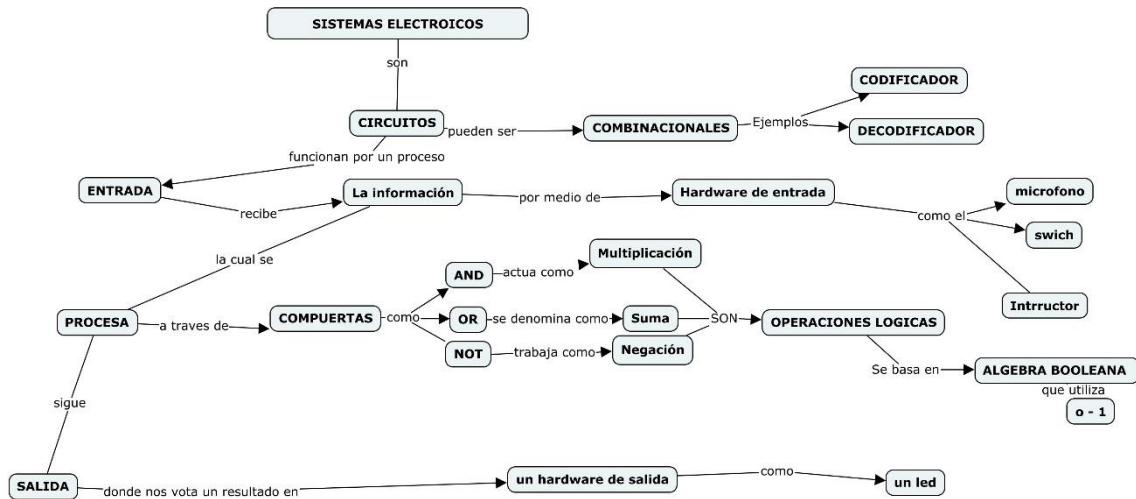


Ilustración 64. Ejemplar A elaborado por un grupo de estudiantes.
Fuente: material de evidencia de la investigación.

La presentación de estos ejemplares es propicia también para analizarlos como casos particulares. Recordemos que la temática a tratar era la lógica booleana y las compuertas lógicas, en el ejemplar A se observa que los estudiantes tienen claridad en la relación entre los circuitos combinacionales y los sistemas electrónicos; este es un concepto del contexto macro de la temática. Se puede decir, entonces que el mapa demuestra que los estudiantes lograron incorporar conceptos en un nivel superior al esperado.

Por su parte, el ejemplar B muestra la claridad en el concepto de compuerta lógica y su función, así como la relación entre la lógica digital y la algebraica. Incluso, incluyeron unas compuertas de funciones específicas que no se trabajaron en clase y las explicaron con claridad relacionándolas con su derivación desde las funciones básicas.

Los estudiantes que elaboraron estos MC tienen un alto nivel de desempeño académico, son receptivos, constantes e insistentes en la búsqueda de soluciones y tienen experiencia en la temática por el trabajo que han desarrollado en el semillero de robótica, lo cual les proporcionó un sólido andamiaje conceptual. Características que en conjunto favorecieron que los modelos mentales que revelaron en estos mapas fueran de un nivel más avanzado.

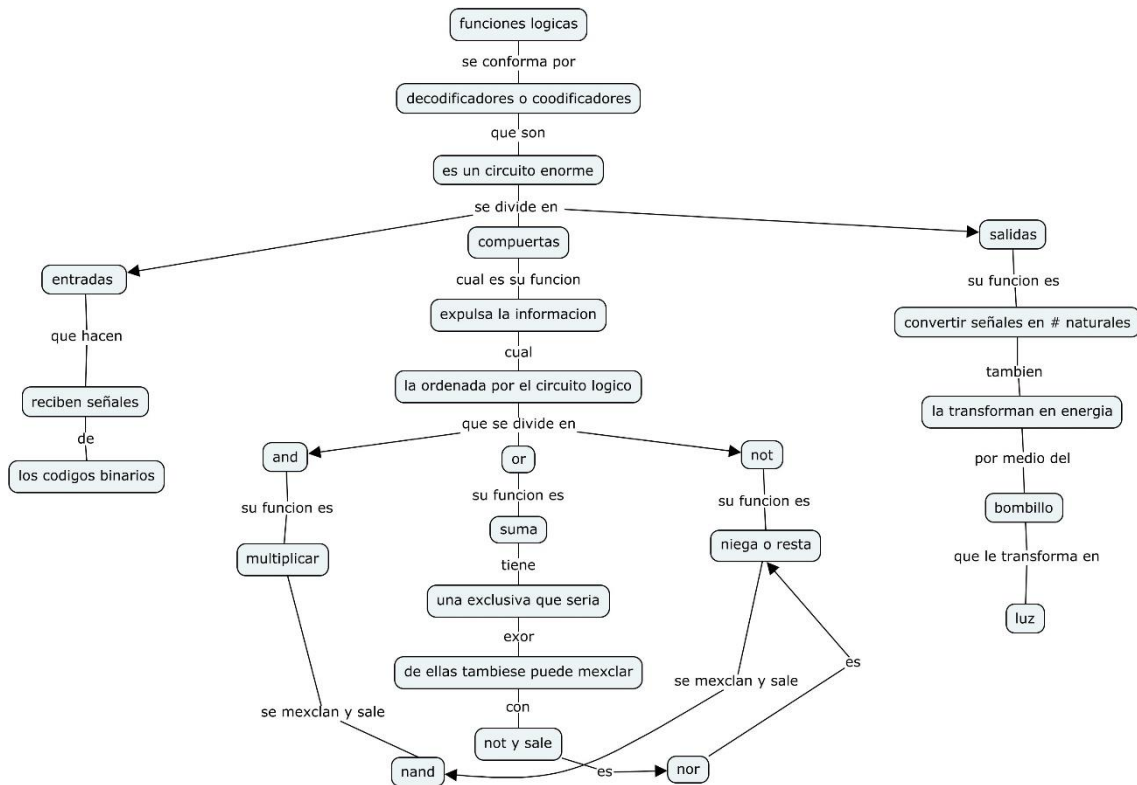


Ilustración 65. Ejemplar B elaborado por un grupo de estudiantes.
Fuente: material de evidencia de la investigación.

Análisis de un caso particular

Otro caso especial interesante de analizar es el que se presentó con uno de los equipos líderes del curso 9-3. Estos estudiantes no tenían experiencia previa en la temática, pero sí unas cualidades de liderazgo, creatividad y habilidades cognitivas demostradas ampliamente en su desempeño en clase.

Durante el desarrollo de la experiencia fueron quienes lideraron la segunda sesión proponiendo las situaciones que se simularon en el laboratorio virtual (Logic.Ly). En la tabla 40 se presentan en paralelo los resultados de las dos valoraciones. El MC que construyeron se identificó con el código 93-14, lo llamaremos ejemplar C, ilustración 66.

Tabla 40. Comparación de resultado de valoración del Ejemplar C.

Resultado de Métricas con CmapAnalysis	
Aspecto	Puntaje
1. Conteo de frases de enlace	26
2. Conteo de sub Mapas	1
3. Conteo de Raíz Pequeña	6
4. Conteo de proposiciones	48
5. Conteo de huérfanas	1
6. Conteo de puntos rotos	13
7. Puntaje de Taxonomía	0
8. Promedio de frases de enlace por concepto	0,74
9. Promedio de proposiciones por concepto	1,37
10. Promedio de palabras por concepto	1,34
11. Conteo de conceptos	35

Resultado de Rúbrica Semántica	
Aspectos semánticos	Puntaje
Relevancia y exhaustividad de los conceptos	3
Estructura proposicional	1
Proposiciones erróneas	0
Proposiciones dinámicas	0
Enlaces cruzados	2
Presencia de ciclos	0
Jerarquía de los conceptos	2
Valoración final	8
Nivel de desempeño:	Básico

Este MC encabezó las métricas en varios aspectos con resultados superiores en una marcada diferencia; 48 proposiciones (el que le siguió tenía 29), 35 conceptos (el anterior tenía 27) y 26 frases de enlaces. Con estos datos se intuía que el MC había logrado un manejo superior de los conceptos, sin embargo, el también alto conteo de puntos rotos (13) mostraba que, aunque el MC fuera amplio, sus relaciones jerárquicas lo hacían poco profundo.

Es entonces donde cobra importancia la valoración semántica del MC. En efecto los conceptos tuvieron un alto grado de relevancia, pero la relación entre ellos no fue claramente establecida, las proposiciones no estaban bien estructuradas, los estudiantes identificaron que había relaciones entre varios de los conceptos, pero no supieron identificar la naturaleza de esas relaciones, por lo tanto, no identifican causalidad, pertenencia, caracterización o jerarquía.

Esto se observa en la siguiente figura donde se presenta tanto el mapa conceptual como el análisis de proposiciones, se demuestra claramente el interés de los estudiantes se centra en cómo funciona la lógica de las compuertas en su parte operativa y su dificultad consiste en establecer las relaciones entre los conceptos, evidente en la ausencia de palabras de enlace.

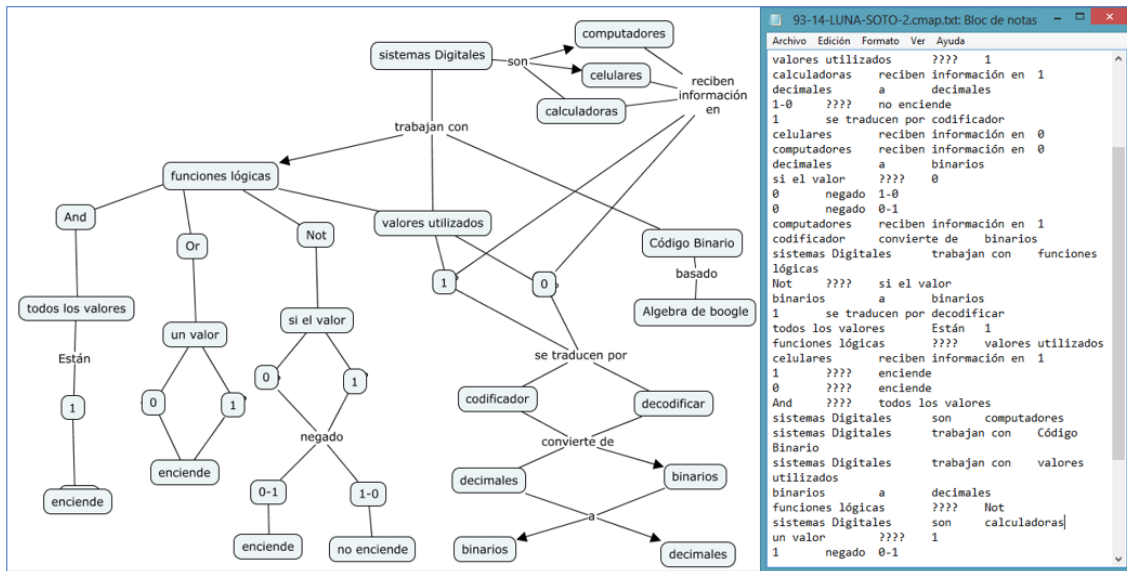


Ilustración 66. Ejemplar C, MC y proposiciones como texto.
Fuente: material de evidencia de la investigación.

Con el análisis de este caso particular se evidencia la necesidad de complementar el análisis de las métricas que muestran las características topológicas del mapa con el análisis semántico realizado con la rúbrica, además del análisis de las características particulares de los estudiantes y del proceso que desarrollaron en el uso del simulador, para hacer una valoración integral y más confiable.

4.6 Análisis de la Validación por expertos

A los expertos se les presentó la propuesta de mediación del uso de simuladores en su segunda versión, con la integración de los resultados de esta validación se incorporaron mejoras consideradas en el capítulo de discusión.

Aplicando la técnica Delphi, se seleccionaron las 5 preguntas que presentaron mayor variación para realizar una segunda vuelta en busca de un mayor consenso.

Los cuestionarios se aplicarán utilizando la herramienta LimeSurvey, una potente herramienta para la gestión de encuestas en línea.

El IRIE, Institut de Recerca i Innovació Educativa, es un instituto de investigación asociado de la Universitat de las Illes Balears que tiene entre sus propósitos ser un facilitar medios y recursos de apoyo a los grupos de investigación que lo integran para desarrollar la investigación educativa, es así que tiene a disposición de los grupos de investigación y estudiantes del doctorado un servidor de LimeSurvey en el que se diseñó y aplicó el instrumento. En la ilustración 67 se muestra la interfaz de la herramienta.



Ilustración 67. Configuración del cuestionario en LimeSurvey.

Fuente: captura de pantalla, el autor.

Se aplicará un cuestionario organizado en 5 categorías, la primera de identificación y perfil del experto y las siguientes para la valoración de la estrategia como tal y, tal como se muestra en la tabla 41, con tres tipos diferentes de preguntas.

Tabla 41. Diseño del cuestionario para los expertos.

Categoría	ID-ítem	Tipo de pregunta			
		Abierta	Puntuar de 1 (nada válida) a 5 (muy válida)	Si / no	Opción múltiple
Identificación y perfil del experto	a. Nombre	X			
	b. Autoriza que su nombre aparezca en los resultados.			X	
	c. Campo de desempeño docente.	X			
	d. Años de experiencia docente				X
Selección de la herramienta tecnológica	1. Los criterios para seleccionar el simulador son claros.		X		
	2. ¿Consideraría otro criterio para seleccionar el simulador?			X	
	3. ¿Cual?	X			
Valoración global de la estrategia	4. La estrategia planteada es adecuada para mediar el uso de simuladores en el aula.		X		
	5. Utilizar esta estrategia en el uso de simuladores favorece la construcción de modelos mentales		X		
Adecuación de los	6. Los elementos de la ecología del aula considerados son los adecuados.		X		

Elementos de la estrategia	7. La estrategia integra elementos técnicos, pedagógicos y organizacionales.		X		
	8. ¿Eliminaría o agregaría algún elemento de la ecología del aula?			X	
	9. ¿Cuál?	X			
	10. Los aspectos que incluyen cada elemento son adecuados.		X		
	11. ¿Eliminaría o agregaría algún aspecto a alguno de los elementos?			X	
	12. ¿cuál? y ¿a qué elemento?	X			
Adecuación de los medios de valoración de los resultados de aprendizaje	13. Resolver con éxito las situaciones planteadas en el simulador es suficiente evidencia del aprendizaje logrado por el estudiante.		X		
	14. El uso de mapas conceptuales es eficiente para valorar los modelos mentales de los estudiantes.		X		

La técnica Delphi busca el mayor consenso posible entre los expertos, para ello, se seleccionan las preguntas con mayor desacuerdo, con base en la desviación estándar calculada, con estas preguntas se realizó un cuestionario de segunda vuelta para re-confirmar las valoraciones de los encuestados.

Las preguntas seleccionadas para este segundo cuestionario se relacionan en la tabla 42 y se usó nuevamente la plataforma de *Lime Survey* para aplicarlo, en una matriz de valoración de 1 a 10 y con participación anónima, ilustración 68.

Tabla 42. Cuestionario de validación - segunda vuelta

Categoría	Ítem
Selección de la herramienta tecnológica	Los criterios para seleccionar el simulador son claros.
Valoración global de la estrategia	Utilizar esta estrategia en el uso de simuladores favorece la construcción de modelos mentales
Adecuación de los Elementos de la estrategia	Los elementos de la ecología del aula considerados son los adecuados.
	Los aspectos que incluyen cada elemento son adecuados.
Adecuación de los medios de valoración de los resultados de aprendizaje	Resolver con éxito las situaciones planteadas en el simulador es suficiente evidencia del aprendizaje logrado por el estudiante.

Ilustración 68. Cuestionario en Lime Survey

4.6.1 Perfil de los participantes

Se seleccionó un grupo de 10 docentes con experiencia en los niveles de básica secundaria, media y educación superior, el 80% de ellos con una experiencia docente superior a los 10 años, ilustración 69. Para caracterizar su perfil se presenta en la tabla 43 el campo y nivel de desempeño, así como su nivel de formación. (Riaño & Palomino, 2015)

Tabla 43. Perfil de los expertos

Experto	Campo de desempeño	Nivel de desempeño		Nivel de formación		
		Básica secundaria y media vocacional	Técnica – tecnológica y educación superior	Pregrado – especialización	Maestría	Doctorado
Experto_1	Asesora pedagógica. Docente de informática, lógica y sistemas de información.		X		X	
Experto_2	Docente humanidades – filosofía.		X			X
Experto_3	Docente de informática en básica.	X		X		
Experto_4	Docente en el área de la electricidad y la electrónica.		X		X	
Experto_5	Docente de tecnología, informática y robótica.	X			X	
Experto_6	Docente en áreas de electrónica digital y tratamiento de señales en telecomunicaciones.		X			X

Experto_7	Docente en instalaciones eléctricas domiciliarias, robótica y matemática.	X		X		
Experto_8	Docente de tecnología y robótica.	X		X		
Experto_9	Docente en el área de tecnología e informática.	X	X		X	
Experto_10	Educación con tecnologías, modelamiento y simulación con dinámica de sistemas.	X	X		X	



Ilustración 69. Tiempo de experiencia docente de los expertos.

4.6.2 Selección de la herramienta tecnológica

Se pidió a los expertos puntuar la claridad de los criterios de selección del simulador expuesta en la propuesta. Tabla 44.

Tabla 44. Puntuación por expertos de la selección de la herramienta.

Aspecto a validar	Los criterios para seleccionar el simulador son claros.	
Cuestionario	Primera vuelta	Segunda vuelta
Escala de puntuación	0 (nada válida) a 5 (muy válida).	1 (nada válida) a 10 (muy válida).
Media aritmética	4,09	8,0
Desviación estándar	1,45	1,40

En cuanto a los criterios de selección del simulador, 4 de los expertos agregarían otro. Se hizo el análisis de pertinencia de todas las sugerencias para determinar uno de los siguientes casos:

Caso 1: Es un criterio nuevo que no se había considerado.

Caso 2: Es un criterio que se consideró, pero no se profundizó.

Caso 3: De acuerdo con la fundamentación teórica, el criterio no aplica

En la tabla 45 se muestra el resultado del análisis.

Tabla 45. Análisis de sugerencias de expertos sobre selección de la herramienta.

Sugerencias de los expertos	Análisis de pertinencia		
	Caso 1	Caso 2	Caso 3
El 90% de los criterios son técnicos, que efectivamente son necesarios, pero no suficientes. Al de la propuesta pedagógica incluiría <u>la intencionalidad</u> , que surge desde la necesidad pedagógica.		x	
Evaluar el impacto que se tiene al solo poder usar los simuladores cuando hay <u>conexión a internet</u> . En el ámbito investigativo esto no genera mayor impacto, pero ya en el contexto práctico (yo como docente aplicando la estrategia en mi rol diario) el necesitar internet para poder usar los simuladores se convierte en una <u>posible dificultad</u> .		x	
Según el tipo de simulador: no muestra el <u>modelo que rige el fenómeno simulado</u> (caja negra), permite ver el modelo pero no modificarlo (caja gris) o si permite modificar el modelo (caja blanca o transparente).	x		
Familiaridad de los estudiantes <u>con la herramienta</u> y con la <u>metodología de simulación y de modelamiento</u> .	x		

Las cuatro sugerencias de los expertos en cuanto a los criterios de selección del simulador son pertinentes y se tendrán en cuenta en las especificaciones de la propuesta.

4.6.3 Valoración global de la estrategia

Se plantearon dos preguntas de puntuación para valorar en forma general la estrategia, los expertos consideraron que la estrategia es adecuada y están de acuerdo con que el uso de simuladores favorece la construcción de modelos mentales. En la tabla 46 se presenta el promedio y varianza.

Tabla 46. Puntuación por expertos de la estrategia global.

Aspecto a validar	La estrategia planteada es adecuada para mediar el uso de simuladores en el aula.	Utilizar esta estrategia en el uso de simuladores favorece la construcción de modelos mentales	
		Primera vuelta	Segunda vuelta
Cuestionario	Primera vuelta	Primera vuelta	Segunda vuelta
Escala de puntuación	0 (nada válida) a 5 (muy válida).	0 (nada válida) a 5 (muy válida).	1 (nada válida) a 10 (muy válida).
Media aritmética	4,55	4,36	7,90
Desviación estándar	0,82	1,21	1,66

4.6.4 Adecuación de los Elementos de la estrategia

En cuanto los elementos de la estrategia, los expertos puntuaron la adecuación de los elementos en sí, la adecuación de los aspectos que componen cada elemento y la inclusión de las tres esferas: tecnológica, pedagógica y organizacional, tabla 47.

Tabla 47. Puntuación por expertos de los elementos de la estrategia

Aspecto a validar	Los elementos de la ecología del aula considerados son los adecuados.		La estrategia integra elementos técnicos, pedagógicos y organizacionales.	Los aspectos que incluyen cada elemento son adecuados.	
	Primera vuelta	Segunda vuelta	Primera vuelta	Primera vuelta	Segunda vuelta
Escala de puntuación	0 (nada válida) a 5 (muy válida).	1 (nada válida) a 10 (muy válida).	0 (nada válida) a 5 (muy válida).	0 (nada válida) a 5 (muy válida).	1 (nada válida) a 10 (muy válida).
Media aritmética	4,36	8,20	4,45	4,18	8,20
Desviación estándar	1,21	1,83	1,04	1,17	1,40

Los expertos sugirieron agregar dos elementos a la estrategia, y tres aspectos de elementos, se analizó la pertinencia de estas sugerencias para determinar alguno de los tres casos posibles:

- Caso 1: Es un criterio nuevo que no se había considerado.
- Caso 2: Es un criterio que se consideró, pero no se profundizó.
- Caso 3: De acuerdo con la fundamentación teórica, el criterio no aplica

En la tabla 48 se muestra el resultado de este análisis.

Tabla 48. Análisis de sugerencias de expertos sobre elementos de la estrategia.

Sugerencias de los expertos	Análisis de pertinencia		
	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Al asumir el modelo natural, los elementos propuestos son válidos desde las necesidades de la E/A, <u>pero no se encuentran relacionados fuertemente con el símil de la ecología del aula</u> ; tal vez desde un enfoque sistémico, puedan ser más claros.		X	
Agregaría un <u>diagnóstico</u> previo y un momento de reflexión intermedio para que los estudiantes ganen <u>conciencia de sus modelos mentales y de cómo se expresan en los mapas conceptuales</u> .	X		

Las dos sugerencias son pertinentes, la primera resulta importante para la analogía que se hace de la ecología del aula y la segunda, hace referencia a procesos de metacognición que no se habían establecido y que también aportan al proceso de aprendizaje por lo cual se tendrá en cuenta.

Tabla 49. Análisis de sugerencias de expertos sobre aspectos.

Sugerencias de los expertos	Análisis de pertinencia		
	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Desde el elemento contexto, el <u>acceso externo a la tecnología</u> , es un aspecto que <u>distrae o dificultad todo el proceso</u> de E/A, que se pretende desarrollar intencionalmente. Por lo que debiese considerarse.	X		
En todos los elementos, donde sea pertinente, incluiría aspectos en cuanto al docente que dirige el ejercicio. Por ejemplo, en el elemento de características del contexto, incluiría en la esfera pedagógica el <u>análisis de las competencias del docente</u> necesarias para hacer el ejercicio. En los momentos, incluiría un momento previo donde se garantice que el <u>docente identifica los aspectos claves de lo que se quiere enseñar y maneja adecuadamente las herramientas digitales</u> . En el elemento de Roles si se tuvo esto en cuenta, pues se define claramente el rol del docente.	X		
En los mecanismos de verificación además de elicitar los MM por medio de los mapas <u>conceptuales usar otros mecanismos</u> , posiblemente en función al simulador, que permitan verificar el desarrollo de competencias de tipo propositivo (un buen entendimiento de un fenómeno da la posibilidad de proponer alternativas de cambio).		X	

De igual manera los aspectos para incluir en algunos elementos de la propuesta resultan pertinentes, tabla 49. Los dos primeros son aspectos que se tratan en la propuesta, pero que merecen una mayor consideración. Sin embargo, el tercero hace referencia a otros mecanismos de elicitación, este podría incluirse como propuesta, más no estaría en el alcance de esta investigación llevarlos a pruebas empíricas para validar sus resultados.

4.6.5 Adecuación de los medios de valoración de los resultados de aprendizaje

Finalmente, se pidió a los evaluadores que puntuaran la adecuación de los medios propuestos para la valoración de los resultados de aprendizaje, tabla 50.

Tabla 50. Puntuación por expertos de los medios para la valoración de los resultados aprendizaje.

Aspecto a validar	Resolver con éxito las situaciones planteadas en el simulador es suficiente evidencia del aprendizaje logrado por el estudiante.		El uso de mapas conceptuales es eficiente para valorar los modelos mentales de los estudiantes.
Cuestionario	Primera vuelta	Segunda vuelta	Primera vuelta
Escala de puntuación	0 (nada válida) a 5 (muy válida).	1 (nada válida) a 10 (muy válida).	0 (nada válida) a 5 (muy válida).
Media aritmética	3,36	6,40	4,18
Desviación estándar	1,21	0,87	0,98

Los expertos concuerdan con que la resolución de las situaciones propuestas en el simulador puede ser evidencia de sus resultados de aprendizaje, pero no suficiente; mientras que su valoración por medio de mapas conceptuales tuvo mayor puntuación.

5 Discusión

La discusión se desglosa en seis categorías de análisis en torno a los cuales se triangulan los datos recolectados por los instrumentos de recolección, tal como se muestra en la tabla 51, adicionalmente, los resultados se relacionan con los obtenidos en otros estudios investigativos desarrollados en tesis doctorales.

Tabla 51. Categorías de análisis para la triangulación de datos.

Categorías de análisis	Instrumentos de recolección / ítems
Valoración global de la estrategia y adecuación de los elementos	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de integración teórica. • Validación por expertos. Ítems 6 a 12
Selección del simulador	<ul style="list-style-type: none"> • Guía para el análisis funcional. • Validación por expertos. Ítems 1, 2 y 3
Rol del estudiante y del docente	<ul style="list-style-type: none"> • Observación participante. Ítems 1 a 8
Adecuación de los medios de valoración de los resultados de aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Validación por expertos. Ítems 13 y 14 • Valoración de los MC contruidos por los estudiantes.

5.1 Valoración global de la estrategia y adecuación de los elementos

Durante las diferentes iteraciones entre las fases de la investigación con el enfoque de la IBD, se contrastó la estrategia propuesta con las pruebas empíricas, buscando darle el fundamento teórico necesario. La matriz de integración evidencia que la propuesta logró articular las bases teóricas consideradas.

Además de tener claridad sobre los fundamentos teóricos, se consultó el criterio de los expertos para la valoración global de la estrategia y la adecuada selección de los elementos que integran la propuesta de mediación en el aula.

Después de realizadas las pruebas empíricas se presentó la propuesta de mediación a los expertos junto con los resultados de las pruebas, ellos coincidieron en valorar con un puntaje alto que, en general, la propuesta es adecuada.

Se les preguntó también si la estrategia favorece la construcción de modelos mentales. Los expertos estuvieron de acuerdo con esto, aunque en un puntaje aceptable de 7.9 /10 en la segunda vuelta. Es posible que se deba a la poca claridad que se logró en la elicitación de los modelos mentales de los estudiantes en las pruebas empíricas, en efecto, algunas de las sugerencias que hicieron tienen que ver con el uso de otras técnicas para elicitar los modelos mentales de los estudiantes. Este aspecto se discutirá más adelante en el punto 5.4.

Así mismo, los expertos determinaron que los elementos de la ecología del aula que se consideran son los adecuados, así como los aspectos que incluyen cada elemento y que la estrategia elementos técnicos, pedagógicos y organizacionales. Aun así, sugieren que un análisis con el enfoque sistémico podría esclarecer las relaciones entre los elementos en la analogía de

la ecología natural del aula. Sin duda este es un aporte importante que se podría considerar en un estudio futuro.

Adicionalmente hicieron sugerencias, algunas de las cuales se integraron a la propuesta para complementar alguno de los elementos establecidos, por ejemplo, las competencias docentes y la experiencia previa del docente en el uso del simulador.

Los expertos advirtieron sobre un aspecto que está presente actualmente en la realidad del aula, como lo expresaron en la encuesta: “el acceso extremo a la tecnología es un aspecto que distrae o dificulta todo el proceso de E/A”, en efecto, otros estudios realizados alertan acerca de la sobre exposición de los Millennials a la tecnología, por ejemplo se determinó que las generaciones jóvenes de América Latina pasan 7 horas diarias conectados, (Telefónica, 2013), igual que en Norteamérica y más que en Europa y Asia. No se trata de llegar a los extremos de una visión catastrófica o tecno-determinista, sino de reconocer que es una arista del problema que se requiere considerar.

Otro aspecto que los expertos sugieren es considerar la destreza previa de los estudiantes en el uso del simulador y su familiaridad con la metodología de simulación y modelado. Al respecto, en las pruebas empíricas se consideraron en general las habilidades digitales de los estudiantes y las habilidades básicas para la construcción de mapas conceptuales, pero no las que los expertos mencionan y que resultan necesarias, más aún, si se considera el modelado y la simulación como una metodología de trabajo.

Finalmente, los expertos también proponen agregar a la metodología una reflexión intermedia para que los estudiantes ganen conciencia de sus propios modelos mentales y de cómo se expresan mediante los mapas conceptuales. En la descripción de los roles se tiene en cuenta la interacción con los pares y con el docente, pero no se considera como un paso obligatorio hacer este tipo de discusiones en grupo; lo cierto es que en varios estudios se destaca el papel fundamental de este elemento en las metodologías de enseñanza basadas en la simulación.

En los estudios revisados hay una tendencia a concebir la simulación en sí como una metodología y el análisis se enfoca en la caracterización de prácticas realizadas desde lo instrumental y lo procedimental, así como a la validación de los resultados de aprendizaje en términos de la medición estandarizada de habilidades desarrolladas en los aprendices. Aunque son pocas las investigaciones que tienen el enfoque pedagógico al estudiar las experiencias formativas apoyadas en la simulación, se encontraron algunos puntos de referencia.

Ruiz (2017) hizo un estudio que buscaba evaluar una metodología de enseñanza / aprendizaje de un procedimiento quirúrgico particular y se apoyó también en la técnica Delphi para conocer la opinión de los expertos. En su caso aplica el instrumento en una fase anterior con preguntas más detalladas para identificar los elementos importantes a considerar en el diseño de la metodología como los conocimientos previos, las condiciones ambientales, el estado psicológico de los aprendices, la experiencia docente y clínica del instructor, el tipo de simulador, las características específicas desde lo instrumental y operativo del procedimiento quirúrgico y la forma de evaluar el aprendizaje.

En otros estudios se hace también se referencia a la estrategia de enseñanza aprendizaje proponiendo las fases o etapas fundamentados en su mayoría en las fases de ciclo de Kolb o la pirámide de Miller, en varios de ellos incluso se recalca la importancia del *debriefing* o las discusiones en grupo sobre la simulación, diferentes al *feedback*, adjudicándole un papel sustancial en la eficiencia de la simulación con propósitos educativos, pues se concibe como la

oportunidad de combinar el elemento epistemológico con el pragmático mediante la el análisis y el debate, (Gosai, 2017; Hontvedt, 2014; Laniel, 2015; Martín, 2016; Moure, 2015; Nilsson, 2007; Ruiz, 2017). En definitiva, es una estrategia que no debería pasarse por alto en una experiencia formativa apoyada en la simulación.

5.2 Selección del simulador

Justificada la importancia de seleccionar un simulador que responda a las necesidades pedagógicas, se logró determinar un listado de características que, en conjunto, permiten hacer el análisis funcional del simulador integrando aspectos técnicos, de uso, de representación y de formación.

En este análisis se consideran los siguientes aspectos:

- Identificación
- Funcionalidad
- Confiabilidad / fiabilidad
- Usabilidad
- Eficiencia
- Mantenimiento
- Portabilidad
- Propuesta didáctica

En las pruebas empíricas realizadas se aplicó esta guía para analizar los simuladores, comprobando que facilita la comprensión del funcionamiento de la herramienta y con ello se potencia su uso en el aula. En el análisis cobran importancia las características relacionadas con el enfoque de la teoría del modelo en cuanto a la comprensión y manipulación de los elementos del fenómeno o problema que se estudia.

En la validación por parte de expertos se determinó que los criterios para seleccionar el simulador son claros, ratificado en las dos vueltas de preguntas con la técnica Delphi, con una media de 8.09 /10. Precisamente, los expertos hicieron aportes importantes en las características relacionadas sobre el modelo que rige el fenómeno simulado.

Los expertos insistieron también en la importancia de analizar la intencionalidad de la herramienta y su relación con la necesidad pedagógica. Así como en la posibilidad de la herramienta de funcionar como aplicación de escritorio para facilitar la aplicación en las aulas de clase, en donde la falta de conexión a internet es una realidad latente.

Por otra parte, en las tesis doctorales revisadas no se encontraron estudios realizados sobre experiencias con simuladores en el nivel de educación secundaria, de los estudios seleccionados 15 se realizaron en educación superior, en pregrado o posgrado, dos en entrenamiento a operadores de máquinas y uno en entrenamiento a conductores de auto, en todo caso, en algunos de ellos se trató el tema de la selección de la herramienta de simulación o su validación.

En algunos de los estudios también se aplicaron instrumentos para preguntar a expertos si consideran que el tipo de simulador usado es adecuado (D'Auria, 2013; Ruiz, 2017), o sobre cómo elegir el tipo de simulador y su dosis, es decir, la cantidad de prácticas necesarias, (Laiou, 2009).

En el caso particular de formación de habilidades clínicas, los simuladores juegan un papel importante e imprescindible, por ello existen regulaciones que especifican las habilidades requeridas en para cada caso de procedimiento quirúrgico o médico; los simuladores deben cumplir estas regulaciones o estándares y con base a ellos es que se hace su análisis funcional. En algunas de las experiencias documentadas no se discute el problema de la elección de la herramienta, sencillamente se utilizan los simuladores certificados disponibles en las universidades, o centros de entrenamiento especializados como el Hospital Virtual de Valdecilla (HvV), afiliado al Centro de Simulación Médica de Boston (CMS), (Martín, 2016; Ruiz, 2017).

Otros estudios tenían en propósito de diseñar, desarrolla y validar distintos tipos de simuladores, en ellos si se dio cuenta del análisis funcional: se realizaron pruebas de rendimiento para determinar la calidad de la simulación, el cumplimiento de los estándares para cada tipo de procedimiento, la validez científica de los resultados, el realismo, la forma de representar el modelo que se simula, los tipos de controles utilizados para manipular las variables o los niveles de exigencia o complejidad (Bailet, 2014; D'Auria, 2013; Källström, 2010; Sarrío, 2011; Selvander, 2013; Vélez, 2012).

Hay tres estudios que llaman la atención por sus particularidades en el tema de la validación del simulador: en primer lugar el de Grange (2005), quien propuso el sistema de puntuación AIPES para validar por medio de métricas la usabilidad del simulador; este sistema evalúa la autonomía, la interactividad, las formas de presentación, el ambiente y el escenario del simulador. En segundo lugar, el estudio de Coffey (2016), quien realizó pruebas de usabilidad para medir la respuesta del simulador a las preferencias de aprendizaje de los estudiantes, las cuales fueron determinadas mediante test de estilos de aprendizaje, previamente al diseño del simulador. Y finalmente, DeGroot (2013), en su estudio probó el efecto de la función de retroalimentación aumentada en el simulador y determinó que lo óptimo es equilibrar la retroalimentación con el realismo.

En ese orden de ideas, es comprensible que se requiera la parametrización con métricas que evidencien la funcionalidad del simulador en los ambientes de formación de habilidades específicas estandarizadas, sin embargo, para los fines del presente estudio, el análisis cualitativo es suficiente; en consecuencia, se puede afirmar que las características establecidas permiten hacer un análisis cualitativo amplio y suficiente de la funcionalidad del simulador y con ello garantizar la selección de la herramienta adecuada para satisfacer la necesidad pedagógica.

El análisis se puede enriquecer incluyendo la valoración de la autonomía de la herramienta.

5.3 Rol del estudiante y del docente

El rol del estudiante en el desarrollo de la experiencia de aprendizaje apoyada en el simulador se describió en torno a los siguientes aspectos: su actitud frente al reto, su habilidad en el uso del simulador en la clase, su actitud frente a la solución de dudas, la forma de interactuar con sus pares y el docente, y el nivel de logro alcanzado.

Mediante la observación participante se pretendía tener indicios sobre la forma como el estudiante abordaba la experiencia con el simulador para construir y probar modelos mentales, los resultados de la observación describieron en forma cualitativa los hallazgos y se relacionaron con la fundamentación teórica para comprender el rol del estudiante.

Los principales hallazgos de la observación en cuanto al rol del estudiante son los siguientes: se logró comprometer activamente al estudiante con los retos y se evidenció satisfacción y

entusiasmo al avanzar en la solución de situaciones cada vez más complejas. Se diferenció la actitud y el desempeño de los estudiantes que tenía experiencias previas. Así mismo se identificó que los dos simuladores usados eran intuitivos por lo que los estudiantes requirieron un tiempo mínimo de aprendizaje de uso.

En las prácticas se permitieron las discusiones espontáneas, esto permitió identificar la interacción entre los pares. Se observó que inicialmente los estudiantes no expresaban sus dudas verbalmente, pero se tuvo indicios de sus inquietudes por su actitud, expresiones gestuales y comportamiento. Cuando se decidían a buscar ayuda, buscaban a sus pares antes que al docente. También se identificó que los estudiantes que avanzaban primero tenían la tendencia a ofrecer ayuda a sus compañeros y que el espíritu de competencia resultó ser un elemento de motivación y desafío que favoreció el compromiso de los estudiantes.

En la interacción del estudiante con el docente se encontró la forma de utilizar las preguntas de los estudiantes para comprender y favorecer su proceso de construcción de los modelos mentales.

Para terminar, sobre el nivel de logro se observó que en las pruebas se inició cada una con retos de nivel básico que permitieron que el estudiante se familiarizara con la herramienta y con los problemas, el nivel de exigencia fue aumentando, de tal forma que la mayoría logró desarrollar los problemas básicos, pero no todos los estudiantes lograron cumplir con los retos exigentes.

El segundo propósito de la observación participante en este estudio fue describir el rol del docente en el desarrollo de la experiencia formativa en cuanto a su intervención y la forma de interacción con el estudiante.

La observación permitió identificar las situaciones en las que el docente determina que se requiere su intervención en el desarrollo de la experiencia en el aula para ayudar a mantener ese ambiente respetuoso, seguro y saludable necesario para el aprovechamiento del tiempo y los recursos al servicio de los propósitos de formación; acompañando al estudiante en el desarrollo progresivo de su autorregulación.

Al confrontar los hallazgos de la observación con los fundamentos de la teoría del modelo, se logró comprender el rol del docente como motivar el cambio conceptual en la experiencia de la simulación, en ese sentido debe aprovechar la experiencia con el simulador para llevar a los estudiantes a revolver problemas complejos contemplando el mayor número de posibilidades.

Se concluye que el manejo de la pregunta es un factor clave de la intervención del docente en el acto educativo y que es necesario que el docente se apropie de la teoría del modelo como parte de su propio marco teórico y como herramienta práctica para aprender y enseñar, lo que lleva a definir algunos requisitos en el perfil del docente para asumir la propuesta metodológica.

Pasando a comparar los resultados con otros estudios, en las tesis seleccionadas se encontró que pocas investigaciones indagan el rol del estudiante como tal, más bien estudian su rendimiento en las prácticas como una forma de validar los resultados de aprendizaje o la eficiencia de la simulación; hablaremos de ello en la sección 5.4.

Por ejemplo, en un estudio que pretendía comprender el papel de la simulación en la formación profesional se encuestaron a estudiantes y profesionales sobre su experiencia formativa pasada y se indagó sobre su actitud hacia la simulación, (Gosai, 2017). En otros estudios se determinaron los requisitos psico-cognitivos de los estudiantes y se aplicaron instrumentos de auto percepción o pruebas psicométricas de auto aplicación sobre estilos de aprendizaje, capacidad visual-

espacial, tiempo de reacción o expectativas de aprendizaje, (Coffey, 2016; D'Auria, 2013; DeGroot, 2013; Källström, 2010; Nilsson, 2007)

Sin embargo, hubo un estudio en el que sí se analizó la interacción entre los estudiantes en el desarrollo de la experiencia, se trata del trabajo de Hontvedt (2014), quien utilizó el video para registrar el desarrollo de la experiencia, su propósito era analizar las variables socioculturales del contexto simulado para la formación marítima. Determinó que la fidelidad del contexto simulado aporta significado a la visión profesional del aprendiz y que esta debe analizarse desde los requisitos técnicos, sociales, psicológicos e interaccionales. El investigador también se fundamentó en la teoría de los modelos mentales para justificar la importancia del *debriefing* para la eficiencia de la estrategia de enseñanza basada en la simulación.

En otros estudios también se usa la grabación de videos, pero no, con el propósito de observar el rol del estudiante, sino para calificar su rendimiento en el detalle de los procedimientos que está aprendiendo.

Por otra parte, sobre el rol del docente, en la comparación con los estudios seleccionados, se encontró una investigación que se preocupó por entender cómo funciona el entorno simulado y cómo actúa el docente en el desarrollo de la instrucción. Laniel (2015) utilizó técnicas de entrevistas a docentes y observación directa para identificar la postura y las acciones del docente. Concluyó que el docente integra en su actuación lo científico, lo profesional y lo tecnológico, que utiliza el simulador como instrumento de enseñanza y a veces interviene en la experiencia de uso del simulador por parte del estudiante para complementar el significado del contexto simulado con base en sus propias experiencias profesionales. Laniel (2015) también analizó la actuación del docente ante eventos imprevistos con el simulador y cómo los ajusta para intentar que la experiencia sea lo más real posible para el estudiante.

Por el contrario, en otro estudio realizado por (Källström, 2010), se limitó el rol del instructor a sólo dar instrucción en caso de extrema necesidad para estimular al máximo la autonomía del aprendiz en el entrenamiento con el simulador. Claro está que el propósito de esta investigación fue construir y validar un entorno de simulación, por lo tanto, se enfocó en los elementos técnicos e instruccionales de la herramienta, más que en el rol del docente.

Otros estudios explican las cualidades del instructor, la necesidad de su preparación como instructor específica para un tipo de procedimiento quirúrgico o para el manejo de una herramienta de simulación particular; esto como parte del marco referencial, pero no, como objeto de estudio, (Martín, 2016; Moure, 2015).

5.4 Adecuación de los medios de valoración de los resultados de aprendizaje

Abordaremos la discusión sobre los mecanismos para valorar los resultados de aprendizaje a partir de dos preguntas:

- ¿Resolver con éxito las situaciones planteadas en el simulador es suficiente evidencia del aprendizaje logrado por el estudiante?
- ¿El uso de mapas conceptuales es eficiente para valorar los modelos mentales de los estudiantes?

5.4.1 Suficiencia del nivel de logro en el simulador para valorar los resultados de aprendizaje

Se preguntó a los expertos si consideraban que resolver con éxito las situaciones planteadas en el simulador es suficiente evidencia del aprendizaje logrado por el estudiante. En una escala de 1(nada válida) a 10 (muy válida), se obtuvo una media de 6.4. esto quiero decir que los expertos concuerdan con que la resolución de las situaciones propuestas en el simulador puede ser evidencia de sus resultados de aprendizaje, pero no suficiente.

En efecto, otros estudios demostraron que, aunque se utilicen simuladores de alta fidelidad y certificados, el puntaje que arroja el sistema no es suficiente para valorar el aprendizaje. Por ejemplo, las investigaciones sobre el entrenamiento para el desarrollo de habilidades específicas documentaron el uso de otros medios para obtener indicadores del nivel de destreza logrado, como grabación de videos para valorar posteriormente la técnica aplicada, mediante indicadores de calidad versus tiempo, o control de calidad de los procedimientos con escalas estandarizadas; es así que la intervención humana en la evaluación se consideró necesaria, se argumentó por ejemplo, que algunos gestos profesionales no son posibles de detectar por la máquina, (D'Auria, 2013; Moure, 2015; Nilsson, 2007; Ruiz, 2017).

En otros estudios se usaron las métricas del simulador para establecer la curva de aprendizaje, (Gosai, 2017; Källström, 2010; Laniel, 2015; Ruiz, 2017; Selvander, 2013); mientras que en otro estudio que buscaba comprender las posibilidades educativas del simulador se complementó la evaluación con un cuestionario de autopercepción para detectar el efecto sobre la confianza y la habilidad, (Gosai, 2017)

Además, algunos estudios intentaron ir más allá de evaluar el nivel de destreza, para lo cual buscaron medir lo que llamaron la transferencia, es decir, el impacto en el desarrollo de la competencia a largo plazo, esto lo asociaron al desarrollo de habilidades cognitivas, (Hernández, 2018; Källström, 2010; Laiou, 2009)

Entonces, estamos de acuerdo en cuando el estudiante resuelve con éxito la situación que se presenta mediante el simulador, demuestra, en parte, los resultados de aprendizaje. La otra parte del aprendizaje depende de lo que se espera, lo que se entiende por resultado de aprendizaje y esto a su vez depende del fundamento teórico de la propuesta de mediación, para nuestro caso: la construcción de modelos mentales.

5.4.2 Eficiencia del uso de mapas conceptuales para valorar los modelos mentales

En este estudio se optó por utilizar los mapas conceptuales como mecanismo de verificación del aprendizaje, es decir, usarlos como medio para elicitación de los modelos mentales que los estudiantes construyen al utilizar el simulador. A continuación, haremos una reflexión sobre los aciertos y desaciertos de esta elección para discutir su eficiencia. Inicialmente se confrontarán los resultados de las pruebas empíricas con otros estudios y luego se hará una discusión con base en los fundamentos teóricos los modelos mentales y los mapas conceptuales para inferir las condiciones en las que el método puede llegar a ser eficiente.

Pruebas empíricas de valoración de los modelos mentales mediante mapas conceptuales:

Los resultados de la primera fase de pruebas empíricas se presentaron en un póster en el Congreso Internacional de Mapas Conceptuales CMC2018, en la validación del resumen, el comité científico del congreso hizo algunos comentarios que fueron recibidos como retroalimentación, ya que sirvieron para dar respuesta a los vacíos que dejó la aplicación del método de valoración de los MC contruidos por los estudiantes por comparación con el mapa conceptual experto (MCE).

De acuerdo con el juicio de los evaluadores, se puede hacer la comparación entre mapa de estudiante y de experto, pero, si se limita a comparar conceptos, proposiciones y enlaces, solamente se puede confirmar si se usaron los mismos conceptos y enlaces entre el mapa del estudiante y el del experto y si agregaron más conceptos y más enlaces. Pero este es un resultado esperado del uso de mapas conceptuales en el aula después de cualquier unidad de aprendizaje.

La crítica no es al haber comparado mapas de estudiantes con mapas de expertos, sino a la forma de compararlos y a las conclusiones que se presentan.

El mapa de experto utilizado en la experiencia fue calificado como “un mapa pobre y deficiente” en cuanto a la estructura proposicional y los enlaces, por lo cual, un mapa cuyos conceptos, enlaces y proposiciones se parezcan más al del experto no es necesariamente mejor que uno en el que se parecen menos.

Del mismo modo, resulta insuficiente para medir un avance en el cambio conceptual, a menos que la comparación se haga con el mapa inicial del mismo estudiante. Y dados los mapas de los estudiantes presentados, tampoco se puede concluir mucho, más allá de que lograron enlazar más conceptos.

Así mismo, los evaluadores hicieron cuestionamientos que vale la pena considerar respecto a la valoración de los mapas, por ejemplo:

- ¿cómo calificar el mapa conceptual de un estudiante que enlazó todos los conceptos con enlaces igual que el experto, con el mismo número de enlaces, pero con proposiciones erróneas y con errores conceptuales?
- ¿Cómo se podría reconocer un mapa conceptual de un estudiante que sea mejor que el del experto?

Finalmente, los evaluadores hicieron las siguientes recomendaciones:

- Una comparación entre el mapa inicial y el mapa final de cada estudiante posiblemente habría dado resultados que llevarían a conclusiones más interesantes que comparar con un mapa de experto.
- Habría que hacer una evaluación más completa, preferiblemente basada en la semántica del mapa. Por ejemplo: ¿Cuáles son los conceptos clave del tema? ¿Fueron incluidos al inicio y al final? ¿Hay conceptos centrales que deberían estar enlazados a otros conceptos centrales en el mapa? ¿Contesta el mapa la pregunta de enfoque? ¿Los enlaces cruzados muestran integración? ¿Hay proposiciones erróneas? ¿Hay concepciones erróneas en el mapa inicial que se corrigieron en el mapa final? ¿Hay concepciones erróneas que aparecieron en el mapa final?

Para tener un punto de referencia, traemos a colación un caso similar; Moon, Johnston & Moon (2018), desarrollaron un estudio donde se evalúan los modelos mentales de los estudiantes basado en mapas conceptuales utilizando la aplicación Sero!. Esta herramienta compara, en forma semi automatizada, el mapa del tomador (o evaluado) con un *MasterMap* o clave de respuesta, para ello aplica diferentes tipos de evaluación: opción múltiple, generar y completar mapas (GAFI), conectar, seleccionar y completar mapas (SAFI) y detectar / corregir errores.

En el estudio se considera que los mapas mentales construidos por los estudiantes son representaciones de sus modelos mentales, sin embargo, en su valoración no se profundiza sobre las características particulares de un modelo mental. Los resultados se dan en forma de puntajes numéricos, visual o textual en términos de semejanza con la clave de respuesta y se argumenta la validez de la herramienta con base en pruebas pre test y post test.

La valoración del MC en este caso, tal como en nuestra primera prueba, también se realiza por comparación, aunque no se utiliza un método de evaluación a partir de un lienzo blanco en el que el estudiante construye desde cero su mapa conceptual, sino que aplica métodos intermedios que se enfocan específicamente en proposiciones dentro de un mapa preconfigurado. En todo caso, la comparación sólo ofrece la certeza del nivel de similitud del mapa del estudiante con el mapa experto o *MasterMap*.

Es así que el estudio citado tampoco resuelve todos los cuestionamientos planteados anteriormente, pues se puede concluir que el estudiante logra construir el mapa conceptual de la forma esperada por el evaluador; pero, aún no se esclarece si ese MC es su modelo mental. Estamos de acuerdo, entonces, con la afirmación de los mismos autores del estudio: “los métodos directos, válidos, confiables y eficientes para evaluar los modelos mentales siguen siendo esquivos.” (Moon, Johnston, & Moon, 2018, p. 2).

Partiendo de la experiencia y reflexión anterior, la segunda prueba empírica promete un mayor acercamiento a la valoración de los modelos mentales construidos por los estudiantes. En esta prueba se llevaron a cabo procesos diferentes, tanto en la construcción de los mapas conceptuales, como su valoración. La construcción se hizo por etapas iniciando con una individual y siguiendo con una colaborativa que implicó la conversación entre pares para la negociación de significados, proceso necesario en la construcción de modelos mentales colectivos.

En la valoración se combinó el análisis de métricas con el análisis semántico de los MC. El primero incluyó conteo de elementos y análisis de topografía en forma automatizada con el aplicativo CmapAnalisis; mientras que en el segundo se aplicó la rúbrica semántica usada en el proyecto “Conéctate al conocimiento” de Miller y Cañas.

De esta manera se logró resolver algunos de los interrogantes planteados en la primera prueba y se comprueba que el análisis semántico es más eficiente para valorar la calidad de un mapa conceptual que el análisis de métricas, aunque requiera mayor dedicación por parte del docente.

Las métricas arrojan indicadores importantes como la cantidad de conceptos y proposiciones, que hablan de lo significativo de la experiencia, como también de la heterogeneidad de los resultados o de la relevancia de los conceptos centrales; pero no permite la detección de concepciones erróneas en la relación de los conceptos o la validez o calidad de las proposiciones.

Queda claro que el análisis semántico resuelve los vacíos que dejan las métricas, pues se puede detectar la relevancia y exhaustividad de los conceptos, la estructura proposicional, las

proposiciones erróneas, las proposiciones dinámicas, los enlaces cruzados, la presencia de ciclos y la jerarquía de los conceptos.

La aplicación de la rúbrica para el análisis semántico requiere práctica y una dedicación considerable de tiempo, no obstante, el esfuerzo es bien recompensado por la eficiencia del análisis, pues permite valorar la calidad de los MC construidos por los estudiantes. Es oportuno aclarar que en este resultado inciden las habilidades de mapeadores de los estudiantes, para crear mapas conceptuales con buena estructura gráfica y un buen contenido (Cañas et al., 2015).

Este resultado se presentó a los expertos en la validación realizada con el método Delphi, se le preguntó si consideraban que el uso de mapas conceptuales es eficiente para valorar los modelos mentales de los estudiantes. En la primera vuelta se obtuvo un resultado contundente con una valoración de 4.18, con 0.9 de desviación estándar, en una escala de 0 (nada válida) a 5 (muy válida).

En otra pregunta correlacionada con esta sobre la valoración global de la estrategia y sus elementos, los expertos hicieron dos sugerencias que pueden ser de aporte significativo:

Hacer una reflexión en el intermedio de la práctica con el simulador para que los estudiantes “tomen conciencia” de sus modelos mentales, y de cómo se expresan en los mapas conceptuales.

Además de lo discutido en los puntos anteriores sobre la importancia de la discusión y el debate, este comentario contiene un aporte de metacognición, es decir, si los estudiantes comprenden qué son los modelos mentales y qué es lo que el docente espera evidenciar con los mapas conceptuales, al hacer el ejercicio de la reflexión intentará verbalizar las relaciones causales y con ello buscará una elicitación consciente de sus modelos mentales para luego plasmarlo en su mapa conceptual.

Adicionalmente, los expertos sugieren usar otros mecanismos de elicitación, posiblemente en función de competencias de tipo propositivo. Esta sugerencia da lugar a futuras investigaciones en el campo.

Ahora, es preciso discutir alrededor de la siguiente pregunta: ¿Al validar que los estudiantes construyeron mapas conceptuales de calidad, se puede inferir que construyeron modelos mentales funcionales?

La cuestión amerita una nueva revisión de la fundamentación teórica para esclarecer la relación entre los modelos mentales y los mapas conceptuales y las iteraciones de la IBD nos otorgan esa ventaja.

La naturaleza de los modelos mentales y mapas conceptuales:

En primer lugar, la teoría del modelo, de Johnson-Laird, explica que el razonamiento humano se basa en la construcción y simulación de modelos; desde este punto de vista, el razonamiento es más que una manipulación de los esqueletos lógicos de las oraciones (Johnson-Laird 2010).

En la estructura mental de las personas coexisten tres tipos de representaciones mentales: las imágenes analógicas, las proposiciones y los modelos mentales. Veamos cómo se explica la relación entre ellas desde la perspectiva de Johnson-Laird. Las proposiciones son unidades de significado organizadas por reglas y se pueden expresar verbalmente. Las imágenes analógicas

no tienen sintaxis, pueden ser representaciones sensitivas y representan las cosas desde un punto de vista específico.

Mientras que, los modelos mentales son representaciones análogas del mundo, que pueden combinar proposiciones e imágenes para conformar un modelo estructural y funcional. Los modelos mentales pueden contener proposiciones, pero las proposiciones pueden existir en la estructura cognitiva de las personas sin ser parte de un modelo mental.

En segundo lugar, la teoría subyacente de los mapas conceptuales es el aprendizaje significativo. Según Ausubel, “el aprendizaje significativo es el mecanismo humano, por excelencia, para adquirir y almacenar una importante cantidad de ideas e informaciones representadas en cualquier campo de conocimiento”. (Moreira, 1997, p. 2)

El conocimiento adquirido se organiza jerárquicamente en estructuras cognitivas, a partir de los niveles de abstracción, generalidad e inclusividad de sus contenidos. Para Ausubel el aprendizaje significativo puede ser de tipo representacional, conceptual o proposicional. El primero es el más básico y está asociado a símbolos o palabras, el segundo son representaciones genéricas o categorías y el tercero corresponde a las ideas representadas en grupos de palabras.

A partir de estas premisas, Novak ideó los mapas conceptuales, son gráficos que representan y organizan el conocimiento a partir de conceptos que se relacionan mediante palabras de enlaces para formar proposiciones.

Ahora bien, las proposiciones pueden ser estáticas o dinámicas. Estas últimas se logran cuando los conectores expresan relaciones cambiantes o covariación entre dos conceptos. Este tipo de proposiciones son las que hacen que un mapa conceptual pase de ser meramente descriptivo a ser explicativo, (Cañas & Novak, 2009).

Es decir, tenemos dos teorías cognitivas distintas, pero, no divergentes; las cuales nos dan a entender que los modelos mentales son representaciones internas de mayor nivel que las proposiciones, su complejidad conlleva a la conformación de sistemas dinámicos que son útiles para comprender cómo funciona el mundo, razonar y para tomar decisiones, pero que, por su naturaleza resultan imposibles de verbalizar en su totalidad.

Al respecto Moreira (1997), puntualiza que, desde la teoría del modelo se podría entender que los significados usualmente aceptados no son relevantes, lo que representaría un obstáculo para el aprendizaje significativo, pues cada modelo mental de cada persona podría ser completamente diferente al de las otras, lo que conllevaría formas de razonar y decisiones discrepantes.

No obstante, Moreira (1997) también resalta el papel del lenguaje en la teoría del modelo, como medio que las personas usan para explicar sus modelos o hacer predicciones de hechos o fenómenos, dicho de otra forma, en la teoría del modelo el conocimiento se construye socialmente a través del acto comunicativo.

Potencial de los mapas conceptuales para representar modelos mentales:

La elicitación de los modelos mentales es un atolladero para la teoría de Johnson-Laird, cuya solución sigue siendo motivo de estudios desde la psicología cognitiva, la neurología y la neuropsicología. Sin pretender dar la respuesta magistral a este dilema, intentaremos hilar las ideas antes presentadas para justificar con mayor claridad si los mapas conceptuales pueden representar modelos mentales y en qué condiciones lo harían.

Los modelos mentales son estructuras cognitivas análogas y complejas que incluyen proposiciones e imágenes análogas, y son construidas por las personas de manera natural, utilizando el lenguaje como medio de comunicación y construcción colectiva de significados o ideas.

Aunque el lenguaje humano no se limita a las palabras o al lenguaje escrito, ciertamente, desde una teoría u otra, las proposiciones representan una idea completa y se pueden verbalizar por un conjunto de palabras.

Precisamente las proposiciones se toman como unidad de sentido para construir los mapas conceptuales, es así que un mapa conceptual se basa en el texto como medio de representación simbólica para mostrar la organización estructural de las ideas.

En estos términos, un mapa conceptual estaría en la capacidad de representar parcialmente un modelo mental, ya que sólo puede elicitar de la mente de las personas aquellas estructuras posibles de verbalizar. Pero no todos los mapas conceptuales representan modelos mentales, pues no todas las proposiciones que construyen las personas forman parte de un modelo mental.

Dado que los modelos mentales son la base del razonamiento humano, podríamos afirmar que un mapa conceptual representa un modelo mental en la medida que filtre la información útil, ofrezca explicaciones de cómo suceden los eventos, prediga el comportamiento de un fenómeno o muestre la lógica para la toma de decisiones.

Dicho con el enfoque de Novak y Cañas, los mapas explicativos con proposiciones dinámicas pueden representar parte de un modelo mental funcional.

No quiere decir esto que los mapas conceptuales descriptivos no puedan representar parte de un modelo mental, de hecho, lo hacen; pues el razonamiento es parsimonioso y en muchos casos utiliza la información cuya verdad ya ha sido comprobada para sacar conclusiones o tomar decisiones, pero, cuando esto sucede, se corre el riesgo de llegar a conclusiones ilusorias que no son reales. Además, se busca que los modelos mentales lleguen a ser estables y consistentes, pero nunca estáticos.

Con todo, elaborar un mapa conceptual exige unas habilidades mínimas que restringe el uso de esta herramienta de elicitación de modelos mentales a quienes sean “buenos mapeadores”, más aún, tratándose de mapas de alta exigencia como lo son los mapas explicativos que requieren proposiciones dinámicas.

Relación de la evaluación de mapas conceptuales con los modelos mentales:

Los mapas conceptuales, según el enfoque de Novak y Cañas, son esquemas gráficos que deben cumplir ciertas reglas particulares para la representación del conocimiento por lo cual su evaluación debe atender tanto a la estructura como al contenido; los instrumentos de análisis semántico existentes integran estos aspectos y resultan idóneos para determinar su calidad.

Hemos dejado claro que no todos los mapas representan modelos mentales, solo aquellos que son explicativos lo hacen, por lo que las proposiciones dinámicas resultan indispensables y sustanciales en un mapa conceptual que representa un modelo mental.

Particularmente la rúbrica de análisis semántico utilizada en el presente estudio validada por Prats (2013) uno de los siete criterios evalúa las proposiciones dinámicas del mapa conceptual, con un peso del 20% con respecto al total de la puntuación. En los descriptores de la rúbrica se puntúan los siguientes niveles:

- Puntaje 0: sólo contiene proposiciones estáticas y ninguna dinámica.
- Puntaje 1: Hay proposiciones dinámicas, pero son no causativas.

- Puntaje 2: hay 1 o 2 proposiciones dinámicas causativas.
- Puntaje 3: hay más de 2 proposiciones causativas o 1-2 proposiciones causativas dinámicas.
- Puntaje 4: hay más de 2 proposiciones causativas cuantificadas.

La rúbrica en este punto se enfoca en la presencia de proposiciones dinámicas, sin importar que estas sean falsas o verdaderas, ya que este aspecto se valora en otro criterio, y para lograr el máximo puntaje, el mapa debe contener más de dos proposiciones causativas cuantificadas.

En las proposiciones causativas se determina una relación de causa efecto, mientras que una proposición causativa cuantificada establece una relación de varianza entre los conceptos (aumenta o disminuye).

Sin embargo, esto no es suficiente, ya que desde la teoría del modelo se establece que un modelo mental consistente debe diferenciar cuando un elemento es causa de otro o cuando lo posibilita, los estudios hechos por Jonhson-Laird demuestra que en muchos casos estos dos tipos de relaciones se confunden, lo que lleva a soluciones erróneas o conclusiones ilusorias. (P. N. Johnson-Laird, Khemlani, & Goodwin, 2015)

También resulta importante para la conformación de modelos mentales de alto nivel, es decir modelos explícitos que se incluyan tanto lo verdadero como lo falso, pues es la forma en que se pueden resolver los problemas complejos.

En todo caso, dada la limitada capacidad del lenguaje escrito para representar la complejidad del pensamiento humano, se puede afirmar que en la misma medida la elicitación de modelos mentales por medio de mapas conceptuales será limitada si sólo se evalúa el esquema basado en textos escritos. Además, siendo el razonamiento un proceso, sería incompleta una valoración del mismo que sólo se centra en el producto final.

Una evaluación más integral que considere la explicación que el estudiante hace de su mapa conceptual y la valoración subjetiva que el docente puede hacer tanto del mapa final como de su proceso de construcción por parte del estudiante (Moreira, 2018), podría llevar a una valoración más legítima de los modelos mentales del estudiante.

Las explicaciones que el estudiante pueda ofrecer en los distintos momentos de la experiencia: durante el uso del simulador, durante la construcción del mapa conceptual o después de construir el mapa, se pueden analizar como entrevistas; estudios anteriores han demostrado la eficiencia de este tipo de instrumentos para elicitar modelos mentales. Incluso, se ha determinado que las entrevistas situadas arrojan modelos con un mayor número de conceptos y con una perspectiva más específica del fenómeno que se estudia (Jones, et al, 2014).

6 Conclusiones

6.1 Conclusiones del estudio

A partir de la revisión de la literatura sobre experiencias formativas apoyadas en el uso de simuladores, se buscaron elementos comunes en las áreas de conocimiento, las características del ambiente escolar, los fundamentos pedagógicos, la concepción del computador en el aula y los tipos de simuladores que se utilizan.

Adicionalmente se consideraron las tendencias en la investigación en tecnologías educativas, así como los retos de la educación en la era digital, para determinar que una metodología que potencie el uso de simuladores debe comprenderse desde el enfoque de la ecología del aula, interrelacionando el contexto, los elementos instruccionales del simulador, el rol del docente, el rol del estudiante y los mecanismos de verificación del aprendizaje; con esto se dio cumplimiento a cabalidad al primer objetivo de investigación.

El segundo objetivo consistió en el diseño de una estrategia de mediación para el uso de herramientas computacionales de simulación que favorezca la construcción de modelos mentales para el cambio conceptual en procesos de enseñanza – aprendizaje de educación básica, para lograrlo se integraron 14 ejes teóricos entre los que se destacan: los desafíos de la educación en los nuevos escenarios de la era digital (Johnson et al., 2016; Salinas, 2004, 2016), el aprendizaje significativo mediante TIC (Jonassen, 2004), la mediación de las prácticas educativas con TIC desde el constructivismo, (Bustos & Coll, 2010), el aprendizaje significativo crítico y subyacente, (Moreira, 1997, 2000, 2012) y la teoría de los modelos mentales, (P. Johnson-Laird, 2010; Khemlani et al., 2014; Moreira et al., 2002).

La estrategia fue validada por un grupo de expertos por la metodología Delphi, quienes consideraron que tanto la estrategia como los elementos son apropiados, insistiendo en la importancia de incluir un momento de reflexión o discusión sobre el modelo estudiado con el simulador. Se compararon los resultados con otras tesis doctorales que estudiaban el uso de simuladores para la formación y se encontró que, aunque las experiencias se enfocan en el nivel de educación superior o laboral, los elementos coinciden, adicionando como elemento clave el *debriefing* o debate.

Es decir, el objetivo segundo ha sido conseguido con rotundidad al entregar una estrategia validada que puede ser adaptada, que no transferida, a otras situaciones en educación básica; dado que se integran los fundamentos teóricos en los elementos de la ecología del aula que el docente puede configurar, según su realidad e intencionalidad formativa, para dirigir su práctica pedagógica a la construcción de modelos mentales, aprovechando las potencialidades psicopedagógicas, tecnológicas e instruccionales de los simuladores computacionales.

El tercer objetivo se cumplió enteramente, mediante dos pruebas empíricas implementadas con 120 estudiantes de noveno grado distribuidos en cuatro grupos heterogéneos, en la Institución Educativa las Américas de Bucaramanga, Colombia, durante las sesiones de clase de tecnología en el año 2017.

Durante las pruebas se aplicó una guía para el análisis funcional del simulador que permitió seleccionar el simulador que respondiera a las necesidades pedagógicas determinadas en cada caso, incluyendo aspectos de Identificación, funcionalidad, confiabilidad / fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenimiento, portabilidad y propuesta didáctica.

Los expertos consultados consideraron que los criterios para la selección del simulador son claros. En las investigaciones seleccionadas para la comparación, se encontró que en el nivel de formación profesional resulta indispensable la parametrización de las funciones de la herramienta en cuanto al realismo científico de la simulación y las métricas de desempeño del usuario o aprendiz acordes con los estándares existentes. Sin embargo, dados los propósitos de la educación media, el análisis cualitativo de la funcionalidad es suficiente para seleccionar la herramienta adecuada; esta selección podría complementarse incluyendo el análisis de la autonomía del simulador.

En el desarrollo de las pruebas empíricas también se estudió el rol del docente y del estudiante mediante la observación participante. Sobre el estudiante se describió su actitud frente al reto, su habilidad en el uso del simulador, su actitud frente a la solución de dudas y la interacción con los pares y con el docente. Sobre el docente se estudió la forma de intervención en la experiencia del uso del simulador y la interacción con el estudiante. Los hallazgos de la observación se contrastaron con la teoría y se presentaron a los expertos para su validación.

Se compararon los resultados con los de otras tesis doctorales, en las que se encontró un mayor enfoque hacia el rendimiento del aprendiz durante la simulación y las características de un instructor. Se encontraron similitudes en dos tesis, una en la que también se estudia la interrelación entre los pares y el docente, mediante la observación de la grabación en video de las sesiones de entrenamiento, concluyendo que estos elementos le aportan significado a la simulación. En otro estudio se destaca el papel del docente al convertir el simulador en un instrumento de enseñanza, haciendo ajustes en el desarrollo de la clase para dar realismo a la simulación.

El cuarto objetivo del estudio fue evaluar los efectos del uso de la estrategia en el proceso de construcción de modelos mentales, para ello se utilizó la valoración de los mapas conceptuales construidos por los estudiantes. Se requirieron varias iteraciones entre las fases de la investigación para llegar a una conclusión sobre este objetivo.

La comparación con mapa conceptual experto como técnica de valoración de los mapas conceptuales, resultó ineficiente; se compararon los resultados con otro estudio en el que usó la aplicación Sero!, la cual evalúa el mapa por comparación semi-automatizada con una clave de respuesta o MasterMap, en este tampoco se aclaran las dudas sobre valoración del mapa respecto a las características propias de un modelo mental.

Las métricas y el análisis topológico automatizado no arrojaron resultados suficientes, mientras se comprobó que la mejor opción es el análisis semántico mediante rúbrica, ya que permite detectar la relevancia y exhaustividad de los conceptos, la estructura proposicional, las proposiciones erróneas, las proposiciones dinámicas, los enlaces cruzados, la presencia de ciclos y la jerarquía de los conceptos.

En la validación por técnica Delphi los expertos estuvieron de acuerdo con la eficiencia del método, finalmente se hizo una discusión a la luz de las teorías para intentar responder dos preguntas: ¿Resolver con éxito las situaciones planteadas en el simulador es suficiente evidencia

del aprendizaje logrado por el estudiante? y ¿El uso de mapas conceptuales es eficiente para valorar los modelos mentales de los estudiantes?

Por consiguiente, el cuarto objetivo fue cumplido plenamente, concluyendo que al evaluar la calidad de un mapa conceptual se pueden valorar los modelos mentales que representa y que esta evaluación será más eficiente si es integral, teniendo en cuenta el proceso de construcción del mapa, las explicaciones que el estudiante ofrece y la presencia de relaciones causales.

En este orden de ideas, se puede determinar que se requieren los siguientes cambios en los escenarios formativos en educación básica para favorecer la construcción de modelos mentales mediante el uso de las herramientas de simulación:

- Adoptar el modelado y la simulación como un enfoque de enseñanza basado en la teoría del modelo, lo cual requiere formación del docente y uso del enfoque desde el mismo momento de definir los propósitos de enseñanza /aprendizaje y abordar el fenómeno o problema de estudio en la fase de planeación de la experiencia educativa.
- Asumir el enfoque de la ecología del aula comprendiendo la interacción existente entre los elementos, al menos los cinco elementos incluidos en esta propuesta y configurarlos en función de los intereses educativos.
- Seleccionar la herramienta tecnológica que responda a las necesidades educativas con base en un análisis más profundo de su funcionalidad y características instruccionales, para explotar con intencionalidad su potencial.
- Aprovechar más la interacción en el aula entre estudiantes con sus pares y docentes para utilizar la forma de preguntar, la forma de responder y las discusiones grupales con la intención de interpretar y explicar sus modelos mentales.
- Incrementar el uso de los mapas conceptuales en el aula, aumentando el nivel de las habilidades de mapeadores tanto de docentes como estudiantes buscando que estos integren cada vez más relaciones causales. Y utilizar metodologías integrales para su evaluación.

De esta forma se podría lograr el reto de configurar entornos educativos innovadores, donde se aprovecha el potencial de los simuladores, concediendo más importancia a la aplicación didáctica que a la máquina en sí, con todo esto se concluye que la metodología propuesta optimiza el uso de las herramientas computacionales de simulación para favorecer la construcción de modelos mentales en estudiantes de educación básica, en las condiciones y requerimientos de los nuevos escenarios formativos de la era digital.

6.2 Lecciones aprendidas

En la era digital la educación debe satisfacer la necesidad de preparar a los estudiantes para la solución de los problemas complejos que demanda la sociedad del conocimiento, esto se puede lograr con un enfoque de enseñanza aprendizaje fundamentado en la teoría del modelo puesto que se, según Johnson-Laird, el razonamiento humano se basa en la construcción de modelos mentales.

Se plantea una estrategia de mediación que considera cinco elementos de la ecología del aula, en esta perspectiva se entiende que en el escenario educativo convergen un conjunto de elementos que se interrelacionan unos con otros, que le dan vida a acto de enseñanza – aprendizaje y lo hacen único, algunos de estos elementos son susceptibles a intervención por

parte del docente, por ejemplo: las características del contexto, el momento, los elementos instruccionales del simulador, los roles del estudiante y del docente y los mecanismos de verificación.

En las características del contexto el docente debe considerar para su planeación la esfera organizacional, la infraestructura tecnológica y la esfera cultural. Esto implica analizar las condiciones del contexto para ajustarlas en la medida de lo posible o adaptarse a ellas. En la esfera cultural se incluye la cultura digital, los intereses, hábitos, nivel de convivencia y expectativas de los estudiantes, buscando el *mindware* en los estudiantes.

Utilizar un simulador en el aula de manera esporádica en un contexto que no está preparado para vencer la brecha digital, no asegura que el estudiante construya modelos mentales consistentes, desarrolle aprendizajes de alto nivel o logre el cambio conceptual, su uso se potencia para estos fines si se hace en un contexto con un nivel suficiente de cultura digital. Una cultura implantada de aprovechamiento de las TIC para la construcción de conocimiento evitará el efecto novedad y propiciará que el estudiante esté más motivado por aprender, de esta forma centrará su atención más en la experiencia que en el material en sí.

Además, el docente debe atender a la dinámica de comunicación y el ambiente social o de convivencia de la clase, porque se requiere un alto nivel de inteligencia social para resolver problemas complejos; por medio del lenguaje se negocia el significado para la construcción de los modelos mentales y estos a su vez son la base del comportamiento social voluntario de cada individuo.

Determinar el mejor momento de la clase para usar el simulador y seleccionar la herramienta no son tareas lineales sino un ciclo de decisión que busca el equilibrio entre satisfacer la necesidad educativa y aprovechar el potencial del simulador dadas sus características funcionales e instruccionales.

La necesidad formativa es más importante que la herramienta tecnológica, lo que supone planificar experiencia educativa desde la perspectiva del aprendizaje significativo teniendo en cuenta la función de mediación del simulador en el triángulo interactivo y el cambio conceptual que se busca. Por eso, el docente debe tener claro cuál es el modelo conceptual implícito en el objeto de estudio, cuáles son sus propios modelos mentales sobre el mismo, cuál es el fenómeno que se requiere modelar y cuáles son las competencias que se espera que el estudiante desarrolle con relación a ese modelo. Esta tarea resulta más productiva si se desarrolla en equipos interdisciplinarios de docentes.

Para elegir el simulador se propone una guía de análisis funcional que incluye la identificación, funcionabilidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenimiento, portabilidad y propuesta didáctica. Hay elementos particulares que se destacan por su incidencia en la construcción de los modelos mentales del estudiante, tales como: el tipo de construcción de la simulación que ofrece el software, el tipo de modelación, el tipo de fenómeno que se puede simular, el tipo de interacción con la simulación y el manejo de errores en la corrida del modelo.

Conocer estos elementos le permitirá al docente determinar la forma como el estudiante podrá construir el modelo a simular y manipular sus elementos, variables o relaciones, así como el nivel de construcción del modelo y el tipo de errores que podrá experimentar; con ello el docente podrá determinar el tipo de competencia y el nivel de construcción o estructuración de conocimiento que puede potenciar el uso del simulador y planificar en su rol de mediador las preguntas que podrían detonar la reflexión sobre el modelo que se explora para que se potencie su significado para el estudiante.

El análisis de la fiabilidad, el nivel de abstracción de la simulación, la confiabilidad, usabilidad y eficiencia tienen una alta implicación en la experiencia formativa ya que determinan el entorno simbólico y semiótico que la herramienta ofrece como medios para comunicar y representar la información; los sistemas simbólicos son instrumentos psicológicos que actúan como mediadores de los procesos individuales y de los procesos comunicativos y sociales.

Finalmente, el docente debe analizar los elementos instruccionales, a partir de las necesidades de aprendizaje definidas. Algunas herramientas incluyen una propuesta didáctica, con herramientas, recursos u orientaciones para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje. En todo caso, se debe definir el nivel, el contenido, la metodología, la organización de las temáticas en retos, prácticas o experimentos, el tiempo de actividad, el acceso, los requerimientos, el idioma y los recursos didácticos.

El siguiente elemento es el rol docente; esta propuesta exige unas características particulares en el perfil del docente que incluyen la cultura digital, el perfil organizacional, el pedagógico y el disciplinar. Es esencial que el docente se apropie de la teoría cognitiva del modelo de Johnson-Laird para que la aplique intencionalmente en el proceso de E/A y para que desarrolle la capacidad de identificar en el currículo objetos de estudio factibles a manejar con el enfoque de modelo junto con las competencias a desarrollar alrededor de los mismos y, de igual modo, desarrollar la capacidad de representar las teorías y conceptos científicos como modelos conceptuales y contrastarlos con sus propios modelos mentales.

El estudio permitió evidenciar otros elementos importantes en el rol tanto del docente como del estudiante durante el desarrollo de la experiencia de E/A. El uso del simulador conjugado con la mediación del docente incide favorablemente en el rol activo que se espera del estudiante evidenciado en: su actitud intencional frente al reto, su habilidad en el uso del simulador, su actitud frente a la solución de dudas, la interacción con los pares, la interacción con el docente y el nivel de logro del reto.

Por su parte, al docente le corresponde garantizar un ambiente de trabajo adecuado en la práctica de la cultura digital y el enfoque de la ecología del aula, con actitud alerta a identificar situaciones que requieran su intervención, para mantener la motivación de los estudiantes o ayudarles a enfocar la atención y desarrollar una autonomía progresiva, así como su autorregulación frente al uso de las tecnologías.

En el desarrollo del reto por parte del estudiante es crucial la intervención del docente, inicialmente como activador, desafiando al estudiante para provocarlo a comprometerse cognitivamente con el reto, pero, esencialmente en la aplicación pedagógica de la teoría del modelo. En la experiencia con el simulador se deben proponer problemas complejos, pero que estén al alcance cognitivo del estudiante, permitir que ellos comprueben sus conclusiones experimentando con el máximo número de posibilidades e incitar al estudiante a hacer esquemas que representen las posibilidades para apoyar sus procesos de razonamiento.

En la práctica el manejo de la pregunta puede ser la clave de la intervención del docente en el acto educativo, el tipo de preguntas que formula el estudiante le permiten al docente intuir qué tipo de razonamiento está intentando realizar y las preguntas que hace el docente tienen un componente metacognitivo para estimular el razonamiento en el estudiante.

En el quinto elemento el estudio permitió comprobar que se puede inferir que los estudiantes construyeron modelos mentales funcionales, validando la calidad de los mapas conceptuales que construyen.

La elicitación de los modelos mentales es un atolladero para la teoría de Johnson-Laird, cuya solución sigue siendo motivo de estudios desde la psicología cognitiva, la neurología y la neuropsicología. Sin pretender dar la respuesta magistral a este dilema, se intentó justificar si los mapas conceptuales pueden representar modelos mentales y en qué condiciones lo harían.

Se concluye que, desde el enfoque de la teoría del modelo, un mapa conceptual estaría en la capacidad de representar parcialmente un modelo mental, ya que sólo puede elicitar de la mente de las personas aquellas estructuras posibles de verbalizar. Dado que los modelos mentales son la base del razonamiento humano, podríamos afirmar que un mapa conceptual representa un modelo mental en la medida que filtre la información útil, ofrezca explicaciones de cómo suceden los eventos, prediga el comportamiento de un fenómeno o muestre la lógica para la toma de decisiones. Dicho con el enfoque de Novak y Cañas, los mapas explicativos con proposiciones dinámicas pueden representar parte de un modelo mental funcional.

Con todo, elaborar un mapa conceptual exige unas habilidades mínimas que restringe el uso de esta herramienta de elicitación de modelos mentales a quienes sean “buenos mapeadores”, más aún, tratándose de mapas de alta exigencia como son los mapas explicativos que requieren proposiciones dinámicas. Por otra parte, la evaluación de mapas conceptuales debe atender tanto a la estructura como al contenido; en las pruebas empíricas se comprobó que los instrumentos de análisis semántico existentes, como la rúbrica validada por Prats (2013), integran estos aspectos y resultan idóneos para determinar su calidad.

En todo caso, dada la limitada capacidad del lenguaje escrito para representar la complejidad del pensamiento humano, se puede afirmar que en la misma medida la elicitación de modelos mentales por medio de mapas conceptuales será limitada si sólo se evalúa el esquema basado en textos escritos. La evaluación podría llevar a una valoración más legítima de los modelos mentales del estudiante, si, además de lo anterior, integra la explicación que el estudiante hace de su mapa conceptual y la valoración subjetiva que el docente puede hacer tanto del mapa final como de su proceso de construcción por parte del estudiante.

6.3 Recomendaciones y perspectivas de investigación

En el estudio se evidenció que la IBD es abierta e inconclusa, con cada conclusión nacen nuevos interrogantes que trazan perspectivas de investigación. Es así, que se esbozan tres ejes de interés a partir de la presente investigación, el primero referente a la necesidad de lograr aprendizajes de alto nivel en los estudiantes, el segundo es la concepción integral de la ecología del aula para el aprovechamiento de las tecnologías educativas y el tercero, la necesidad de ampliar las estrategias de evaluación del aprendizaje dada la limitada capacidad del lenguaje escrito para representar la complejidad del pensamiento.

Estos ejes se basan en las siguientes premisas:

El modelamiento y la simulación se han convertido en el nuevo paradigma para hacer ciencia y es precisamente lo que ha llevado al desarrollo tecnológico que nos tiene viviendo en un presente de ciencia ficción. Ciertamente, en este momento histórico, el mundo digital exige que nuestros estudiantes y nosotros mismos como docentes estemos capacitados para resolver problemas complejos.

Los ambientes formativos, vistos desde la teoría del modelo, también constituyen sistemas dinámicos y complejos, que conjugan lo social, lo cultural, lo pedagógico, lo psico-neurológico, lo organizacional y lo disciplinar; entender la correlación entre estos elementos puede llevarnos a propuestas educativas integrales y eficientes.

El avance tecnológico ha posibilitado también el avance científico en las áreas de la psicología cognitiva y las neurociencias; los estudios ahondan en la complejidad del pensamiento, el comportamiento y razonamiento humano especialmente para el tratamiento de traumatismos o dificultades de aprendizaje. La tendencia muestra una lenta integración de estas ciencias con la pedagogía a pesar de la latente necesidad de atender a la diversidad e inclusión en el aula.

Para la muestra un botón, en el presente estudio, se concluyó que el lenguaje escrito tiene una capacidad limitada para elicitación de los modelos mentales, sin embargo, en su mayoría, los métodos de enseñanza y evaluación se basan en el lenguaje escrito como medio de representación. Es, por tanto, un momento oportuno para buscar la conformación de equipos interdisciplinarios y acelerar la integración de las ciencias cognitivas con la pedagogía para ofrecer soluciones educativas de avanzada.

En este orden de ideas, se plantean las siguientes temáticas de investigación que bien podrían dar continuidad al presente estudio:

- Análisis del modelo causal de los elementos de la ecología del aula para la estrategia de mediación pedagógica propuesta.
- Elicitación de los modelos mentales de los docentes sobre el aprendizaje basado en el modelo.
- Validación del instrumento de análisis funcional del simulador para crear un estándar de caracterización.
- Medición del nivel de adaptación a los aprendizajes universales de los simuladores, a partir de su análisis funcional.
- Construcción de mapas conceptuales explicativos integrando diferentes sistemas de representación.
- Diseño de un instrumento de evaluación de mapas conceptuales que representan modelos mentales.
- Diseño de un método de elicitación de los modelos mentales a partir de las preguntas y predicciones que el estudiante hace al crear la simulación de un fenómeno de estudio.

7 Bibliografía

- Alfonso, M., Castellanos, A., Villaraga, A., Acosta, M., Sandoval, C., Castellanos, R., Goyeneche, R., & Cobo E. (2018). Aprendizaje basado en simulación: estrategia pedagógica en fisioterapia. *Revisión integrativa. Educacion Medica*.
<https://doi.org/10.1016/j.edumed.2018.11.001>
- Altamirano, J. (2019). La simulación clínica: Un aporte para la enseñanza y aprendizaje en el área de obstetricia. *Revista Electrónica Educare*, 23(2). <https://doi.org/10.15359/ree.23-2.9>
- Alzugaray, G. E., Marino, L. A., & Carreri, R. A. (2015). La evaluación del aprendizaje interdisciplinar mediante mapas conceptuales. In Universidad de Burgos (Ed.), *VII Encuentro Internacional Sobre Aprendizaje Significativo* (pp. 151–162). Retrieved from <http://www.ubu.es/catalogo-de-publicaciones/vii-encuentro-internacional-de-aprendizaje-significativo-y-v-encuentro-de-investigacion-basica-en-ensenanza-de-las-ciencias>
- Andrade, H., Navas, X., Maestre, G., & López, G. (2014). *El modelado y la simulación en la escuela. De preescolar a undécimo grado construyendo explicaciones científicas - 9789588777689 - LibreriadelaU* (1st ed.; Universidad Industrial de Santander, Ed.). Retrieved from <https://www.libreriadelaU.com/el-modelado-y-la-simulacion-en-la-escuela-de-preescolar-a-undecimo-grado-construyendo-explicaciones-cientificas-u-industrial-de-santander-9789588777689-educacion-y-pedagogia/p>
- Andújar Montoya, M. D., García González, E., Gilart Iglesias, V., Marcos-Jorquera, D., & Guerrero Lázaro, M. Á. (2015). Propuesta de uso de last planner como sistema para la enseñanza de gestión del proceso constructivo en el grado en Arquitectura Técnica en la Universidad de Alicante. *XIII Jornadas de Redes de Investigación En Docencia Universitaria*, 2203–2211. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5899547>
- Ansaldó, S. M., & González, L. F. (2015). Modelos conceptuales y físicos para el curso Historia de las Estructuras y la Construcción. *REVISTA AUS*, 18(05), 23–29.
<https://doi.org/10.4206/aus.2015.n18-05>
- Arias, D., Haro, C., Romerosa, M. M., & Navarro, A. (2010). Un enfoque innovador del proceso de enseñanza-aprendizaje en la dirección de empresas: el uso de simuladores en el ámbito universitario. *Revista de Educación*, 353, 707–721. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3288072>
- Ayala, J. (2013). Las competencias digitales y la segunda brecha digital - YouTube. Retrieved July 11, 2018, from <https://www.youtube.com/watch?v=wVzP6nsox0>
- Ayala, J., Agudelo, O., & Lizcano, R. (2018). El uso de simuladores en el aula, una mirada desde la investigación en tecnologías educativas en Colombia. *Eduotec2018*. Lleida, España.
- Ayala, J., & Arias, C. (2014). Modelo instruccional para la producción y uso del material didáctico apoyado en la implementación de un repositorio institucional en el

- Departamento de Ciencias Básicas de las Unidades Tecnológicas de Santander. *Revista Colombiana de Computación*, 15. Retrieved from <http://revistas.unab.edu.co/index.php?journal=rcc&page=article&op=view&path%5B%D=2536&path%5B%D=2169>
- Baillet, M. (2014). *Modèles biomécaniques pour la simulation interactive de l'accouchement* (Université Grenoble Alpes). Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01158380v2>
- Barroso, J., & Cabero, J. (2010). *La investigación educativa en TIC, visiones prácticas*. (Editorial Síntesis, Ed.). Retrieved from <https://www.sintesis.com/data/indices/9788497567039.pdf>
- Bravo-Bohórquez, A., Castañeda-Rodríguez, L. J., Hernández-Yomayusa, H. I., & Hernández-Hernández, L. A. (2016). Enseñanza de las matemáticas en ingeniería: Modelación matemática y matemática contextual. *Revista Educación En Ingeniería*, 11(21), 27–31. <https://doi.org/10.26507/REI.V11N21.601>
- Bustos, J. (2015). Aprendizaje basado en problemas y simulación clínica: aprendiendo por competencias en la educación en salud. *Revista Hispanoamericana de Ciencias de La Salud*, 1(2). Retrieved from https://redib.org/recursos/Record/oai_articulo1057865-aprendizaje-basado-problemas-simulacion-clinica-aprendiendo-competencias-educacion-salud/Bibliography#tabnav
- Bustos, A., & Coll, C. (2010). Los entornos virtuales como espacios de enseñanza y de aprendizaje. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15(44), 163–184. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v15n44/v15n44a9.pdf>
- Cabero, J. (2010). The challenges of the TICs integrating's in education. Limits and possibilities. *Perspectiva Educativa*, 49(1), 32–61.
- Cabero, J. (2017). La investigación en Tecnología Educativa: miradas e interrogantes. In Universidad de Santiago de Chile (Ed.), *Edutec*. Retrieved from <http://www.edutec2017.cl/index.php/programacion/conferencias.html>
- Cañas, A., & Novak, J. (2009). La Teoría Subyacente a los Mapas Conceptuales y a Cómo Construirlos. In *Cmap-IHNC*. Retrieved from <https://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps-spanish>
- Cañas, A., Novak, J., & Reiska, J. D. (2015). How good is my concept map? Am I a good Cmapper? *Knowledge Management & E-Learning*, 7(1), 6–19. Retrieved from <http://www.kmel-journal.org/ojs/index.php/online-publication/article/view/407/244>
- Cassany, D., & Ayala, G. (2008). Nativos e inmigrantes digitales en la escuela. *CEE Participación Educativa*, 9, 53–71. Retrieved from <http://www.upf.edu/dtf/recerca/grups/grael/LC/index.html>
- Castelló, A., & Cladellas, R. (2013). La evaluación de la comprensión en el aprendizaje: El empleo de las TIC en el análisis de estructuras de conocimiento. *Estudios Pedagógicos XXXIX Número Especial*, 1, 41–57. Retrieved from http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052013000300004
- Cazares, S. I., & Anguiano, E. I. (2019). Diseño y Evaluación de una Trayectoria Hipotética de Aprendizaje para Intervalos de Confianza basada en Simulación y Datos Reales. *Bolema - Mathematics Education Bulletin*, 33(63), 1–26. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v33n63a01>
- Centella, T., & Hornero, F. (2017). Entrenamiento basado en la simulación: un cambio

- necesario en la formación de nuestra especialidad. *Cirugía Cardiovascular*, 24(4), 187–189. <https://doi.org/10.1016/j.circv.2017.03.002>
- Chang Jordán, I. J. (2009). *Análisis y diseño de sistemas cognitivos para robots autónomos*. Retrieved from <http://oa.upm.es/1818/>
- Cobo, C. (2016). *La innovación pendiente* (Penguin Random House Grupo Editorial & Editorial Sudamericana Uruguay S.A., Eds.). Retrieved from <https://www.fundacionceibal.edu.uy/es/news/presentaci-n-del-libro-la-innovaci-n-pendiente>
- Cobo, C. (2018). Si las máquinas aprenden, qué les enseñamos a los que no son máquina. In Centro de Investigación e Innovación en Educación y TIC - Universidad de Santiago de Chile (Ed.), *Congreso Internacional de Tecnologías Educativas EDUTECH*. Retrieved from <http://www.edutech2017.cl/index.php/programacion/conferencias.html>
- Cobo, C., & Moravec, J. (2011). Aprendizaje invisible. Hacia una nueva ecología de la educación. In *Razón y palabra*, ISSN-e 1605-4806, N.º. 77, 2, 2011 (*Ejemplar dedicado a: El otro calentamiento global*). Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3829327>
- Coffey, D. (2016). *Enhanced e-learning and simulation for obstetrics education* (National University of Ireland). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10468/4513>
- Coll, C. (1996). Constructivismo y educación escolar: ni hablamos siempre de lo mismo ni lo hacemos siempre desde la misma perspectiva epistemológica. *Anuario de Psicología*, 69, 153–178. Retrieved from <https://www.raco.cat/index.php/AnuarioPsicologia/article/viewFile/61321/88955>
- Coll, C. (2004). Psicología de la educación y prácticas educativas mediadas por las tecnologías de la información y la comunicación. Una mirada constructivista. *Sinéctica, Revista Electrónica de Educación*, (25), 1–24. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99815899016>
- Coll, C. (2013). El currículo escolar en el marco de la nueva ecología del aprendizaje. *Aula de Innovación Educativa*, 31–36. <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/53975/1/627963.pdf>
- Collazos, H. F., & Castrillón, O. D. (2019). Metodología para la enseñanza del movimiento oscilatorio mediante simulación Computarizada. *Informacion Tecnológica*, 30(4), 165–179. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000400165>
- Comisión Europea. (2007). *Competencias clave para el aprendizaje permanente*. Retrieved from http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/es/oj/2006/l_394/l_39420061230es00100018.pdf
- Cordeiro, J. L. (2008). El desafío latinoamericano: la trilogía de la competitividad. *Contabilidad y Negocios*, 3(5), 25–33. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281621747005>
- Costa, R., de Medeiros, S., Martins, J., & Coutinho, V. (2018). A simulação no ensino de enfermagem: Reflexões e justificativas a luz da bioética e dos direitos humanos | La simulación en la enseñanza de enfermería. *Acta Bioethica*, 24(1), 31–38. <https://doi.org/10.4067/S1726-569X2018000100031>
- Cova, A., Arrieta, X., & Aular, J. (2008). Revisión de modelos para la evaluación de software educativos. *Revista Electrónica de Estudios Telemáticos*, 7(1).

- D'Auria, D. (2013). *Design and Development of a Robotic Surgery Device and a Medical Simulator* (University of Naples Federico II). Retrieved from http://www.fedoa.unina.it/9361/1/dauria_daniela_25.pdf
- De Benito, B., & Salinas, J. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa Design-Based Research in Educational Technology. *Revista Interuniversitaria de Investigación En Tecnología Educativa*, (0), 2529–9638. <https://doi.org/10.6018/riite/2016/260631>
- Dederle Caballero, R. R., & Rosa, R. (2015). *Estrategia didáctica para la enseñanza y aprendizaje en el laboratorio de circuitos electricos de la universidad de la costa cuc*. Retrieved from <http://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/handle/11323/267>
- DeGroot, S. (2013). *Exploiting the possibilities of simulators for driver training*. Technische Universiteit Delft.
- Domínguez, L., Sierra, D., Pepín, J., Moros, G., & Villarraga, A. (2017). Efecto del Aula Invertida Extendida a simulación clínica para la resucitación del paciente traumati. *Revista Colombiana de Anestesiología*, 45, 4–11. <https://doi.org/10.1016/j.rca.2017.07.011>
- Drumond Moraes, T. (2016). O uso de simuladores em atividades de formação para profissionais dos transportes rodoviários. *Ciencia & Trabalho*, 18(55), 48–57. <https://doi.org/10.4067/S0718-24492016000100009>
- Ellis, T. J., & Levy, Y. (2010). A Guide for Novice Researchers: Design and Development Research Methods. *InSITE*. Retrieved from <http://proceedings.informingscience.org/InSITE2010/InSITE10p107-118Ellis725.pdf>
- Fernández, D., del Campo, C., & Fernández, R. M. (2016). Aprendizaje en entornos de simulación de alta fidelidad: Evaluación del estrés en estudiantes de enfermería. *Educacion Medica*, 17(1), 25–28. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2016.02.003>
- Flórez, A., Cristancho, N., & Velandia, J. (2014). Simulación interactiva para la apropiación de la ciencia y la tecnología. *Infancias Imágenes*, 13(2), 176–181. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5024088>
- Fonseca, L., Aredes, N., Fernandes, A., Batalha, L., Apóstolo, J., Martins, J., & Rodrigues, M. (2016). Computer and laboratory simulation in the teaching of neonatal nursing: innovation and impact on learning. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 24, e2808. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.1005.2808>
- Forero-Páez, Y., & Giraldo, J. A. (2016). Simulación de un Proceso de Fabricación de Bicicletas: Aplicación Didáctica en la Enseñanza de la Ingeniería Industrial. *Formación Universitaria*, 9(3), 39–50. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000300006>
- Fredes, C. A., Hernández, J. P., & Díaz, D. A. (2012). Potencial y Problemas de la Simulación en Ambientes Virtuales para el Aprendizaje. *Formación Universitaria*, 5, 45–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062012000100006>
- Francés, J., Bleda, S., Vera, J., Calzado, E. M., Heredia, S., Otero Calviño, B., ... Yebra, M. S. (2014). Elaboración de aplicaciones interactivas para la docencia en el grado Grado de Telecomunicación. *XIII Jornadas de Redes de Investigación En Docencia Universitaria*, 2256–2267. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10045/49611>
- García, A., Escobar, L., Navarro, A., & Vásquez Andrés. (2011). Método de evaluación y selección de herramientas de simulación de redes. *Sistemas y Telemática*. Retrieved from https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/about/submissions

- García, J. (2008). *La metodología del Aprendizaje Basado en Problemas* (U. de M. Servicio de publicaciones, Ed.). Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=353692>
- García, M. (2011). *La geometría dinámica como herramienta didáctica para el dibujo trabajo fin de máster* (Universidad de Cantabria). Retrieved from http://geogebra.es/pub/TFM_tgm.pdf
- Gilar Corbi, R. (2003). *Adquisición de habilidades cognitivas. Factores en el desarrollo inicial de la competencia experta* (Universidad de Alicante). Retrieved from <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/9906>
- Giraldo, E., Giraldo, J., & Valderrama, J. (2018). Modelo de Simulación de un Sistema Logístico de Distribución como Plataforma Virtual para el Aprendizaje Basado en Problemas. *Informacion Tecnologica*, 29(6), 185–198. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000600185>
- Giraldo, J., & Pinilla, J. (2016). Simulación de Procesos de Negocios (BPSIM) como soporte didáctico en el aprendizaje de la gestión de procesos de servicio. *Formacion Universitaria*, 9(1), 99–108. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000100011>
- Giudicessi, S. L., Martínez-Ceron, M. C., Saavedra, S. L., Cascone, O., & Camperi, S. A. (2016). Las Tecnologías y la Enseñanza en la Educación Superior. Un Simulador Aplicado a la Integración de Conceptos Enseñados en Cursos de Posgrado. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 9.2(2016). <https://doi.org/10.15366/riee2016.9.2.001>
- Gomez Arroyave, J. E. (2013). Metodología para el Diseño de Simulaciones y Videojuegos que Promuevan el Aprendizaje Significativo. *XIV Encuentro Internacional Virtual Educa Colombia*. Retrieved from <http://www.virtualeduca.info/fveduca/pt/tematica-2013/91-modelos-rec-tecnologicos-y-mecanismos-de-gestion/562-metodologia-para-el-diseno-de-simulaciones-y-videojuegos-que-promuevan-el-aprendizaje-significativo>
- Gómez, S., Gómez, J., Sierra, S., & Escobar, F. (2015). Implementación del museo virtual anatomopatológico para apoyo a la docencia. *VirtualEduca*. Retrieved from <http://recursos.portaleducoas.org/publicaciones/implementaci-n-del-museo-virtual-anatomopatol-gico-para-apoyo-la-docencia>
- González, B. (1999). La dinámica de los sistemas como metodología para la elaboración de modelos de simulación. In *Documentos de trabajo (Universidad de Oviedo. Facultad de Ciencias Económicas)*, N^o. 168, 1999. Retrieved from Facultad de Ciencias Económicas website: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3938571>
- Gosai, J. (2017). *Simulation in Medical Training* (Universidad de Sheffield). Retrieved from [http://etheses.whiterose.ac.uk/16225/1/Simulation in Medical Training J Gosai 2017.pdf](http://etheses.whiterose.ac.uk/16225/1/Simulation%20in%20Medical%20Training%20J%20Gosai%202017.pdf)
- Grange, S. (2005). *A Virtual University Infrastructure For Orthopaedic Surgical Training With Integrated Simulation* (University of Exeter). Retrieved from https://eprints.soton.ac.uk/262559/1/070406PhD_SGrange.pdf
- Guillamet, A. (2011). *Influencia del ABP en la práctica profesional* (Universidad de Granada). Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=61699>
- Harper, S., & Dorton, S. (2019). A Context-Driven Framework for Selecting Mental Model Elicitation Methods. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 2019 Annual Meeting*, 367–371. <https://doi.org/10.1177/1071181319631422>
- Hernández, E. (2018). *Evaluación del efecto del entrenamiento en simulación clínica sobre*

- emergencias obstétricas con un grupo multidisciplinar* (Universidad Católica de Murcia). Retrieved from <http://repositorio.ucam.edu/handle/10952/3835>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Retrieved from http://highered.mheducation.com/sites/1456223968/student_view0/index.html
- Hontvedt, M. (2014). *Simulations in Maritime Training: A video study of the socio-technical organisation of ship simulator training* (University of Oslo). Retrieved from <http://www.dart-europe.eu/full.php?id=1314669>
- Johnson-Laird, P. (2010). Mental models and human reasoning. In N. 08540 Department of Psychology, Princeton University, Princeton (Ed.), *Proceedings of National Academy of Sciences of United States of America, PNAS* (pp. 18243–18250). <https://doi.org/10.1073/pnas.1012933107>
- Johnson-Laird, P., Goodwi, G., & Khemlan, S. (2017). Mental models and reasoning. In *Mental models and reasoning* (pp. 346–365). Retrieved from <http://mentalmodels.princeton.edu/papers/2017MMs&reasoning.pdf>
- Johnson-Laird, P. N., Khemlani, S. S., & Goodwin, G. P. (2015). Logic, probability, and human reasoning. *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 19. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.02.006>
- Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Hall, C. (2016). *Horizon Report ,2016 Higher Education Edition (Spanish) | The New Media Consortium* (The New Media Consortium, Ed.). Retrieved from <https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2017-higher-education-edition-spanish/>
- Jonassen, D. (2004). Procesos de aprendizaje mediante las TIC. In *Del docente presencial al docente virtual*. (Editorial UOC). Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=253717>
- Jonassen, D., & Hung, W. (2015). All Problems are not equal: implications form Problem-Based Learning. In Purdue University Press (Ed.), *Essential Readings in Problem-based Learning* (p. 384). <https://pdfs.semanticscholar.org/79f8/099342c84f58cbdf40774a4bbc5cd28cfc70.pdf>
- Jones, N., Ross, H., Lynam, T., & Perez, P. (2014). Eliciting Mental Models: a Comparison of Interview Procedures in the Context of Natural Resource Management. *Ecology and Society*, 19(1), art13. <https://doi.org/10.5751/ES-06248-190113>
- Jones, N., Ross, H., Lynam, T., Perez, P., & Leitch, A. (2011). Mental models: an interdisciplinary synthesis of theory and methods. *Ecology and Society*, 1(16). Retrieved from <http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1108&context=smartpapers>
- José, M., & Gómez, R. (2011). Cómo aprender evaluando en la educación superior Aplicación del programa formativo APREVAL en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Sede Ibarra (PUCE-SI) Proyecto ALFA III (2011) – 10. *Virtual Educa*. Retrieved from <http://recursos.portaleducoas.org/publicaciones/c-mo-aprender-evaluando-en-la-educacion-superior-aplicacion-del-programa-formativo>
- Juvin, C., Tena, G., Torrejón, J., Aumesquet, Á., Gutiérrez, E., & Álvarez de Toledo, G. (2017). Entrenamiento basado en simulación durante el grado para el diagnóstico de estenosis mitral. Clínica, imágenes y toma de decisiones. *Cirugía Cardiovascular*, 24(4), 247–249. <https://doi.org/10.1016/j.circv.2016.09.001>

- Källström, R. (2010). *Construction, validation and application of a virtual reality simulator for the training of transurethral resection of the prostate*. Linköping University, Faculty of Health Sciences.
- Kerrigan, N. (2017). Simulación, ¿una necesidad en el entrenamiento para la cirugía laparoscópica colorrectal? *Revista Chilena de Cirugía*, 69(6), 508–512. <https://doi.org/10.1016/j.rchic.2017.06.004>
- Khemlani, S., Barbey, A., & Johnson-Laird, P. (2014). Causal reasoning with mental models. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(849). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00849>
- Kochakornjarupong, D. (2010). A Web-based System Design for Enhancing Learning Problem Solving in Artificial Intelligence. *The Seventh International Conference on ELearning for Knowledge-Based Society*. Retrieved from [http://www.robomind.net/downloads/publications/A Web-based System Design for Enhancing Learning Problem Solving in Artificial Intelligence - 42_Full_Online_AI_PBS_V18_Duenpen.pdf](http://www.robomind.net/downloads/publications/A%20Web-based%20System%20Design%20for%20Enhancing%20Learning%20Problem%20Solving%20in%20Artificial%20Intelligence%20-42_Full_Online_AI_PBS_V18_Duenpen.pdf)
- Kollöffel, B., & De Jong, T. (2008). *Conceptual understanding of electrical circuits in secondary vocational engineering education: Combining traditional instruction with inquiry learning in a virtual lab*. Retrieved from <http://users.edte.utwente.nl/jong/kolloffeldejongJEE.pdf>
- Laiou, E. (2009). *The effects of practical training methods of different forms and intensities on the acquisition of clinical skills* (University of Birmingham). Retrieved from <http://www.dart-europe.eu/full.php?id=344786>
- Laniel, V. (2015). *Apprentissage par simulation et activite du formateur : comment le travail avec un simulateur d'accouchement interactif a-t-il developpe l'activite d'une enseignante en maieutique?*, *Learning by simulation and activity of the trainer : how the work on an interactive simulator of delivery is going to transform the activity of the trainer into maieutics* (Université Paul Valéry - Montpellier III). Retrieved from <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01319381>
- Lermanda, C. (2007). Aprendizaje basado en problemas (ABP): una experiencia pedagógica en medicina. *REXE. Revista de Estudios y Experiencias En Educación*, (11), 127–143. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=243117032008>
- López Hernández, F. (2008). El campus de la Universidad Carlos III en Second Life. *El Profesional de La Información*, ISSN 1386-6710, Vol. 17, Nº 6, 2008, Págs. 657-661, 17(6), 657–661. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2751270>
- López, J. C. (2014). *Actividades de aula con Scratch que favorecen el uso del pensamiento algorítmico* (ICESI). Retrieved from <http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/tesis-juan-carlos-lopez.pdf>
- Luis, J., & Benítez, V. (2012). *Percibiendo lo invisible: la enseñanza de las fuerzas físicas en ambientes multisensoriales*. Retrieved from http://www.repositoriogeneral.unam.mx/app/webroot/digitalResourcesFiles/rua.admin@unam.mx/834_2015-03-12_100627.207792/user_CARJ7801015U2_proposal_143_recurso.pdf
- Maldonado, C. E., Alfonso, N., & Gómez, C. (2010). *Modelamiento y simulación de sistemas complejos*. Retrieved from <https://www.urosario.edu.co/Administracion/ur/Investigacion/Centro-de-Estudios-Empresariales-para-la-Perdurabi/LMyS/Documentos/Modelamiento-y-Simulacion-de-Sistemas-Complejos.pdf>

- Mar Cornelio, O., Leyva Vázquez, M. Y., & Santana Ching, I. (2015). Modelo multicriterio multiexperto utilizando Mapa Cognitivo Difuso para la evaluación de competencias. *Ciencias de La Información*, 46(2), 17–22. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181441052004>
- Marra, R. M., Jonassen, D. H., Palmer, B., & Luft, S. (2014). Why Problem-Based Learning Works: Theoretical Foundations. *Journal on Excellence in College Teaching*, 25, 221–238. <https://pdfs.semanticscholar.org/071d/11ccc6378978ecc2b13dc5132b2758a4e06b.pdf>
- Martín, J. (2016). *Diseño de un programa de formación de los residentes de Cirugía General y Aparato Digestivo basado en competencias: integración de la simulación clínica y la práctica asistencial* (UNIVERSIDAD DE CANTABRIA). Retrieved from <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1212609>
- Medina-López, C., Alfalla-Luque, R., & Arenas-Márquez, F. (2011). Active learning in Operations Management: interactive multimedia software for... Active learning in Operations Management: interactive multimedia software for teaching JIT/Lean Production. *JTEM*, (11), 2011–2014. <https://doi.org/10.3926/jiem.2011.v4n1.p31-80>
- MEN, M. de E. N. (2015). *REDA_instrumento_evaluacion*. Retrieved from <http://186.113.12.159/web/rn/documentacion2>
- Méndez Rocasolano, M., & Belda Iniesta, J. (2016). Estudio experimental del modelo tridimensional del conocimiento expandido. *Prácticas integradas en derecho. Opción*, 32(11), 916–936. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31048902054>
- Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J. M., & Gallardo, F. (2015). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educacion Quimica*. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.04.004>
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2013). *Marco de Políticas Institucionales*. Retrieved from www.colombiaprende.edu.co/reda
- Moon, B., Johnston, C., & Moon, S. (2018). A case for the superiority of concept mapping-based assessments for assessing mental models. *International Conference on Concept Mapping*, 1–10. Medellín.
- Moreira, M. A. (1997). Aprendizaje significativo: un concepto subyacente. *Encuentro Internacional Sobre El Aprendizaje Significativo*. Retrieved from <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubesp.pdf>
- Moreira, M. A. (2000). Aprendizaje significativo crítico. *III Encuentro Internacional Sobre Aprendizaje Significativo*, 33–45. Retrieved from https://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/131373/mod_resource/content/1/apsigcritesp.pdf
- Moreira, M. A. (2012). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo?*. *Revista QURRICULUM*, 29–56.
- Moreira, M. A. (2018). Mapas Conceptuales en la Facilitación y Evaluación de un Aprendizaje Significativo. *Congreso Internacional de Mapas Conceptuales, CMC*. Retrieved from <http://cmc.ihmc.us/cmc-2018/cmc2018program/>
- Moreira, M. A., & Greca, I. M. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, 9, 301–315. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n2/10.pdf>

- Moreira, M. A., Ileana, M. G., & Rodríguez, L. (2002). *Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias*.
- Moure, J. (2015). *Simulación avanzada de niños gravemente enfermos. Evaluación de su utilidad como método de capacitación y formación continuada. El caso de la anafilaxia* (Universidad de Santiago de Compostela). Retrieved from <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1223913>
- Moya, P., Ruz, M., Parraguez, E., Carreño, V., Rodríguez, A., & Froes, P. (2017). Efectividad de la simulación en la educación médica desde la perspectiva de seguridad de pacientes. *Revista Medica de Chile*, 145(4), 514–526. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872017000400012>
- Nilsson, T. (2007). *Simulation supported training in oral radiology : methods and impact on interpretative skill* (Umeå University). Retrieved from <http://www.dart-europe.eu/full.php?id=17048>
- Novak, J., & Cañas, A. (2006). *Informe técnico IHMC CmapTools*. Retrieved from <http://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps>
- OCDE. (2015). *Students, Computers and Learning: making the connection*. <https://doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- Osses, S., & Jaramillo, S. (2008). Metacognición: un camino para aprender a aprender. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 34(1), 187–197. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052008000100011>
- Palés, J., & Gomar, C. (2010). El uso de las simulaciones en educación médica. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(2), 147–169. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=201014893008>
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2006). *Systematic Reviews in the Social Sciences a practical guide* (1st ed.). Victoria: Blackwell Publishing.
- Prats Garcia, E. (2013). *La evaluación de mapas conceptuales: un caso práctico Proyecto de Fin de Máster*. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Ernest_Prats_Garcia/publication/260399132_La_evaluacion_de_mapas_conceptuales_un_caso_practico/links/00b7d53104acf0068300000/La-evaluacion-de-mapas-conceptuales-un-caso-practico.pdf
- Quevedo, L. (2013). *Diseño instruccional en simuladores de física*. Retrieved from https://repositorial.cuaed.unam.mx:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/4413/Lidice_Quevedo_Diseño_Instruccional_en_simuladores_de_física.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Riancho, J., Maestre, J., & del Moral, I. (2012). Simulación clínica de alto realismo: Una experiencia en el pregrado. *Educacion Medica*, 15(2), 109–115. <https://doi.org/10.4321/S1575-18132012000200009>
- Riaño, C., & Palomino, Ma. (2015). Diseño y elaboración de un cuestionario acorde con el método Delphi para seleccionar laboratorios virtuales (LV) * Design and development of a questionnaire delphi method chord with virtual laboratories for selecting (LV). *Sophia*, 11(2), 129–141. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/4137/413740778002.pdf>
- Rincon, G., Alvarez, M., Perez, M., & Hernandez, S. (2005). A discrete-event simulation and continuous software evaluation on a systemic quality model: An oil industry case. *Information & Management*, 42(8), 1051–1066. <https://doi.org/10.1016/J.IM.2004.04.007>

- Rincón, G., Pérez, M., Hernández, S., & Alvarez, M. (n.d.). *MODELO DE CALIDAD (MOSCA +) PARA EVALUAR SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS*.
- Rodríguez, L. (2001). La Computación en la Enseñanza de las Ciencias Médicas. *Revista Cubana de Informática Médica*, 1. Retrieved from http://www.rcim.sld.cu/revista_1/articulos_htm/lily.htm
- Romero, M. (2010). El aprendizaje experiencial y la nuevas demandas formativas. *Antropología Experimental*, 0(10). Retrieved from <https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/rae/article/view/1970/1718>
- Ruiz, J. (2017). *Evaluación de la metodología de enseñanza de la anastomosis intestinal laparoscópica en simulador físico apoyado en las opiniones de un grupo de expertos, encuestados mediante metodología Delphi*. (Universidad de Cantabria). Retrieved from <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1363422>
- Russo, C. C., Sarobe, M., Ahmad, T., Lombardo, M., Lencina, P., Cicerchia, B., & Ramón, H. D. (2015). *Mundos Virtuales en UNNOBA*. Retrieved from <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/50313>
- Salinas, J. (2004). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. *Revista Universidad y Sociedad Del Conocimiento*, 1(1), 1–16. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78011256001>
- Salinas, J. (2016). La investigación ante los desafíos de los escenarios de aprendizaje futuros. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 32. <https://doi.org/10.6018/red/50/13>
- Salinas, J., & Ayala, J. (2017). Uso de simuladores en el aula para favorecer la construcción de modelos mentales. *EDUTECH_2017*. Retrieved from <http://edutech2017.cl/index.php/programacion/descarga-libro-resumenes.html>
- Sanabria Brenes, G. I. T. de C. R., Universidad de Costa Rica Costa Rica, Núñez Vanegas, F. I. T. de C. R., & Universidad de Costa Rica Costa Rica. (2014). Simulación en Excel: Buscando la probabilidad de un evento. *Revista Digital: Matemática, Educación e Internet*, 3. Retrieved from <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/5056>
- Sarrio, V. (2011). *Desarrollo de un simulador para entrenamiento de operadores de abastecimientos de agua* (Universitat Politècnica de València). Retrieved from <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=923217>
- Savery, J. (2015). Overview of problem-based learning: definitions and distinctions. In Purdue University Press (Ed.), *Essential Readings in Problem-based Learning* (1st ed., p. 384).
- Schaffernicht, M. (2006). *Indagación de situaciones complejas mediante la Dinámica de sistemas Tomo 1: fundamentos*.
- Selvander, M. (2013). *Validity and usability of a virtual reality intraocular surgical simulator* (Lund University). Retrieved from <http://www.dart-europe.eu/full.php?id=741727>
- Senge, P. (2005). *La quinta disciplina*. Retrieved from <http://cinto.invemar.org.co/share/proxy/alfresco/api/node/content/workspace/SpacesStore/3bef9ef0-14c7-4954-af1e-50bb9092578d/LaQuintaDisciplina.pdf>
- Shaikh, U., Magana, A. J., Vieira, C., & García, E. (2015). An Exploratory Study of the Role of Modeling and Simulation in Supporting or Hindering Engineering Students' Problem Solving Skills Background and Motivation. *122nd ASEE Annual Conference & Exposition*. Seattle WA.

- Solaz-Portolés, J., & Sanjosé, V. (2008). Conocimiento previo, modelos mentales y resolución de problemas. Un estudio con alumnos de bachillerato. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10(1). Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/redie/v10n1/v10n1a4.pdf>
- Taborda, H., & Medina, D. (2012). *Programación de computadores y desarrollo de habilidades de pensamiento en niños escolares: fase exploratoria*. Retrieved from http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/lcesi_Investigacion_Scratch_Fasel.pdf
- Telefónica. (2013). *Telefónica Global Millennials Survey: Global Results*. Retrieved from <https://www.telefonica.com/es/web/negocio-responsable/articulo/-/blogs/la-generacion-del-milenio-una-generacion-interactiva-english-version-follows->
- Tobase, L., Peres, H., Tomazini, E., Teodoro, S., Ramos, M., & Polastri, T. (2017). Suporte básico de vida: Avaliação da aprendizagem com uso de simulação e dispositivos de feedback imediato | Soporte vital básico: Evaluación del aprendizaje con. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 25. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.1957.2942>
- Urquidi, A. C., Carmen, M., & Aznar, T. (2015). Juegos serios como instrumento facilitador del aprendizaje: evidencia empírica Serious Games as a Tool Facilitator of Learning: Empirical Evidence. *Opción*, 31(3), 1201–1220. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/310/31045567063.pdf>
- Valverde, J. (2010). Aprendizaje de la Historia y Simulación Educativa. *Tejuelo: Didáctica de La Lengua y La Literatura.*, (9), 83–99. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3719337>
- Velasquez Cuervo, M. (2016). Efectos del uso del material educativo digital Verb Forest en el desarrollo de competencias comunicativas en inglés: Un estudio de caso. (Universidad de La Sabana). Retrieved from <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/24266>
- Vélez, G. (2012). *Modelado y simulación de hormigón proyectado para su uso en aplicaciones de entrenamiento en tiempo real* (Vélez Isasmendi, Gorka). Retrieved from <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=344913>
- Vidal D., & Domenge R. (2017). Simulador de vuelo ejecutivo como medio de aprendizaje en la planeación de recursos de nuevas empresas bajo el enfoque del marcador balance. *Contaduría y Administración*, 62(2), 577–599. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2017.02.005>
- Yanitelli, M. (2011). *Un cambio significativo en la enseñanza de las ciencias. El uso del ordenador en la resolución de situaciones experimentales de física en el nivel universitario básico*. (Universidad de Burgos). Retrieved from http://riubu.ubu.es/bitstream/10259/150/1/Yanitelli_Ruiz.pdf