

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

SISTEMA DE UNIVERSIDAD VIRTUAL
DIRECCIÓN ACADÉMICA



Modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje en ambientes virtuales.

TESIS

Que para obtener el Título de
Doctor en Sistemas y Ambientes Educativos

Presenta

Rafaela Blanca Silva López

Director de tesis

Dr. Victor German Sánchez Arias

Codirector de tesis

Dr. Jalil Fallad Chávez

Guadalajara, Jalisco, a 31 de diciembre de 2015

Resumen

La educación pública tiene como desafío enfrentar un mundo globalizado, en transformación permanente, lo que obliga a un replanteamiento del paradigma educativo con un enfoque cognitivo, abriendo nuevas perspectivas para atender la diversidad mediante la personalización de la enseñanza y el aprendizaje, aprovechando los avances en la Inteligencia Artificial y los Sistemas Basados en Conocimiento (ontologías).

En el rendimiento escolar (índice de aprobación y la activación de habilidades cognitivas) no se distinguen las diferencias en cuanto a la forma de aprender y pensar que tiene cada individuo, ni tampoco desde la perspectiva de la evaluación personalizada del aprendizaje en el aula, donde se considera que los estudiantes típicamente aprenden de igual manera, al mismo paso y con el mismo estilo de aprendizaje. Atender la diversidad en los estilos y tiempos de aprender es prioritario desde la perspectiva de la Pedagogía Cognitiva es una variable que debe incluirse si se desea abordar el rendimiento escolar de los estudiantes (Sangster,1996).

La calidad educativa en ambientes virtuales no ha abordado la importancia de la personalización de las actividades de aprendizaje en el estudiante.

En este contexto, el presente estudio propone diseñar, implementar y evaluar un modelo ontológico que ofrezca recomendaciones para personalizar las actividades de aprendizaje de un curso, con base en la teoría Neurocientífica del Cerebro Total (Herrmann, 1989). El autor define un modelo en el que divide el cerebro en cuatro cuadrantes, cada uno determina un estilo particular de pensar, crear y aprender, lo que se denomina el estilo de pensamiento.

El referente empírico se integra por estudiantes de Ingeniería quienes asistieron al curso de Programación Estructurada, en el período comprendido entre Otoño del 2011 y Otoño del 2013, en la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.

La metodología utilizada en el presente estudio incluye un trabajo de campo dividido en dos etapas: el diseño de la prueba de concepto (se utiliza como referente de comparación) y de los casos de prueba (aplicación de la personalización de las actividades de aprendizaje).

A partir de la experiencia obtenida en la prueba de concepto se definió un Sistema Instruccional Cognitivo (SIC) mediado por las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (Silva-López y cols, 2015b), que se aplica en los casos de prueba durante los últimos cuatro trimestres.

Los datos recopilados durante la prueba de concepto y los casos de prueba fueron sometidos a un análisis estadístico (regresión lineal y multiplicativa). Los hallazgos obtenidos de los resultados del análisis estadístico proponen la existencia de una dependencia entre el índice de aprobación, el ausentismo (estudiantes que se inscriben al curso pero nunca se presentan) y las bajas (estudiantes que se inscriben y posteriormente solicitan su baja del curso). Sin embargo, no se observó que la personalización de las actividades de aprendizaje incrementara significativamente el índice de aprobación y de retención, aunque sí podrían fomentar la transformación del perfil cognitivo del estudiante.

Las principales aportaciones del presente trabajo de investigación son: a) El enfoque híbrido para abordar la personalización del aprendizaje en entornos virtuales, basada en una teoría Neurocientífica; b) El diseño y aplicación del Sistema Instruccional Cognitivo (SIC) mediado por Tecnologías de la Información y Comunicaciones; c) El diseño experimental con resultados concretos y un análisis estadístico; d) El diseño y aplicación de la metodología Graphical Ontology Design Methodology (GODEM); e) La construcción de ontologías concretas que proporcionan recomendaciones para la personalización de actividades de aprendizaje utilizando Protégé; f) El diseño de una arquitectura que integra un Entorno Virtual de Aprendizaje Personalizado (EVAP) y un modelo ontológico basado en la Cloud Computing.

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación se sugiere continuar en la búsqueda de soluciones para mejorar los índices de aprobación, aplicando el modelo estadístico SM-LAC que podría determinar el grado de dificultad de las actividades de aprendizaje incorporadas en el curso, para después seleccionar aquellas que tienen una dificultad aceptable (Casart y cols., 2011).

DEDICATORIA

A todos aquellos que buscan dar lo mejor de sí mismos sin esperar nada a cambio; a aquellos soñadores convencidos de que todo es posible, simplemente hay que querer hacerlo; a aquellos que aprenden al enseñar y enseñan al aprender, que comparten un conocimiento que no les pertenece porque lo recibieron de otros; a aquellos que son capaces de amar lo que hacen y hacer lo que aman con una pasión desmedida; a aquellos que tienen fe en los maravillosos seres humanos que llegan a las Instituciones de Educación Pública sedientos de conocimiento, necesitados de comprensión, de apoyo, de amor, esos a los que llamamos incorrectamente alumnos cuando debemos llamarlos estudiantes porque en realidad son nuestros aprendices.

A tí que tienes una gran responsabilidad en las manos, porque moldeas la vida de nuestra juventud. A todos los jóvenes (de manera especial a mis hijos y a mis sobrinos) que desean superarse y convertirse en profesionistas al servicio de su país, y de sus semejantes.

AGRADECIMIENTOS

Gracias Dios por todo lo que he recibido, por la vida, por la salud, por la familia, por todo lo que he necesitado para poder concluir este trabajo que me ha transformado. Gracias Dios porque siempre haz estado ahí acompañándome, en las buenas y más aún en las no tan buenas. ¡Nuestra oración debe ser siempre de agradecimiento!

Gracias a mi familia, a Héctor por su gran fortaleza, a mis hijos Luz Elisa y Emilio Antonio, por toda su paciencia, por su amor, por todo ese tiempo robado que he utilizado para realizar éste trabajo, los amo, muchas gracias.

Gracias a mi querida Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), mi primer alma mater, porque mucho de lo que soy es gracias a ti. A la Universidad de Guadalajara (UDG Virtual), porque ahora eres mi segunda alma mater, porque ahora soy producto también de ti.

Gracias al Dr. Rafael Morales Gamboa, coordinador del Doctorado en Sistemas y Ambientes Virtuales, por todas esa energía que nos impulsa a seguir adelante, por esas maravillosas clases que tanto disfrute, porque gracias a ti podré concluir.

Gracias al Dr. Victor Germán Sánchez Arias y al Dr. Jalil Fallad Chávez, por sus consejos, por su acompañamiento, por el tiempo dedicado en revisar éste trabajo y sobre todo por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias.

Gracias a los catedráticos que compartieron sus experiencias. A la Dra. María Elena Chan Núñez, por esos encuentros inolvidables en los Coloquios anuales, siempre al pie del cañón, compartiendo todo con amor. A la Dra. Inés por su interés, por su preocupación permanente. En su cátedra aprendí la importancia que tiene la retroalimentación positiva y la motivación en un curso a distancia. Me enseñó a quererla sin haberla visto. Al Dr. Francisco Javier Chávez Maciel, al Dr. José Luis Mariscal Orozco, y a todos los profesores que nos dedicaron tiempo y compartieron su conocimiento y por el apoyo académico recibido durante mi formación doctoral.

Gracias al Dr. Rubén Edel Navarro, por su disciplina, por sus observaciones, por esa mirada crítica, por la forma peculiar de retroalimentarnos de manera enérgica con el único

afán de enriquecer y mejorar nuestro trabajo. Gracias por descubrir lo mejor de cada persona y sacarlo a flote. Gracias por contribuir en mi formación profesional y personal. Nunca olvidaré **“el efecto cadera”**

Gracias al Dr. Emilio Sordo Zabay, quién durante su gestión como Director de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería en la UAM Azcapotzalco, decidió abrir grupos en modalidad no presencial (con cupo de hasta 250 estudiantes) para atender la creciente demanda y que sirvió como campo para el trabajo empírico de esta investigación. Y ahora como rector de la Unidad Lerma, continua impulsando la educación y el aprendizaje en línea.

Gracias a la Dra. Ana Lilia Laureano, porque fue el enlace para llegar a la UDG Virtual, gracias por tus consejos, por tu apoyo y por esos momentos de tranquilidad.

Gracias a mis tres lectores Dra. Ana Lilia Laureano, Dr. Eduardo Peñalosa y Dr. Manuel, por el tiempo dedicado a revisar este trabajo de investigación, por sus observaciones que lo enriquecieron.

Gracias a los catedráticos de la UAM: Mónica, Iris, Elena y Hugo, por su apoyo para la realización del trabajo empírico. Gracias José Angel, por los consejos, por el apoyo incondicional que siempre me has ofrecido sin esperar nada a cambio.

Gracias a mi mamá María Irene, por su amor, por estar siempre presente, siempre dispuesta a ayudarme, a acompañarme, a dar todo. Gracias a mi papá Antonio Silva, por su compromiso y responsabilidad siempre palpable, por su ejemplo, por su sonrisa, por estar ahí cuando más lo he necesitado, por ese ingenio que lleva dentro. Gracias a ambos por llenar de amor a mis hijos.

Gracias a todos los alumnos que sin saberlo participaron en esta investigación.

¡La vida me ha permitido aprender que el agradecimiento debe ser lo primero y lo último!

Contenido

RESUMEN	I
CAPÍTULO 1	7
INTRODUCCIÓN	7
MOTIVACIÓN Y PROBLEMÁTICA	7
ESTADO DEL ARTE	8
MARCO TEÓRICO	9
PROPUESTA NEUROPEDAGÓGICA	11
PROPUESTA COMPUTACIONAL	11
RESULTADOS OBTENIDOS	12
ORGANIZACIÓN DE LA TESIS	14
CAPITULO 2	17
PROBLEMÁTICA	17
CONTEXTO: LA CALIDAD EDUCATIVA	17
REFERENTES INTERNACIONALES Y NACIONALES	20
INDICADORES DE LA CALIDAD EDUCATIVA	23
EL FENÓMENO DE LA EFICIENCIA TERMINAL	25
PRINCIPIOS DE CALIDAD PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO EN EL APRENDIZAJE	30
CAPITULO 3	32
ESTADO DEL ARTE	32
LA REPROBACIÓN, UN FENÓMENO COMÚN EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR	32
INVESTIGACIONES QUE ABORDAN DESDE DIVERSOS ENFOQUES LA EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE. ...	35
<i>Evaluación del aprendizaje y los estilos de aprendizaje.</i>	35
<i>La evaluación del aprendizaje desde las prácticas de evaluación formativa.</i>	37
<i>Las interacciones y comunidades de aprendizaje en la evaluación de los aprendizajes.</i>	38
<i>La importancia de la personalización de la evaluación de los aprendizajes.</i>	39
INVESTIGACIONES DE TECNOLOGÍAS EMERGENTES QUE BUSCAN MEJORAR EL APRENDIZAJE.	41
<i>Investigaciones centradas en la evaluación.</i>	41
<i>Investigaciones centradas en herramientas para la valoración (assessment).</i>	43
<i>Investigaciones en las que aplican teorías de aprendizaje.</i>	48
<i>Investigaciones basadas en Ontologías.</i>	50

<i>Investigaciones centradas en la personalización</i>	54
CAPITULO 4	58
MARCO TEÓRICO	58
DIMENSIÓN NEUROPEDAGÓGICA	58
<i>Conceptualización de aprendizaje</i>	58
<i>Conceptualización de evaluación del aprendizaje</i>	61
<i>Diversidad y personalización de la evaluación</i>	69
<i>Diseño Instruccional</i>	70
<i>Teorías de aprendizaje y el proceso cognitivo</i>	79
<i>Cognición y Neurociencia</i>	87
DIMENSIÓN COMPUTACIONAL	96
<i>Web Semántica</i>	96
<i>Arquitectura de la web semántica</i>	96
<i>Ontologías</i>	99
<i>Metodologías para el diseño de ontologías</i>	103
<i>Principios de diseño de ontologías</i>	105
<i>Cloud Computing</i>	109
<i>Características del Cloud Computing</i>	109
<i>Modelos de servicio</i>	110
<i>Modelos de implementación</i>	111
CAPITULO 5	118
OBJETO DE ESTUDIO	118
<i>Variables involucradas</i>	120
<i>Preguntas de investigación</i>	121
<i>Objetivos</i>	121
<i>Alcances y limitaciones</i>	122
<i>Hipótesis</i>	123
CAPITULO 6	125
METODOLOGÍA	125
REFERENTE EMPÍRICO	126
DISEÑO DE EXPERIMENTOS	127
<i>Cálculo del tamaño de la muestra en estudios descriptivos</i>	128
PRUEBA DE CONCEPTO. EXPERIMENTOS PROGRAMADOS PARA LA PRIMERA ETAPA	130
<i>Momentos de intervención en el proceso cognitivo</i>	131

ESPECIFICACIONES NEUROPEDAGÓGICAS	134
<i>Enfoque sistémico del proceso de enseñanza y aprendizaje</i>	134
SISTEMA INSTRUCCIONAL COGNITIVO (SIC).....	137
<i>Comparativo del SIC con otros Diseños Instruccionales</i>	138
<i>Metodología del Sistema Instrucciona Cognitivo</i>	141
CASOS APLICATIVOS. EXPERIMENTOS PROGRAMADOS PARA LA SEGUNDA ETAPA.	153
GRAPHICAL ONTOLOGY DESIGN METHODOLOGY (GODEM).....	156
<i>Graphical Ontology Design Methodology</i>	156
PROPUESTA COMPUTACIONAL	158
<i>Metodología GODEM</i>	158
<i>Diseño del modelo ontológico aplicando la metodología GODEM</i>	161
IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO ONTOLÓGICO ONTOPAA.....	182
<i>Implementación de clases y subclases de las ontologías</i>	182
<i>Implementación de Datatypes</i>	184
<i>Implementación de object properties (relaciones entre clases)</i>	185
<i>Implementar las restricciones asociadas con la axiomatización</i>	187
<i>Poblar la ontología con algunos individuos de prueba</i>	190
<i>Validación de inconsistencias en las ontologías con Pellet</i>	194
VALIDACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE PRINCIPIOS DE DISEÑO EN LA ONTOLOGÍA.....	195
ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN COMPUTACIONAL	197
<i>Personalized Virtual Learning Enviroment (PVLE)y Ontological Model (OM)</i>	200
<i>Infraestructura tecnológica</i>	202
EXPERIMENTOS PROGRAMADOS DE LA TERCERA ETAPA.	206
SELECTION MODEL FOR LEARNING ATIVITIES COMPLEX (SM-LAC).....	208
MODELO SM-LAC Y EL GRADO DE DIFICULTAD DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE.....	242
CAPITULO 7	209
RESULTADOS	209
ÍNDICES DE APROBACIÓN Y DE RETENCIÓN PARA LAS ETAPAS 1 Y 2.....	209
<i>Intervalo de confianza del índice de aprobación</i>	210
<i>Intervalo de confianza del índice de retención</i>	212
<i>Análisis del índice de aprobación</i>	213
<i>Modelo para pronósticos</i>	215
ÍNDICES DE DATOS DEMOGRÁFICOS Y ESTILOS DE PENSAMIENTO PARA LAS ETAPAS 1, 2 Y 3.....	221
RESULTADOS RELACIONADOS CON LOS DATOS DEL PERFIL COGNITIVO (ESTILO DE PENSAMIENTO).....	226
RESULTADOS DE LA ETAPA 3 DE EXPERIMENTOS.....	229
<i>Nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje</i>	229

<i>Rendimiento Escolar</i>	232
APORTACIONES A LA GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO	234
CAPITULO 8	235
DISCUSIÓN	235
DISCUSIÓN DE LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.	235
DISCUSIÓN DE LAS HIPÓTESIS PLANTEADAS	237
CONCLUSIONES	239
<i>Resultados en el rendimiento escolar al aplicar nuestro modelo</i>	239
TRABAJO FUTURO.....	241
LITERATURA CITADA	247
ANEXO A INSTRUMENTOS PARA IDENTIFICAR EL PERFIL DE APRENDIZAJE	277
ANEXO B APORTACIONES A LA GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO	284
DIMENSIÓN NEUROPEDAGÓGICA.....	284
DIMENSIÓN COMPUTACIONAL (ONTOLOGÍAS).....	285
DIMENSIÓN TECNOLÓGICA. (EVAP).....	285
<i>Meta-modelo de Aprendizaje Estratégico (Strategic Learning Meta-model)</i>	286
LISTADO DE PUBLICACIONES	288

ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURA 2.1. PRUEBA PISA 2006. FUENTE: CEPAL, SOBRE LA BASE DE DATOS PISA 2006 E INDICADORES DE DESARROLLO MUNDIAL DEL BANCO MUNDIAL. PAG. 9.	20
FIGURA 2.2. EFICIENCIA TERMINAL POR GENERACIÓN POR INGRESO POR UNIDAD (2012). FUENTE: UAM ANUARIO ESTADÍSTICO 2012, PAG 118.	27
FIGURA 2.3. EFICIENCIA TERMINAL POR GENERACIÓN POR INGRESO POR UNIDAD (2013). FUENTE: UAM2013, ANUARIO ESTADÍSTICO, PAG. 123.	28
FIGURA 2.4. ¿SE ATIENDE LA DIVERSIDAD EN LA EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE?	29
FIGURA 3.1. DIMENSIONES CONSIDERADAS EN EL ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACIÓN.....	57
FIGURA 4.1. MODELO DE APLICACIÓN DEL ANÁLISIS COGNITIVO DE TAREAS A LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO Y LA INTERACTIVIDAD EN LÍNEA. FUENTE: (PEÑALOSA, E., 2010, PP 30).	64
FIGURA 4.2. TIPOS DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE (ELABORACIÓN PROPIA).	65
FIGURA 4.3. POSIBILIDADES DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE (ELABORACIÓN PROPIA, BASADA EN CAMILLONI, 2010, PAG. 166).	68
FIGURA 4.4. RELACIÓN ENTRE LAS PROPUESTAS DE BANYARD VS. SMITH Y KOSSLYN. (ELABORACIÓN PROPIA) ..	83
FIGURA 4.5. HEMISFERIOS CEREBRALES DE SPERRY (1973).	88
FIGURA 4.6. CEREBRO TRIUNO DE MACLEAN(GÓMEZ-CUMPA, 2004).	90
FIGURA 4.7. MODELO DEL CEREBRO TOTAL DE HERRMANN (1989).	91
FIGURA 4.8. CARACTERÍSTICAS DE LOS CUADRANTES CEREBRALES (ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN HERRMANN INTERNATIONAL, 2004, PAG. 5).	93
FIGURA 4.9. SEMANTIC WEB -XML2000 ARCHITECTURE(BERNERS-LEE Y COLS., 2001).	97
FIGURA 4.10. INTERFAZ DE PROTÉGÉ.	103
FIGURA 4.11. COMPONENTES DEL CLOUD COMPUTING (ELABORACIÓN PROPIA).	110
FIGURA 4.12. ARQUITECTURA DEL CLOUD COMPUTING.	112
FIGURA 4.13 . CLOUD COMPUTING CON VIRTUALIZACIÓN.	113
FIGURA 4.14. ESPECIFICACIONES TÍPICAS DE UN WEB SERVICE. FUENTE: ARQUITECTURA DE APLICACIONES EMPRESARIALES EN JAVA, (ACSINET, 2012).	114
FIGURA 4.15. ENVELOPE DE LA ESPECIFICACIÓN SOAP. FUENTE: ARQUITECTURA DE APLICACIONES EMPRESARIALES EN JAVA, (ACSINET, 2012).	114
FIGURA 4.16. ARQUITECTURA ORIENTADA A SERVICIOS. FUENTE: ARQUITECTURA DE APLICACIONES EMPRESARIALES EN JAVA, ACSINET, (2012).	115
FIGURA 4.17. MODELO PUBLISH / SUBSCRIB, ACSINET, (2012).	116

FIGURA 4.18. CLOUD COMPUTING CON SOA.	117
FIGURA 5.1. CONCEPTUALIZACIÓN DEL RENDIMIENTO ESCOLAR.	119
FIGURA 6.1. ETAPAS DE LA METODOLOGÍA.	125
FIGURA 6.2. MODELO DE INTERVENCIÓN EN EL PROCESO COGNITIVO (ELABORACIÓN PROPIA).	133
FIGURA 6.3. ENFOQUE SISTÉMICO DEL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE.	136
FIGURA 6.4. SISTEMA INSTRUCCIONAL COGNITIVO (SILVA Y COLS., 2015B).	144
FIGURA 6.5. SISTEMA INSTRUCCIONAL COGNITIVO, PROCESO ITERATIVO-INCREMENTAL.	145
FIGURA 6.6 COMPONENTES PEDAGÓGICOS Y TECNOLÓGICOS DEL SIC.	146
FIGURA 6.7. CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE ACORDE CON EL ESTILO DE PENSAMIENTO DE HERRMANN;SILVA-LÓPEZ(2012).....	148
FIGURA 6.8. PERSONALIZACIÓN DE ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (ELABORACIÓN PROPIA).	149
FIGURA 6.9. PERSONALIZACIÓN DE FOROS.	149
FIGURA 6.10. IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMAS SEGÚN EL ESTILO DE PENSAMIENTO.	150
FIGURA 6.11. ESTILOS DE APRENDIZAJE Y ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD.	151
FIGURA 6.12. TAXONOMÍA DE ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE SEGÚN ESTILO DE PENSAMIENTO Y TIPOS DE EVALUACIÓN.	152
FIGURA 6.13. JERARQUÍA DE CLASES DEL MODELO ONTOLÓGICO.....	168
FIGURA 6.14. PROPIEDAD DE RELACIÓN.	172
FIGURA 6.15. PROPIEDAD FUNCIONAL.....	173
FIGURA 6.16. PROPIEDAD INVERSA.	173
FIGURA 6.17. ONTOLOGÍA ALUMNO.....	176
FIGURA 6.18. ONTOLOGÍA PERFILES.	177
FIGURA 6.19. ONTOLOGÍA CURSO.....	179
FIGURA 6.20. ONTOLOGÍA ACTIVIDADAPRENDIZAJE.....	180
FIGURA 6.21. DISEÑO DEL ONTOPAA INCLUYENDO LA AXIOMATIZACIÓN.....	181
FIGURA 6.22. CREACIÓN DE LA ONTOLOGÍA DESDE PROTÉGÉ.....	183
FIGURA 6.23. CREACIÓN DE CLASES DE LA ONTOLOGÍA PERFILES EN PROTÉGÉ.....	183
FIGURA 6.24. CREACIÓN DE CLASES DE LA ONTOLOGÍA ACTIVIDADES EN PROTÉGÉ.....	184
FIGURA 6.25. CREACIÓN DE LOS DATATYPES DE LAS CLASES DE LA ONTOLOGÍA PERFILES EN PROTÉGÉ.....	185
FIGURA 6.26. CREACIÓN DE LOS DATATYPES DE LAS CLASES DE LA ONTOLOGÍA ACTIVIDADES EN PROTÉGÉ.....	185
FIGURA 6.27. TIPOS DE PROPIEDADES QUE SE DEFINEN PARA LA ONTOLOGÍA DESDE PROTÉGÉ.....	185
FIGURA 6.28. CREACIÓN DE LOS OBJECT PROPERTIES DE LAS CLASES DE LA ONTOLOGÍA PERFILES EN PROTÉGÉ.....	186
FIGURA 6.29. CREACIÓN DE LOS OBJECT PROPERTIES DE LAS CLASES DE LA ONTOLOGÍA ACTIVIDADES EN PROTÉGÉ.....	187
FIGURA 6.30. CREACIÓN DE RESTRICCIONES DESDE LA VISTA “LOGIC VIEW” DE PROTÉGÉ.....	187
FIGURA 6.31. TIPOS DE RESTRICCIONES EN PROTÉGÉ.....	188
FIGURA 6.32. IMPLEMENTACIÓN DE LAS RESTRICCIONES DE LA ONTOLOGÍA PERFILES EN PROTÉGÉ.....	189

FIGURA 6.33. IMPLEMENTACIÓN DE LAS RESTRICCIONES DE LA ONTOLOGÍA ACTIVIDADES EN PROTÉGÉ.....	189
FIGURA 6.34. DATATYPES OBLIGATORIOS DEBIDO A LAS RESTRICCIONES ESTABLECIDAS EN LA ONTOLOGÍA ACTIVIDADES DESDE PROTÉGÉ.....	190
FIGURA 6.35. POBLADO DE LA CLASE ACTIVIDADESAPRENDIZAJE DE LA ONTOLOGÍA ACTIVIDADES EN PROTÉGÉ.	190
FIGURA 6.36. POBLADO DE LA CLASE ACTIVIDADESAPRENDIZAJE DE LA ONTOLOGÍA ACTIVIDADES EN PROTÉGÉ.	191
FIGURA 6.37. INDIVIDUOS DE LA CLASE CARACTERÍSTICACOGNITIVA DE LA ONTOLOGÍA PERFILES EN PROTÉGÉ.	191
FIGURA 6.38. INDIVIDUOS DE LA CLASE TIPOCOGNITIVO DE LA ONTOLOGÍA PERFILES EN PROTÉGÉ.....	192
FIGURA 6.39. ANOTACIONES DE LA CLASE ACTIVIDADESAPRENDIZAJE DE LA ONTOLOGÍA ACTIVIDADES EN PROTÉGÉ.....	193
FIGURA 6.40. ANOTACIONES EN EL OBJECT PROPERTY TIENEHABILIDADESCOGNITIVAS DE LA ONTOLOGÍA ACTIVIDADES EN PROTÉGÉ.....	193
FIGURA 6.41. VALIDACIÓN DE INCONSISTENCIAS EN LA ONTOLOGÍA ACTIVIDADES CON EL RAZONADOR PELLET.	194
FIGURA 6.42. VALIDACIÓN DE INCONSISTENCIAS EN LA ONTOLOGÍA PERFILES CON EL RAZONADOR PELLET.....	194
FIGURA 6.43. ARQUITECTURA DE INTEGRACIÓN DEL MODELO ONTOLÓGICO EN LA CLOUD COMPUTING.	198
FIGURA 6.44. PLATAFORMA LSM SAKAI.....	199
FIGURA 6.45. ARQUITECTURA DEL LMS SAKAI.....	200
FIGURA 6.46. COMPONENTES DEL ENTORNO VIRTUAL DE APRENDIZAJE PERSONALIZADO (EVAP), (SILVA-LÓPEZ Y COLS., 2011).	201
FIGURA 6.47. ARQUITECTURA DEL EVAP (EN INGLÉS PVLE) Y MODELO ONTOLÓGICO.....	202
FIGURA 6.48. SERVIDORES BLADE HP PROLIANT BL 465C G7, CON VMWARE vSPHERE 5.....	204
FIGURA 6.49. CLUSTER DE SERVIDORES BLADE HP PROLIANT BL 465C G7, CON VMWARE vSPHERE 5.....	205
FIGURA 7.1. MODELO DE PRONÓSTICO.....	220
FIGURA 7.2. TENDENCIA DEL ÍNDICE DE APROBACIÓN.....	226
FIGURA 7.3. PUNTAJES PROMEDIO DEL ESTILO DE PENSAMIENTO OBTENIDOS EN PE.....	227
FIGURA 7.4. AJUSTE DE CURVA DE LOS PROMEDIOS DEL ESTILO DE PENSAMIENTO.....	228
FIGURA 7.5. NIVEL DE DIFICULTAD DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE EN LOS TRIMESTRES 11-O Y 12-I.....	230
FIGURA 7.6. NIVEL DE DIFICULTAD DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE EN EL TRIMESTRE 12-P.....	230
FIGURA 7.7. NIVEL DE DIFICULTAD DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE EN LOS TRIMESTRES 12-O Y 13-I.....	231
FIGURA 7.8. NIVEL DE DIFICULTAD DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE EN LOS TRIMESTRES 13-P Y 13-O.....	231
FIGURA 7.9. NIVEL DE DIFICULTAD PROMEDIO DE LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE DEL CURSO DE PE.....	232
FIGURA 9.10. RENDIMIENTO ESCOLAR OBTENIDO EN LA UEA DE PE DE LOS TRIMESTRES 13-O, 14-I, 14-P, 15-I Y 15-O.....	233
FIGURA A.1. RELACIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS DEL PROCESO COGNITIVO Y EL APRENDIZAJE INTEGRAL.....	280

FIGURA A.2. TEST PARA DETERMINAR EL ESTILO DE PENSAMIENTO DE HUMAN POTENTIAL (WWW.HUMANPOTENTIAL.COM.MX)	282
FIGURA A.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL CUESTIONARIO DEL ESTILO DE PENSAMIENTO.....	283

ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 4.1. CARACTERÍSTICAS Y UBICACIÓN DE LOS CUADRANTES CEREBRALES.....	92
TABLA 4.2. MÉTODOS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ONTOLOGÍAS.....	105
TABLA 4.3. CRITERIOS DE DISEÑO DE ONTOLOGÍAS DE GRUBER (1993, PAG 2-3).....	106
TABLA 4.4. PRINCIPIOS DE DISEÑO DE ONTOLOGÍAS DE SMITH (2006).....	107
TABLA 4.5. PRINCIPIOS DE DISEÑO DE ONTOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE MORBACH Y COLABORADORES(2009).....	108
TABLA 6.1. EXPERIMENTOS DE LA ETAPA 1.....	130
TABLA 6.2. DIMENSIÓN TECNOLÓGICA.....	139
TABLA 6.3. DIMENSIÓN PEDAGÓGICA.....	140
TABLA 6.4. DIMENSIÓN COGNITIVA.....	141
TABLA 6.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS CUADRANTES DEFINIDOS EN LA TEORÍA DEL CEREBRO TOTAL.....	147
TABLA 6.6. PLANEACIÓN DE EXPERIMENTOS DE LA ETAPA 2.....	155
TABLA 6.7. COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS PARA EL DISEÑO DE ONTOLOGÍAS.....	160
TABLA 6.8. LISTA DE CONCEPTOS CLAVE.....	166
TABLA 6.9. CLASES DE LAS ONTOLOGÍAS.....	168
TABLA 6.10. CLASES, PROPIEDADES Y RELACIONES LA ONTOLOGÍA ESTUDIANTES.....	169
TABLA 6.11. CLASES, PROPIEDADES Y RELACIONES LA ONTOLOGÍA PERFILES.....	169
TABLA 6.12. CLASES, PROPIEDADES Y RELACIONES LA ONTOLOGÍA CURSOS.....	169
TABLA 6.13. CLASES, PROPIEDADES Y RELACIONES LA ONTOLOGÍA ACTIVIDAD APRENDIZAJE.....	170
TABLA 6.14. TIPOS DE RESTRICCIONES.....	171
TABLA 6.15. AXIOMATIZACIÓN DE LA ONTOLOGÍA ALUMNOS.....	175
TABLA 6.16. AXIOMATIZACIÓN DE LAS CLASES DE LA ONTOLOGÍA PERFILES.....	176
TABLA 6.17. AXIOMATIZACIÓN DE LAS CLASES DE LA ONTOLOGÍA CURSOS.....	177
TABLA 6.18. AXIOMATIZACIÓN DE LAS CLASES DE LA ONTOLOGÍA ACTIVIDAD APRENDIZAJE.....	179
TABLA 6.19. VALORACIÓN DE CALIDAD DEL ONTOPAA.....	196
TABLA 6.20. PLANEACIÓN DE EXPERIMENTOS DE LA ETAPA 3.....	206
TABLA 7.1. DATOS ASOCIADOS A ÍNDICES DE REPROBACIÓN Y APROBACIÓN.....	210
TABLA 7.2. DATOS ASOCIADOS A ÍNDICES DE RETENCIÓN Y DESERCIÓN.....	210
TABLA 7.3. PARÁMETROS PARA EL INTERVALO DE CONFIANZA DEL ÍNDICE DE APROBACIÓN.....	211
TABLA 7.4. PARÁMETROS PARA EL INTERVALO DE CONFIANZA DEL ÍNDICE DE APROBACIÓN.....	211
TABLA 7.5. INTERVALOS DE CONFIANZA DEL ÍNDICE DE APROBACIÓN.....	211
TABLA 7.6. PARÁMETROS PARA EL INTERVALO DE CONFIANZA DEL ÍNDICE DE RETENCIÓN.....	212
TABLA 7.7. PARÁMETROS PARA EL INTERVALO DE CONFIANZA DEL ÍNDICE DE RETENCIÓN.....	212
TABLA 7.8. INTERVALOS DE CONFIANZA DEL ÍNDICE DE RETENCIÓN.....	212

TABLA 7.9. PROMEDIO DE APROBACIÓN DE LA UEA PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA EN LA DCBI.	213
TABLA 7.10. DATOS OBTENIDOS DURANTE EL TRABAJO EMPÍRICO.	217
TABLA 7.11. ESTADÍSTICOS DE PRUEBA MODELO MULTIPLICATIVO.	218
TABLA 7.12. ESTADÍSTICOS DE PRUEBA MODELO MULTIPLICATIVO.	219
TABLA 7.13. DATOS DE LOS EXPERIMENTOS - TRIMESTRES DEL 11-O AL 14-P, 15-I Y 15-P.....	221
TABLA 7.14. ESTADÍSTICAS DE REGRESIÓN MULTIVARIABLE PARA PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA.	223
TABLA 7.15. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA.....	224
TABLA 7.16. COEFICIENTES DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE DE PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA.....	224
TABLA 7.17. PRONÓSTICOS DE APROBACIÓN DE PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA.....	224
TABLA 7.18. COMPARATIVO DE ESTADÍSTICAS DE REGRESIONES CON DIFERENTES VARIABLES.....	225
TABLA 7.19. PROMEDIO POR GRUPO DE ESTILOS DE PENSAMIENTO PARA LA UEA DE PE.....	227
TABLA 7.20. ÍNDICE DEL RENDIMIENTO ESCOLAR EN LOS TRIMESTRES DEL 13-O AL 14-P, 15-I Y 15P.....	233
TABLA A.1. INSTRUMENTOS PARA IDENTIFICAR EL ESTILO DE APRENDIZAJE Y DE PENSAMIENTO.	277

CAPÍTULO 1

Introducción

Para hablar de una educación de calidad es necesario atender la diversidad de necesidades personales de los estudiantes, asegurando aprendizajes comunes, para cumplir con *la equidad, la pertinencia y la relevancia (puntos de coincidencia entre los principios y las dimensiones de la calidad educativa)*, cuyo fin último es tener una educación inclusiva a partir de la atención a la diversidad. Sin embargo, la realidad dista mucho de los buenos deseos, un signo claro de ineficiencia en la calidad educativa es la alta tasa de repetición, rezago y deserción escolar. En el documento emitido por la UNESCO (Colclough, 2004): *Educación para Todos, el imperativo de la calidad*, mencionan dos principios que caracterizan una educación de calidad: el *desarrollo cognitivo* y el *desarrollo afectivo y creativo* del educando.

Motivación y problemática

En este marco, delimitado por la calidad educativa, se plantea la problemática del rendimiento escolar que se tiene en Instituciones de Educación Superior (IES) cuyo origen se desarrolla al interior de los procesos de la enseñanza y el aprendizaje. Específicamente, es en la evaluación donde se materializa la reprobación. ¿Cómo lograr una educación de calidad que mejore los índices de aprobación, la activación de habilidades cognitivas y por ende el rendimiento escolar, y que al mismo tiempo fomente el desarrollo cognitivo, creativo y afectivo del educando, cumpliendo con los principios de equidad, pertinencia y relevancia? La presente investigación atiende parte de este cuestionamiento, con un enfoque sistémico del proceso de enseñanza y aprendizaje, que permitió observar los cambios que se presentan en el rendimiento escolar a partir de la personalización de actividades de aprendizaje, basada en la teoría cognitiva de Ned Herrmann (1989).

Estado del arte

Se analizaron los trabajos relacionados con la evaluación de los aprendizajes, las teorías cognitivas y de aprendizaje, la valoración (E-Assessment) del aprendizaje mediado por Tecnologías de la Información y la Comunicación, Sistemas basados en Conocimiento (ontologías) y Sistemas Adaptativos para la personalización de la enseñanza y el aprendizaje. Lo que conlleva a un análisis en el ámbito pedagógico y computacional.

Considerando que en 2010 se presentaron datos contundentes en torno a la reprobación escolar como objeto de estudio en la investigación educativa, se localizaron 65 trabajos publicados en el índice de revistas de educación superior (IRESIE) de varios países de habla hispana: 32 de ellos corresponden a México y representan el 52% del total, 15 de éstos trabajos se realizaron en Instituciones de Educación Superior (IES); 22 de las investigaciones tienen como objeto de estudio la reprobación escolar y se analizan desde diversos enfoques: psicológicos, pedagógicos, centrados en la evaluación y en la acción docente (Jiménez H. G. y colaboradores, 2010).

De manera particular, se consultaron investigaciones de diversos autores que realizan aportaciones interesantes clasificándolas según su enfoque: 1) Las relacionadas con el estilo de aprendizaje; 2) Las prácticas de evaluación formativa; 3) Las interacciones y comunidades de aprendizaje; y 4) La personalización de las actividades de evaluación.

En el International Journal of Emergent Technology (2006 a 2014) se localizan 148 trabajos publicados relacionados con el uso de sistemas adaptativos o sistemas basados en conocimiento (ontologías), cuyo fin es mejorar el aprendizaje y por ende el rendimiento escolar. 44 investigaciones plantean el uso de sistemas adaptativos, 21 se asocian al uso de ontologías, 27 trabajos se relacionan con el uso de estilos de aprendizaje, de los cuales 2 tratan el uso y aplicación de teorías cognitivas.

En lo que se refiere a la evaluación del aprendizaje y la valoración, se localizaron 17 artículos relacionados con la evaluación del aprendizaje, 33 asociados a la valoración y por último 7 artículos que consideran la personalización. Sin embargo, ninguna de las investigaciones aborda la problemática de la reprobación y la eficiencia escolar desde el

enfoque de la personalización de las actividades de aprendizaje con base en una teoría cognitiva que permita el desarrollo cognitivo del estudiante, que es precisamente el tema de investigación de este trabajo.

Marco teórico

El marco teórico se construyó a partir de estas dos perspectivas: la Cognitiva y la Computacional. Para el primer caso, se realiza un análisis de los términos clave: el aprendizaje y la evaluación (diagnóstica, formativa, mediadora, grupal y sumativa). Se consideraron y revisaron diversos modelos de diseño instruccional. Se resumen los procesos cognitivos (Banyard, 1995 y Smith & Kosslyn, 2008). El marco teórico concluye con el análisis de varias teorías Neurocientíficas: a) Hemisferios cerebrales (Sperry, 1973); b) Teoría del cerebro triuno (McLean, 1978), y c) Teoría del cerebro total que propone la integración de las teorías anteriores y divide el cerebro en cuatro cuadrantes (Ned Herrmann, 1989).

La teoría de los hemisferios cerebrales de Sperry, divide el cerebro en dos hemisferios. El izquierdo se enfoca en habilidades para el análisis, el razonamiento, los números, pensamiento crítico, la lógica y el lenguaje entre otros. Mientras que el hemisferio derecho se enfoca en habilidades para el reconocimiento de caras, figuras, colores, imágenes, emociones y creatividad entre otras.

Por su parte, la teoría del cerebro triuno (McLean, 1978), considera que el cerebro se puede dividir en tres estructuras: el cerebro reptil encargado de garantizar la supervivencia, realiza acciones automáticas. El cerebro límbico responsables de la generación de sustancias que controlan las emociones, y la neocorteza o cerebro cognitivo, confiere la capacidad de procesar la información de manera consciente, permite analizar, procesar, planificar, entre otras.

Por último, la teoría del cerebro total propone la integración de las teorías anteriores y divide el cerebro en cuatro cuadrantes (Ned Herrmann, 1989), el cuadrante A (hemisferio superior izquierdo) que se caracteriza por ser analítico, teórico, racional, financiero, entre otras. El cuadrante B (hemisferio inferior izquierdo) caracterizado por organizar, clasificar, controlar, orientado a procesos, operativo, entre otras. El cuadrante C (hemisferio inferior

derecho) orientado en las relaciones interpersonales e intrapersonales, espiritual, entre otros. Por último el cuadrante D (hemisferio superior derecho) con un enfoque creativo, pragmático, integrador, entre otros.

Para la dimensión computacional, se describe el contexto de la Web semántica así su arquitectura y las tecnologías involucradas (Berners-Lee y colaboradores, 2001). Se presenta la parte conceptual de los sistemas basados en conocimiento (ontologías), se incluyen también las metodologías para el diseño de ontologías. Por último se listan las características de la Cloud Computing, sus modelos de servicios e implementación (Mell y colaboradores, 2011), así como las tecnologías utilizadas en la implementación realizada como parte de este trabajo de investigación (Silva-López, 2015a).

La metodología propuesta para el presente estudio plantea un trabajo empírico dividido en dos etapas: la prueba de concepto (que permitió generar un marco de referencia) y los casos de prueba (en los que se aplica la personalización de actividades de aprendizaje). Las pruebas se realizaron en el curso de Programación Estructurada con estudiantes inscritos de las 10 Licenciaturas de Ingeniería que se imparten en la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.

La primera etapa del trabajo empírico, como ya se mencionó, consistió en una prueba de concepto (experimentos base que se toman como punto de comparación) en la que se plantea el referente empírico y se establece la unidad experimental, el tratamiento que se dará a la información y los parámetros considerados en los experimentos programados para el trabajo de campo. Esta etapa sirve como base para adecuar los casos de prueba de la segunda etapa.

Por último, a partir de los resultados de los casos de prueba, se aplicó la metodología para el diseño de ontologías: Graphical Ontology Design Methodology (GODeM) para el pre-diseño del modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje a partir del estilo de pensamiento (basado en la teoría del cerebro total de Herrmann) del estudiante (Silva-López y cols., 2014b).

Propuesta Neuropedagógica

Como parte de la propuesta Neuropedagógica, se diseña y aplica el Sistema Instrucciona Sistema Instrucciona Cognitivo (SIC) mediado por las Tecnologías de la Información y Comunicaciones, que se fundamenta en la ingeniería de sistemas e incorpora las etapas del ciclo de vida de desarrollo de software del modelo iterativo-incremental. Es un proceso sistémico con actividades interrelacionadas, considera el desarrollo del perfil cognitivo y el trabajo cooperativo en comunidades de aprendizaje, así como la personalización de actividades de aprendizaje mediadas por tecnologías de la información. Para atender el desarrollo del perfil cognitivo del estudiante y con base en el análisis de los elementos del proceso cognitivo (Banyard, 1995 y Smith & Kosslyn, 2008), se proponen cuatro momentos de intervención: 1) adquisición, integra dos elementos: la percepción y la atención; 2) decodificación y almacenamiento, integra los elementos asociados a la memoria declarativa y la operativa, también conocidas como memoria a largo plazo y memoria a corto plazo; 3) manejo de información y motivación, integra los elementos de proceso ejecutivos y la emoción; y 4) expresión del conocimiento, integra los elementos de toma de decisiones, solución de problemas y el lenguaje.

Propuesta computacional.

La arquitectura de la propuesta computacional integra tres componentes: a) la plataforma de gestión del aprendizaje o Learning Management System (LMS); b) Personalized Virtual Learning Environment (PVLE), herramienta que personaliza las actividades de aprendizaje; y c) el Ontological Model (OM), encargado de emitir recomendaciones para la personalización de actividades de aprendizaje según el estilo de pensamiento del alumno. Los componentes se implementan como una solución del tipo Cloud Computing, tomando como base el trabajo de Christian Gütl, y Gusev, Ristov, Amenski, Velkoski y Bozinovski, que integra el modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje reemplazando el módulo MIS (Management Information System). Se estableció como plataforma LMS a SAKAI, el PVLE se plantea como parte del trabajo futuro y el OM que se diseña como parte de éste trabajo de investigación. La infraestructura en la que se están

implementando los componentes de la arquitectura computacional se basa en la Cloud Computing, utiliza como modalidades de servicios *Plataform as a Service (PaaS)*, y como modelo de implementación para ofrecer los servicios en la nube se utiliza tanto la *Private Cloud (Nube privada)* como la *Community cloud (Nube Comunitaria)*.

Resultados obtenidos.

El análisis estadístico de los datos muestra que el ausentismo y las bajas al curso impactan directamente en el índice de aprobación, se realiza una regresión lineal y multiplicativa con las que se obtiene el modelo de pronóstico:

$$ia = 0.349996495ia_1^{0.721777258}ib_2^{-0.859395573}$$

Se realiza un análisis estadístico en el que se consideran las variables del género, edad, carrera, estilo de pensamiento y nivel de dificultad o complejidad de las actividades de aprendizaje, del que se obtiene un nuevo modelo con 8 variables independientes mediante una regresión lineal:

$$Y = -9.295 + 1.193 X_1 - 2.799 X_2 - 3.0798 X_3 - 0.029 X_4 + 0.654 X_5 + 2.082 X_6 + 5.325 X_7 + 3.718 X_8 - 0.3571 X_9$$

Donde

Y: Índice de aprobación

X₁: Índice de género (masculino)

X₂: Edad < 21

X₃: Edad entre 21 y 25

X₄: Carrera (Ingeniería en electrónica e Ingeniería en Computación)

X₅: Estilo de pensamiento lógico

X₆: Estilo de pensamiento procesos

X₇: Estilo de pensamiento creativo

X_8 : Estilo de pensamiento relacional

X_9 : Índice de complejidad de las actividades de aprendizaje

Se tiene un combinado de diversas variables, mismas que contribuyen al efecto sobre el índice de aprobación y por ende al rendimiento escolar. No es claro si el evento presenta multicolinealidad de las variables (sobreposición del efecto de las variables). Sólo el 68% del efecto de las variables se pueden explicar mediante el modelo creado con la regresión múltiple. El resto, el 32%, se debe a otras variables que confluyen en el evento y que no se incluye en el modelo. Las variables pueden ser de diferentes naturalezas, tales como características de los estudiantes (antecedentes académicos, capacidades de aprendizaje, motivación, etc.), latencia del aprendizaje, entre otras. Por lo cuál, sólo puede hablar acerca de la efectividad de 68% del modelo. La eficiencia de su modelo es alta si se piensa en términos de las poblaciones de estudiantes de Ingeniería en Mexico y en el Mundo.

Se observa que el rendimiento escolar se incrementa al personalizar las actividades de aprendizaje manteniendo el nivel de dificultad intermedio (entre 40% y 80%).

En lo que respecta al perfil cognitivo se observa que al personalizar las actividades de aprendizaje se presenta un incremento en las puntuaciones promedio de los estilos de pensamiento de los estudiantes.

Al analizar los resultados de los experimentos, se identifica que el índice de aprobación depende del nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje, por lo que se propone el modelo matemático SM-LAC para determinar el grado de dificultad de las actividades de aprendizaje, con la finalidad de eliminar aquellas que son valoradas como fáciles o difíciles y ajustar las actividades del curso para el siguiente ciclo. Se realiza un último caso de prueba en el que se obtiene un incremento en los porcentajes de aprobación. Su programación y aplicación se realizará como trabajo futuro.

Organización de la tesis

El contenido de la tesis se organiza en 8 capítulos y 2 anexos. Primero se presenta una introducción en la que se plantea de manera resumida la motivación y problemática, el estado del arte, el marco teórico, las propuestas Neuropedagógica y Computacional. Así como los resultados.

La problemática (capítulo 2), se determina desde diversos enfoques de la calidad educativa, se revisan los referentes Internacionales tales como OCDE, ONU, UNESCO, así como los Nacionales SEP, SINEEE. Se presenta un resumen de los indicadores de la calidad en la educación de la OCDE, la Unión Europea, los que se integran en el proyecto PISA y por supuesto los propuestos por el Sistema Nacional de Indicadores de la INEE de la SEP en México. Concluyendo con un análisis del fenómeno del rendimiento escolar en una Instituciones de Educación Superior (IES) en carreras de Ingeniería.

El estado del arte (capítulo 3) contempla la reprobación como un fenómeno común en la IES, se clasifican los trabajos en torno al tema. Es evidente que el momento en que se culmina la reprobación es durante el abandono del curso o durante la evaluación de los aprendizajes, por lo que se presentan diversos autores que abordan la temática desde diversos enfoques, tales como: la evaluación formativa, la evaluación del aprendizaje y los estilos de aprendizaje, las interacciones y el trabajo en comunidades de aprendizaje, así como la importancia de la personalización de las actividades de aprendizaje. Así mismo, se revisan investigaciones asociadas con el tema pero desde la perspectiva de Tecnologías emergentes (en el que se analizan más de 40 investigaciones), como apoyo para mejorar el aprendizaje y por ende el rendimiento escolar. Las investigaciones se clasifican en cuatro dimensiones: las centradas en la evaluación, las que se relacionan con la valoración (E-assessment), las que incorporan teorías del aprendizaje, las que se apoyan en el diseño de ontologías y por último las que incorporan la personalización de contenidos.

Cuando se habla del aprendizaje mediado por las Tecnologías de la Información y la Comunicación, es necesario contemplar las dimensiones pedagógica y tecnológica como parte del marco teórico (capítulo 4). En la dimensión pedagógica se presentan autores que abordan la evaluación del aprendizaje considerando la evaluación diagnóstica, la mediadora, la

formadora, y la sumativa, entre otras. Se resumen varios modelos de diseño instruccional, así como teorías de aprendizaje y los elementos del proceso cognitivo. Por último se revisan teorías relacionadas con la Neurociencia. En lo que se refiere a la dimensión tecnológica, se describe la web semántica como preámbulo para llegar al uso de ontologías como medio para la ingeniería del conocimiento, se analizan las metodologías más representativas para el diseño de ontologías. Se concluye con la arquitectura de la Cloud Computing.

El objeto de estudio (capítulo 5) se centra en la mejora del rendimiento escolar (definido por el binomio del índice de aprobación y la activación de habilidades cognitivas) de los estudiantes de Ingeniería en un curso de Programación. Observado en una IES. En éste apartado se presentan las preguntas de investigación y las hipótesis, así como los alcances y limitaciones del trabajo de investigación.

Para atacar el objeto de estudio se propone una metodología (capítulo 6) que incluye el referente empírico asociado a una muestra de estudiantes de 10 licenciaturas de Ingeniería de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco (UAMA), que cursan “Programación Estructurada”. El trabajo empírico integra el diseño de la prueba de concepto (se utiliza como referente de comparación) y de los casos de prueba (aplicación de la personalización de las actividades de aprendizaje).

Para el diseño de los casos de prueba se aplica el Sistema Instruccional Sistema Instruccional Cognitivo (SIC) mediado por las Tecnologías de la Información y Comunicaciones. Se aplica la metodología Graphical Ontology Design Methodology (GODeM) en el diseño de la ontología para la personalización de las actividades de aprendizaje. Se incluye una recopilación de datos para conformar las especificaciones Neuropedagógicas que sirven como base para el diseño de la solución computacional propuesta.

Después se analiza el proceso de enseñanza y aprendizaje desde el punto de vista sistémico. Se retoman las especificaciones Neurodepagógicas para realizar el diseño de la solución computacional que incorpora el diseño del modelo ontológico aplicando la metodología GODeM, así como la infraestructura tecnológica de Cloud Computing para

establecer la arquitectura de la solución. Por último se presentan los experimentos de la tercer etapa que ayudan a determinar el nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje.

Los resultados (capítulo 7) de los datos incluyen dos análisis de regresión lineal, con el objetivo de tener un panorama del impacto de las variables independientes (deserción, bajas, ausentismo, género, edad, carrera, estilo de pensamiento y dificultad de las actividades de aprendizaje) en la variable dependiente (rendimiento escolar). Los resultados de la primer regresión muestran que la deserción no tiene un impacto en el rendimiento escolar. Se observa que al personalizar las actividades de aprendizaje acordes con el estilo de pensamiento manteniendo un nivel de dificultad intermedio, se incrementa el rendimiento escolar. Además se observa que mejoran los puntajes promedio de los estilos de pensamiento de los estudiantes en los estilos procesos, lógico y creativos, lo cuál es predecible dada la naturaleza disciplinar del curso de Programación Estructurada. Para concluir éste capítulo se presenta un resumen de las aportaciones del trabajo de investigación realizado.

En la discusión (capítulo 8) se da respuesta a las preguntas de investigación y se validan las hipótesis planteadas. Por último se presentan las conclusiones en las que se resumen los hallazgos y se describe el trabajo de nuestra investigación.

Como información adicional en el anexo A se listan los instrumentos para determinar el perfil de aprendizaje y de pensamiento del estudiante. En el anexo B se detallan las aportaciones a la generación del conocimiento de nuestra investigación.

CAPITULO 2

Problemática

La problemática que se aborda en el presente trabajo de investigación se centra en el rendimiento escolar (definido por el binomio del índice de aprobación y la activación de habilidades cognitivas) de los estudiantes de Ingeniería en un curso de Programación en la UAM. En este contexto variable dependiente es el rendimiento escolar y las variables independientes son el género, la edad, la carrera, el estilo de pensamiento (lógico, procesos, relacional y creativo) y el nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje.

A continuación se presenta un análisis de esta problemática en el contexto de la calidad educativa en las Instituciones de Educación Superior (IES) y de manera particular se observa el fenómeno en Licenciaturas de Ingeniería de la UAM.

El objetivo de este análisis es identificar cuáles son los principios de calidad que se tendrían que aplicar para mejorar el rendimiento en el aprendizaje personalizado de los estudiantes.

Contexto: la calidad educativa

El rendimiento escolar se puede comprender mejor como uno de los elementos que se definen en el concepto de la calidad educativa, que a continuación se presenta.

Conceptualizar la educación en términos de calidad es un tema complejo y por tanto controvertido. Para Fernández (2002) la calidad es un término utilizado como una propiedad intrínseca de alguna cosa u objeto que reúne todas las cualidades buenas y percibidas como positiva por las personas, como algo valioso y deseable. Rendón y colaboradores (2009, pag. 20), hacen referencia a la definición de la calidad educativa propuesta por Latapí (1996) como

“...la concurrencia de los cuatro criterios que debieran normar el desarrollo educativo: eficacia, eficiencia, relevancia y equidad, como paradigma de macro planeación...”

La Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OREALC/UNESCO) en el documento de discusión sobre políticas educativas en el marco de la II Reunión Intergubernamental del Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe, se menciona que (Blanco, 2007, pag. 7)

“... la calidad de la educación en tanto derecho fundamental, además de ser eficaz y eficiente, debe respetar los derechos de todas las personas, ser relevante, pertinente y equitativa. Ejercer el derecho a la educación, es esencial para desarrollar la personalidad e implementar los otros derechos....”.

Por otro lado, en el resumen de la UNESCO: Educación para Todos, el imperativo de la calidad (Colclough, 2004, pag. 2) se menciona una definición de calidad:

“Dos principios que caracterizan la mayoría de las tentativas de definición de lo que es una educación de calidad: el primero considera que el desarrollo cognitivo del educando es el objetivo explícito más importante de todo sistema educativo y, por consiguiente, su éxito en este ámbito constituye un indicador de la calidad de la educación que ha recibido; el segundo hace hincapié en el papel que desempeña la educación en la promoción de las actitudes y los valores relacionados con una buena conducta cívica, así como en la creación de condiciones propicias para el desarrollo afectivo y creativo del educando...”.

Así el autor se identifica con los dos principios planteados por la UNESCO para definir una educación de calidad que incluyen el desarrollo cognitivo, afectivo y creativo del educando.

Es claro que la calidad educativa es una preocupación de todos los tiempos, las variables de éste problema complejo se mantienen en constante cambio. La UNESCO ha establecido un conjunto de principios (flexibilidad, equidad, relevancia, pertinencia, eficacia y eficiencia) que permiten alcanzar una la calidad educativa real. Así mismo, se ha abordado la calidad educativa desde diferentes dimensiones como la pertinencia, la relevancia, la equidad, la eficacia, la suficiencia, la eficiencia y el impacto.

Existen puntos de coincidencia entre los principios (Rendón y colaboradores, 2009, pag. 21-23) y las dimensiones de la calidad educativa (Martínez y colaboradores, 2007, pag.

39) como *la equidad, la pertinencia y la relevancia*, cuyo fin último es tener una educación inclusiva a partir de la atención a la diversidad.

Por tanto, para hablar de una educación de calidad es necesario atender la diversidad de necesidades de los estudiantes, asegurando aprendizajes comunes. Sin embargo, la investigación y la toma de decisiones de políticas públicas educativas se ha centrado en la medición de la calidad, en los resultados académicos obtenidos por los estudiantes en pruebas estandarizadas nacionales e internacionales.

Estas mediciones se restringen a la evaluación del desarrollo del lenguaje, a las habilidades matemáticas y los conocimientos científicos. Los resultados de las mediciones estandarizadas realizadas a nivel internacional muestran un déficit preocupante de aprendizaje. La figura 2.1 muestra los resultados de la prueba PISA 2006 donde se observa que México tiene una baja inversión del PIB en Educación y sus resultados son menores que países como Turquía, Uruguay y Chile que obtienen mejores resultados con una inversión menor.

El desafío es lograr que los esfuerzos que se hagan para incrementar el nivel educativo de la población se reflejen en logros del aprendizaje del estudiante, para ello se debe realizar un análisis de los factores críticos que limitan la calidad pedagógica para poder diseñar estrategias que mejoren la pertinencia de los aprendizajes y el desarrollo de las competencias necesarias para vivir en un mundo globalizado, competitivo y complejo.

Un signo claro de ineficiencia es la alta tasa de repetición, rezago y deserción escolar, tema que abordaremos en la presente investigación. (CEPAL/UNESCO, 2004).

Las definiciones de calidad educativa presentadas, tienen puntos de intersección que se retoman para establecer un concepto particular de la calidad educativa. Por tanto, retomando la definición de Latapí (1996), Blanco (2007), Colclough(2004) y las coincidencias encontradas entre las dimensiones de la calidad educativa propuestas por Rendón y colaboradores (2009) y Martínez y colaboradores (2007), en el marco del presente trabajo se entenderá a la calidad educativa como: *El desarrollo de habilidades cognitivas para resolver problemas, aprender a aprender, desarrollo de valores y actitudes que busquen una mejor calidad de vida para los habitantes de la sociedad, mediante la eficacia, eficiencia, relevancia, pertinencia y equidad, con respeto a los derechos de todas las personas.*

GRÁFICO 1
AMÉRICA LATINA (6 PAÍSES) Y OTROS PAÍSES PARTICIPANTES EN PISA 2006 (18 PAÍSES):
PUNTAJE MEDIO EN LA PRUEBA DE CIENCIAS PISA 2006 ENTRE ESTUDIANTES
DE 15 AÑOS SEGÚN PIB PER CÁPITA DE 2006
(Promedios)

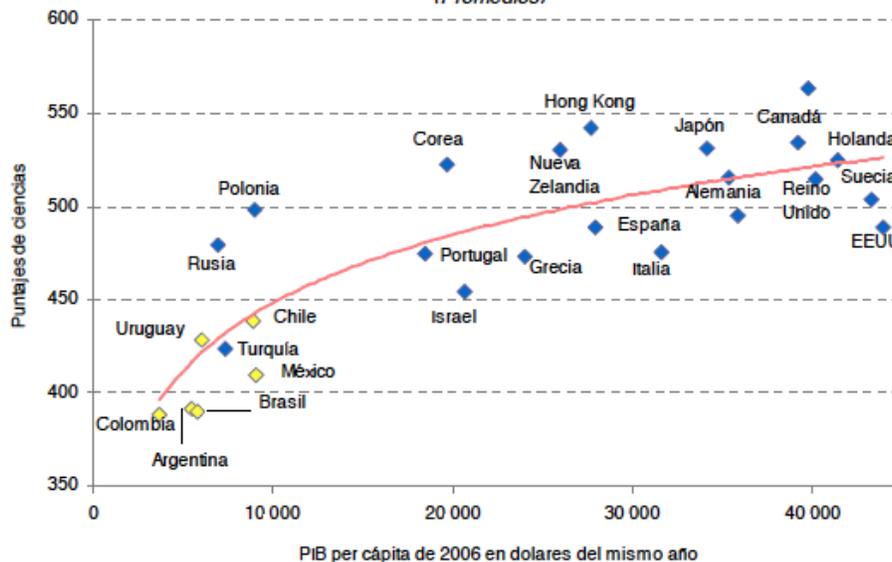


Figura 2.1. Prueba PISA 2006. Fuente: CEPAL, sobre la base de datos PISA 2006 e Indicadores de Desarrollo Mundial del Banco Mundial. Pag. 9.

Referentes Internacionales y Nacionales

Hay dos referentes internacionales que se muestran susceptibles a la importancia de la calidad educativa en cualquier país: la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Organización de la Naciones Unidas (ONU).

La OCDE se preocupa por la preparación de los jóvenes en la sociedad contemporánea, subrayan la importancia de la definición de las políticas públicas que repercutan e influyan en la vida personal, social, profesional y cultural de los integrantes de la sociedad (OCDE, PISA, 2006).

Mientras que la ONU plantea como uno de los objetivos de desarrollo del milenio (para reducir la pobreza mundial a la mitad) para el año 2015: lograr una enseñanza primaria universal. Señala que “la calidad de la educación, es tan importante como la matrícula” (ONU, 2008).

La mayor cobertura se visualiza en el aumento en la matrícula y el incremento en el promedio escolar de la población, esto a costa de un deterioro cualitativo de la educación. Ahora el rendimiento escolar y la eficiencia terminal son los criterios más comunes para medir la calidad (Ornelas, 1997).

Por otro lado, la Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe, de las Naciones Unidas (OREALC/UNESCO), reconoce que a partir de la declaración de Dakar los países de la región han realizado esfuerzos significativos en relación con la obligatoriedad y cobertura de la educación, con el desarrollo curricular y formación docente, sin embargo, existe una serie de dificultades que impactan los resultados de aprendizaje y por ende en la calidad educativa (Blanco, 2007).

Sin duda, la evaluación de la calidad educativa juega un papel determinante para establecer los avances en el quehacer educativo. Dentro de los referentes internacionales, se pueden mencionar los principios de la calidad educativa definidos por la UNESCO en 1996 cuyo objetivo es el aprendizaje integral y se describen a continuación (Rendón y colaboradores, 2009, pag. 21-23):

- a) **Flexibilidad.** La educación que se imparte a través del sistema educativo tiene que adaptarse a las características de los estudiantes, considerando los diversos contextos sociales y culturales, esto exige evolucionar de una pedagogía de la homogeneidad a una pedagogía de la diversidad, lo que mejora los procesos de enseñanza y aprendizaje optimizando el desarrollo personal y social.
- b) **Equidad.** Entiéndase por igualdad al tratamiento homogéneo que se da a las personas y por equidad al tratamiento diferenciado dentro de esa igualdad. Por tanto, para hablar de una educación de calidad con equidad, se debe brindar a todos por igual pero considerando las características y oportunidades que cada actor necesita, es fundamental la individualidad de los estudiantes, su contexto social, su ámbito cultural

y su entorno geográfico. Hablar de equidad implica considerar la diversidad, comprende principios de igualdad y diferenciación, al atender a las necesidades de cada persona, garantizando que todas tengan oportunidades diferenciadas para hacer efectivo su derecho a una educación de calidad.

- c) **Relevancia.** Una educación relevante parte de las exigencias sociales y el desarrollo personal, genera aprendizajes significativos. La relevancia se refiere al aprendizaje de competencias y retos que impone una sociedad del conocimiento, a la facultad para desarrollar un proyecto de vida.
- d) **Pertinencia.** Una educación pertinente considera los contextos sociales y características de los estudiantes, en congruencia con el currículo a desarrollar, por lo tanto, los contenidos educativos deben ser eminentemente significativos considerando la idiosincrasia, los avances científicos y tecnológicos, y el momento histórico en los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- e) **Eficacia.** La eficacia determina la medida y proporción en la que se alcanzan los objetivos educativos, respecto de la equidad en la distribución de los aprendizajes, su relevancia y pertinencia.
- f) **Eficiencia.** La eficiencia es la valoración que existe entre los objetivos educativos planeados y los aprendizajes alcanzados, aprovechando de manera óptima los recursos destinados para ello. La eficiencia se refiere al uso óptimo de recursos en beneficio del logro de los objetivos planificados (Espinoza et al, 1994).

Dentro de la panorámica nacional, se establece el Programa Escuelas de Calidad (PEC) que conciben una “*escuela de calidad*” como aquella que *asume la responsabilidad por los resultados de aprendizaje de sus estudiantes*; se compromete con la mejora continua del aprovechamiento escolar; se constituye como un centro seguro y útil a su comunidad; que cuenta con infraestructura, equipamiento y tecnología de vanguardia; que contribuye con equidad al desarrollo integral de sus estudiantes para que desarrollen competencias, habilidades y valores para alcanzar una vida plena que les permita una convivencia democrática, participación en el trabajo productivo y aprender a lo largo de su vida (CIDE, 2001).

Otro referente nacional es el Modelo de Gestión Educativa Estratégica (Rendón y colaboradores, 2009, pag. 27), en el que:

“... se busca generar en la escuela prácticas innovadoras; alentar el trabajo colegiado orientado a resultados con objetivos precisos, con la evaluación como base para el mejoramiento continuo; y transformar la escuela en una institución dinámica que genere oportunidades diferenciadas para que todos sus estudiantes logren aprendizajes relevantes para su vida presente y futura.”

El modelo integra tres dimensiones: la gestión institucional, la escolar y la pedagógica. En la dimensión de la gestión pedagógica, se ubica el diseño instruccional y por tanto una posible intervención en el proceso cognitivo que permita al estudiante aprender de manera significativa.

Indicadores de la calidad educativa.

Se han definido indicadores de la calidad educativa cuya función es medir y dar seguimiento a las acciones realizadas para determinar si efectivamente se produce una mejora en la educación.

La OCDE inició en 1988 el proyecto Indicators of Education Systems (INES) cuyo objetivo era crear un sistema internacional de indicadores de los sistemas educativos. Su primera versión se concluyó en 1992 y en los años siguientes se fueron ampliando y mejoran hasta el punto de crear el Proyecto PISA (Programme for International Student Assessment) para obtener sus propios indicadores de rendimiento.

Sobre la base de los indicadores creados por la OCDE algunos países han elaborado sus propios indicadores, entre ellos esta el caso del Ministerio de Educación Cultura y Deporte de España (INCE, 2000), y el de Catalunya que desde 1996 tiene sus propios indicadores, basados en los vigentes de la OCDE.

En el informe del 2002 de la OCDE, presenta un total de 33 indicadores, clasificados en cuatro grupos (Sarramona, 2003): 1) Indicadores de resultados del aprendizaje 2) Indicadores de recursos económicos y humanos; 3) Indicadores de acceso a la educación,

participación y promoción; y 4) Indicadores de *contexto pedagógico* y organización escolar. Entre los indicadores se destaca las actitudes y prácticas de los jóvenes en el dominio de las TIC.

Por su parte, la Comisión de la Unión Europea ha establecido 16 indicadores de calidad de la educación como referencia de compromiso para todos los países miembros, agrupados en cuatro ámbitos. Estos indicadores fueron aprobados en el 2000 en la cumbre de Lisboa, por 26 representantes de países miembros de la Unión y aspirantes a entrar en ella (European Commission, 2000, citado en Sarramona, 2003).

En la clasificación de los 16 indicadores agrupados en cuatro ámbitos:

- a) Nivel logrado por los alumnos: 1. Matemáticas; 2. Lectura; 3. Ciencias; 4. Tecnologías de la Información y la Comunicación; 5. Lenguas extranjeras; 6. Aprender a aprender; 7. Educación cívica;
- b) Éxito y transición: 8. Tasa de abandono escolar; 9. Finalización de la educación secundaria superior; 10. Participación en la educación superior;
- a) Seguimiento de la educación: 11. Evaluación y conducción de la educación escolar; 12. Participación de los padres;
- b) Recursos y estructuras: 13. Formación de los profesores; 14. Escolarización en educación pre-primaria; 15. Número de estudiantes por ordenador; 16. Gastos educativos por estudiante.

De los 16 indicadores se contemplan en éste trabajo de investigación tres: a) el uso y evaluación de *las TIC como un medio para la enseñanza y el aprendizaje*; b) el *aprender a aprender* para alcanzar un aprendizaje duradero a lo largo de la vida; y c) contempla *la tasa del abandono escolar*, un fenómeno que existe en todos los niveles escolares.

En México, la Secretaría de Educación Pública (SEP), realiza esfuerzos constantes para aumentar la cobertura y el mejoramiento de la calidad educativa.

La Unidad de Planeación y Evaluación de Políticas Educativas (UPEPE) y el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE), a mediados del 2005 definen un núcleo básico de 23 indicadores. El Sistema Nacional de Indicadores Educativos (SININDE) organiza los

indicadores en cuatro ejes basándose en el modelo de Education at a Glance(Martínez y colaboradores, 2007, pag. 36): 1) Contexto social; 2) Contexto escolar (agentes y recursos del sistema); 3) Resultados (acceso y trayectoria, entre otros); y 4) Procesos educativos y gestión escolar.

El eje de acceso y trayectoria integra indicadores como la *tasa de aprobación*, la *tasa de deserción* y la *eficiencia terminal*(Martínez y colaboradores, 2007, pag. 48), fenómenos que impactan de manera considerable la calidad educativa en nuestro país. Estos indicadores son medibles en el contexto global (país, estado, municipio), en el particular (región, escuela). Desde el punto de vista operativo, la aprobación y deserción se cristaliza en las actividades que integran el proceso de enseñanza y aprendizaje. Por supuesto todo esto dentro de un contexto sociocultural en el que se desenvuelve el estudiante en el que se presentan problemas familiares, económicos, laborales y emocionales, lo que refleja una situación social compleja.

Se puede concluir que para hablar de educación de calidad para todos, es necesario que sea: a) Relevante, es decir, que genere aprendizajes significativos, que fomente el aprendizaje de competencias y retos que impone una sociedad del conocimiento, y a la facultad para desarrollar un proyecto de vida; b) Pertinente, que considere los contextos sociales y características de los estudiantes, por tanto, los contenidos educativos y las actividades de aprendizaje deben ser adecuados al desarrollo integral del individuo, adaptados a las necesidades específicas de los estudiantes, del contexto social y cultural; por último debe responder a una exigencia de equidad y atención a la diversidad, lo que implica comprende principios de igualdad y diferenciación, al atender a las necesidades de cada estudiante, garantizando que todas tengan oportunidades diferenciadas que permitan alcanzar una educación de calidad. Lo anterior enmarca la necesidad de ofrecer a los estudiantes mecanismos para personalizar su aprendizaje acorde a sus procesos cognitivos.

El fenómeno de la eficiencia terminal.

En éste contexto, un fenómeno común en las IES que se imparten Licenciaturas de Ingeniería, es el alto índice de deserción y reprobación, lo que provoca un bajo rendimiento escolar de los estudiantes, y a su vez impacta considerablemente en la eficiencia terminal.

Es importante mencionar que en el reporte de la OCDE “PISA 2012 Results: Creative Problem Solving. Students’ skills in tackling real-life problems” (OCDE, 2014) se presentan datos alarmantes al aplicar pruebas que determinan el nivel de creatividad y solución de problemas (habilidades necesarias para todo ingeniero).

Precisamente México, Brasil, Túnez y Turquía obtuvieron los rendimientos más bajos. ¿Qué sucede en nuestro país? y de manera particular en las Instituciones de Educación Superior? Hay que analizar el origen del problema para proponer alternativas que busquen un impacto positivo.

Al analizar estadísticas de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM, 2012), entorno a ésta problemática se observa una tendencia a la baja en los porcentajes de eficiencia terminal en las Licenciaturas de Ingeniería.

¿Dónde se origina el problema? ¿Se desarrolla desde el interior de las aulas de clases? ¿Porqué no aprenden los estudiantes y por ende reprueban el curso? Este es un problema complejo que involucra muchas variables: los docentes, los estudiantes, los contenidos, las evaluaciones, el contexto social, cultural y económico.

La UAM cuenta con 5 campus; 4 en los alrededores de la zona Metropolitana del D.F. (Azcapotzalco, Iztapalapa, Cuajimalpa y Xochimilco) y el quinto campus en la ciudad de Toluca (Unidad Lerma).

La UAM tiene una estructura organizacional matricial dividida en Divisiones disciplinares, en Azcapotzalco se tienen las divisiones de: Ciencias Básicas e Ingeniería (CBI), Ciencias Sociales y Humanidades (CSH), Ciencias y Artes para el Diseño (CAD).

Al revisar los anuarios de la UAM, los porcentajes de eficiencia terminal por generación de ingreso por Unidad y División de los años 2012 y 2013, se observa que la División con menor porcentaje es CBI, como se muestra en las figuras 2.2 y 2.3.

UNIDAD	DIVISIÓN	AÑO DE INGRESO							
		1974-2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
AZCAPOTZALCO	CBI	33.5%	31.9%	29.8%	25.3%	20.4%	14.8%	8.1%	1.6%
	CSH	56.1%	51.5%	53.0%	49.9%	43.4%	38.4%	33.1%	24.9%
	CAD	52.1%	57.9%	57.9%	59.0%	49.6%	43.2%	33.7%	15.5%
	TOTAL	45.8%	45.6%	45.5%	40.0%	33.6%	26.9%	20.4%	12.0%
CUAJIMALPA	CSH					64.9%	73.3%	47.7%	34.3%
	CCD					51.4%	53.6%	38.9%	17.2%
	CNI					53.8%	28.6%	21.1%	12.0%
	TOTAL					59.4%	57.4%	38.7%	21.4%
IZTAPALAPA	CBI	33.0%	30.6%	30.9%	31.8%	30.0%	21.4%	14.8%	3.3%
	CSH	42.8%	47.8%	45.8%	49.7%	40.8%	40.0%	31.1%	16.4%
	CBS	42.4%	51.7%	47.2%	45.9%	44.7%	36.0%	20.5%	9.0%
	TOTAL	39.9%	43.9%	41.8%	44.0%	38.8%	34.0%	24.7%	11.0%
XOCHIMILCO	CSH	62.8%	64.2%	67.4%	68.3%	67.0%	63.0%	55.0%	40.5%
	CBS	65.5%	73.6%	74.0%	74.0%	73.0%	70.7%	64.3%	49.2%
	CAD	60.1%	66.6%	69.0%	69.2%	66.0%	56.4%	42.6%	27.3%
	TOTAL	63.6%	68.8%	70.6%	71.0%	69.6%	65.5%	56.7%	41.8%
TOTAL UAM		50.6%	55.4%	55.5%	54.6%	50.8%	44.8%	36.2%	22.8%

Figura 2.2. Eficiencia terminal por generación por ingreso por Unidad (2012). Fuente: UAM Anuario Estadístico 2012, pag 118.

Los datos son preocupantes, el porcentaje de eficiencia terminal de las Divisiones de CBI de la UAM están por debajo de la media Nacional (es menor al 35%).

En la figura 2.3 se muestra la eficiencia terminal por generación de ingreso por Unidad, se puede observar que en CBI Iztapalapa sólo el 3.3% de los estudiantes que ingresaron en 2008 concluyeron en 2012. Mientras que en CBI Azcapotzalco, tan sólo el 1.6% de estudiantes que ingresaron en 2008 concluyeron la licenciatura.

Un año después, en 2013, los porcentajes de eficiencia terminal de los estudiantes que ingresaron en el 2008 se incrementan del 1.6% al 10.5% en CBI Azcapotzalco, mientras que en CBI Iztapalapa el incremento va del 3.3% al 9.2%. En 5 años 10 de cada 100 estudiantes logran concluir sus estudios de Licenciatura en alguna Ingeniería.

Por otro lado, de los estudiantes que ingresaron en 2009 a la División de CBI Azcapotzalco tan sólo el 2.6% concluyeron en 2013, en la Unidad Iztapalapa se tiene un 3.8% de estudiantes que concluyeron sus estudios.

UNIDAD	DIVISIÓN	AÑO DE INGRESO							
		1974-2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
AZCAPOTZALCO	CBI	33.6%	32.6%	29.3%	24.8%	20.6%	15.5%	10.5%	2.6%
	CSH	56.1%	54.6%	52.7%	47.1%	43.5%	43.6%	41.8%	29.8%
	CAD	52.3%	58.4%	60.0%	53.4%	47.7%	44.2%	33.7%	23.9%
	TOTAL	45.9%	47.3%	43.1%	37.7%	32.3%	29.3%	25.3%	15.8%
CUAJIMALPA	CSH				64.9%	79.1%	59.3%	50.5%	19.7%
	CCD				56.8%	55.6%	40.9%	25.2%	9.8%
	CNI				53.8%	38.1%	31.4%	18.7%	4.5%
	TOTAL				60.6%	62.6%	46.0%	31.8%	11.3%
IZTAPALAPA	CBI	33.0%	34.1%	34.3%	34.8%	25.5%	19.1%	9.2%	3.8%
	CSH	43.1%	48.1%	52.3%	44.3%	43.7%	40.3%	35.7%	19.3%
	CBS	42.8%	50.6%	48.4%	49.2%	43.8%	32.1%	24.6%	10.0%
	TOTAL	40.2%	44.6%	46.6%	42.9%	39.0%	33.4%	25.8%	12.7%
XOCHIMILCO	CSH	62.8%	67.7%	69.1%	67.9%	65.8%	60.6%	59.3%	47.5%
	CBS	65.8%	74.3%	74.7%	74.0%	72.2%	69.8%	72.7%	46.1%
	CAD	60.5%	69.4%	69.7%	67.2%	60.0%	49.4%	52.4%	33.4%
	TOTAL	63.8%	70.9%	71.8%	70.6%	67.8%	62.5%	63.9%	44.3%
TOTAL UAM		50.9%	56.9%	56.5%	53.5%	48.9%	43.8%	39.6%	25.2%

Figura 2.3. Eficiencia terminal por generación por ingreso por Unidad (2013). Fuente: UAM2013, Anuario Estadístico, pag. 123.

Cabe aclarar que los modelos académicos adoptados por cada Unidad de la UAM son característicos y tienen diferencias importantes entre cada Unidad Académica (con respecto a que?). Por ejemplo, en la Unidad Xochimilco donde se tienen los porcentajes de eficiencia terminal más altos en todas sus licenciaturas, se tiene un modelo modular en el que se programan los cursos que el estudiante debe cursar dentro del módulo y esta obligado a aprobar todo o si no repite todo el módulo. Mientras que en el campus Iztapalapa se programan los cursos en grupos, donde el estudiante se inscribe en un grupo y puede aprobar todos o algunos cursos, por lo que su modelo es más flexible que en el campus de Xochimilco, donde pueden recurrir sólo el curso que reprobaron y no repetir todo el módulo como es el caso del campus Xochimilco.

En el caso de Azcapotzalco, el modelo también es flexible ya que permite a los estudiantes decidir los cursos a los cuales se va a inscribir a partir del segundo trimestre. Esta

flexibilidad genera que el estudiante se inscriba tanto en cursos de tronco general (Ciencia Básica), o como del tronco profesional, lo que genera una gama increíble de combinaciones en las inscripciones y en la dinámica inherente a las actividades académicas encaminadas a generar el aprendizaje en el estudiante.

Estos escenarios ponen a la luz una problemática compleja en la que intervienen múltiples variables y que sin duda gira en torno a la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería.

Lo anterior genera preguntas de diferente naturaleza como por ejemplo:

¿Existe equidad y atención a la diversidad en el proceso de enseñanza y aprendizaje que se lleva a cabo en el aula?

¿El modelo didáctico contempla las necesidades y diferencias de los estilos y tiempos de aprendizaje en cada estudiante?

Es común encontrar caricaturas que muestran ésta problemática (ver figura 2.4).



Figura 2.4. ¿Se atiende la diversidad en la evaluación del aprendizaje? ¹

¹ http://juditbrangoli.blogspot.mx/2011_06_27_archive.html

Atender la diversidad de pensamiento de los estudiantes mediante la personalización de la enseñanza y del aprendizaje requiere de una evaluación personalizada. Por tanto, el objetivo de ésta investigación se centra en observar el proceso de enseñanza y aprendizaje desde una perspectiva sistémica, buscando atender las necesidades propias de cada estudiante y al mismo tiempo impactar en su rendimiento escolar (índice de aprobación y desarrollo cognitivo), mediante la personalización de las actividades de aprendizaje. Esto puede fungir como motivante cuando el alumno desarrolle actividades asociadas con su estilo dominante de pensamiento, mientras que actividades de otro estilo de pensamiento le permitirán desarrollar nuevas habilidades cognitivas.

Principios de calidad para mejorar el rendimiento en el aprendizaje.

Considerando el análisis previo aplicaremos para mejorar el rendimiento de los estudiantes los siguientes tres de los principios de la calidad:

- a) La flexibilidad, ya que intenta definir un modelo que se adapte a las características de los estudiantes, considerando una pedagogía de la diversidad que mejore el proceso de enseñanza y aprendizaje;
- b) La equidad, al atender a las necesidades de cada persona, garantizando que todas tengan oportunidades diferenciadas; y
- c) La relevancia, asociada al aprendizaje de competencias y el desarrollo personal.

Todo lo anterior describe el entorno en el que se observará el fenómeno del rendimiento escolar al interior de una IES que ofrece estudios de licenciatura en Ingeniería y que es motivo de la presente investigación.

De ahí que la importancia del presente estudio radica en proponer a la educación superior un enfoque cognitivo constructivista, mediante intervenciones en los procesos cognitivos, que den la debida atención a la diversidad a través de un aprendizaje personalizado mediado por Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Para lo cual nos apoyaremos en modelos asociados con los Sistemas Basados en Conocimiento, que permitan construir soluciones prácticas y generar nuevos conocimientos, que tengan un impacto positivo en la gestión de la calidad del proceso de enseñanza y aprendizaje que se ofrece a los estudiantes de Educación Superior de Ingeniería.

CAPITULO 3

Estado del arte

El estado del arte contempla un análisis de artículos del 2008 al 2014 relacionados con la problemática planteada, la mejora del rendimiento escolar mediante la activación o desarrollo de las habilidades cognitivas en el aprendizaje del estudiante, considerando el tema de la reprobación desde diferentes enfoques. Se incluyen dos investigaciones que aportan posibles soluciones a la problemática y que están relacionadas con la evaluación del aprendizaje.

La primera investigación, desde la perspectiva de la educación, se centra sobre la relación entre estilo de aprendizaje y evaluación. La segunda investigación trata sobre las tecnologías emergentes que buscan mejorar el aprendizaje y por tanto el rendimiento escolar en cuanto la personalización de las actividades de evaluación de los aprendizajes, así como la personalización del aprendizaje mediado por herramientas tecnológicas.

La reprobación, un fenómeno común en las Instituciones de Educación Superior.

En los trabajos publicados en el Primer Congreso Latinoamericano de Ciencias de la Educación en septiembre de 2010, se presentan datos contundentes referentes a: “La reprobación escolar como objeto de estudio en la investigación educativa”. Las investigaciones presentadas en este evento analizan el problema de la reprobación escolar. Se presenta un panorama del estado de conocimiento y la complejidad de la reprobación escolar, lo que demuestra que falta mucho por investigar para encontrar respuestas que se traduzcan en resultados exitosos.

La información se recopiló del índice de revistas de educación superior (IRESIE), localizando 65 trabajos realizados de 1983 a 2002, de varios países de habla hispana: Latinoamericanos (entre ellos México) y Europeos. Treinta y dos de los estudios corresponden a México y representan el 52% del total, 15 de los trabajos se realizaron en Instituciones de Educación Superior (IES).

Las principales problemáticas abordadas son:

- a) *Deserción*. Se asume como un problema importante dentro del ámbito educativo que produce un efecto que lleva implícito al estudiante, a la institución y a la economía del país. Baena lo aborda mediante el análisis de los índices de reprobación y deserción de los estudiantes de la Especialidad de Ciencias Políticas en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM (Baena, 1995). El autor se enfoca en el proceso de enseñanza-aprendizaje y propone un cambio en la metodología didáctica que podría superar el problema.
- b) *Fracaso escolar*. En este rubro se integran los resultados que evidencian las deficiencias del sistema educativo, considera el caso en que el estudiante no obtiene los logros académicos esperados; los índices de reprobación, deserción, bajo rendimiento, rezago, baja eficiencia terminal, entre otros, encontrando que son elevados; las autoridades dictaminan el fracaso escolar a la acción educativa del sistema.
- c) *Eficiencia terminal*. La eficiencia terminal en las IES, considera el número de estudiantes que concluyen el total de créditos de la carrera contra el número de éstos que logran titularse.
- d) *Rezago escolar*. El rezago escolar se refiere al desfase que se presenta entre la edad del estudiante y el grado escolar que cursa, éste es inferior al que le corresponde de acuerdo con su edad. Se ubica el problema como efecto de la forma tradicional en que opera la administración escolar la cual genera un gran número de problemas en el ámbito educativo.

Este análisis se realiza desde el punto de vista de las problemáticas abordadas, por lo que no se consideran puntos que favorecen la aprobación tales como la persistencia o perseverancia del estudiante.

Además, de las investigaciones analizadas, 22 tienen como objeto de estudio la reprobación y se clasifican desde perspectivas disciplinares (Jiménez H. G. y colaboradores, 2010):

- a) *Enfoque psicológico.* Centran su trabajo indagatorio en aspectos psicológicos individuales, asumen que el problema de la reprobación es un asunto que compete al estudiante y está determinado por su motivación. Se pone atención en la reprobación como resultado de desajustes emocionales de los estudiantes.
- b) *Enfoque en el método pedagógico.* Observan la reprobación como problema del proceso de enseñanza y aprendizaje, centran su atención en el resultado de la práctica educativa, bajo este enfoque consideran que se resuelve el problema a través de cambios en el método de enseñanza
- c) *Centradas en la evaluación.* Consideran que en el resultado de la evaluación es donde se concretiza la reprobación. Los investigadores que asumen esta perspectiva, consideran que a través de mejorar en las técnicas de diseño de los instrumentos de evaluación se disminuirán los índices de reprobación. Sin embargo, no hay que perder de vista que la evaluación es un conjunto de métodos, que abarca un todo el proceso desde la evaluación diagnóstica hasta la evaluación sumativa, por lo que no sólo depende del diseño de instrumentos de evaluación.
- d) *Centradas en la acción docente.* Consideran que la acción formativa del profesor determina el éxito o el fracaso escolar. Por lo que al intentar comprender el problema educativo de la reprobación. El profesor, su práctica pedagógica, sus actitudes hacia los estudiantes, así como otras acciones que le competen, son motivo de análisis y reflexión. Ribeiro (Ribeiro, 2000 pag. 159-170) considera que para atacar éste problema es necesario un programa de formación de profesores que contempla: 1) Una formación continua; 2) La formación de profesores; 3) Reflejos en el salón de clase; 4) el profesor y el programa de formación; y 5) La formación de profesores y su articulación con otras acciones.

Dentro del marco presentado la investigación que se realiza, se enfoca en el método pedagógico, abordando la reprobación como un problema del proceso de enseñanza y aprendizaje, de manera muy específica centrándose en la evaluación del aprendizaje como culminación de la reprobación. Por tanto, se presentan investigaciones con diferentes enfoques

entorno a la evaluación del aprendizaje y su personalización mediada por herramientas tecnológicas.

Investigaciones que abordan desde diversos enfoques la evaluación del aprendizaje.

En los últimos años la investigación asociada con las estrategias de evaluación del aprendizaje es abordada desde diferentes perspectivas por autores como Smyth (2004), Sangster (1996), Cassidy (2007), García-Ros y Pérez-González (2011), Uğur y cols. (2011), Verhoeven (2010), Heerwegh y De Wit (2010), Burnett (2011), Farrell y Leung (2004), Marshall (2010), entre otros. Realizan aportaciones que se pueden clasificar con bases en cuatro enfoques: 1) Las relacionadas con el estilo de aprendizaje; 2) Las prácticas de evaluación formativa; 3) Las interacciones y comunidades de aprendizaje; y 4) La personalización de las actividades de evaluación.

Evaluación del aprendizaje y los estilos de aprendizaje.

Autores como Sangster (1996), Cassidy (2007), Uğur y colaboradores (2011), García y Pérez (2011), consideran importante conocer el estilo de aprendizaje del estudiante para mejorar sus habilidades de aprender a aprender y su relación con las estrategias de evaluación, se analizan algunos de sus trabajos más relevantes.

Sangster (Sangster, 1996) se centra en analizar la evaluación considerando los estilos de aprendizaje de los estudiantes y sus habilidades de aprender a aprender. Después de realizar pruebas por 5 años, identifica que los estilos de aprendizaje tienen un impacto en el desempeño de la evaluación por objetivos, encuentra evidencia de que los estudiantes con bajos niveles en sus estilos de aprendizaje (puntuaciones menores al 20% del 100% que podrían obtener) tienen desventajas en el momento de la evaluación y concluye que cualquier investigación relacionada con el rendimiento escolar de los estudiantes debe incluir como variable independiente los estilos de aprendizaje.

Por su parte Cassidy (Cassidy, 2007), realiza investigaciones con el objetivo de determinar la relación entre la auto-evaluación y estilos de aprendizaje. La investigación

propone que el estudiante se autoevalúe; es decir, establezca la valoración de su desempeño, para compararla con la asignada por el profesor. Encuentra evidencias de que los estudiantes subestiman su rendimiento, un pequeño grupo establece evaluaciones menores a su desempeño.

Mientras que Uğur y colaboradores (Ugur y cols., 2011), analizan en un ambiente de aprendizaje mixto (b-learning) la visión de los estudiantes respecto a su estilo de aprendizaje según la teoría de Kolb. Los estudios realizados por estos autores valoraron los medios de comunicación basada en la Web y las sesiones presenciales. Los estilos con mayor número de estudiantes fueron los asimiladores, acomodador y convergentes. Las opiniones de los estudiantes sobre el método de aprendizaje mixto fueron muy alentadoras.

Tomando un enfoque más orientado al profesor, García-Ros y Pérez-González, (García-Ros & Pérez-González, 2011) centran su investigación en el análisis de las preferencias de los profesores con referencia a los procedimientos de evaluación y la relación de éstas con los estilos de aprendizaje y las orientaciones motivacionales. Obtienen evidencias de que las preferencias se estructuran en dos dimensiones ortogonales, las preferencias por métodos convencionales y no convencionales. La preferencia por procedimientos no convencionales se relaciona con un estilo de aprendizaje profundo, así como una orientación intrínseca hacia el aprendizaje, el valor de las actividades de aprendizaje, y la autoeficacia académica.

Por último, Verhoeven y colaboradores.(Verhoeven, y cols., 2010), realizan una investigación para validar si existe una contribución de los estilos de aprendizaje a la explicación de la variación en las competencias en TIC y el desarrollo de las mismas. Así mismo evalúan si existe alguna contribución de los estilos de aprendizaje y de género, la clase social y la asistencia a los cursos de las TIC a la explicación de la varianza en estas habilidades. Los resultados muestran que mejora la capacidad de los estudiantes de trabajar en equipo y desarrollar el trabajo solicitado, pero no la capacidad de aplicar las habilidades básicas en TICs. Los análisis muestran que existe una relación entre los estilos de aprendizaje y las competencias en TIC. Los datos muestran que tener un cierto estilo de aprendizaje puede influir en la percepción de los estudiantes de sus habilidades en el uso de las TIC. Los estilos

de aprendizaje puede explicar en parte las diferencias entre los grupos de estudiantes con diferentes características.

La evaluación del aprendizaje desde las prácticas de evaluación formativa.

Los trabajos realizados por Farrell y colaboradores (Farrell y cols.,2004) se enfocan en la importancia de la priorización de la prácticas de evaluación formativa y se resumen a continuación.

En 2004, Farrell y Leung realizan una investigación en la que proponen un sistema web para la evaluación formativa, basada en preguntas de opción múltiple, que permite al estudiante registrar el nivel de confianza de la respuesta. La puntuación refleja la comprensión del tema que se examina. Se encontraron evidencias de que la herramienta contribuye de manera positiva para el profesor y el estudiante a lo largo de su ruta de aprendizaje.

Al mismo tiempo, Smyth(2004) aborda el tema desde la discusión y análisis de la priorización de las prácticas de evaluación en las etapas iniciales de un curso. Revela la importancia de enseñar a los estudiantes las diferencias en las formas de evaluación, explora cómo la reflexión de los estudiantes en los procedimientos de evaluación es una parte necesaria del proceso de aprendizaje.

Por último, Marshall (Marshall, 2010), realiza sus investigaciones en Estados Unidos durante los 60's y los 70's lo que permitió el diseño de un modelo para el análisis de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones.

La autora realiza tres evaluaciones: análisis de los principales factores del agente de cambio de proyectos realizados por la Rand Corporation; la evaluación de un programa de apoyo para niños de bajos recursos en escuelas de educación básica; y una evaluación multianual diseñada para cambiar la enseñanza de las matemáticas al mismo tiempo que se desarrollan herramientas de evaluación adecuadas. En las tres evaluaciones se destaca la importancia de definir claramente las prácticas, la fidelidad de la evaluación, recopila la opinión de las partes interesadas, así como las evaluaciones del progreso de los estudiantes. Resalta la importancia de una evaluación formativa que al mismo tiempo que se aprende se

evalúe, propone diversas herramientas para la evaluación del aprendizaje. Sin embargo, no aborda la personalización de la evaluación o las actividades de aprendizaje.

Las interacciones y comunidades de aprendizaje en la evaluación de los aprendizajes.

Autores como Burnett (2011), Martínez y colaboradores (2012), Del Canto y colaboradores (2010), realizan trabajos enfocados en la importancia de las interacciones y la conformación de comunidades de aprendizaje.

Del Canto y colaboradores (Del Canto y cols., 2010) proponen estrategias y técnicas que se utilizan para desplegar un sistema de evaluación de amplio alcance, en asignaturas de ingeniería, considerando los requerimientos del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) consideran la evaluación del seguimiento de la actividad del estudiante.

Posteriormente, Burnett, (Burnett, 2011) realiza investigaciones asociadas con la conformación de comunidades de aprendizaje para el trabajo colaborativo. En su estudio realiza entrevistas a estudiantes de prácticas digitales. A diferencia de otros estudios que se centran en la evaluación de proyectos o intervenciones específicas. Se investigó la experiencia del estudiante a lo largo del curso. El análisis considera tres aspectos de su experiencia: (1) cómo se relacionan con el entorno virtual de aprendizaje, (2) cómo se relacionan con otros, y (3) las comunidades de aprendizaje que formaron para gestionar su participación en los entornos de aprendizaje. Concluye que los entornos digitales en la universidad se intersectan con la forma de aprender de los estudiantes. La autora asocia la forma de aprender del estudiante con la formación de comunidades de aprendizaje para el trabajo en entornos virtuales.

Por último, Martínez y colaboradores (Martínez y cols., 2012) abordan la evaluación del aprendizaje en entornos virtuales de enseñanza aprendizaje, proponen un marco que ayuda a clarificar, cómo se puede llevar a cabo la evaluación de los aprendizajes en los Entornos Virtuales de Aprendizaje. El marco contempla la reflexión entorno a los mecanismos de comunicación, los recursos utilizados y contenidos, pero no consideran las actividades de aprendizaje.

La importancia de la personalización de la evaluación de los aprendizajes.

Autores como Coll y colaboradores (Coll y cols.,2000), Dochy y colaboradores (Dochy, y cols, 2002), Guzmán y Pérez de la Cruz (Guzmán y Pérez de la Cruz., 2005) y Peñalosa (Peñalosa E.,2012), realizan investigaciones que abordan la importancia de la personalización de la evaluación de los aprendizajes.

Los trabajos de Coll y colaboradores están relacionados con la atención a la diversidad en las prácticas de evaluación. Identifican la necesidad de revisar y reconsiderar las prácticas comunes que se utilizan para evaluar el aprendizaje de los estudiantes, con el objetivo de implementar una estrategia general, que integre los principios de la enseñanza adaptativa y la atención a la diversidad de los estudiantes en las escuelas. Los autores proponen un esquema de una cultura inclusiva para la evaluación, incorporando los principios de diversificación y flexibilidad (característica de la enseñanza adaptativa). Reconocen la importancia de realizar una revisión rigurosa y sistemática de las prácticas de evaluación.

Peñalosa por su lado, aborda la evaluación del aprendizaje presencial o en línea, propone 3 etapas: 1) la evaluación diagnóstica para determinar el nivel de conocimientos de los estudiantes; 2) la evaluación formativa (durante la acción docente, que representan andamiajes de su desempeño) y la evaluación sumativa (al concluir la acción docente). Subraya la importancia de la evaluación continua del aprendizaje en la modalidad en línea dada la importancia de retroalimentar al estudiante de su desempeño. La personalización de la evaluación que propone considera tres tipos de evaluaciones: a) automáticas (realizadas y calificadas inmediatamente); b) elaborativas (construidas por el estudiante) y c) colaborativas (trabajo grupal) (Peñalosa, E., 2010).

Mientras que Dochy y colaboradores presentan diferentes mecanismos para convertir a la evaluación en una herramienta de motivación, de enseñanza y de aprendizaje. Adicionalmente analizan las diferencias entre la autoevaluación, la evaluación entre pares y la co-evaluación.

Por otro lado, Guzmán y colaboradores proponen un modelo de evaluación cognitiva basado en tests adaptativos informatizados para el diagnóstico en sistemas tutores inteligentes

que aplican técnicas de Inteligencia Artificial para guiar al estudiante durante el proceso de instrucción.

Asimismo, Guzmán y colaboradores proponen mejorar el rendimiento estudiantil utilizando pruebas de autoevaluación. La prueba es el mecanismo más genérico y quizás el más ampliamente utilizado para la evaluación de los estudiantes. La mayoría de las pruebas se basan en la teoría clásica de los tests, que dice que la calificación de un estudiante es la suma de las puntuaciones obtenidas en todas las preguntas más algún tipo de error. Lo más relevante es que el resultado de la prueba del estudiante depende en gran medida de las preferencias o capacidades de aprendizaje de los individuos y también en el formato de la prueba real.

Según esta teoría, las pruebas no son necesariamente útiles en los sistemas educativos inteligentes que requieren con exactitud el estado del conocimiento del estudiante para guiar el proceso de aprendizaje. Sin embargo, la Web ha creado una nueva generación de sistemas hipertexto adaptativos inteligentes que ofrecen nuevos tipos de interacción y de instrucción. Una de estas herramientas es SIETTE (sistema de evaluación inteligente), que infiere el conocimiento del estudiante mediante una prueba de adaptación. (Guzmán y cols., 2007).

Finalmente, como parte del trabajo que realiza Brna (Brna P., 2002) en la red de investigación Learner Modelling for Reflection (LeMoRe), ha desarrollado modelos de aprendizaje que alientan a los estudiantes a reflexionar en torno a su propio aprendizaje. Consideran el involucramiento de compañeros y maestros al evaluar, construyen soluciones mediante una variedad de contextos de aprendizaje como el aprendizaje basado en recursos, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje basado en la evaluación.

Las investigaciones de los últimos años entorno a la evaluación del aprendizaje desde el punto de vista pedagógico, abordan diversos enfoques como ya se mencionó. Ahora es importante analizar los trabajos realizados entorno a las tecnologías emergentes, donde se proponen modelos, sistemas y herramientas que contribuyen con soluciones alternativas relacionadas con la evaluación de los aprendizajes.

Investigaciones de tecnologías emergentes que buscan mejorar el aprendizaje.

En los trabajos publicados en el International Journal of Emerging Technologies (iJET) in Learning, durante el periodo comprendido del 2006 al 2014, aparecen datos interesantes referentes a la evaluación del aprendizaje, la aplicación de estilos de aprendizaje y su relación con la Inteligencia Artificial. Se presenta un panorama del estado de conocimiento y la complejidad de la personalización como un factor de impacto en el aprendizaje.

Se localizaron 148 trabajos publicados en la iJET referentes al rendimiento y al aprendizaje, 44 investigaciones abordan el uso de sistemas adaptativos, 21 se asocian al uso de ontologías, 27 trabajos se relacionan con el uso de estilos de aprendizaje, de los cuales 2 tratan el uso y aplicación de teorías cognitivas. En lo que se refiere a la evaluación y la valoración (assessment), se localizaron 17 artículos relacionados con la evaluación, 33 asociados a la valoración y por último 7 artículos que consideran la personalización.

De las investigaciones analizadas, 44 tienen como objeto de estudio soluciones con tecnologías emergentes para mejorar el aprendizaje y se clasifican desde perspectivas disciplinares: centradas en la evaluación, centradas en la valoración (assessment), basadas en ontologías y centradas en la personalización. A continuación se resumen los trabajos más relevantes.

Investigaciones centradas en la evaluación.

Autores como Mödritscher, Andergassen, Law, García-Barrios (2013); Salaheddin Odeh, Qaraeen (2007); Tedman, Loudon, Wallace, Pountney (2009) y Samarakou, Papadakis, Fylladitakis, Hatziapostolou, Tsaganou, Früh (2014), enfocan su trabajo indagatorio en aspectos asociados con la evaluación de modelos didácticos (Mödritscher), proponen métodos y técnicas para evaluación en E-Learning (Odeh), también abordan la evaluación del aprendizaje en línea (Tedman,), así como la evaluación del estudiante apoyada con herramientas de Inteligencia Artificial (Samarakou). A continuación se presentan los trabajos más significativos que aportan indicios para la propuesta de nuestro trabajo de investigación.

Iniciaremos con los modelos didácticos ya que son un factor importante en el éxito de un curso en línea, por tal razón Mödritscher y colaboradores (Mödritscher y cols., 2013), aplican las “curvas de aprendizaje”, para medir los índices de error de los usuarios cuando interactúan con los sistemas educativos adaptativos. Los resultados que presentan muestran que las tasas de error siguen una distribución de ley de potencia (Mizoguchi, R., & Bourdeau, J., 2000). Aplicar las curvas de aprendizaje para evaluar el modelo didáctico es valioso para retroalimentar a los profesores y a los generadores de contenidos didácticos de los cursos en línea.

Por otro lado, la investigación de Odeh y Qaraeen(2007) se enfoca en la evaluación de un programa de e-learning de matemáticas a nivel primaria. Incorporan una gran cantidad de ejemplos y ejercicios que permiten a los niños comprender el funcionamiento básico de la fracción real, a través de ilustraciones visuales. Presentan ventajas del e-learning y su impacto en el proceso de aprendizaje de los estudiantes en las escuelas de Palestina. Realizan pruebas de usabilidad para valorar el efecto de utilizar la tecnología en el logro de los estudiantes en matemáticas, comparado con la modalidad tradicional. Es interesante la incorporación de una variedad de actividades de aprendizaje a través de los ejemplos y ejercicios, aunque no se personalizan, si aplican apoyos visuales.

Mientras que en la Universidad de Griffith se ofrece un programa médico a través de la entrega de diversos tipos de recursos de aprendizaje en línea. Tedman y colaboradores (Tedman, y cols., 2009) realizan una investigación en la que incluyen las evaluaciones periódicas en línea a grupos de tutoría y se evalúan las percepciones del grupo. Presentan datos que muestran la importancia de la evaluación ya que promueve la participación de los estudiantes en la evaluación de los cursos, destacan la necesidad del desarrollo del personal y la identificación de los estudiantes en riesgo de reprobación del curso. La investigación integra diversos tipos de recursos de aprendizaje en línea, y mecanismos continuos de evaluación, pero no considera la diversidad en las actividades de aprendizaje.

Para concluir esta sección Samarakou y colaboradores que proponen el diseño de un entorno de aprendizaje abierto, que monitorea la comprensión de los estudiantes, evalúa sus conocimientos previos mediante una evaluación de diagnóstico, crea perfiles de estudiantes individuales, ofrece atención personalizada y evalúa su desempeño mediante el uso de la

inteligencia artificial (Samarakou y cols., 2014). Desafortunadamente, la prueba de ensayo presentada se soporta con tan sólo la participación de 20 estudiantes y aunque muestran resultados prometedores es necesario seguir realizando pruebas. Es importante resaltar que su enfoque integra acciones que atienden la diversidad, tales como la identificación de perfiles individuales y la atención personalizada.

Investigaciones centradas en herramientas para la valoración (assessment).

Autores como Josep y cols., (2010); Al-Smadi, y cols., (2010); Marin, y cols., (2012); Al-Sayyed, y cols., (2010); Glavinić, y col., (2008); Al-Sayyed, y cols., (2010); Elliott (2008); Guetl (2008); Anolli, y cols., (2010); Grasso y Rosell (2006); Gusev, y cols. (2013); Al-Smadi, y cols., (2009), se orientan a la valoración de estrategias de aprendizaje (Marin, y cols., (2012), la valoración automatizada (Al-Sayyed, y cols., (2010), modelos de valoración interactiva (Glavinić, y col., (2008), sistemas de valoración motivacional y emociones (Anolli, y cols., (2010), la valoración formativa (Soler.), la valoración del aprendizaje cooperativo (Grasso y Rosell (2006), trabajos basados en herramientas para la valoración (Guetl,) y la valoración con Web 2.0 (James). En lo que respecta a la E-evaluación o E-Assessment, además se localizaron trabajos de la arquitectura basada en la nube para la E-assessment (Gusev), y sistemas flexible de E-Assessment (Al-Smadi, y cols., 2010).

Buscar acercar el siglo 21 en el sala de examen es una de las prioridades de Elliott (Elliot, 2008). Por tal razón, desde el 2008, propone que el tipo de actividad de evaluación que mejor se adapte a los nuevos estudiantes debe incluir las siguientes características: 1) *Auténtico*: el conocimiento y las habilidades aplicadas a el mundo real; 2) *Personalizado*: adaptado a los conocimientos, habilidades e intereses de cada estudiante; 3) *Negociado*: acuerdo entre el estudiante y el profesor; 4) *Participación*: de los intereses personales del estudiante; 5) *Reconocimiento*: de las habilidades existentes del estudiante; 6) *Profundo*: evaluar el conocimiento aplicado; 7) *Orientado a problemas*: tareas originales que muestren sus habilidades para resolver problemas; 8) *Colaboración*: en asociación con otros estudiantes; 9) *Evaluación por pares y autoevaluación*: implica la auto-reflexión y revisión

por pares; 10) *TIC*: fomentar el uso de las nuevas tecnologías; y 11) *Atención*: asesoramiento personalizado no obliga individualizado.

El mismo autor propone que en los niveles más avanzados, los estudiantes podrán proponer criterios de evaluación adicionales, inclusive puede ser un elemento de auto-y co-evaluación permitida. Así mismo propone que el tipo de prueba que mejor se adapta a esta forma de evaluación sería la siguiente: a) *De origen natural*: ya existentes o generados por interés personal; b) *Multimedia*: existente en formato de texto, audio y video; c) *Digitales*: como el correo electrónico, registros de mensajes instantáneos, blogs, grabaciones contribuciones wiki, audio y vídeo; y d) *Distribuida*: pueden estar dispersos a través de diversas fuentes tales como sitios web, blogs, correo, iPod, entre otras (Elliott, 2008).

En todos los casos, el profesor sigue estableciendo los parámetros generales de la actividad de evaluación. Sin embargo, esta actividad de evaluación puede haber flexibilidad en términos de tiempo, lugar, contenido, contexto y ámbito de aplicación. Dos retos para las instituciones educativas son la evaluación por pares, la autoevaluación, y la evaluación del trabajo colaborativo. Los hallazgos encontrados por Elliot abre un abanico de posibilidades que en muchas Instituciones de Educación Superior son casi impensables.

Por otro lado, Marin y Rodriguez (Marin, y Rodriguez, 2012), realizaron un trabajo de investigación asociado con un programa virtual en el que aplican la estrategia de aprendizaje de portafolio virtual como una herramienta para evaluar el aprendizaje. Además evalúan la dimensión y la dirección de las interacciones entre los estudiantes y el profesor, los resultados muestran que la dimensión más utilizada fue la social (55,9%), seguida por la procedimental 41.4%. Mientras que las interacciones que se realizaron en la dirección del estudiante al profesor fueron mayores a las realizadas en sentido inverso. Los autores mencionan que se esperarían que en futuras investigaciones se realicen con sesiones de Chat grabado y foros de discusión se presente progresivamente un cambio hacia las interacciones cognitivas.

Por su parte, Rizik y colaboradores (Rizik y cols., 2010) realizaron una investigación en la Universidad de Jordania, en la que evalúan la usabilidad de exámenes automatizados contra los tradicionales de papel y lápiz. La muestra utilizada en la investigación integró 613 estudiantes de 15 facultades. En los resultados obtenidos se observa que la mayoría de los

estudiantes están satisfechos con la aplicación de exámenes automatizados. Sin embargo, los autores proponen sugerencias para mejorarlo. Estos autores consideran el cambio de entorno en el que los estudiantes realizan su evaluación, siguen siendo los exámenes tradicionales, propiamente los autores no proponen una personalización de la evaluación.

Otro trabajo relevante es el realizado por Glavinić y colaboradores (Glavinić y cols., 2008) proponen un modelo de e-assessment para la evaluación de los conocimientos basado en gestión de problemas en circuitos electrónicos con lógica booleana digital. El modelo presenta problemas complejos a través de una interfaz gráfica para el usuario. El sistema puede retroalimentar al estudiante y ofrecer explicaciones. Lo innovador del modelo es el hecho que es una interfaz gráfica que muestra los problemas de microelectrónica y la retroalimentación que ofrece al estudiante, lo que implica una evaluación formativa. Sin embargo, los problemas que se presentan son los mismos a todos los estudiantes, ya que no se realiza una personalización específica respecto a las características del estudiante.

Mientras que Grasso y Roselli (Grasso y Roselli, 2006) presentan un trabajo basado en un método de modelado cooperativo del estudiante cuyo objetivo es construir un sistema de evaluación del estudiante mediante actividades y su auto-evaluación. El sistema se aplica en la enseñanza de fracciones para niños de primaria, donde se evalúa la eficacia de la participación de los estudiantes en el proceso de evaluación, comparando el modelo cooperativo y el modelo tradicional. Es importante resaltar que en ésta investigación se pone énfasis en el trabajo cooperativo así como la auto-evaluación con una recomendación al estudiante para poner más atención, ser más optimista y sí su actuación fue correcta o no. Nuevamente las actividades de aprendizaje no son personalizadas.

Existe una propuesta de un Sistema de E-assessment más complejo que integran aspectos de simulación, juegos de azar y elementos pedagógicos, donde el juego aprovecha la sinergia entre los procesos de apropiación emocionales y de aprendizaje. Anolli y colaboradores analizan la implicación de las emociones en el proceso de aprendizaje, muestran que la integración sistemática de evaluación multimodal y emocional puede desempeñar un papel importante para la comprensión científica de la compleja interacción entre las emociones y aprendizaje (Anolli y cols., 2010). En este trabajo el sistema intenta responder de manera adaptativa a las emociones cambiando la ruta del juego, escenarios o

expresiones de los personajes, proporcionando retroalimentación, entre otras. Las emociones son una variable interesante que pocos autores la han considerado como parte de sus investigaciones a este respecto.

Otro trabajo relacionado a esta temática es el realizado por Soler y colaboradores, ellos presentan una herramienta basada en web que fue diseñada para dar apoyo al proceso de enseñanza y aprendizaje para un curso de diseño de bases de datos utilizando diagramas de clases UML. La propuesta de Web creada ofrece una herramienta eficaz para la evaluación formativa, pues corrige automáticamente ejercicios de diagramas de clases UML mediante una retroalimentación inmediata al estudiante (Soler y cols., 2010).

La herramienta se ha utilizado en un primer grupo experimental de un curso de la base de datos que integraba a 48 estudiantes. Los resultados muestran que los estudiantes fueron capaces de resolver los problemas y aprobar el curso en un 80% aproximadamente. Los hallazgos obtenidos por estos autores sugieren que es prescindible debe integrarse la evaluación formadora al proceso de enseñanza y aprendizaje.

Guetl aborda la personalización de la evaluación, quien desarrolló una herramienta llamada e-Examiner que apoya el proceso de evaluación mediante la creación automática de los elementos de prueba y la evaluación de las respuestas, además de proporcionar retroalimentación al estudiante (Guetl, 2008). La herramienta también permite hacer inferencias sobre el comportamiento de los usuarios observados. Las inferencias se basan en un conjunto de medidas de similitud estadísticas. La parte experimental consta de una compilación de un conjunto de datos que consta de 8 preguntas, una respuesta de referencia para cada uno de ellos y 23 conjuntos de respuestas. Todas las respuestas de texto libre en el conjunto de datos se evalúan de forma manual por un experto de dominio de acuerdo con las respuestas de referencia y marcada por un número entre cero (no apropiado) y diez (Muy bueno). Los resultados obtenidos en esta investigación sugieren que la personalización de la evaluación se da en la evaluación formativa que ofrece el experto del dominio que evalúa de forma manual.

Asimismo, Gusev y colaboradores presentan una arquitectura SOA para e-Assessment alojada en la nube (Gusev y cols., 2013).

La arquitectura propuesta por los autores consta de tres módulos o subsistemas: (1) Módulo de gestión, (2) Módulo de reportes, y (3) Módulo de evaluación.

El módulo de gestión es el núcleo del sistema de e-evaluación que administra la distribución de recursos en la nube. Mientras que el módulo de reportes proporciona los resultados de los exámenes a profesores y estudiantes. Por último, el módulo de e-evaluación se encarga de aplicar a los estudiantes matriculados en el curso, las preguntas del examen, respuestas y otros datos necesarios se cargan en el momento de aplicar la evaluación lo que mejora el rendimiento.

Cada módulo puede residir en un servidor dedicado o en una máquina virtual, al alojarse en la nube se asignarán dinámicamente los recursos que necesite. La arquitectura integra un Sistema de Gestión del Aprendizaje (LMS) y un Entorno Virtual de Aprendizaje (VLE) que se utiliza para la enseñanza a distancia y la evaluación. Además posee un Sistema de Información Gerencial (MIS) que se utiliza para la recolección de los resultados de la evaluación y la presentación de informes. La solución que los autores presentan es innovadora ya que aprovecha un conjunto de servicios que proporcionan escalabilidad, calidad del servicio, con una fuerte inversión inicial; sin embargo, a la larga es de menor costo que las soluciones tradicionales.

Por su parte, Al-Smadi y colaboradores presentan un sistema de E-evaluación de los pares con el objetivo de mejorar el proceso de aprendizaje, mediante una retroalimentación enriquecedora (Al-Smadi y cols., 2010). El sistema se probó con 27 postulantes y 5 profesores, los pares que evalúan tienen la posibilidad de marcar las respuestas resaltando las observaciones mediante subrayado, negrita, cursiva según la exactitud de esa parte como correcto, incorrecto, e irrelevante.

Los estudiantes evaluaron su experiencia con el sistema e indicaron que adquirieron nuevos conocimientos durante el experimento, recomendando su uso como parte del proceso de aprendizaje.

Los resultados de este trabajo enmarcan la importancia de una evaluación formativa entre pares, realizada en la medida en que se involucra más al estudiante en el aprendizaje a través de la evaluación lo que se hace más consciente de la importancia de la misma y se

involucra con una sensibilidad distinta, evitando el estrés que genera en el estudiante un examen tradicional.

Investigaciones en las que aplican teorías de aprendizaje.

En este rubro, los autores El Bouhdidi y colaboradores (El Bouhdidi y cols., 2013); Shaffiei(Shaffieiy cols., 2014); Díaz-Granados y colaboradores (Díaz-Granadosy cols., 2009); Al-Smadi y colaboradores (Al-Smadiy cols., 2009); Mampadi y colaboradores (Mampadiy cols., 2012) encauzan su trabajo en aspectos de preferencias cognitivas (Mampadi y colaboradores), diseño de E-Contenido para estudiantes con estilo de aprendizaje visual (Al-Smadi y colaboradores), estilos de aprendizaje para determinar el acceso a objetos de aprendizaje (Mampadi y colaboradores), enfoque probabilístico para la Generación de sesiones de aprendizaje adaptado a los estilos de aprendizaje de los Estudiantes (El Bouhdidi y colaboradores).

El trabajo de Díaz-Granados y colaboradores se enfoca en diseñar un entorno virtual de aprendizaje basado en un sistema hipermedia adaptativo: WebCT, el cual permite la interacción de los estudiantes con diferentes materiales de apoyo según su estilo de aprendizaje. El estudio mostró que la motivación del estudiante mejora al aplicar patrones diferenciados para acceder objetos de aprendizaje (Iriarte y cols., 2009). Para los autores existe una importante correlación entre el desempeño académico y el estilo de aprendizaje.

En 2012, Mampadi y colaboradores desarrollan un Sistema de aprendizaje hipermedia adaptativo que personaliza la navegación y presentación de los contenidos basándose en los conocimientos previos o los estilos cognitivos de los estudiantes. Los resultados del trabajo empírico muestran que, en general, hay mejora en el rendimiento y percepción del estudiante. En el experimento participó un total de 104 estudiantes, 60 de los cuales usan la adaptación por conocimientos previos mientras que los otros 44 participaron en la adaptación por estilos cognitivos. Los resultados indicaron que los participantes utilizando la versión conocimiento previo superó a los que utilizan la versión de estilos cognitivos (Mampadi y cols., 2012). Es importante remarcar que la adaptación es a nivel de presentación de contenidos, no a nivel

actividades de aprendizaje, es interesante retomar la idea de involucrar los conocimientos previos en el orden de presentación de los materiales como una práctica cotidiana.

Un enfoque particular del diseño de E-contenido que considere las características de aprendizaje de estudiantes con perfil de aprendizaje visual, es presentado en 2014 por Shaffie y colaboradores. Los autores aplican la fase de análisis del modelo instruccional ADDIE, considerando las otras fases como parte de un trabajo futuro. Se aplicó un cuestionario para conocer los requisitos de los aprendices visuales, con el objetivo de utilizar ésta información para diseñar y desarrollar en el futuro E-contenidos para los estudiantes con estilo de aprendizaje visual (Amilah y cols., 2014). Los beneficios de tener E-contenidos es que los estudiantes puedan acceder a ellos desde cualquier lugar y en cualquier momento, mientras que a los educadores les pueden ayudar a mejorar sus estilos de enseñanza y utilizarlos como una herramienta adicional en clase. Este trabajo se enfoca en la personalización de los materiales de autoaprendizaje más que en las actividades de aprendizaje.

Por último, en 2013, El Bouhdidi y colaboradores presentan una solución basada en redes bayesianas con un enfoque educativo que aplica caminos de aprendizaje personalizados evolutivos, que se construyen en tiempo real a medida que los estudiantes avanzan en su aprendizaje. La arquitectura del sistema se basa en la web semántica, integra los estilos de aprendizaje de acuerdo con el modelo propuesto por Felder y Silverman (El Bouhdidi y cols., 2013, pag. 43); a lo que se le aplica un enfoque probabilístico basado en redes bayesianas que calcula la probabilidad de éxito de cada unidad de hipermedia del candidato, entonces se selecciona la más apropiada para la construcción de la evolución rutas de aprendizaje personalizadas.

La ontología de los estudiantes para representar sus perfiles se basa en estándar IMS-LIP mientras que la integración de sus estilos de aprendizaje se realiza mediante el modelo propuesto por Felder y Silverman; la ontología de recursos está diseñado sobre la base del estándar LOM.

Por último, la ontología de los objetivos educativos que pueden representar a los objetivos de un módulo de capacitación de acuerdo a la Taxonomía de Bloom.

En un segundo momento, desarrollan un modelo bayesiano basado, en el desarrollo cognitivo y características psicológicas de los estudiantes, así como en las características pedagógicas y educativas de unidades hipermedia para el cálculo de la probabilidad de éxito del pasado (El Bouhdidi y cols., 2013). Este trabajo determina las características de estudiante a partir de teorías de aprendizaje y personaliza la ruta de aprendizaje.

Investigaciones basadas en Ontologías.

Autores como Farida y colaboradores (Fariday cols., 2011); Rezgui y colaboradores, (Rezgui cols., 2014); Hosseini y colaboradores (Hosseini cols., 2013); Hackelbusch (2006); Capuano y colaboradores (Capuano cols., 2014); Mencke y Dumke (Mencke y Dumke, 2008), dirigen su investigación en el diseño y aplicación de ontologías tales como: modelado de recursos en E-Learning, ontologías basadas en el perfil del aprendiz (Rezgui y colaboradores), experiencias de aprendizaje basado en semántica (Capuano y colaboradores), modelos didácticos (Mencke y Dumke), ejercicios adaptativos mediante una evaluación automatizada y el uso de ontologías (Farida y colaboradores), ontologías para la representación de programas académicos (Hackelbusch), ontologías para la personalización del E-learning (Hosseini y colaboradores).

Las redes de aprendizaje surgen como una alternativa viable que integra perspectivas pedagógicas, organizativas y tecnológicas para poder comunicarse con los repositorios de otras ontologías. En éste contexto, Rezgui y colaboradores desarrollan una ontología para el modelado de perfiles de estudiantes para redes de aprendizaje, en la que contemplan información como la información de contacto, las relaciones que establecen los estudiantes con otros, la seguridad de la información que manejan, las preferencias en las interacciones entre humano y computadora para la personalización del entorno del sistema, así como la información del portafolio con las evidencias del trabajo realizado (Rezgui y col., 2014).

Esta ontología puede apoyar en servicios de personalización en redes de aprendizaje, además del acceso personalizado a los recursos de aprendizaje, a las actividades, la generación de la trayectoria de aprendizaje según las competencias individuales de los estudiantes. Este es un trabajo muy relacionado a la propuesta de la presente investigación. Sin embargo, el

enfoque que se propone está orientado a las características cognitivas del estudiante más que a los mecanismos de interacción con otros.

El e-learning sensible al contexto es un modelo educativo que prevé la selección de recursos de aprendizaje para que el contenido del e-learning sea más relevante y adecuado para el estudiante de acuerdo con su situación. Capuano y colaboradores demuestran que se puede utilizar un enfoque ontológico para contextualizar las experiencias del aprendizaje, su modelo se basa en ontologías que permiten la representación de un dominio de enseñanza y una metodología para personalizar la experiencia de aprendizaje a partir de un algoritmo. Realizan un trabajo empírico en el que aplican los modelos definidos y algoritmos, mediante un prototipo. Los resultados de la experimentación son positivos y alentadores (Capuano y cols., 2014). El uso de ontologías para representar un dominio de enseñanza. Este dominio es una aplicación típica donde la ontología depende totalmente del dominio y no puede usarse en otro dominio.

Para algunos autores la adaptación de contenidos de aprendizaje es una de las actividades más importantes que puede dar impacto en el rendimiento de un estudiante, esto ha promovido la generación de muchas investigaciones sobre la personalización del aprendizaje, buscan conseguir entornos capaces de adaptar las actividades de aprendizaje y contenidos de acuerdo con el perfil del estudiante. Farida y colaboradores (Farida y cols., 2011) proponen una ontología que identifica el perfil del estudiante y genera ejercicios adaptados. El perfil del estudiante se determina a partir de la información asociada a sus conocimientos, habilidades, y comportamiento. Esta información, se debe recolectar directamente a través de un módulo de evaluación. (Dahmani y cols., 2011). Los resultados de su investigación sobre la enseñanza modelado de dominio y evaluación automatizada para el aprendiz.

Otros trabajos en los que proponen diseños de ontologías son los realizados por Hackelbuschen 2006 quién, propone el diseño de una ontología que modela las representaciones semánticas de reglamento de exámenes y programas académicos, donde los sistemas de apoyo a las decisiones se implementan para ayudar a los estudiantes a decidir cómo satisfacer las regulaciones del programa correspondiente (Hackelbusch, 2006). Y en 2008, Mencke y Dumke proponen una ontología para representar los conocimientos de un

experto en didáctica, que es de utilidad para profesores y diseñadores de cursos (Mencke y Dumke, 2008). El uso de ontologías es muy diverso en el ámbito educativo y se puede extrapolar a apoyos para los docentes más que para los estudiantes.

Una investigación que contextualiza el presente proyecto es la realizada por Hosseini y colaboradores. Su propuesta se centra en un modelo ontológico de aprendizaje cuyo objetivo es personalizar el contenido de un curso de acuerdo con las preferencias de aprendizaje del estudiante. El diseño del modelado del estudiantes basado en sus características, tales como habilidades, estilo de aprendizaje, conocimiento y preferencias, por lo que la ontología puede representar diferentes modelos de estilos de aprendizaje, tales como Kolb, Felder-Silverman and VARK, por lo tanto, determina el estilo de aprendizaje del estudiante a partir de diferentes modelos. Junto con el modelo desarrollan un sistema que aplica evaluaciones al estudiante y determina el progreso de su conocimiento y habilidades adquiridas. Como parte del proceso considera una actualización del perfil de aprendizaje en el siguiente curso para adaptar la personalización (Hosseini y cols., 2013). Esta investigación es uno de los fundamentos de nuestro trabajo de investigación, sólo con algunas variantes, dado que éste trabajo se enfoca en la personalización de los contenidos o materiales de estudio, nosotros proponemos la personalización de las actividades de aprendizaje y su impacto en las habilidades cognitivas desarrolladas.

Por último, Hayashi y colaboradores presentan un modelo ontológico llamado OMNIBUS, que organiza teorías de aprendizaje y teorías instruccionales para construir escenarios de aprendizaje.

OMNIBUS es un modelo declarativo de teorías de aprendizaje y diseño instruccional. A partir de ello se construyen una ontología basada en estados de aprendizaje. Aunque su enfoque es la construcción de escenarios de aprendizaje con una selección de objetos de aprendizaje adecuados a diversos estados de aprendizaje, no consideran dos puntos fundamentales que deberían estar presentes durante el aprendizaje del individuo: 1) la motivación y 2) las preferencias de aprendizaje del individuo y las habilidades cognitivas que debe desarrollar durante su experiencia de aprendizaje.

El modelo ontológico OMNIBUS es una buena propuesta para la construcción de escenarios de aprendizaje por su consideración de teorías de aprendizaje e instruccionales. Sin embargo, los escenarios de aprendizaje generados bajo este modelo ontológico se asocian directamente a las teorías sin considerar una personalización directa con los antecedentes del aprendiz ya que simplemente establecen estados de aprendizaje para tener las bases de su sistema experto. Además, no se consideran directamente las habilidades cognitivas que se deben desarrollar en un curso específico, tampoco presentan algún mecanismo que sirva como motivador del aprendizaje, siendo éste un factor fundamental ligado con las emociones que provocan aprendizajes significativos. Las habilidades cognitivas a desarrollar bajo este modelo se enfocan en la sistematización de escenarios de aprendizaje sin atender a las necesidades de aprendizaje de los individuos, con ello garantizan la selección adecuada de objetos de aprendizaje para cada escenario, pero olvidan las necesidades propias de los aprendices.

Por todo lo anterior, existe un vacío en el diseño de modelos ontológicos que consideren las necesidades de los aprendices para establecer las actividades de aprendizaje adecuadas que fomenten el desarrollo de habilidades cognitivas.

Por otro lado, la Universidad de Rice cuenta con un sistema web que ofrece servicios abiertos que ayuda a los usuarios con el desarrollo de escenarios de aprendizaje utilizando objetos de aprendizaje. Este sistema es capaz de generar 289 escenarios de aprendizaje y maneja 6,953 objetos de aprendizaje (llamados colecciones o módulo). Sin embargo, no considera una base pedagógica para la generación de escenarios de aprendizaje, simplemente realiza una combinación de elementos, lo que puede llevar a la creación de escenarios inapropiados para el aprendizaje (Hayashi y cols., 2009).

Hayashi, al igual que Bourdeau y Mizoguchi, realizan un comparativo de varios paradigmas: conductismo, cognitivismo y constructivismo. El conductismo observa el aprendizaje a través de los cambios en forma y frecuencia. Mientras que el cognitivismo analiza la adquisición de conocimiento mediante las estructuras internas del pensamiento. Por último, el constructivismo considera que el aprendizaje se da al crear significados a partir de la experiencia (Hayashi y cols., 2009; Mizoguchi y Bourdeau 2000; Mizoguchi y cols., 2007).

Investigaciones centradas en la personalización.

Los autores Colace y colaboradores (Colacey cols., 2014); Abik y Ajhoun (2009); Jovanovic y colaboradores, (Jovanovicy cols., 2008); Saul y Wuttke (2013). Colace y colaboradores concentran sus trabajos en la personalización de situaciones de aprendizaje (Abik y Ajhoun). En la generación de modelos para la personalización de la E-evaluación (Saul y Wuttke), en la personalización de la trayectoria de aprendizaje (Colace). En la construcción de modelos multidimensionales para la personalización de contenidos acordes con el perfil del estudiante (Jovanovic y colaboradores).

Existen instituciones que están adoptando el e-Learning como una alternativa de apoyo a cursos tradicionales o para aumentar la audiencia potencial. En este contexto, se reconoce que la personalización de la enseñanza de acuerdo con las necesidades reales de los estudiantes (tales como las relacionadas con los conocimientos, habilidades y actitudes) es imperativo. Ante este contexto Francesco y colaboradores plantean el diseño de un Sistema Hipermedia Adaptativo para e-Elearning mediante la definición de metodologías que gestionen los contenidos de aprendizaje, las estrategias de seguimiento y la adaptación de la ruta de aprendizaje mediante la selección de recursos de aprendizaje adaptativo y secuenciación. Además incorporan un modelo matemático ideado para facilitar la caracterización del curso y su comparación, además proporciona ayuda para los diagnósticos. En su trabajo experimental comparan el enfoque tradicional obteniendo resultados prometedores (Colace y cols., 2014).

Un cambio radical en la pedagogía es la personalización del aprendizaje, proyectos como Reload-LDE y Alfanet proponen plataformas que personalizan el aprendizaje. Sin embargo, no consideran todas las características individuales de los participantes. Abik y Ajhoun (Abik y Ajhoun, 2009) proponen un sistema que puede transformar una situación de aprendizaje en otra más estructurada y personalizada dependiendo del contexto. Este trabajo se caracteriza por su flexibilidad ya que permite manipular los criterios de personalización y los perfiles estandarizados que constituyen el contexto de la personalización del aprendizaje

en un LMS. Para validar el modelo diseñaron un prototipo del Normalization and Personalization of Learning Situations (NPLS) basado en Java y XML.

Se han creado diversos sistemas y herramientas de e-assessment. Sin embargo, en su mayoría no consideran los conocimientos o características del estudiante. El trabajo presentado por Saul y Wuttke (Saul y Wuttke, 2013) se centra en un sistema personalizado de e-assessment (AskMe!), que identifica, apoya y compensa los déficits en el aprendizaje individual de los estudiantes considerando sus fortalezas y preferencias. El diseño del modelo de adaptación define qué, cuándo y cómo se puede realizar la adaptación, usando la taxonomía de Specht (Saul y Wuttke, 2013, pag. 6) que consta de cuatro dimensiones: 1) Adaptación de medios, elementos personalizados por el algoritmo adaptativo (la secuencia, la selección y presentación de preguntas), y la selección del tipo de retroalimentación; 2) Información para realizar la adaptación, tales como el desempeño y las características de los estudiantes; 3) Objetivos de adaptación, se enfoca en los aspectos pedagógicos: fortalezas y debilidades, las preferencias de los estudiantes para compensar las debilidades y déficits, así como el estímulo de motivación de los estudiantes; y 4) El proceso de adaptación, integra la adaptación real del proceso y la adquisición de información de adaptación.

Este modelo adaptativo utiliza un razonamiento basado en reglas para tomar decisiones y el encadenamiento hacia adelante. ASKME! se utiliza en la Universidad Tecnológica de Ilmenau en cursos de Ciencias de la Computación e Informática con estudiantes de ingeniería. Los temas que son evaluados son usabilidad, experiencia de usuario y de apoyo al aprendizaje (Abik y Ajhoun, 2009). Los autores no presentan un trabajo empírico realizado, la propuesta es muy ambiciosa y se tendría que aplicar y valorar sus resultados.

Otro trabajo que enfoca sus esfuerzos a la atención a la diversidad a través de la personalización de contenidos de aprendizaje es el realizado por Swinke (2012). Su modelo integra información detallada referente a la forma de aprender y de pensar del estudiante, su trasfondo cultural, su actitud de aprendizaje y su comportamiento. El modelo multidimensional se compone de tres sub-modelos: el modelo del dominio, el modelo de aprendizaje y el modelo instruccional. Además incluye métodos para seleccionar, descubrir, integrar y adaptar el contenido respetando todos los factores que se evalúan como parte del perfil de los estudiantes y las relaciones que existen entre ellos (Swinke, 2012). Una

característica importante es que el estudiante tiene la facilidad de omitir o intervenir en las decisiones generadas por el modelo en todo momento, lo que implica, que puede corregir y perfeccionar las decisiones del modelo. El profesor también puede intervenir para cambiar el curso del estudiante. El siguiente paso en la presente investigación fue examinar todas las dimensiones en más detalle y evaluar el modelo. Este trabajo realizado por Swinke presenta muchas preguntas a la propuesta de nuestro trabajo de investigación y realiza una aportación interesante que sirve como punto de comparación.

El contexto en el que se desarrolló nuestra investigación considera la dimensión Neuropedagógica integrada por la evaluación y valoración (assessment), así como, por los estilos de aprendizaje y los estilos cognitivos. Mientras que la dimensión Computacional se integra por la aplicación de la Inteligencia Artificial mediante Sistemas Adaptativos y Sistemas basados en el conocimiento (ontologías), sin dejar de lado a la enseñanza y aprendizaje mediado por las TICs (e-learning, b-learning, c-learning, m-learning y u-learning). Estas dimensiones se intersectan con la personalización como un mecanismo de atención a la diversidad.

La figura 3.1 se muestra el mapa del estado del arte. En ella se muestra las investigaciones en todos los rubros, los trabajos más representativos son los de autores como Saul, Capuano, Henza, Ali, James, Rezgui, y Hayashi. Sin embargo, la propuesta que hacemos no ha sido abordada por alguno de los autores que se analizaron en éste capítulo. Los recuadros en azul se muestran las aportaciones de autores relacionados con tecnologías emergentes, mientras que los recuadros en naranja listan las propuestas del ámbito Neuropedagógico.

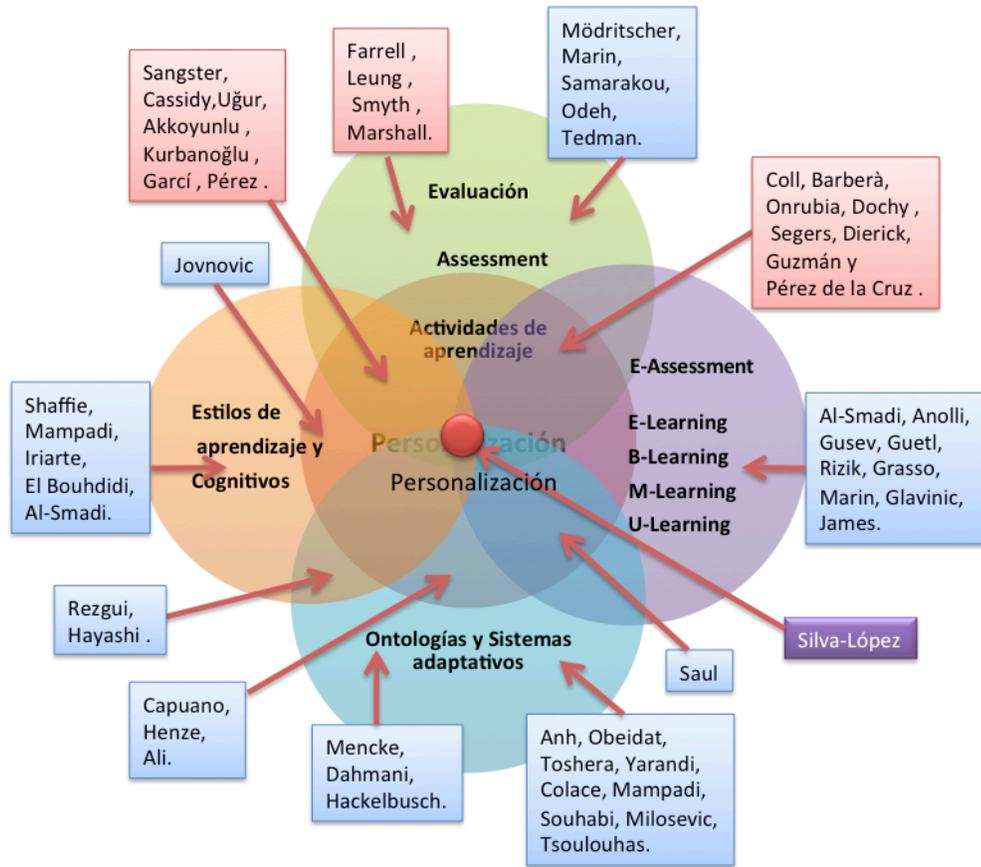


Figura 3.1. Dimensiones consideradas en el estado del arte de la investigación.

CAPITULO 4

Marco teórico

El marco teórico se divide en dos secciones, en cada una se abordan las dimensiones en las que se enmarca el presente trabajo de investigación: 1) La Dimensión Neuropedagógica y 2) La Dimensión Computacional. La Dimensión Neuropedagógica se orienta a la evaluación del aprendizaje, contemplando los procesos cognitivos, por lo que es necesario comprender su relación con la teoría cognoscitiva del aprendizaje y teorías Neurocientíficas.

Dimensión NeuroPedagógica

En esta sección se realiza un análisis de los términos clave desde el punto de vista pedagógico, partiendo del aprendizaje y la evaluación, pasando por los procesos cognitivos y concluyendo con el análisis de varias teorías Neurocientíficas.

Conceptualización de aprendizaje

Iniciaré con el análisis del concepto aprendizaje, para después determinar el concepto de evaluación del aprendizaje.

El significado del concepto aprender del latín “apprehendere” que significa captar o atrapar. Para Schmeck (1988), es un proceso de adquisición de conocimientos, habilidades, valores y actitudes, posibilitado mediante el estudio, la enseñanza o la experiencia que origina un cambio persistente, medible y específico en el comportamiento del individuo. De la misma manera, Sfard (1998) “... plantea que la metáfora de adquisición concibe a la mente como un recipiente y el aprendizaje como un proceso mediante el cual se llena dicho recipiente de conocimientos ...”citado por Peñalosa (2015, pp 99).

Múltiples autores abordan la definición de aprendizaje, algunos con un enfoque centrado en cambios de conducta (Gagné, 1965; Díaz-Bordenave, 1986). Otros como un proceso que integra diversas acciones como la adquisición, la captación, incorporación, retención y utilización de la información (Hilgard, 1979; Pérez-Gómez, 1988; Alonso y cols., 1994). Sin embargo, el aprendizaje va más allá de una simple adquisición.

Para Beltrán y Bueno “...Aprendemos pensando y la calidad del resultado del aprendizaje está determinada por la calidad de nuestros pensamientos. Las estrategias más efectivas son las que tienen un impacto mayor sobre nuestros pensamientos ...” (Beltrán y Bueno, 1995, pag. 311). Su propuesta está más centrada en los pensamientos.

Otra postura observa el aprendizaje como una construcción del conocimiento, en la que el sujeto construye representaciones o interpretaciones que lo llevan a algo nuevo, “... El sujeto deja de considerarse una entidad receptiva, pasiva o acumulativa de experiencias para asumir una postura de generador de conocimiento (Hernández, 2005). La postura constructivista de la educación se manifiesta en varias escuelas como la psicogenética (Piaget, 1971), la cognitiva (Mayer, 2000; Ausubel, 2002) o la sociocultural (Vygotski, 1995) ...” (Peñalosa, 2015, pp 100).

Knowles y colaboradores identifican el aprendizaje como: a) *Producto*; resultado final de la experiencia del aprendizaje; b) *Proceso*; lo que sucede en el curso de la experiencia de aprendizaje; y c) *Función*; realza aspectos críticos como la motivación, la retención y la transferencia que generan cambios de conducta en el aprendizaje humano (Knowles y cols., 2001).

Por otro lado, el aprendizaje también es conceptualizado como la participación, el involucramiento en actividades que permiten compartir el conocimiento, Peñalosa (2015), presenta la teoría de la acción situada y la teoría de la cognición situada cuya postura se enfoca en la participación de los sujetos para lograr el aprendizaje.

Peñalosa (2015) realiza una comparación entre las tres conceptualizaciones de aprendizaje a las que llama metáforas: 1) Adquisición, 2) Construcción, y 3) Participación. Resume que la adquisición es objetivista, en la que el sujeto (visto como un recipiente) tienen un papel pasivo; los conocimientos existen en la realidad y lleva a cabo procesos de

memorización, teniendo como representante a Gagnè. Mientras que la metáfora de la construcción, es constructivista psicogenética y cognitiva; en ella, el sujeto juega un rol activo en el que interpreta; sus conocimientos son resultado de la interacción; involucra procesos de conflicto, acumulación coherente y estrategias; sus representantes son Piaget, Ausubel y Mayer. Por último la metáfora de la participación tiene una orientación constructivista social en la que el sujeto es activo e interviene en prácticas culturales; asume procesos de socialización, mediación, y actividades culturales; sus representantes son Vygotsky, Lave y Wenger. (Peñalosa, E., 2015 pp 101 -102).

Una definición más robusta y actual, propuesta por Peñalosa (2015), considera que el aprendizaje es una *apropiación del conocimiento* que tienen lugar en la interacción de sujetos y sus objetos de interés, adaptándolo a sus necesidades. Por tanto, el proceso de apropiación del conocimiento se integra por un sujeto (individual o grupal), un objeto de conocimiento (cualquier cosa que existe independientemente de la consciencia del sujeto) y un contexto de interacción (la dinámica cognitiva se da al interactuar con otros sujetos), esto es, integra las metáforas de aprendizaje: adquisición, construcción y participación. Adicionalmente incorpora la teoría de la actividad (Kaptelinin y Nardi, 2006), considera que la apropiación está al centro de la actividad compuesta por acciones y operaciones que permiten la interacción propositiva del sujeto con el mundo, transformándose ambos (Peñalosa, E., 2015).

Ahora, para que se de la apropiación del conocimiento Peñalosa propone un conjunto de condiciones: a) Garantizar un nivel de comunicación manteniendo un sistema de signos que dan sentido a la realidad, esto fomentará tener na base de conocimiento entre los participantes; b) Promover el cuestionamiento por parte de los estudiantes, mediante el conflicto o desacuerdo en las discusiones o diálogos, para conducirlos a la comprensión compartida; c) Contar con modelos teóricos asociados con la temática, que estén asociadas a situaciones concretas en torno a un problema específico; d) Interiorizar lo colectivo con la experiencia propia del sujeto, lo que le permitirá modificar y personalizar los modelos de conocimiento; e) Consolidar los conocimientos previamente adquiridos aplicándolos en la solución de un problema; y f) Promover los procesos cognitivos que fomenten la generación de nuevas ideas (Peñalosa, 2015).

Con Peñalosa (2015) considero pertinente para este trabajo de investigación entender por *aprendizaje a la apropiación del conocimiento considerando la construcción de modelos, el cuestionamiento de dichos modelos movilizandolos conocimientos previos, la interiorización de lo colectivo, aplicación del conocimiento en la resolución de un problema*. Dicha apropiación requiere de la existencia de diversidad de actividades de aprendizaje y recursos educativos, así como la interactividad entre los sujetos involucrados.

Conceptualización de evaluación del aprendizaje

Bajo el paradigma de que para medir el aprendizaje de un estudiante, se hace uso de la evaluación del aprendizaje, se analizaron diversos autores y su propuesta del concepto evaluación.

De acuerdo con el Diccionario de la Real Academia Española, evaluar es: *Señalar el valor de algo; estimar, apreciar, calcular el valor de algo; estimar los conocimientos, aptitudes y rendimiento de los alumnos* (Diccionario de la Real Academia Española, 2012).

Autores como Lauforcade (1969), Carreño (1991), De Miguel-Díaz (2006) y Díaz-Barriga (2006) concuerdan en que la evaluación es una etapa del proceso educacional que tiene como finalidad el comprobar, de modo sistemático, los logros alcanzados por los estudiantes. Ryan y colaboradores (Ryan y cols., 2002) citados en Dorrego (2005), establecen además una *autoregulación* por parte del estudiante, donde se hace consciente de su aprendizaje.

Según Hoffmann (2010), todo proceso de evaluación debería buscar la observación de los aprendices de manera individual, analizar y comprender sus estilos de aprendizaje y de pensamiento, obtener datos para definir estrategias que fomenten la mejora del aprendizaje. El planteamiento deja en claro que es importante la personalización para mejorar el aprendizaje.

Bajo este esquema, la evaluación es un proceso que integra una secuencia de actividades planeadas, con la finalidad de retroalimentar para mejorar el aprendizaje del estudiante. Quesada (2006) considera las siguientes características de la evaluación del aprendizaje:

1. Es un *proceso de retroalimentación* que permite identificar aciertos y errores. La retroalimentación y toma de decisiones derivadas de la evaluación deben mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
2. Es *sistemática*, ya que se desarrolla a través de normas y criterios establecidos, planeados y organizados.
3. Es un *proceso de comunicación interpersonal*, en el que se integran los roles de profesor, estudiante y facilitador, creando un ciclo virtuoso de regulación y supervisión de excelencia.
4. Es *continua*, se realiza de manera permanente: antes, durante y al final del proceso.
5. Es *acumulativa*, considera todas las acciones realizadas por el estudiante. Está integrada por diversas actividades de aprendizaje, que permitan alcanzar los objetivos del curso.
6. La evaluación del aprendizaje debe considerar que se evalúan conocimientos, habilidades, actitudes, modos de comportamiento y valores.
7. La *forma de evaluar* depende de la diversidad de la comunidad estudiantil considerando sus diferencias según su perfil de aprendizaje.
8. La función esencial de la evaluación debe ser la formativa y mediadora, es decir, debe contribuir en la formación del estudiante de manera positiva y motivante al identificar errores y corregirlos, al mismo que tiempo que permite observarlos de manera individual para analizar y comprender sus diferencias de aprendizaje.
9. Considera atributos cualitativos y cuantitativos para el objeto de evaluación.
10. La asignación de una calificación se realiza conforme lo estipulado en las normas, tiempos y valores vigentes en la Institución.

Así mismo, Quesada (2006) propone como elementos de la evaluación:

1. **El estudiante** que es evaluado y que a la vez se autoevalúa o evalúa a otro. Por tanto el estudiante es objeto y sujeto de evaluación.
2. **El profesor** como evaluador.
3. **El objeto de aprendizaje** asociado a lo que el estudiante debe aprender, reflejado en los objetivos y el contenido del curso.

4. **Las actividades de evaluación**, que establecen las tareas que se deben realizar en el curso.
5. **Las condiciones y criterios de la evaluación**, incluye desde los espacios físicos y virtuales, los medios, los mecanismos de comunicación y el clima sociopsicológico.
6. **Juicios de valor**, que permiten determinar la calificación de los productos desarrollados y del proceso de su realización.
7. **Retroalimentación**, que permite regular el aprendizaje del estudiante.
8. **Toma de decisiones**, la información recopilada a lo largo del curso, permite al profesor detectar áreas de oportunidad que permitan mejorar el desempeño del estudiante.

Por otro lado, cuando se trata de la evaluación del aprendizaje en línea requiere de una estrategia sensible y válida de evaluación del desempeño, que permitan detectar los cambios que ocurren en las construcciones de conocimientos. Peñalosa (2013) propone tres etapas en la evaluación del aprendizaje: a) La evaluación inicial, al inicio del curso, para conocer el nivel de conocimientos y habilidades de los estudiantes; b) La evaluación formativa, durante la acción docente, en periodos continuos y establecidos, y c) La evaluación sumativa, que se realiza al finalizar el curso. La importancia de la evaluación continua del aprendizaje radica en la retroalimentación que el alumno recibe. (Peñalosa, 2013 pp 20).

Peñalosa (2013) presenta una clasificación de los tipos de evaluación en la educación en línea: a) La evaluación automática, calificada al concluirla; b) Las elaborativas, en las que el alumno genera un producto que entrega, y c) Las colaborativas, en las que el estudiante se evalúa a partir de su trabajo grupal. Considera además que la interactividad juega un papel fundamental para realizar la retroalimentación a los estudiantes produciendo un andamiaje en su desempeño brindado por el profesor o tutor (Peñalosa, 2013, pp 22).

Adicionalmente, Peñalosa (2010) propone el modelo de aplicación del análisis cognitivo de tareas a la evaluación del desempeño y la interactividad en línea (ver figura 4.1) que incluye un trabajo de modelación del dominio educativo, un diseño instruccional (incluye las actividades, contenidos y evaluaciones que tendrá el curso con base en los objetivos) y propone la ruta a seguir para cumplir con los objetivos y para evaluar el aprendizaje (Peñalosa, 2010, pp 30).

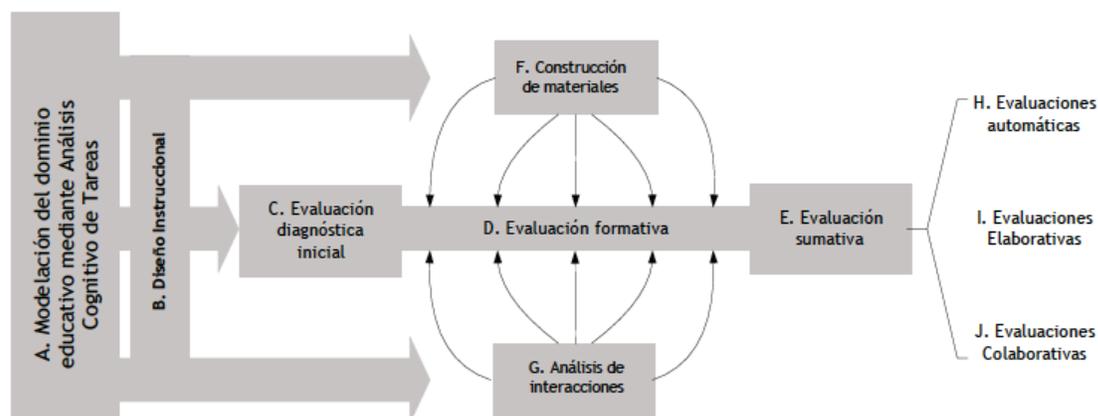


Figura 4.1. Modelo de aplicación del análisis cognitivo de tareas a la evaluación del desempeño y la interactividad en línea. Fuente: (Peñalosa, E., 2010, pp 30).

En el modelo de Peñalosa, la modelación del dominio es exhaustivo y constituye la base de los siguientes elementos. El diseño instruccional contempla la evaluación diagnóstica (C); la evaluación formativa (D); las evaluaciones sumativas (E), constituidas por las evaluaciones automáticas (H), las evaluaciones elaborativas (I) y las evaluaciones colaborativas (J). Así mismo, la construcción de materiales (E), contempla materiales interactivos que cubren el dominio de conocimiento, ejercicios, resúmenes, entre otros. Por último el análisis de interacciones (G), considera las interacciones con materiales, profesores o trabajo en grupos.

Partiendo de los elementos de la evaluación del aprendizaje de Quesada (2006) y del modelo propuesto por Peñalosa (2010), se estructuran algunos tipos de evaluación del aprendizaje dentro del proceso enseñanza y aprendizaje: la diagnóstica, la formativa, la sumativa, y se adiciona la evaluación mediadora que define estrategias para mejorar el aprendizaje del estudiante. En la figura 4.2 se resumen sus características.

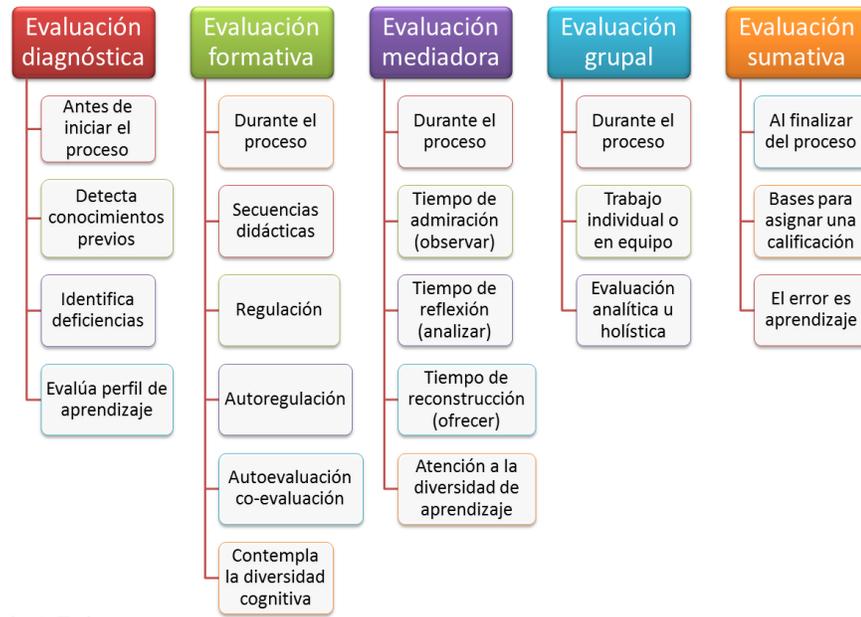


Figura 4.2. Tipos de evaluación del aprendizaje (elaboración propia).

Evaluación diagnóstica

La finalidad de la evaluación diagnóstica es establecer el nivel inicial del estudiante. Permite identificar aprendizajes previos que marcan el punto de partida para el nuevo aprendizaje. Detecta carencias o errores que puedan complicar el logro de los objetivos planteados. (Peñalosa, 2010 pag. 28).

Con los resultados de la evaluación diagnóstica se diseñan actividades remediales orientadas a la nivelación de los aprendizajes y ofrece elementos que permiten plantear ajustes o modificaciones en el programa. (Brenes, 2006; Santos, 1993; y García, 1995).

Evaluación formativa

Autores como Morgan y O'Reilly (2002), Black y William (1998), Black (2003), Castañeda (2006) y Peñalosa (2010), reconocen que mejora el desempeño del estudiante al aplicar una evaluación formativa pues estimula en los estudiantes el desarrollo de creencias positivas sobre su capacidad de aprender, considera al estudiante como un actor activo en el

proceso de retroalimentación, monitoreo y regulación de su aprendizaje. Por tanto, la evaluación del aprendizaje es formativa cuando los docentes exponen con claridad los objetivos y expectativas del curso, proporcionan retroalimentación variada y continua. Estimulan en el estudiante la reflexión y los procesos metacognitivos (obstáculos, avances y logros). Recopilan información durante el proceso para afinar y mejorar su enseñanza; mientras que los estudiantes ofrecen retroalimentación a sus compañeros. Identifican fortalezas y habilidades que permiten mejorar su aprendizaje; reconocen el impacto emocional de la retroalimentación en la autoestima y la motivación.

Con base en Mottier (2010) y Peñalosa (2010), las características de la evaluación formativa deberían contemplar:

1. ***Integración de la evaluación formativa en las secuencias didácticas.*** Lo que implica es la diversificación de los medios de evaluación; considerando exámenes escritos, tareas, autoevaluaciones, investigaciones, actividades integradoras del conocimiento, así como la observación de dichas actividades por parte del docente y las interacciones colectivas, entre otras. (Mottier, 2010).
2. ***La integración de la regulación como componente de la evaluación formativa.*** La regulación se refiere a la solución de dificultades de aprendizaje a través de la corrección y la retroalimentación. Allal (1979, 1988, 2007) distingue tres formas de regulación: la **evaluación interactiva** (entre docente-estudiante, estudiante-estudiante, materiales-estudiantes) que tiene como objetivo fomentar la autorregulación. La **evaluación retroactiva** (identifica los objetivos alcanzados o no alcanzados por el estudiante); la **evaluación proactiva** (vinculada con la elaboración de nuevas actividades de enseñanza-aprendizaje).
3. ***El involucramiento del estudiante en la evaluación y la regulación de su aprendizaje.*** Mottier (2010) considera tres modalidades: la autoevaluación, la evaluación entre pares y la co-evaluación (confrontación de la evaluación del profesor con la del estudiante). Adicionalmente, Leaveault (1999) citado en Mottier (Mottier, 2010) integra en la autoevaluación las regulaciones motivacionales, cognitivas y meta cognitivas, convirtiéndose en un medio y un objeto de aprendizaje. La autorregulación

de los aprendizajes es la aptitud de los estudiantes para ocuparse de sus procesos cognitivos y motivacionales para aprender.

4. ***La atención a la diversidad incorporando la diferenciación pedagógica.*** Mediante la evaluación formativa, la retroalimentación y las acciones correctivas, muchos estudiantes alcanzan los objetivos establecidos, esto es la pedagogía del autocontrol (Mottier, 2010). Es fundamental identificar las diferencias cualitativas de los estudiantes para proponer actividades adaptadas a sus intereses y necesidades.
5. ***El análisis cognitivo de tareas.*** Que parte de la identificación de las competencias que integran el dominio educativo. Después se realiza el análisis con base en 3 dimensiones: 1) La complejidad temática (objetivos); 2) La complejidad de habilidad cognitiva (comprender y organizar lo aprendido, aplicar lo aprendido, resolver problemas), y 3) La complejidad del modelo mental (modelo conceptual, estructural y casual). Bajo este esquema de evaluación se elaboran los exámenes, actividades, ejercicios y otros mecanismos de evaluación interactiva en línea. (Peñalosa, 2010).

Evaluación mediadora

Para Hoffmann todo proceso evaluativo mediador busca observar a los estudiantes de manera individual para analizar y comprender sus diferencias de aprendizaje. Tiene como objetivo el definir estrategias que mejoren el aprendizaje del estudiante (Hoffmann, 2010).

Por lo tanto, la evaluación es un proceso que contempla tres momentos: *observar, analizar y ofrecer* mejores oportunidades al estudiante. Es decir, al comprender mejor su manera de aprender y actuar, se modifica el actuar pedagógico del profesor para que los estudiantes se superen intelectualmente. Los principios de la evaluación mediadora son: a) El Principio Ético de la valoración de las diferencias: *todos los estudiantes aprenden siempre*; b) Principio Pedagógico de acción docente investigadora: *aprenden más si cuentan con mejores oportunidades de aprendizaje*; y c) Principios Dialécticos de lo provisorio y lo complementario: *los aprendizajes significativos son para toda la vida* (Hoffmann, 2010).

Evaluación grupal

El trabajo en grupo es una oportunidad para aprender a compartir, para aprender a enseñar al otro, para desarrollar las habilidades interpersonales que se requieren en el ámbito profesional y personal. Es importante establecer una modalidad de evaluación especial que considere el proceso completo desde la conformación de los grupos hasta la entrega del trabajo encomendado (Camilloni, 2010). Las posibilidades que se deben considerar para su evaluación se muestran en la figura 4.3, en la que se integran las posibilidades establecidas por Camilloni (2010, pag. 166).

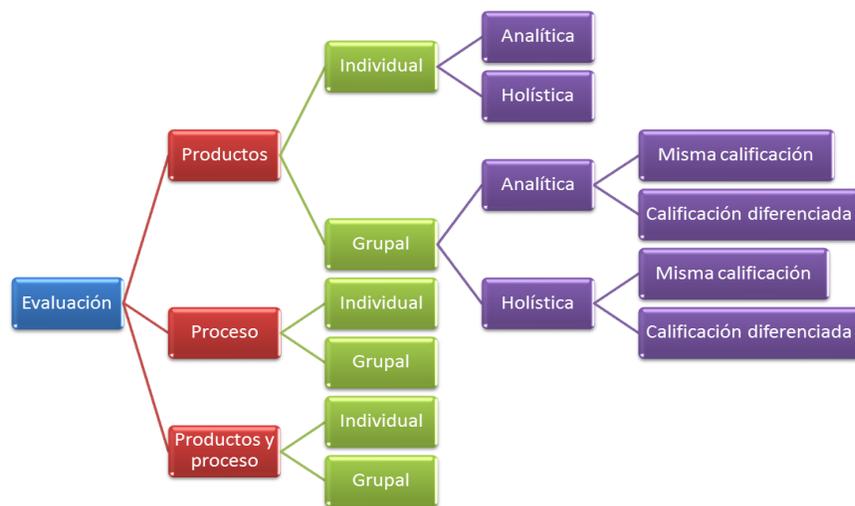


Figura 4.3. Posibilidades de evaluación del aprendizaje (elaboración propia, basada en Camilloni, 2010, pag. 166).

Evaluación sumativa

La evaluación sumativa tiene como propósitos: Emitir un juicio sobre los resultados de un curso. Validar si el estudiante domina o no una habilidad o conocimiento. Proporcionar bases objetivas para asignar una calificación. Identificar el nivel real en que se encuentran los estudiantes. Finalmente, señalar pautas para investigar acerca de la eficacia de una metodología. El profesor es el responsable directo de la misma. Es importante considerar que se construya con base en el análisis cognitivo de tareas de Peñalosa (2010).

Diversidad y personalización de la evaluación

Preocupados por la atención a la diversidad en el ámbito de la evaluación del aprendizaje, autores como Alonso y colaboradores (Alonso y cols., 1995), Álvarez-Méndez (2003), Perrenoud (2008), Katzkowicz (2010) y Katzkowicz (2010) concuerdan en que la diversidad debe ser atendida considerando que todos los sujetos aprenden de forma diferente, a ritmos distintos, en condiciones sociales, económicas, anímicas y académicas, y se mantienen inmersos en intereses y expectativas distintas. Aunado a lo anterior, es fundamental reconocer la heterogeneidad de los estudiantes, una evaluación justa debería respetar la diversidad. Todos los estudiantes tiene derecho a condiciones dignas de aprendizaje y esto no implica que sean condiciones similares, como lo proponen Peñalosa (2010), Anijovich (2010), Castañeda (2006), Sheperad (2000) y Darling-Hammond (1995).

La actividad evaluativa y su aplicación en el campo del rendimiento escolar, contempla los aspectos prácticos de esta actividad: La elaboración y empleo de instrumentos de evaluación, el análisis de los resultados y la retroalimentación que se da al estudiante como parte fundamental del proceso enseñanza-aprendizaje. Anijovich (2010) también toca el tema del reconocimiento a la diversidad pero su planteamiento no considera la diversidad de actividades de evaluación del aprendizaje del estudiante.

Para proponer una personalización de las actividades del aprendizaje es necesario comprender los elementos del proceso cognitivo para detectar en que momentos se puede intervenir, así como tener una organización, estructura y planeación del curso mediante algún modelo de diseño instruccional.

Peñalosa (2013) cita a Bransford, Brown y Cockings (2004) quienes sugieren que los ambientes de aprendizaje en línea deben estar centrados en el estudiante como protagonista, propiciar el conocimiento y la competencia; considerar una evaluación, en la que el estudiante valore su comprensión, y por último, tener una comunidad, que propicie la colaboración con otros estudiantes. Esto provocará que el estudiante se involucre, realice actividades individuales y colectivas, eligiendo entre un conjunto de actividades de aprendizaje (Peñalosa, 2013 pp 18). Esta reflexión invita a la personalización de las actividades de aprendizaje.

Diseño Instruccional

Sin duda, el diseño instruccional juega un papel fundamental en el proceso de enseñanza y aprendizaje, sin importar si la educación es presencial o no, o si es mediada o no por tecnologías de la información. En el contexto de la educación mediada por las TIC, los entornos virtuales de aprendizaje son una opción para ofrecer herramientas que facilitan el trabajo colaborativo, debates, mantener interacción continua, realizar diversos tipos de actividades y de prácticas, tener retroalimentación continua, mantener el interés y la motivación.

Peñalosa (2013), propone un modelo de diseño instruccional eficaz con apoyo de tecnologías con un enfoque centrado en la eficacia de las actividades de aprendizaje, para lo cual plantea que:

“En el entorno educativo es común que las actividades de aprendizaje no tengan la eficacia que se espera, especialmente en relación con el fomento del aprendizaje profundo, el cuál ayudará a los estudiantes en tareas de solución de problemas en la vida real”. (Peñalosa, 2013 pp 85).

Peñalosa recupera un fenómeno denominado conocimiento inerte (Schwartz y cols, 1999 citado en Peñalosa, 2013) que se presenta cuando el estudiante sólo puede demostrar su conocimiento en evaluaciones memorísticas, y presenta fallas en la aplicación del conocimiento en diversas situaciones. Autores como Rendl, Mandl y Gruber (1996) citados en Peñalosa (2013) exponen tres explicaciones al problema del conocimiento inerte: a) Falta de interés legítimo; b) Deficiencias en la estructura del conocimiento; y c) La perspectiva de la cognición situada en la que el conocimiento no puede transferirse porque se vincula con una situación. Ante este contexto, el diseño instruccional surge como un mecanismo para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

No hay que olvidar que el aprendizaje se produce a partir de una combinación de múltiples factores o precondiciones entre ellos: La activación de los conocimientos previos, las bases cognitivas para la personalización de actividades de aprendizaje, la construcción de

diversos materiales multimedia, la determinación de las habilidades cognitivas de los estudiantes, las actitudes, los mecanismos de interacción, el interés, la motivación, los mecanismos para realizar la evaluación y las tecnologías que se aplicarán. Todo esto, en conjunto con las estrategias de aprendizaje son decisivas para alcanzar un aprendizaje significativo. Si la planeación de la enseñanza y el aprendizaje no se realiza a partir de un modelo de diseño instruccional es casi imposible considerar los factores listados (Sangrà, 2000; Guàrdia, 2000).

Conceptualización de diseño instruccional

Para Bruner (1969) el diseño instruccional integra la planeación, la preparación y diseño de los ambientes y recursos necesarios para que se produzca el aprendizaje. Mientras que para Reigeluth (1999) es la disciplina que prescribe métodos óptimos de instrucción, para crear cambios en los conocimientos y habilidades del estudiante, ayudándolo a aprender y desarrollarse. Berger y Kam (1996) lo definen como la ciencia de creación de especificaciones detalladas para el desarrollo, implementación, evaluación y mantenimiento de situaciones que facilitan el aprendizaje de unidades de contenidos, en diferentes niveles de complejidad.

Para Smith y Ragan (1999), el diseño instruccional es:

“La serie de actividades que realiza el profesional de la educación para establecer el sitio al que se desea llegar con la instrucción en cuestión (planteamiento de objetivos) y especificar los medios que le permitirán llegar a ese sitio (las técnicas de instrucción a emplear), así como el método para verificar si realmente se llegó al sitio deseado (evaluación)...” (Peñalosa, 2013, pp 87).

Broderick (2001) define el diseño instruccional como el arte y ciencia aplicada, encargada de crear un ambiente instruccional junto con materiales claros y efectivos, que apoyen al estudiante a desarrollar la capacidad para realizar ciertas tareas. Fields y Foxon (Fields y Foxon, 2001; pp 181), proponen una “*planificación instruccional sistemática que incluye la valoración de necesidades, el desarrollo, la evaluación, la implementación y el mantenimiento de materiales y programas*”.

Por último, Peñalosa (2013) menciona que:

“... un modelo instruccional es un conjunto integrado de componentes estratégicos, como el modo de secuenciar el contenido y el uso de ejemplos, prácticas, tácticas motivacionales, etcétera ...” (Peñalosa , 2013, pp 87).

Además lista las características de una teoría de diseño instruccional según Reigeluth (1999). Primero, debe estar orientada a la práctica y centrada en los medios para alcanzar los objetivos instruccionales. Segundo, debe identificar métodos y situaciones contextuales que impacten en la instrucción. Tercero, pueden dividirse los métodos en componentes. Y cuarto, los métodos son probabilísticos más que deterministas.

Ahora, con base en las definiciones de Berger y Kam; y Richey, Fields y Foson; y Peñalosa. Para fines del presente trabajo se entenderá como diseño instruccional a la planeación sistemática de la instrucción, considerando el planteamiento de objetivos como parte del análisis; las técnicas de instrucción a emplear como parte de la implementación y el mantenimiento; y el método para verificar que se llegó al lugar deseado, es decir, la evaluación de recursos educativos y actividades para que facilitan el aprendizaje del estudiante y sea un insumo para el proceso de mejora continua.

Modelos de diseño instruccional

El diseño instruccional es un proceso fundamentado en disciplinas tales como: Ciencias de la Ingeniería (visión sistémica), Ciencias de la Información (Tecnologías de la Información y Comunicaciones), Ciencias Sociales (Psicología, Pedagogía, teorías conductistas, constructivistas y cognoscitivistas) que buscan describir el proceso mediante el cual se produce una formación de calidad.

Para Molenda (1997) el diseño instruccional tiene como fundamento la ingeniería de sistemas y la psicología conductista. Sin embargo, en los últimos treinta años ha tenido una influencia dominante la psicología cognitiva. Peñalosa (2013) siendo un psicólogo cognitivo realiza investigaciones en las que determina que el modelo instruccional es un conjunto de elementos integrados de manera estratégica, como el modo de secuenciar el contenido y el uso

de ejemplos, prácticas, tácticas motivacionales, entre otras, cuyo fin es mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Por otro lado, la ingeniería de sistemas proporcionó un marco de trabajo sistemático para analizar el problema teniendo en cuenta todas las interacciones externas e internas, así como su contexto.

El proceso de diseño está basado en una metodología que considera las fases de análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación (Clark 2002; Molenda 1997, citado en Sangrà, 2011).

Por último, Benítez (2010) plantea cuatro generaciones en los modelos de diseño instruccional:

- Primera generación “Conductismo” (década 1960). Los modelos desarrollados: “...tienen su fundamentan en el conductismo; son lineales, sistemáticos y prescriptivos. se enfocan en los conocimientos y destrezas académicas y en objetivos de aprendizaje observables y medibles...”.
- Segunda generación “Teorías de Sistemas” (década 1970). Estos modelos: “... se fundamentan en la teoría de sistemas, se organizan en sistemas abiertos y a diferencia de los diseños de primera generación buscan mayor participación de los estudiantes, y por tanto de la enseñanza y aprendizaje...”.
- Tercera generación “Teoría Cognitiva” (década 1980). Se basan en: “...un enfoque heurístico, se fundamenta en la teoría cognitiva, se preocupa por la comprensión de los procesos de aprendizaje, el conocimiento debe estar basado en la práctica y resolución de problemas...”.
- Cuarta generación “Teorías Constructivistas y de Sistemas” (década 1990). Son: “... modelos heurísticos, se fundamentan en las teorías constructivistas y de sistemas. Se caracterizan por estar centrados en el proceso de aprendizaje, en la creatividad del estudiante y no en los contenidos específicos...”.

Se puede definir una quinta generación “Conectivismo” (década de 2000). Su concepción de aprendizaje emerge junto con la aplicación de la tecnología como mediador del aprendizaje. Siemens (2004) propone como fundamento al individuo, "*...el conocimiento personal se compone de una red, la cual alimenta a organizaciones e instituciones, las que a su vez retroalimentan a la red, proveyendo nuevo aprendizaje para los individuos...*" (Siemens, 2004 pag. 7).

Los modelos de diseño instruccional más populares son: el modelo de Gagné y Briggs, el modelo ADDIE, el modelo ASSURE, el modelo de Dick y Carey, el modelo de Jonassen, el modelo de cuatro componentes 4C/ID y el modelo de prototipación rápida. Cada uno cuenta con las características que se resumen a continuación:

1. El modelo de Gagné y Briggs, integra una lista larga de pasos a seguir para planear el diseño instruccional. Es un modelo completo; sin embargo, podría considerarse un tanto desordenado. La secuencia de pasos inicia con lo referente al sistema y no contempla la evaluación para este nivel. Cuando realiza la preparación de la lección no toma en cuenta el diseño y elaboración de las actividades de aprendizaje, ni considera las características del estudiante. Este modelo no realiza una evaluación para todos los niveles, lo que no permite una retroalimentación que permite mejorar el proceso.
2. El modelo ADDIE considera una supervisión continua. Los resultados de la evaluación de cada fase pueden regresar al diseñador instruccional a cualquiera de las fases según se requiera. Es un modelo organizado y flexible, lo que facilita la retroalimentación y la mejora continua. Además contempla las fases del ciclo de vida de desarrollo de un software. Es el modelo base de cualquier diseño instruccional.
3. El modelo ASSURE podría considerarse como sencillo ya que mantiene un orden adecuado a partir de las características del estudiante. Determina todo el diseño instruccional, incluye un enfoque centrado en el estudiante y concluye con el proceso de evaluación. Considera las fases básicas que contempla el modelo ADDIE. Comparado con el modelo de Gagné y Briggs, es más claro, organizado y sencillo. Este modelo tiene dos características que lo diferencian de los anteriores: 1) Su enfoque está más ligado a la enseñanza que al aprendizaje; 2) A partir de las habilidades y conocimientos que debe adquirir el estudiante, determina el diseño

instruccional y no a partir de las características del estudiante; y finalmente, 3) Se basa en un enfoque conductual.

4. El modelo de Jonassen incorpora herramientas cognitivas que refuerzan el aprendizaje del estudiante, contempla también herramientas de colaboración, mecanismos eficientes de comunicación y contextos del ambiente de aprendizaje constructivista. Se apoya en preguntas relacionadas a casos y proyectos, lo que fomenta el pensamiento crítico en los estudiantes. Sin embargo, no considera las características del estudiante, ni las habilidades que debe desarrollar el estudiante durante el curso.
5. Una característica importante del modelo 4C/ID es el desarrollo del conocimiento experto reflexivo. Es decir, adquirir la capacidad para aplicar de manera eficaz procesos automatizados en la resolución de problemas recurrentes y aplicar en situaciones nuevas y desconocidas procesos controlados basados en esquemas cognitivos.
6. El modelo de prototipación rápida es un modelo muy pragmático que se aplica de manera casi simultánea el análisis, diseño, implementación y pruebas durante el desarrollo del prototipo. Es muy útil cuando se cuenta con presupuesto reducido y no se puede dar el lujo de estar realizando inversiones en algo que tal vez no funcione.
7. Por último, el modelo de diseño de aprendizaje auténtico contextualizado que considera los siguientes pasos: el contexto de la actividad auténtica, la inducción, la construcción y la reflexión. Este modelo contempla etapas que fomentan el aprendizaje significativo del alumno basándose en las actividades de aprendizaje seleccionadas para cada paso.

Una aportación importante es la de de Schwartz, Brophy, Lin y Bransford (1999, citado en Peñalosa, 2013) con su modelo de diseño instruccional Star Legacy. Así como el modelo de Merrill (2002, 2009, citado en Peñalosa, 2013) de los principios fundamentales de la instrucción. Estos modelos junto con el 4C, incluyen elementos que promueven el aprendizaje profundo y la transferencia de conocimientos (Peñalosa, 2013, pp 88). Y por supuesto el modelo de diseño instruccional de aprendizaje auténtico contextualizado de Peñalosa (2013). Por su importancia se describen brevemente a continuación.

El modelo instruccional de Star Legacy ataca directamente el problema del conocimiento inerte a través de un software (Software Technology for Action and Reflection) que promueve la investigación por parte de los estudiantes, mediante desafíos que van incrementando su complejidad. Utiliza la analogía de montañas que se deben escalar y cada vez son más altas. Los estudiantes se organizan en grupos y avanzan con un aprendizaje basado en problemas. Una característica importante es que los estudiantes dejan un legado de su proceso de aprendizaje para que otros aprendan de sus experiencias.

En el software del StarLegacy al activar una montaña aparece un reto de aprendizaje que tiene asociado una lista de tareas que deben resolver. Los alumnos se organizan en grupos, hacen una lluvia de ideas iniciales y almacenan en un archivo las respuestas a las preguntas del reto. Los estudiantes presentan sus ideas en clase y el profesor las integra. Posteriormente realizan algo similar a un focus group, escuchan ideas de expertos a través de diversos medios, lo que permite ampliar sus ideas. En la etapa de investigar y revisar consultan recursos y realizan actividades colaborativas, revisan legados de otros estudiantes que resolvieron el reto. A continuación someten a prueba su solución, realizando actividades de evaluación formativa (cuestionarios, rúbricas, ensayos, etcétera). El siguiente paso es hacer pública su solución (en un foro, simposium, coloquio) y ponerla a disposición del resto del grupo. Por último, realizan una profundización progresiva ya que al concluir un reto inician otro más complejo. Los problemas planteados facilitan el aprendizaje por indagación.

El modelo Star Legacy tiene una mecánica interesante en la que plantea el proceso de enseñanza y aprendizaje como un juego que lo motiva a alcanzar las metas de los retos que se les presentan, a la vez que fortalece valores importantes como parte de su curriculum oculto, tales como el trabajo colaborativo, la creatividad y compartir sus conocimientos con los demás.

Otro modelo interesante es el de los principios fundamentales de la instrucción de David Merrill (2002, 2009 citado en Peñalosa 2013), propone cinco principios fundamentales para que un diseño instruccional sea eficaz. El primer principio se centra la enseñanza en la solución de problemas para propiciar que los estudiantes construyan conocimiento a través de la resolución del problema significativos para ellos. En este rubro se debe guiar a los estudiantes mediante instrucciones, materiales y andamiajes.

El segundo principio se enfoca en activar conocimientos previos para fortalecer el aprendizaje de nuevos temas, ya que al recordar, describir o demostrar experiencias anteriores, se activan estructuras cognitivas relevantes. Mientras que el tercer principio se basa en demostrar el conocimiento nuevo que ha adquirido el estudiante, mediante la solución de un problema, en este caso se guía al estudiante y se le presentan ejemplos ilustrativos de procedimientos y procesos. Se pueden utilizar videos, audios y recursos multimedia para demostrar el conocimiento.

En el cuarto principio se aplica el conocimiento, para tal fin, se presenta a los estudiantes diversos problemas para que apliquen los conocimientos adquiridos y se retroalimenten sus acciones. Las asesorías se van disminuyendo para que el alumno adquiera cierta autonomía. Por último, el quinto principio se encarga de integrar el conocimiento a lo habitual, se involucra al estudiante en actividades de discusión, defensa de sus soluciones y reflexión. Esto se fortalece cuando los estudiantes extrapolan el conocimiento al crear o inventar una nueva solución.

Al respecto del modelo de los principios fundamentales de la instrucción de Merrill, Peñalosa (2013) ha realizado estudios en los que ha comprobado que conforman un modelo eficaz para la enseñanza en Instituciones de Educación Superior.

Peñalosa (2013) propone el modelo de diseño instruccional de aprendizaje auténtico contextualizado, que identifica actividades de aprendizaje de acuerdo con las etapas del proceso de enseñanza, al mismo tiempo propone el uso de herramientas tecnológicas. Las características del modelo son: a) Fase **(C)**, establece una actividad auténtica que sirve como contexto para el trabajo inicial de los estudiantes, esta puede ser un caso, un problema, un proyecto, una pregunta, entre otros; b) Fase **(1)**, se define una actividad de inducción y activación del conocimiento previo, por ejemplo una exposición, animación, conferencia, entre otras; c) Fases **(2)**, se establecen estrategias de aprendizaje que faciliten el almacenamiento y procesamiento de información relevante a través de ensayos, esquemas o resúmenes, con los que el alumno construye (realizando exposiciones, lecturas, indagación etcétera) y aplica (ejercicios automáticos, cuestionarios, discusión, entre otros) un modelo de conocimiento; 4) Fase **(3)**, se realizan actividades de integración del conocimiento tales como reflexión de la utilidad del conocimiento, transferencia (aplicación en otros contextos), recreación del

conocimiento, recapitulación, entre otros. El modelo requiere la existencia de un programa didáctico del curso, el objetivo es diseñar las estrategias que se cristalizan como actividades de aprendizaje en la unidad temática del curso.

En resumen, los pasos que incluye el modelo de diseño de aprendizaje auténtico contextualizado son: el contexto de la actividad auténtica, la inducción, la construcción y la reflexión. Este modelo contempla etapas que fomentan el aprendizaje significativo del alumno basándose en las actividades de aprendizaje seleccionadas para cada paso.

Sin duda, es importante la integración de nuevos factores en los modelos de diseño instruccional, tal es el caso presentado en el E-Learn 2013 World Conference on E-Learning donde Silva-López y colaboradores presentaron un trabajo donde se aplica la personalización de recursos educativos, con base en el estilo de aprendizaje del estudiante como parte del diseño instruccional. Su objetivo fue mejorar el desempeño escolar de los estudiantes de Ingeniería en cursos mediados por Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) a partir de un enfoque sistémico y considerando 6 variables que se van modificando en cada experimento para poder analizar el impacto en el rendimiento escolar de los estudiantes. Los autores obtienen resultados en los que el índice de aprobación se incrementa del 20% al 87.5% (Silva-López y cols, 2013).

Diseño Tecnoinstruccional o Tecnopedagógico

El diseño instruccional tiene sus variantes de acuerdo con la modalidad de conducción del proceso de enseñanza y aprendizaje; e-learning, b-learning, c-learning, m-learning, u-learning. Cualquier propuesta de diseño instruccional requiere de la información de la disciplina de estudio, de las teorías de aprendizaje, de las estrategias didácticas y del entorno de aprendizaje adaptado que soporte la modalidad virtual. En este sentido, las tecnologías deben considerarse herramientas cognitivas que ayuden al estudiante a construir su conocimiento.

El planteamiento de Coll y colaboradores está asociado al diseño tecnoinstruccional o tecnopedagógico que contempla el proceso de diseño instruccional inmerso en la formación

virtual, vinculando las dimensiones tecnológica y pedagógica: (1) La dimensión tecnológica considera la selección adecuada de herramientas tecnológicas para el proceso formativo que se desea apoyar. Para lo cual es necesario analizar sus bondades y limitaciones.(2) mientras que la dimensión pedagógica contempla las características de los aprendices, analiza los objetivos y las competencias a desarrollar en la formación virtual (más allá del conocimiento disciplinar), desarrolla e implementa los contenidos, selecciona y planifica las actividades de aprendizaje y la evaluación del proceso y de los resultados aprovechando el uso de las herramientas tecnológicas (Coll y cols., 2008).

Teorías de aprendizaje y el proceso cognitivo

Existen diversas teorías de la mente que se han desarrollado con el pasar de los años, en ésta sección se resumen las teorías de aprendizaje así como un breve análisis de los elementos del proceso cognitivo.

Teorías del aprendizaje

René Descartes (1596-1650) aportó la distinción entre mente y cuerpo. Mientras que John Locke (1632-1704) sostuvo que el pensamiento es equivalente a una serie de imágenes mentales.

En 1879 se establece el primer laboratorio de Psicología en Alemania, donde Willhelm Wundt (1832-1920) se centró en el estudio de la naturaleza de la consciencia enfocándose en las sensaciones y sentimientos. Mientras tanto en Estados Unidos de America, William James (1842-1910) psicólogo funcionalista, se centró en la función de las actividades mentales. Su propuesta plantea que se deben cambiar ciertas conductas o formas de abordar un problema de manera adaptativa al entorno. Su principal aportación fueron las teorías sobre la función de conductas y actividades mentales.

Las teorías conductistas proponen que los estímulos llevan a respuestas y las consecuencias de las respuestas establecen relaciones con los estímulos. Estas teorías tuvieron serias limitaciones, no lograron explicar las conductas humanas como el lenguaje ni

proporcionaron un conocimiento de la naturaleza de la percepción, la memoria entre muchos otros. Hay que reconocer que hicieron aportaciones con técnicas experimentales rigurosas que se han aprovechado para el estudio de la cognición.

En Rusia, durante la década de 1920, surge la teoría de Vygotsky mencionado en (Klingler y Vadillo, 2000) que se contraponen al conductismo (resultante de la relación estímulo–respuesta). Vygotsky desarrolló una psicología basada en las doctrinas revolucionarias de Marx y concibe los procesos mentales superiores como parte de las interacciones sociales.

En Suiza, Jean Piaget propone la teoría del pensamiento. Considera que el desarrollo cognitivo sucede de forma secuencial a través de una serie de etapas que implican la construcción de conocimiento empírico y conocimiento lógico matemático.

La teoría de desarrollo cognitivo de Piaget estaba guiada por dos principios tomados de la biología: la organización y la adaptación, a los que Piaget denominaría: *asimilación* y *acomodación*. La asimilación es el proceso por medio del cual el sujeto interpreta la información que proviene del entorno y que a través de la acomodación los ajusta a la realidad, para llegar a la construcción (Klingler y Vadillo, 2000).

Esta teoría es de tipo constructivista, supone un desarrollo lineal del pensamiento a través de cuatro etapas fundamentales, considerando los procesos del pensamiento como una construcción resultante de la interacción con los otros individuos y con el medio.

Como parte de la psicología cognoscitiva se destacan la teoría de procesamiento de información y la teoría conexionista (Best, 2002). La primera hace énfasis en la explicación de procesos cognitivos básicos como la percepción y la memoria. También hace una limitada referencia a los procesos de razonamiento y resolución de problemas, conocidos como procesos cognitivos superiores.

La teoría cognoscitiva divide el procesamiento de la información en componentes: 1) El sistema sensorial en el que se detecta la información y se inicia su organización y 2) La memoria en la cual se da el procesamiento de la información. El objetivo de esta teoría es la representación teórica de la secuencia de eventos que ocurre durante la transformación de la

información (estímulo) a través operaciones perceptuales y cognitivas en formas estructuradas que se almacenan en la memoria (Estes 1988, citado por Klingler y Vadillo, 2000).

Por su parte, la teoría conexionista supone un análisis basado en la neurología y la matemática, se basa en sistemas nerviosos idealizados y expresados en modelos matemáticos que pueden ser automatizados. Postulan que el procesamiento se da a través de circuitos de neuronas que inhiben o facilitan el procesamiento de una u otra información.

David Paul Ausubel, propone que el aprendizaje se constituye como significativo cuando la nueva información se relaciona con un aspecto relevante de la estructura del conocimiento del individuo. El aprendizaje significativo presupone que el estudiante manifiesta una actitud de disposición para relacionar sustancialmente el material nuevo con su estructura cognoscitiva en la medida que el material con el que aprende es potencialmente significativo para él (Ausubel y cols., 2009).

Mientras que autores como Cohen (1969), Vinacke (1972), Cashdan y Lee (1973), Kogan (1973), Witkin (1976), Crombach y Snow (1977), Siegel y Coop (1980) a pesar de las diferencias de sus propuestas en cuanto a método y alcance, concuerdan con la definición: *Los estilos cognitivos son preferencias o variaciones en las características que los individuos tienen para procesar, almacenar, transformar, organizar, clasificar y utilizar la información al percibir, recordar, pensar y resolver problemas.*

Un nuevo enfoque se desarrolla a finales de los 50's directamente asociado con el desarrollo de las computadoras que inicia un periodo de transición conocido como la revolución cognitiva. Psicólogos y expertos en Computación como Hebert A. Simon y Alan Newell, así como el lingüista Noam Chomsky, fueron claves en ésta revolución. Se desarrollaron métodos para examinar las predicciones de los modelos informáticos, lo que permitió a los investigadores entender que es necesario pensar en los sucesos internos, no sólo en los estímulos, de manera análoga: examinar el programa para entender que está haciendo (Smith y Kosslyn , 2008).

Uno de los grandes avances de la psicología del siglo XX fue la propuesta de Guilford en 1950, en la que plantea el modelo factorial. Su propuesta se fundamenta en procesos cognoscitivos superiores: el razonamiento y la resolución de problemas (Klingler y Vadillo,

2001). A partir de esta teoría, Gardner desarrolla la teoría de las inteligencias múltiples que de acuerdo a criterios neurobiológicos divide a los procesos de pensamiento (Gardner, 1983; 1999).

El conocimiento acerca del funcionamiento del cerebro ayuda a comprender la cognición, los sentimientos y la conducta, por lo cual, los psicólogos cognitivos intentan explicar como la información se representa internamente. Para ello es necesario analizarlo como un proceso cognitivo. Autores que plantean un análisis de los elementos del proceso cognitivo son Banyard (1995) y Smith y Kosslyn (2008).

Elementos del proceso cognitivo

Banyard (1995) define los procesos cognitivos como estructuras o mecanismos mentales que se activan cuando el hombre observa, lee, escucha, mira, piensa, y reflexiona. La cognición está relacionada con los procesos mentales y el pensamiento. Se asocia con los procesos de adquisición, almacenamiento, uso y creación de conocimiento por parte del sujeto. El autor identifica elementos comunes en el proceso cognitivo: a) Percepción; observación del hecho a través de los sentidos; b) Atención; selección de estímulos sobre los que se concentra; c) Pensamiento; proceso enfocado al procesamiento de la información, al razonamiento, la resolución de problemas, busca un sentido a lo que ocurre y lo atiende; d) Memoria; encargada del almacenamiento del conocimiento, codifica la información para poderla recuperar después; y e) Lenguaje; sistema de comunicación simbólica (Banyard, 1995).

Una propuesta más completa es la presentada por Smith y Kosslyn (2008), estos autores analizan el proceso cognitivo y plantean: a) La percepción; b) La atención; c) La representación de la información en la memoria declarativa o a largo plazo; d) La memoria operativa, que se enfoca en el manejo de la información; e) Procesos ejecutivos encargados de dirigir el flujo de la información; f) Emoción y el procesamiento de la información; g) Toma de decisiones; h) Solución de problemas; y finalmente, i) El lenguaje.

La propuesta de Smith y Kosslyn integra los elementos propuestos por Banyard y separa los procesos de la memoria en declarativos (decodificación), los operativos (manejo de información, y procesos ejecutivos (flujo de la información). El pensamiento lo divide en varios procesos, además adiciona el elemento emoción que es fundamental para el procesamiento de la información y lo integra con la toma de decisiones y la solución de problemas. Finalmente concluye con el lenguaje de manera equivalente a la propuesta de Banyard.

Es importante establecer una descripción clara de los elementos del proceso cognitivo planteados en las teorías de Banyard, Smith y Kosslyn. En la figura 4.4 se presenta la relación existente entre las propuestas de Banyard y de Smith y Kosslyn.

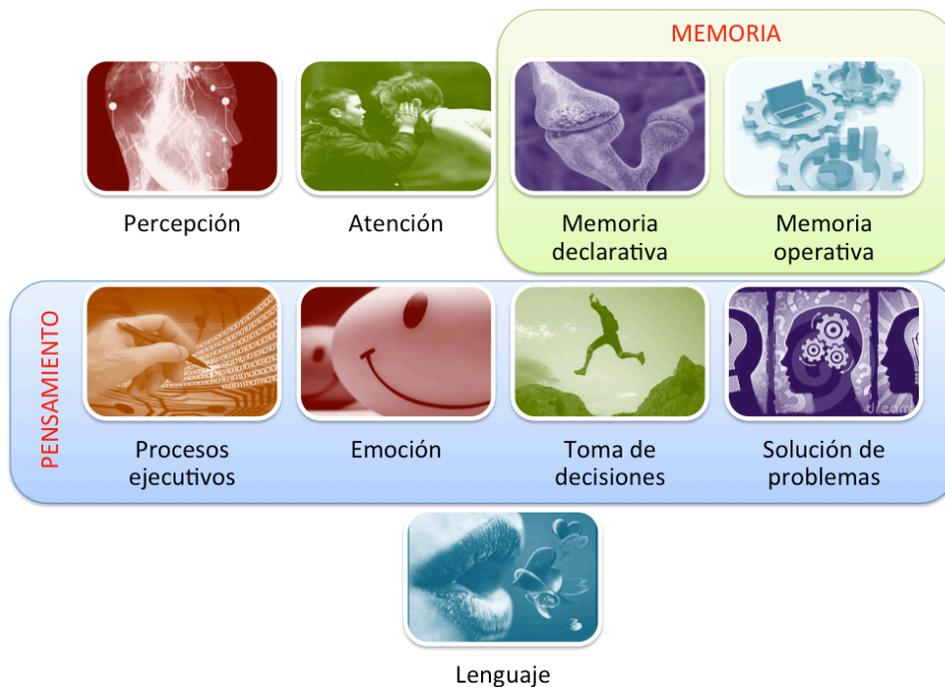


Figura 4.4. Relación entre las propuestas de Banyard vs. Smith y Kosslyn. (Elaboración propia)

Percepción

Los sentidos son la ventana al mundo y constituyen la materia prima para la construcción del conocimiento del entorno. El objetivo de la percepción es comprender qué hay en el mundo y dónde se encuentra, esto implica la interpretación de la información. (Smith y Kosslyn, 2008a).

Atención

La atención es el proceso a través del cual se elige entre muchos estímulos que compiten entre sí, esto facilita el procesamiento de unos e inhibe otros. El estímulo puede tener una motivación endógena (alcanzar metas u objetivos) o exógena (estímulo nuevo que capta la atención: un temblor). En resumen, la atención es el mecanismo mediante el cual se selecciona información importante para procesarla detenidamente (Smith y Kosslyn, 2008b).

Memoria a largo plazo

La memoria de largo plazo registra los conocimientos y experiencias adquiridos a lo largo de la vida. Es fundamental en el momento en que se lleva a cabo la comprensión. Tiene una capacidad infinita de almacenar información. Smith (Smith, 1995:60; citado en Fuenmayor G., Villasmil Y., 2008, pag. 195) la define como “...*un sistema organizado de conocimientos en que cada elemento de información está relacionado de alguna manera con todos los demás...*”. La memoria a largo plazo realiza los procesos de adquisición y organización que dependen del conocimiento previo.

Memoria operativa

La memoria operativa es fundamental en los procesos mentales tales como resolución de problemas. Kyllonen y Christal han sugerido que está íntimamente ligada con la inteligencia, entendida como la capacidad de resolver problemas y razonar en situaciones nuevas (Kyllonen y Christal, 1990; citado en Smith y Kosslyn, 2008e).

Procesos ejecutivos

Al realizar una actividad entran en juego un conjunto de procesos cognitivos como: el tipo de atención selectiva (acceso a la memoria operativa), cambiar la atención de una actividad a otra, ignorar o inhibir información que ya se ha percibido, planificar una secuencia de actividades, y por último, vigilar lo que está haciendo. Este conjunto de procesos se conocen como procesos ejecutivos, encargados de organizar la vida mental del individuo. Los procesos ejecutivos controlan y regulan la operación de otros procesos, son responsables de coordinar la actividad mental para alcanzar un objetivo (Smith y Kosslyn, 2008f).

Emoción

El término emoción se asocia con un episodio breve de respuestas a un acontecimiento externo o interno valorándolo como significativo. La emoción se relaciona con una serie de reacciones como la alegría, la tristeza, el miedo, el enojo, el odio, entre otras. Para fines de este trabajo es importante la relación de la emoción con el aprendizaje como un mecanismo de motivación. Este término "... se refiere a la tendencia a la acción que forma parte de algunas respuesta afectivas" (Smith y Kosslyn, 2008g; pag. 345). Smith y Kosslyn(2008g) sugieren que un marco científico en el que se investiga la emoción, está enfocado en los aspectos de la experiencia afectiva integrada por las expresiones faciales, la sensación de estar activo y la motivación

Toma de decisiones

Se entenderá por decisión a la selección que toma un individuo de entre un conjunto de diferentes posibilidades, en la que evalúa las líneas de acción disponibles y que determina cuál se llevará a cabo. La decisión busca satisfacer una necesidad o un deseo. Por tanto, los factores decisivos para tomar una decisión son: el valor que tiene para el individuo a cada opción y el resultado probable(Smith y Kosslyn, 2008h).

Resolución de problemas

La resolución de problemas es el conjunto de procesos cognitivos que permiten alcanzar un objetivo después de superar obstáculos. El razonamiento es la habilidad para llegar a conclusiones a partir de la información disponible. El razonamiento se integra por procesos cognitivos utilizados para hacer deducciones a partir del conocimiento para llegar a conclusiones. Tanto la resolución de problemas así como el razonamiento dependen de la atención, de la memoria operativa y del lenguaje. Por lo tanto, estos procesos utilizan en particular la corteza cerebral frontal y parietal (Smith y Kosslyn, 2008i).

Lenguaje

Tanto las palabras como las frases contienen una gran cantidad de ambigüedad, por tanto, un componente clave en la comprensión del lenguaje es la solución de la ambigüedad mediante la toma inconsciente de decisiones lo que facilita la elección más probable ante la información disponible. “... Los investigadores se han debatido durante mucho tiempo en qué grado, el lenguaje de cada individuo perfila el pensamiento...”, tal es el caso de Salir y Whorf (Smith y Kosslyn, 2008k, pag. 560) que plantean que “... el lenguaje que se habla perfila muchos de los pensamientos...” (Smith y Kosslyn, 2008k, 560).

Por tanto, conocerlos es fundamental para lograr un mejor aprendizaje.

Modelo tetrahedral del aprendizaje

Bransford y Jenkins (1979) reconocen que los cambios en el desempeño del aprendizaje se rigen por la interacción de las siguientes variables: 1) Actividades o estrategias que el estudiante utiliza para codificar, almacenar y evocar información; 2) Características, atributos individuales que posee del aprendiz y que influyen en los procesos de codificación, almacenamiento y recuperación de la información (procesos cognitivos); 3) Recursos educativos: tipo de material, su naturaleza, estructura, longitud, nivel de dificultad, entre otras;

y 4) El criterio de evaluación, tipo de prueba cuantitativa o cualitativa, aplicada para evaluar el aprendizaje.

Estas variables conforman lo que se ha denominado el modelo tetrahedral del aprendizaje. Sin embargo, en el modelo propuesto por Bransford y Jenkins no consideran las actividades de aprendizaje como una variable que produzca un cambio en el desempeño del aprendizaje o en el desarrollo cognitivo.

Cognición y Neurociencia

La metacognición se concibe dentro de la existencia del propio ser humano. Sócrates lo mencionaba: “conócete a ti mismo”. Es un elemento importante para que el sujeto que aprende adquiera los conocimientos. La *metacognición* se define para fines del presente trabajo, como la consciencia que cada persona tiene de sus propias capacidades y limitaciones cognitivas; incluye el conocimiento y la regulación de varios procesos cognitivos (Smith y Kosslyn, 2008j)

Teorías del cerebro

Existen muchas investigaciones que han dado origen a diferentes interpretaciones acerca del funcionamiento del cerebro. En esta sección se presenta una síntesis de los hallazgos más relevantes reportados en la literatura, así como las implicaciones que tienen para la educación.

Hemisferios cerebrales

Las investigaciones de Sperry (1973) confirman la especialización de los hemisferios cerebrales, estableciendo que la capacidad de hablar, escribir, leer, analizar y razonar, son una responsabilidad fundamental del hemisferio izquierdo; mientras que las habilidades para percibir, crear, integrar, orientarse en el espacio, lograr una visualización geométrica de formas y figuras, son ejecutadas por el hemisferio derecho (ver figura 4.5).

Los resultados de sus investigaciones permitieron identificar que el hemisferio izquierdo del cerebro controla el lado derecho del cuerpo y el hemisferio derecho controla el lado izquierdo del cuerpo. En cuanto al procesamiento de la información: el hemisferio izquierdo procesa secuencialmente, paso a paso, de manera lineal y temporal al recibir estímulos, reduce un todo a sus partes significativas. Mientras que el hemisferio derecho se especializa en el proceso simultáneo, integra y organiza de manera global en un todo, se enfoca en las relaciones, es holístico (Sperry, 1973).

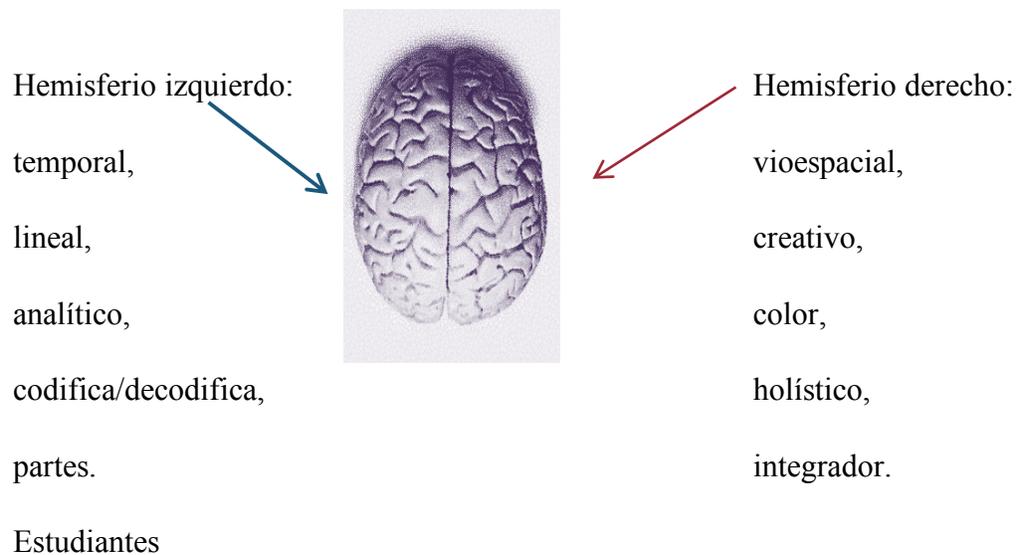


Figura 4.5. Hemisferios cerebrales de Sperry (1973).

VerLee plantea que la diferencia entre los dos hemisferios cerebrales, es su estilo de procesamiento de información. En realidad ambos trabajan siempre en paralelo y aunque el estilo de procesamiento del hemisferio izquierdo sea más eficiente cuando trata de información organizada como el lenguaje, pero esto no implica que el lenguaje esté situado en el lado izquierdo del cerebro. Para el caso del pensamiento visoespacial ocurre lo mismo, no radica en el hemisferio derecho, en realidad se especializa en una modalidad del proceso que percibe; en consecuencia, es más eficiente en las tareas visoespaciales (VerLee, 1986).

Teoría del cerebro triuno

MacLean presenta una visión distinta del funcionamiento del cerebro, complementado las investigaciones de Sperry. La conceptualización de MacLean plantea que el cerebro está formado por tres elementos interrelacionados: el cerebro reptil, el sistema límbico y la neocorteza encargados de controlar la conducta humana (MacLean, 1978).

El cerebro reptil integra los ganglios basales, el tallo cerebral y el sistema reticular; su función primordial es gestionar de manera automática los procesos que se desarrollan al interior del cuerpo, la memoria a corto plazo, controla la vida instintiva y el presente; procesa las funciones asociadas con el actuar rutinario, la territorialidad, condicionamiento, adicciones y seguridad.

El sistema límbico está conformado por los bulbos olfatorios, el tálamo, las amígdalas, núcleo hipotalámico, el hipocampo (asociado a la memoria a largo plazo y por tanto al pasado), área septal y la pituitaria. El sistema límbico controla las emociones, los sentimientos, la regulación endocrina, el dolor, el placer y la generación de múltiples sustancias químicas que permiten la transición de un sentimiento a otro.

Por último, la neocorteza dividida en dos hemisferios, aquí se realizan los procesos intelectuales: análisis y síntesis, razonamiento, pensamiento crítico, resolución de problemas, creatividad, se enfoca en el procesamiento de la información y la generación de conocimiento, encargado de planear, por tanto se centra en el futuro. En la figura 4.6, se ilustran los tres sistemas planteados por MacLean.

La teoría del cerebro triuno propuesta por MacLean presenta otra visión del funcionamiento del cerebro humano y sus implicaciones para la educación (Gómez, 2004).

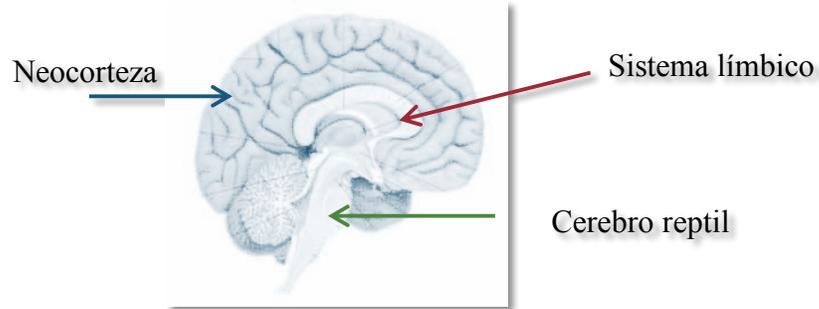


Figura 4.6. Cerebro Triuno de MacLean(Gómez-Cumpa, 2004).

Teoría del cerebro total

Herrmann, a partir de los estudios sobre la dominancia cerebral de Sperry y en la teoría del cerebro triuno de MacLean; así como en los resultados de sus propias investigaciones, utilizando equipos de retroalimentación biológica (bio-feedback) y de electroencefalografía, replantea el problema de la dominancia cerebral (Ruiz-Bolívar y Cols., 1994, citado en Gómez-Cumpa, 2004).

Herrmann construye un modelo metafórico del cerebro al proponer su división en cuatro cuadrantes; dos corticales superiores y dos límbicos inferiores (como se ilustra en la figura 4.7). El autor Asocia cada cuadrante a un estilo particular de pensar, crear y aprender. Por lo cual, cada proceso de pensamiento individual lo puede describir en función de las preferencias o dominancia de los cuadrantes.

Según Herrmann el cerebro humano funciona en su mayor potencial innovador y productivo, cuando los cuatro cuadrantes se comprometen iterativa y situacionalmente en el proceso, ya que los cuadrantes A y B se encargan de definir el problema o tema. Mientras que los cuadrantes B y C brindan los ingredientes viscerales y emocionales. Por su parte, los cuadrantes C y D plantean las soluciones conscientes. Por último, los cuadrantes A y D procesan las soluciones para validar la lógica de la solución imaginada (Herrmann, 1989).

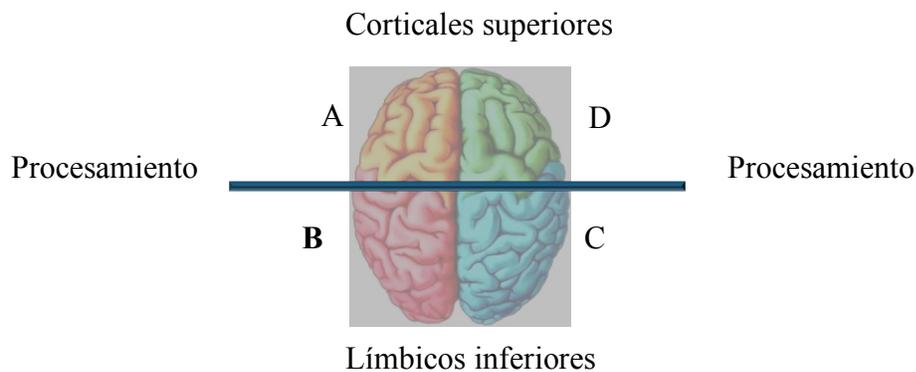


Figura 4.7. Modelo del cerebro total de Herrmann (1989).

Según el modelo del Cerebro Total de Herrmann, se reconoce y valora la diversidad de preferencias y comportamientos posibles, como una respuesta a diversas situaciones de aprendizaje, tanto individuales como organizacionales, determina la solución de problemas y la toma de decisiones. El modelo incorpora el componente límbico (regulador, afectivo y emocional) al cerebral o cortical superior (cognitivo, lógico e imaginativo) dentro de un marco dinámico de interacciones de procesos y tipos de pensamiento, emociones, actitudes y creencias.

El autor propone que los cuadrantes dependen de predisposiciones genéticas y son modelados por el aprendizaje social y la influencia cultural por lo que los individuos desarrollan y activan su preferencia a lo largo de la vida. Uno de los aspectos más resaltantes del Modelo de Herrmann es la consideración de que el proceso creativo requiere de la activación completa del cerebro. Toda su potencialidad debe ser movilizada en un conjunto de múltiples interacciones en el que todas las manifestaciones del procesamiento de información son posibles, asociados con las predisposiciones de base genética, del ambiente y de la cultura en general (Gardié, 2000).

La combinación de los cuadrantes cerebrales A, B, C, D (A + B: izquierdo, C + D: derecho, A+ D: cerebral, B + C: límbico), son determinantes en el perfil de cada persona. El perfil se conforma con base en el potencial heredado de talentos, así como de las influencias que actúan sobre él: ambiente, cultura, aprendizaje, escuela y sociedad. La naturaleza de un

perfil determinado depende de la historia de la persona, y proporciona una orientación en cuanto a sus habilidades, destrezas, conocimientos, hábitos, creencias y valores.

El modelo identifica como el individuo percibe, aprende, resuelve problemas y toma decisiones. Cada una de las áreas cerebrales o cuadrantes realiza funciones diferenciadas como se resumen en la tabla 4.1 y se muestran en la figura 4.8.

La dominancia de los cuadrantes en un individuo puede ser simple, doble, triple o cuádruple. Al realizar una combinación de dos de ellas se definen cuatro nuevas modalidades de pensamiento: 1) Cuadrantes A y B (hemisferio izquierdo); realista y del sentido común; 2) Cuadrantes C y D (hemisferio derecho); idealista y kinestésico; 3) Cuadrantes A y D (cerebral); pragmático o cerebral; y finalmente 4) Cuadrantes B y C (sistema límbico); instintivo y visceral.

Herrmann llegó a las siguientes conclusiones: a) El cerebro humano se divide en cuatro hemisferios o cuadrantes cerebrales; b) todos los seres humanos nacen con una tendencia hemisférica; y c) el medio ambiente, la educación y la experiencia influyen para desarrollar la parte del cerebro que no tiene tan desarrollada de manera natural.

Tabla 4.1. Características y ubicación de los cuadrantes cerebrales.

Cuadrante cerebral	Ubicación	Características
A	Lóbulo superior izquierdo	Este cuadrante se encarga del pensamiento lógico, analítico y matemático, se basa en hechos concretos por lo que es cualitativo y crítico. Se enfoca en el razonamiento.
B	Lóbulo inferior izquierdo	El cuadrante B se caracteriza por un estilo de pensamiento que planifica, controla, organiza, funciona de manera secuencial y revisa los detalles, es muy orientado al proceso.
C	Lóbulo inferior derecho	Este cuadrante mantiene un estilo de pensamiento humanístico, emocional, musical y sensorial. Va de lo interpersonal a lo espiritual. Es simbólico.
D	Lóbulo superior derecho	El último cuadrante, se enfoca en un estilo de pensamiento teórico-conceptual, holístico y global. Se encarga de integrar, a la vez de sintetizar. Es artístico, espacial, visual, metafórico y creativo.



Figura 4.8. Características de los cuadrantes cerebrales (elaboración propia basado en Herrmann International, 2004, pag. 5).

Gardié (2000, pag. 25-38) señala algunas estrategias de procesamiento de información para cada uno de los cuadrantes del modelo de Herrmann:

1. **Cuadrante Izquierdo-Cerebral (A).** Las estrategias de procesamiento de información del cuadrante A constituyen la base de la enseñanza escolar, la formación científica y la capacitación profesional. Se asocian con el rigor del pensamiento analítico y cuantitativo, la reflexión crítica, la formulación teórica, las relaciones lógicas y la visión realista, apoyándose también en los datos de la experiencia. Este estilo de pensamiento se requiere para el desarrollo de operaciones mentales con diferentes grados de complejidad (también llamadas habilidades del pensamiento), que constituyen valiosas herramientas y estrategias indispensables para el procesamiento cognitivo y meta cognitivo del cerebro humano.
2. **Cuadrante Izquierdo-Límbico (B).** Las estrategias que conforman al cuadrante B son las operacionales, se enfocan en la ejecución de acciones prediseñadas para el manejo de diferentes situaciones en las que intervienen los individuos y las organizaciones. No hay cavidad para la reflexión crítica, o para alternativas distintas a las establecidas por la normatividad o la tradición. Se dedica a administrar recursos, establecer prioridades,

dar seguimiento a los procedimientos, supervisar el desempeño y evaluar resultados, buscando el cumplimiento de metas y objetivos, con eficiencia y calidad. No es flexible, una vez que recibe insumos e instrucciones se ejecuta de manera controlada, secuencial y previsible.

3. Cuadrante Derecho-Límbico (C). El cuadrante C es emocional, comunicativo y expresivo. Ofrece una visión hacia el exterior, tiende a involucrarse en relaciones interpersonales de cooperación y amistad, en proyectos comunitarios de asistencia y apoyo social. Lo activa la empatía y la motivación, su comportamiento responde a estímulos emocionales y afectivos. Prefiere atender causas humanitarias, religiosas y espirituales. Su activación se asocia con el pragmatismo, con expresiones kinestésicas, de contacto con los semejantes, así como con el gusto de escuchar e interpretar la música.
4. Cuadrante Derecho, Cerebral (D). Es el cuadrante de la creatividad, generador de situaciones innovadoras, producidas de manera consciente, se apoya en la imaginación, o de manera inconsciente a través de ideas inspiradas de manera intuitiva.

El autor propone un modelo integrado por un conjunto de procesos mentales que son activados en cada cuadrante cerebral, lo que permite realizar un manejo pedagógico óptimo al seleccionar determinadas estrategias que activan cada cuadrante cerebral según se requiera o desee.

A partir de la clasificación de procesos, inteligencias y desarrollo de habilidades es necesario establecer una relación con las actividades de aprendizaje que se utilizan en un curso para lograr que el estudiante tenga un aprendizaje significativo y puedan desarrollar nuevas habilidades cognitivas.

Por tanto, es necesario contar con instrumentos que permitan al estudiante y al profesor conocer sus preferencias de pensamiento. Existe una herramienta (HBDI ®) de origen fisiológico integrado por 120 preguntas, permite obtener un indicador de la dominancia cerebral de la persona (preferencia particular de pensamiento).

El perfil es una representación visual en cuatro cuadrantes de los estilos preferidos, considera tres tipos de preferencias. La primaria asociada a la preferencia (1 - prefiere: más de

67).La secundaria asociada al uso (2 – utiliza: entre 34 y 66).Y la terciaria, que indica a un estilo evitado o rechazado (3 – rechaza: entre 0 y 33). Sin embargo, el instrumento requiere de un tiempo considerable para ser contestado. Existen otros instrumentos fundamentados en el (HBDI ®) que son gratuitos y se integran por con un conjunto menor de items lo que facilita su aplicación a los estudiantes.

Tal es el caso del instrumento propuesto por Galván y colaboradores (Human Potential: <http://www.humanpotential.com.mx/index.php/en/>) que da una noción del estilo de pensamiento. Se fundamenta en los trabajos de Herrmann y la Teoría del Cerebro Total. La aplicación del mismo da una noción del estilo de pensamiento de la persona, mediante una prueba sencilla que puede contestarse rápidamente. Además es gratuito y se cuenta con el aval y el permiso de los autores para utilizarse. En la figura D.2 del apéndice D, se muestra el test para determinar el estilo de pensamiento propuesto por Human Potential, desarrollado por Galván y colaboradores. Para los autores, el perfil del estilo de pensamiento es una representación visual de las preferencias de pensamiento divididas en cuatro cuadrantes. Se consideran tres niveles de preferencias: la primaria asociada a la preferida (1-prefiere: más de 12), la secundaria asociada al uso (2-utiliza: entre 6 y 11), y la terciaria, que indica a un estilo evitado (3–rechaza: entre 0 y 5).

Dimensión Computacional

La Dimensión Computacional se centra en sistemas basados en conocimiento (ontologías) que se aplican en el ámbito tecno-educativo enfocados a mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Se abordarán conceptos asociados con la Web Semántica, ontologías, metodologías para el diseño de ontologías y herramientas para la implementación de ontologías. Adicionalmente se presenta la arquitectura del Entorno Virtual de Aprendizaje Personalizado y conceptos de la Cloud Computing.

Web Semántica

Berners-Lee y colaboradores plantean posibles escenarios en los que, la Web Semántica, tiene un papel fundamental en la vida diaria de los seres humanos (Berners-Lee y cols., 2001). Su propuesta pretende superar las limitaciones de la web actual mediante la introducción de descripciones explícitas del significado, la estructura de los contenidos y servicios disponibles en la World Wide Web (WWW). Su objetivo es clasificar, ofrecer una estructura y anotar los recursos con semántica explícita procesable por máquinas.

La Web semántica mantiene los principios de descentralización, de compartir, de compatibilidad, maximiza la facilidad de acceso y contribución, lo que promueve su éxito en la web actual. Su objetivo es definir un estándar que brinde la semántica necesaria para alcanzar un entendimiento entre los elementos que intervienen en la construcción y explotación de la web. La Web semántica rescata la noción de *ontología* del campo de la Inteligencia Artificial como medio para cumplir su objetivo.

Arquitectura de la web semántica

La web semántica esta pensada para continuar trabajando con la web actual, TimBerners-Lee, propone la arquitectura de la web semántica como se muestra en la figura 4.9.

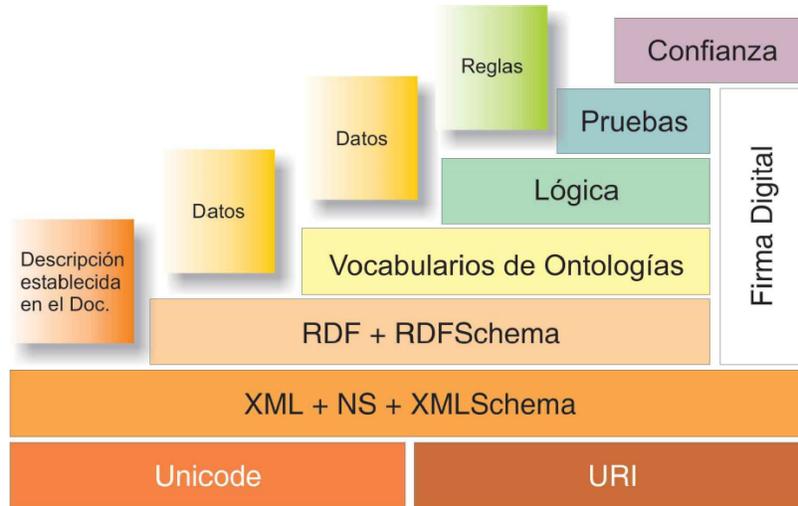


Figura 4.9. Semantic Web -XML2000 Architecture(Berners-Lee y cols., 2001).

La primer capa está constituida por Unicode (estándar universal de codificación de caracteres usado para la representación de texto en la computadora). Permite la representación de caracteres de todos los idiomas. Esto facilita la programación en múltiples idiomas y plataformas. Unicode es una codificación del texto que permite utilizarlos símbolos de diferentes idiomas sin que aparezcan caracteres extraños. El objetivo es desplegar información en cualquier idioma en la web semántica.

Una vez definido el juego de caracteres, reutiliza los Uniform Resource Identifiers (**URI**), que son secuencias de caracteres que identifican un recurso abstracto o físico. Mientras que sí se incluye la información necesaria para localizar un recurso, entonces se trata del Uniform Resource Locators (**URL**).El URL contiene toda la información para ubicar un recurso en la web.

La segunda capa **XML+NS+XMLSchema**, integra diferentes tecnologías que posibilitan la comunicación entre agentes. El XML (Extensible Markup Language) proporciona un formato común para el intercambio de documentos el cual basado en un sistema de etiquetas SGML (SGML, 2008).Por otro lado, Namespaces (NS), es un método para cualificar elementos y atributos de nombres usados en documentos XML, asociándolos

con espacios de nombre identificados por URIs. XMLSchema es un lenguaje que permite definir lenguajes y valida la estructura del contenido de documentos XML.

XML es una primera aproximación hacia la web semántica. A pesar de no haber sido desarrollado para definir ontologías es el estándar más usado en éste tipo de aplicaciones. XML Schema (XMLSchema, 2014) permite establecer las estructuras que se van a utilizar, así como los tipos de datos primitivos y derivados. XSLTransformation (1999) permite definir plantillas con estructuras XML para generar código HTML y visualizar los contenidos en un navegador. Existen parsers como Document Object Model (2005) que permiten moverse por las estructuras XML desde un programa Java y hay herramientas que facilitan la compatibilidad de XML con bases de datos como JavaBeans (1993).

La tercera capa **RDF+RDFS**Schema, está constituida por: a) **RDF** (Resource Description Framework, 2014), un lenguaje simple mediante el cual definimos sentencias en el formato de una 3-upla o tripleta (*sujeto*: el recurso al que nos referimos; *predicado*: el recurso que indica qué es lo que estamos definiendo; y *objeto*: que puede ser el recurso o una literal que representa el valor de lo que se definió). **RDFS**Schema es un vocabulario RDF que describe recursos mediante una orientación a objetos. Esta capa ofrece información semántica.

La cuarta capa: Vocabulario de Ontologías, permite clasificar la información. Extiende la funcionalidad de la web semántica agregando nuevas propiedades y clases para describir los recursos y sus relaciones con otros objetos. Una ontología es la especificación formal de una conceptualización de un dominio concreto del conocimiento.

En la quinta capa: Lógica, se establecen reglas de inferencia, que permiten realizar búsquedas inteligentes en la ontología.

La sexta capa: Pruebas, permite el intercambio de “pruebas” en el lenguaje unificado de la web semántica, posibilitando las inferencias lógicas.

La séptima capa: Confianza, se encarga de verificar de manera exhaustiva las fuentes de información.

La última capa: Firma digital, verifica que la información ha sido ofrecida por una fuente confiable, utiliza XML Signature WG (2008).

Para el presente trabajo de investigación el interés se enfoca en el diseño de ontologías para modelar el conocimiento, por lo que nos enfocaremos en ello en la siguiente sección.

Ontologías

La creación de ontologías es uno de los modelos de la inteligencia artificial que permite crear sistemas basados en conocimiento, facilitan también organizar de manera estándar el contenido de la web. Esto tiene como objetivo el categorizar la información, en ambos casos el objetivo es que la información y el conocimiento puedan ser procesados por las computadoras.

Definición de ontologías

La palabra ontología proviene de las raíces griegas *ontos* (ser) y *logos* (tratado). Los filósofos alemanes la usan para diferenciar el estudio del ser, del estudio de los tipos de seres en ciencias naturales.

El término ontología es adoptado por la inteligencia artificial como un mecanismo para representar, compartir y reutilizar el conocimiento. Para Guarino (1998) es un artefacto, constituido por un vocabulario específico que describe un dominio de conocimiento, integrando un conjunto de reglas que explicitan dicho vocabulario. Mientras que McGuinness (2003) la define como la descripción explícita y formal de los conceptos de un dominio, incluyendo sus propiedades y restricciones.

Aunque existen diversas definiciones del concepto de ontología, una de las más aceptadas es la propuesta por Gruber: "explicit specification of a conceptualization" (Gruber, 1993, pag. 1).

Las ontologías son modelos conceptuales que explicitan un vocabulario para eliminar las ambigüedades y garantizar una comunicación adecuada. Por lo que la razón principal para construir una *ontología* es compartir información y reutilizar el conocimiento que se tiene sobre un dominio específico.

Con base en las propuestas planteadas por Gruber (1993) y McGuinness (2003) se entenderá por *ontología* a la especificación formal y explícita de los conceptos de un dominio de conocimiento compartido, incluyendo sus propiedades y restricciones.

Componentes de una ontología

Bajo una visión de ingeniería, una *ontología* es un artefacto constituido por un vocabulario específico que se utiliza para describir una cierta realidad, incluye un conjunto de suposiciones que determinan el significado del vocabulario. Por tanto, los componentes de una ontología son una jerarquía de clases con atributos y relaciones. Una red semántica que representa un conjunto de instancias interrelacionadas. Una lógica que es un conjunto de axiomas sobre las clases y/o instancias; y una serie de reglas de inferencia (Barchini, 2010).

La bibliografía especializada muestra que los componentes de una ontología dependen del dominio de interés y las necesidades de los desarrolladores. Se toman como base los componentes de las ontologías propuestas por Sowa (Sowa, 2000), Noy & McGuinness (2001) y Farquhar; (1997), y que se describen a continuación:

- **Axioma:** Permite el modelado de verdades que siempre se cumplen en la realidad. Se tiene dos tipos de axiomas: estructurales y no estructurales. Un axioma estructural establece condiciones relacionadas con la jerarquía de clases de la ontología, conceptos y atributos. Un axioma no estructural establece relaciones entre atributos de un concepto y son específicos de un dominio.
- **Clase:** Una clase es un conjunto de objetos (cosas, personas, tareas, funciones, entre otras). Las clases sintetizan los conceptos del dominio, son la base de la descripción del conocimiento en la ontología. Una clase puede dividirse en subclases, que representarán conceptos más específicos de la clase a la que pertenecen. Cuando una clase tienen como componente otra clase, se denomina superclase o meta-clase.
- **Objeto:** Es una instancia de una clase. Los objetos de una clase se pueden describir a través de sus propiedades.
- **Instancias o individuos:** Son objetos, miembros de una clase, son indivisibles, no pueden perder su estructura y características funcionales.

- **Relaciones:** Establecen asociaciones entre conceptos de una ontología, representando las interacciones entre éstos. Se definen como el producto cartesiano de n conjuntos.
 $R: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$.
 - Relaciones más utilizadas son:
 - Instancia de: asocian objetos a clases.
 - Relaciones temporales: implican precedencia en el tiempo.
 - Relaciones topológicas: establecen conexiones espaciales entre conceptos.
- **Propiedades:** Conjunto de características o atributos que describen un objeto.
- **Frame:** Un objeto que incluye clases, instancias y relaciones.
- **Conceptualización:** Conjunto de conceptos, relaciones, objetos y restricciones que caracterizan un dominio.
- **Taxonomía:** Conjunto de conceptos organizados jerárquicamente que definen las relaciones entre los conceptos, pero no sus atributos.
- **Vocabulario:** Conjunto de palabras con una explicación y documentación que persigue la universalidad y el formalismo en el contexto de un dominio.

Lenguajes de descripción de ontologías

Una ontología se define a través de lenguajes de descripción conocidos como lenguajes de ontologías basados en la web o lenguajes de marcado de ontologías.

Resource Description Framework(RDF, 2014,) es un lenguaje utilizado para la definición de ontologías y metadatos para la web semántica. La primera versión de RDF se publicó en 1999, su elemento de construcción básica es la “tripleta”, que consiste en dos nodos (sujeto y objeto) unidos por un arco (predicado), donde los nodos representan recursos y los arcos propiedades. Al asociar las tripletas se construyen grafos o redes semánticas.

Ontology Inference Language (OIL,2011), es un lenguaje desarrollado en Europa.Y DARPA Agent Markup Language (DAML,2006), desarrollado en EE.UU. Estos lenguajes se fundieron en DAML+OIL. A partir de esta unión se define el lenguaje: Ontology Web Language (OWL, 2013). OWL reúne todas las ventajas de DAML+OIL, se puede formular en

RDF, extendiéndolo con la posibilidad de utilizar expresiones lógicas. Además OWL permite atribuir propiedades a las relaciones, como cardinalidad, simetría, transitividad, y relaciones inversas. Existen otros lenguajes para la definición de ontologías: TopicMaps (TopicMaps,2010), Operational Conceptual Modelling Language (OCML,2011) entre otros.

Jena (2011) es el parser más popular de RDF y OWL. Fue desarrollado por Hewlett Packard, permite leer, modificar y recorrer grafos desde un programa Java. También permite guardar las ontologías en formato de bases de datos y en RDF textual, esto es importante para grafos muy grandes. Incluye un motor de consultas para RDQL.

Sesame, desarrollado en el proyecto europeo 'Ontoknowledge' (Sure, 2013), es otra librería para RDF y OWL ofrece un motor de consultas propio para RQL y SeRQL.

Las últimas versiones de Jena y Sesame han incorporado también motores de razonamiento para las expresiones lógicas de OWL. Definir ontologías con lenguajes como RDF y OWL es muy complicado. Por suerte, existen editores gráficos para visualizar y construir ontologías (Ontology Editors,2015)..

Protégé (2015) fue desarrollada en la Universidad de Stanford, es la herramienta más utilizada en estos momentos, permite definir ontologías: crear clases y jerarquías, declarar propiedades para las clases, crear instancias e introducir valores, en un ambiente gráfico. La figura 4.10, muestra la interface de Protégé.

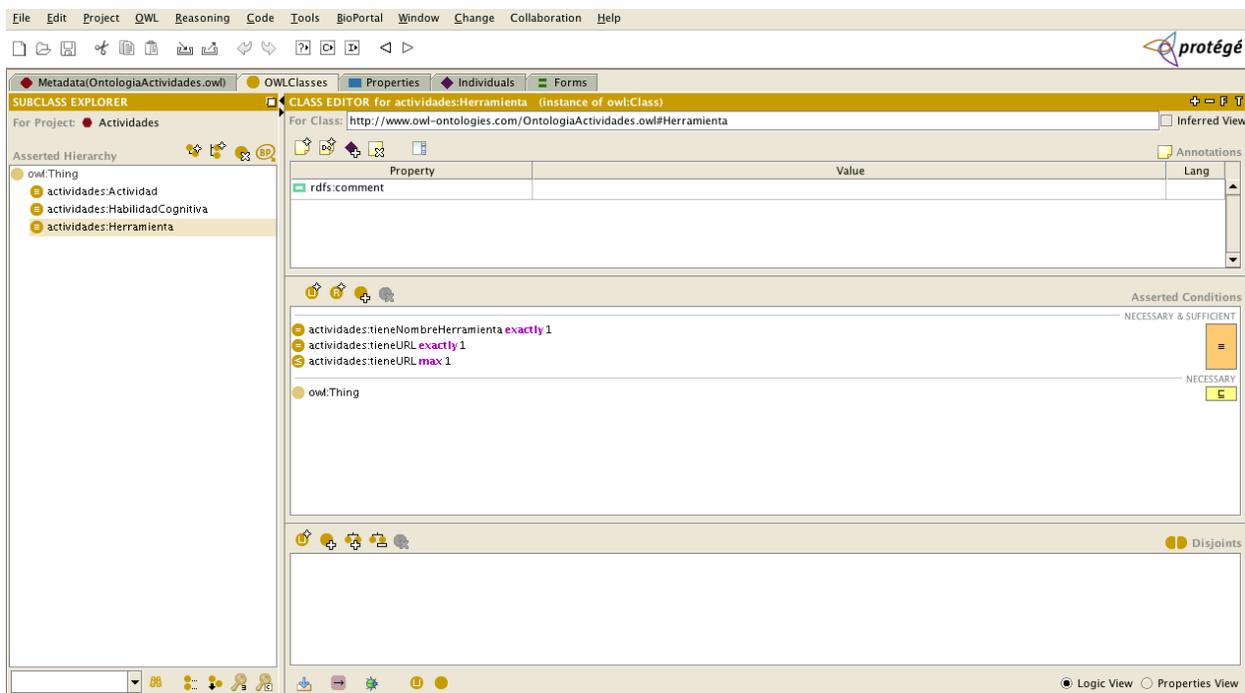


Figura 4.10. Interfaz de Protégé.

Protégé cuenta con un lenguaje propio para definir ontologías, sin embargo, permite exportar a formato RDF y OWL, es una herramienta abierta y fácil de extender, existe una comunidad que contribuye activamente en el desarrollo de componentes en forma de plug-ins, lo que la está convirtiendo en un entorno muy poderoso.

Las ontologías van más allá de la organización de la información de la Web, se utilizan en agentes inteligentes que facilitan la búsqueda de la información, la comunicación entre agentes, que ofrecen respuestas concretas a los requerimientos del usuario. Se han empezado a utilizar en Sistemas basados en conocimiento que apoyan el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Metodologías para el diseño de ontologías

Para empezar es importante identificar la diferencia entre los conceptos método, técnica y metodología, desde la concepción de Moreno (2008):

“... Método. Del griego *methodos*, de *metá*... hacia o con y *odós*... camino o vía; que quiere decir, camino hacia algo. Es un modo ordenado de proceder al realizar una actividad; también es un procedimiento que se sigue al actuar ...”.

“... Técnica. Del griego *tejniké*: de *tejné*... arte. Conjunto de procedimientos y recursos que emplea una ciencia o arte. Es la manera de hacer las cosas y los trabajos de tipo práctico...”

“... Metodología. Del griego *methodos*... métodos y *logos*... ciencia o tratado.

Puede tener dos acepciones.

a) Es la ciencia que se encarga del estudio del método, en la enseñanza o la investigación.

b) Es el conjunto de procedimientos, técnicas e instrumentos que se siguen y utilizan para realizar una investigación...”.

Los investigadores buscan un método para el diseño de ontologías adecuado, sin embargo, están presentes muchas variables y se convierte en una tarea complicada para muchos casos.

Methontology es la metodología más madura, sin embargo, requiere la incorporación de procesos, además de requerir más detalle de las actividades que involucra. Las metodologías de Uschold, King's, Grüninger, Fox's y SENSUS, no describen actividades, procesos, técnicas, ni el ciclo de vida. Los métodos más utilizados para el diseño y construcción de ontologías se listan en la tabla 4.2, con la finalidad de establecer la metodología que se aplicará en éste trabajo de investigación.

Tabla 4.2. Métodos para el diseño y construcción de ontologías.

Autor	Año	Metodología
Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco Silva Mónica, Silva Rafaela, Bravo Maricela	2012	OntoDesignGraphics (Silva y cols., 2014).
University of the Aegean, AI-Lab. George Vouros, Dr. Konstantinos Kotis, Chalkiopoulos Christos	2005	A Human Centered Collaborative Ontology Engineering Methodology (Kotis,2006).
A. De Nicola, M. Missikoff, R. Navigli	2005	UPON (De Nicola y cols.,2005).
European Commission, IST-1999-10132.	2001	On-To-Knowledge (Sure, 2003).
Universidad de Stanford, Natalya F. Noy and Deborah L. McGuinness	2001	Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology (Noy y cols., 2001).
Uschold y King	1995	<i>Enterprise Ontology</i> (Uschold y cols., 1998).
Grüninger y Fox	1995	TOVE (<i>Toronto Virtual Enterprise</i>) (Fox, 1992).
M. Uschold and M. Grüninger	1996	ONTOLOGIES: Principles, Methods and Applications (Uschold y cols., 1996).
Grupo de Ingeniería Ontológica de la Universidad Politécnica de Madrid	1997	Methontology (Methontology, 2012).
Swartout	1997	Ontología SENSUS (Swartout, 1997).
Gruber	1993	(Gruber,1993).

Principios de diseño de ontologías

Los principios de diseño de las ontologías son criterios de calidad que guían y orientan el diseño y construcción de las mismas, al mismo tiempo son mecanismos que permiten evaluar la calidad del diseño de la ontología.

El objetivo de los principios de diseño de ontologías es diseñar ontologías reutilizables, fáciles de usar, mantener y actualizar a lo largo del tiempo. Al hablar de reutilización de una ontología nos referimos a la capacidad de adaptación de una ontología a contextos de aplicación arbitrarios, incluyendo aquellos contextos que no fueron previstos al momento de la creación de la ontología. Por otro lado, la usabilidad o facilidad de uso, se refiere al esfuerzo requerido por un usuario para utilizar un sistema de software dado, su

objetivo es minimizar el esfuerzo requerido para adecuar la ontología de tal forma que pueda ser usada por humanos o máquinas en un contexto de aplicación dado.

Siempre que se diseñe una ontología es recomendable tener en cuenta los principios básicos para el diseño de ontologías. A continuación se presentan las propuestas de tres autores: Gruber (1993), Smith (2006) y Morbach y colaboradores (Morbach y cols., 2009).

Los criterios de diseño de ontologías de Gruber (1993), incluyen 5 rubros que se resumen en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Criterios de diseño de ontologías de Gruber (1993, pag 2-3).

Principio de diseño	Descripción
Claridad	Una ontología debe comunicar claramente el significado intencional de los términos definidos, por lo tanto las definiciones deben ser objetivas e independientes del contexto social o computacional. Siempre que sea posible, una definición debe incluir las condiciones necesarias y suficientes; y deben ser documentadas en lenguaje natural.
Coherencia	Una ontología debe generar inferencias que sean consistentes con las definiciones; por lo cual, todos los axiomas definidos en la ontología deben ser consistentes lógicamente. Si un enunciado que puede inferirse de los axiomas contradice una definición dada informalmente, entonces la ontología es incoherente.
Extensibilidad	Al diseñar la ontología se deben anticipar los posibles usos del vocabulario, por lo cual debe ofrecer el fundamento conceptual para un rango de tareas anticipadas, debe permitir la definición de nuevos términos para usos especiales basado en el vocabulario existente, debe permitir extender y especializar la ontología monotónicamente.
Tendencia de codificación mínima	Una clara tendencia en el sistema de codificación resulta cuando las decisiones de representación de los conceptos se hacen basándose solamente en la conveniencia de la notación o la implementación. La conceptualización debe ser especificada a nivel de conocimiento sin depender de una codificación particular a nivel de símbolos, esto debe minimizarse porque los agentes que consulten y exploten la ontología pueden estar implementados en diferentes sistemas y estilos de representación.
Adhesión ontológica mínimo	Una ontología debe hacer tan pocas afirmaciones como sea posible sobre el espacio del mundo que está modelando, permitiendo que las partes adheridas a la ontología tengan la libertad de especializar e instanciar la ontología como sea necesario. Por tanto, una ontología debe poseer la adhesión ontológica mínima y suficiente para soportar las actividades requeridas de conocimiento compartido.

Mientras que Smith (2006, pag. 16-25) propone 14 principios generales para el diseño de una ontología, que permiten la adopción de la ontología en un futuro y pone énfasis en el soporte para el intercambio de información de las ontologías. Se resumen en la tabla 4.4.

Tabla 4.4. Principios de diseño de ontologías de Smith (2006).

Principio de diseño	Descripción
Inteligibilidad	Una ontología de uso general, debe ser entendible por los desarrolladores de ontologías que invertirán un tiempo y esfuerzo razonable en aprender a manejar su documentación.
Apertura	Una ontología debe estar abierta y disponible para ser utilizada por todos los usuarios potenciales sin ninguna restricción, a excepción de: a) su origen debe reconocerse; b) no debe modificarse y redistribuirse excepto con un nuevo nombre; c) debe ser explicada de tal forma que su contenido sea inteligible para los seres humanos, y d) debe implementarse de tal forma que su contenido sea accesible por las computadoras.
Herramientas simples	Una ontología es un artefacto creado para apoyar el intercambio de información, no es el espacio para probar la última tecnología que ha surgido.
Reutilización de recursos disponibles	Si una ontología está tratando con entidades u operadores los cuales ya son manejados perfectamente bien por algún recurso reconocido, entonces debe utilizarse este recurso reconocido.
Moderación terminológica	Se debe mantener tan cerca como sea posible de los términos utilizados por los usuarios de la ontología y sus significados ya establecidos. Hay que utilizar los términos para los cuales existe una expectativa razonable de que los usuarios de la ontología los necesitarán para crear una jerarquía completa.
Definiciones inteligibles	Se deben usar definiciones que sean inteligibles para los humanos, y especificables formalmente.
Coherencia terminológica	Establece que cada expresión en la ontología debe tener el mismo significado cada vez que se utilice. Una implicación de este principio es que en una ontología se deben construir los términos complejos de tal forma que sus partes constitutivas preserven sus significados ordinarios.
Construcción de términos compuestos	Si una ontología utiliza de forma sistemática términos en la forma a + b, entonces debería incluir también los términos a y b.
Tipo de instancia	Una ontología debe marcar claramente si una expresión dada se refiere a tipos o a instancias.
No circularidad	Una ontología debe reconocer la distinción entre términos definidos y primitivos. Las definiciones circulares suceden porque los desarrolladores de ontologías no se percatan de que no todos los términos en una ontología pueden ser definidos.
Sustantivos singulares	Los términos de una ontología deben formularse en singular.
Coherencia en el uso de operadores para la construcción de términos.	Si una ontología utiliza de forma sistemática términos en la forma a + b, entonces debe especificar claramente la sintaxis de + , proporcionando un enunciado de qué expresiones en la forma de a + b significan en términos de a y b; utilizándolos de la misma forma a lo largo de la ontología.
Definiciones no subjetivas	Hay que evitar la definición de términos utilizando frases que invitan a la interpretación subjetiva, tales como: "las cuales podrían...", "la cual indica...", "un aspecto de...", entre otras.
Definiciones no redundantes	No se deben incluir cláusulas en las definiciones que no contribuyan en nada a la aplicación de la definición.

Por último, Morbachy colaboradores (2009, pag. 65-75) a partir de la construcción de una ontología muy grande del dominio químico llamada OntoCape proponen un conjunto de

recomendaciones para evaluar la calidad de OntoCape aplicaron los siguientes principios de diseño que se resumen en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Principios de diseño de ontologías para la evaluación de la calidad de Morbach y colaboradores(2009).

Principio de diseño	Descripción
Coherencia	Es la consistencia o solidez, establece que las definiciones deben ser individualmente sólidas y no se deben contradecir. Este principio aplica a la especificación formal e informal de la ontología, para lo cual se deben utilizar mecanismos y herramientas para el chequeo de la sintaxis y consistencia lógica. Así como razonadores que realizan pruebas de consistencia más sofisticadas, ya que no solamente detectan inconsistencias entre axiomas, sino que también revisan si existen conclusiones contradictorias que pueden inferirse a partir de los axiomas.
Terminología concisa	Conocido también como principio de minimización, establece que se reduzca el número de términos del vocabulario al mínimo necesario y se evite la redundancia con respecto a las definiciones axiomáticas. Una ontología concisa es más fácil de entender, fácil de aplicar, y más fácil de mantener; por lo tanto la minimización mejora la inteligibilidad, usabilidad y adaptabilidad de una ontología.
Inteligibilidad	Establece que una ontología debería ser fácilmente entendible para los usuarios. Este principio aplica a la especificación formal así como la especificación informal de la ontología. La modularización facilita el entendimiento de la ontología, ya que los usuarios no necesitan captar toda la ontología al mismo tiempo, sino trabajar cada módulo por separado. Puede lograrse mediante los tres sub-principios: claridad (establecer definiciones exactas y no ambiguas), homogeneidad (seguir un estilo de modelado uniforme y consistente a lo largo de toda la ontología) y documentación (comentarios dentro de la especificación formal de la ontología, guía de referencia y documentación de diseño).
Adaptabilidad	Una ontología reutilizable evoluciona a lo largo del tiempo de acuerdo a las condiciones prevalecientes y los requerimientos, nuevas tareas y áreas de aplicación podrían necesitar extender y personalizar la ontología.
Adaptabilidad	Se refiere a que debe ser extensible con respecto al ámbito así como al nivel de detalle, y puede personalizarse, es decir, debe ser capaz de adaptarse flexiblemente a nuevos requerimientos de la aplicación que sean diferentes e incluso contradictorios.
Compromiso ontológico mínimo	Significa aceptar las definiciones en la ontología como una conceptualización apropiada del dominio de la aplicación. Para lograr la reutilización, la axiomatización de los términos ontológicos deberían mantenerse en el mínimo para permitir diferentes extensiones y por lo tanto adaptar la ontología a un mayor número de contextos de aplicación. Sin embargo, éste principio entra en conflicto con los principios de coherencia e inteligibilidad.
Eficiencia	La especificación formal de una ontología es eficiente si permite el razonamiento eficiente, y si se escala adecuadamente para grandes cantidades de instancias. Como regla general, la eficiencia depende del número de axiomas formales incluidos en la ontología - entre más axiomas existan, mayor será el tiempo que le tomará a un razonador procesar la ontología. La eficiencia se mejora siguiendo el principio de terminología concisa, ya que una ontología concisa usualmente involucra menos axiomas y por lo tanto es más fácil de procesar que una ontología compleja.

Este análisis permite evidenciar que existen similitudes entre los principios propuestos por los autores. Sin embargo existen diferencias importantes que se deben complementar para lograr un diseño de la ontología de calidad.

Cloud Computing

El Cloud Computing es un modelo que habilita el acceso a redes para compartir un pool de recursos computacionales como servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios sobre demanda en línea (Mell y Grance, 2011).

El Cloud Computing emplea técnicas ya existentes de una forma innovadora a gran escala. También permite el uso de recursos de hardware, software, almacenamiento, servicios y comunicaciones que se localizan distribuidos geográficamente a los que se accede a través de redes públicas de manera dinámica, bajo demanda, como se muestra en la figura 4.11.

Urueña, A., Ferrari, A., Blanco, D., & Valdecasa, E. (2012). Cloud Computing. Retos y Oportunidades. *España, Pág. 18.*

Características del Cloud Computing

La cloud computing se caracteriza por ofrecer (Mell y Grance, 2011):

- a) **Servicio sobre demanda.** Un consumidor puede tener disponibles servicios como tiempo de procesamiento y espacio en disco para almacenamiento de datos de manera automática sin requerir la intervención humana con el proveedor.
- b) **Acceso a una red ampliada (Broad Network Access).** La cloud computing está basada en la Web, por tanto puede accesarse desde cualquier lugar y en cualquier momento. Cuenta con la disponibilidad de acceso a la red mediante diversos mecanismos habilitando el acceso a diversas plataformas y clientes ligeros o pesados (teléfonos móviles, tabletas, laptop, computadoras personales y Workstations).

- c) **Pool de recursos.** El proveedor ofrece recursos de cómputo a múltiples consumidores, realizando una asignación de los mismos acorde con la demanda de cada consumidor. El consumidor o cliente no conoce la ubicación de los recursos de cómputo (almacenamiento de datos, procesamiento, memoria y ancho de banda de la red).
- d) **Elasticidad eficiente.** Cuenta con una escalabilidad muy eficiente según la demanda. El consumidor puede tener acceso a los recursos de cómputo en cualquier momento y en la cantidad necesaria para satisfacer sus necesidades.
- e) **Servicios medidos.** Automáticamente el cómputo en la nube controla y optimiza el uso y distribución de los recursos computacionales mediante el uso de servicios. El uso de los recursos puede ser monitoreado, controlado y reportado para proporcionar transparencia tanto al proveedor como al consumidor en el uso de los servicios

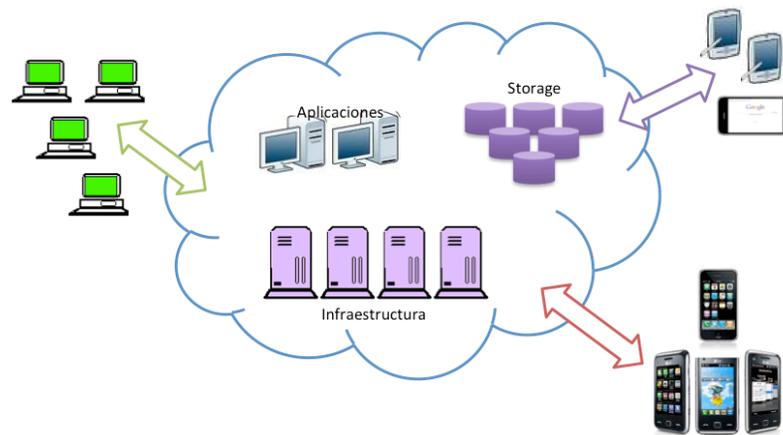


Figura 4.11. Componentes del cloud computing (elaboración propia).

Modelos de servicio

En las modalidades de servicios que se pueden ofrecer en la nube se tienen (Mell y Grance, 2011):

- a) **Software as a Service (SaaS).** El usuario utiliza las herramientas finales instaladas en la nube, con las que puede implementar directamente los procesos que requiera, entre ellas se puede mencionar: correo electrónico, un workflow, software para la gestión de clientes o la gestión de documentos, entre otros.

- b) *Infrastructure as a Service (IaaS)*. El proveedor proporciona infraestructura con capacidad de almacenamiento y procesamiento, el usuario debe construir las aplicaciones que necesita prácticamente desde cero.
- c) *Platform as a Service (PaaS)*. Se proporcionan utilerías como bases de datos o entornos de programación sobre las que el usuario construye las aplicaciones que necesita.

Modelos de implementación

Existen cuatro modelos de implementación para ofrecer los servicios en la nube, de acuerdo con la normatividad (Mell y Grance, 2011):

- a) *Public cloud (Nube pública)*. El proveedor de servicios de nube proporciona sus recursos de forma abierta a diversos consumidores, prestan sus servicios desde particulares hasta grandes corporaciones.
- b) *Private cloud (Nube privada)*. El cliente o consumidor se encarga de la gestión y administración de sus servicios en la nube, por lo que mantiene el control sobre ella. La implementación de la infraestructura de la nube privada puede contratar a un tercero que trabaja bajo su supervisión y de acuerdo con sus necesidades. En este modelo de implementación se centralizan los recursos informáticos y, se brinda flexibilidad en la disponibilidad de los mismos.
- c) *Hybrid cloud (Nubes Híbridas)*. En este modelo se determinan que servicios se ofrecen de forma pública y cuales de forma privada.
- d) *Community cloud (Nube Comunitaria)*. Los servicios son compartidos en una comunidad cerrada.

La arquitectura de la Cloud Computing integra las características y los modelos definidos previamente (ver figura 4.12).

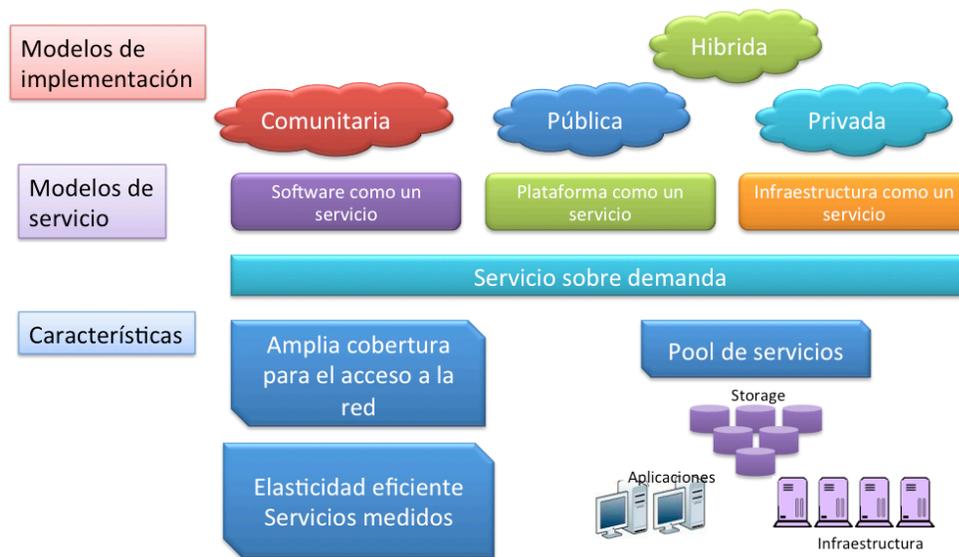


Figura 4.12. Arquitectura del cloud computing.

Tecnologías de Cloud Computing

Las tecnologías que se encuentran atrás de una implementación de Cloud Computing, permiten que sea flexible, confiable y extensibles. Las principales tecnologías son: la virtualización y Service Oriented Architecture (SOA)(Cloud Computing Tutorial, 2015).

La virtualización permite compartir recursos físicos por demanda como memoria, espacio en disco, tiempo de CPU. Al crear una máquina virtual se comparte un sistema operativo y un conjunto de aplicaciones como se muestra en la figura 4.13.

La arquitectura orientada a servicios (SOA). Soporta el uso de aplicaciones como servicios para otras aplicaciones. Por lo tanto es importante el intercambio de datos entre aplicaciones de diferentes proveedores sin programas adicionales. Para comprender la arquitectura SOA es necesario tener claros conceptos como eXtensible Markup Language (XML), Web Services, Simple Object Access Protocol (SOAP) y Model View Controller (MVC).

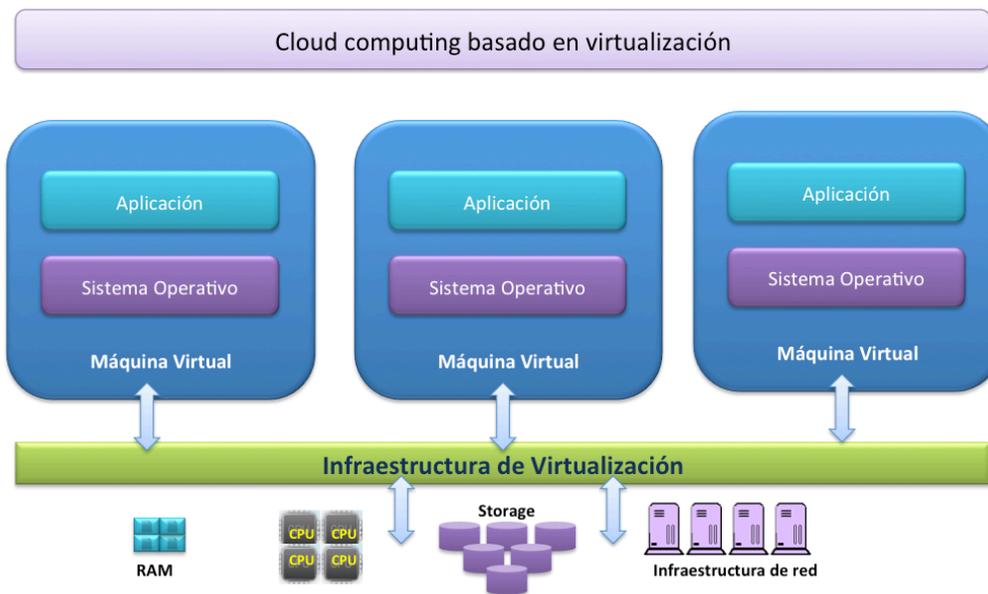


Figura 4.13 . Cloud Computing con virtualización.

Web Services

Los web services son unidades de software autocontenidos, autodescriptivos que proporcionan cierta funcionalidad a través de la infraestructura de la red Internet. Un web service es una aplicación que acepta solicitudes de otros sistemas a través de Internet mediante tecnologías de comunicación independientes de la plataforma. Estas tecnologías de comunicación permiten la interacción entre cualquier sistema que funciona en red. El manejo de XML es central a este tipo de arquitectura (Web Services, 2011). En su visión más amplia, los web services buscan habilitar la colaboración entre aplicaciones empresariales, reduciendo significativamente el tiempo de desarrollo y los costos de mantenimiento. Los web services son una herramienta de integración entre plataformas heterogéneas, ya que trabaja típicamente sobre tecnologías abiertas como HTTP y XML (ver figura 4.14).

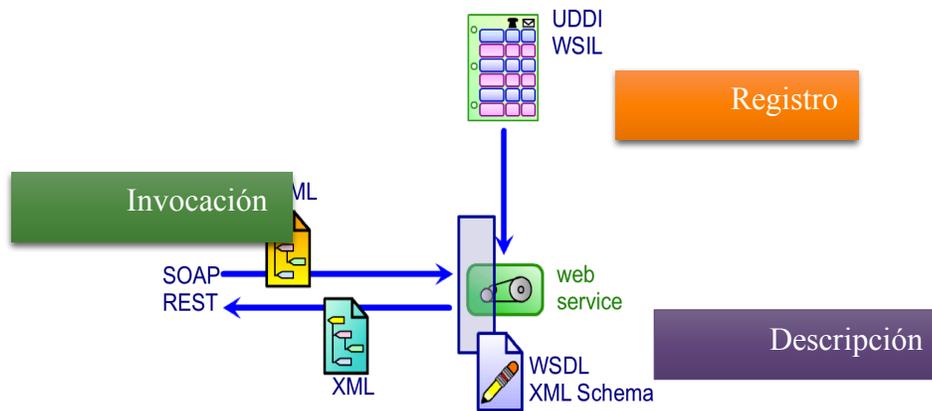


Figura 4.14. Especificaciones típicas de un Web Service. Fuente: Arquitectura de aplicaciones empresariales en Java, (ACSINET, 2012).

Simple Object Access Protocol (SOAP)

Protocolo que ofrece un mecanismo de transporte neutro, permite la comunicación entre aplicaciones a través de mensajes XML. Creado e impulsado por IBM y Microsoft. SOAP es más complejo que otros enfoques debido a que define varias facilidades como el manejo de una envoltura (envelope, similar al sobre de una carta, ver figura 4.15) que facilita el ruteo y procesamiento de dicho mensaje. Adicionalmente permite la definición de tipos de datos por parte del usuario (Apache Web Services, 2015).

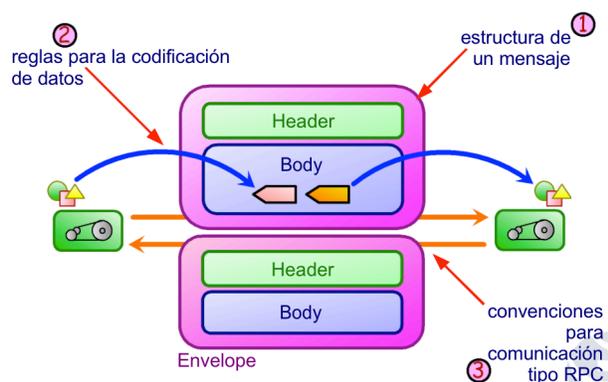


Figura 4.15. Envelope de la especificación SOAP. Fuente: Arquitectura de aplicaciones empresariales en Java, (ACSINET, 2012).

El mecanismo de transporte en SOAP no debe ser forzosamente HTTP. Esto permite manejar a SOAP sobre transportes como SMTP o JMS, lo que lo hace muy flexible.

Service Oriented Architecture (SOA)

SOA es un principio arquitectónico para definir sistemas distribuidos empresariales. No es un protocolo ni un producto, es un modelo para la integración de sistemas. Se han definido modelos de referencia como el administrado por OASIS (2015), define un vocabulario común para ser utilizado por diferentes organizaciones, busca reducir ambigüedades y problemas de comunicación, como se muestra en la figura 4.16. SOA es un concepto genérico y no define protocolos para la descripción de los servicios, ni para la interacción con los mismos, pero ya que se habla de tecnologías de integración, el manejo de estándares es algo altamente deseable. Por lo tanto, es muy común que soluciones SOA se implementen utilizando tecnologías como XML, WSDL, XML Schema y SOAP.

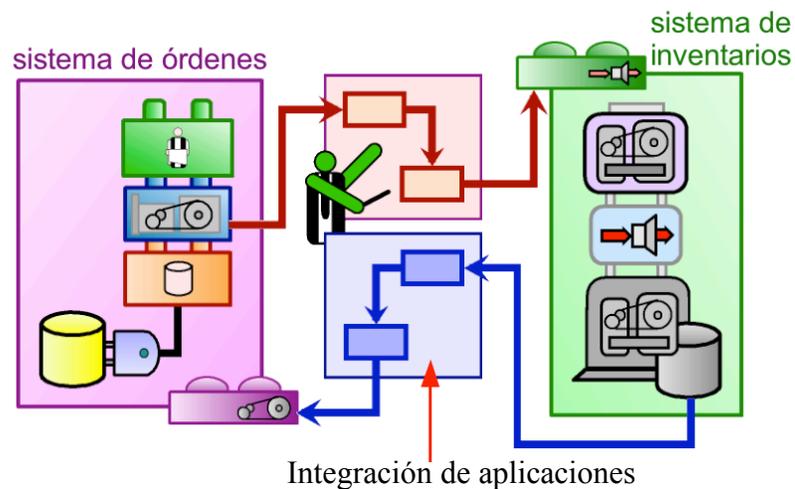


Figura 4.16. Arquitectura Orientada a Servicios. Fuente: Arquitectura de aplicaciones empresariales en Java, ACSINET, (2012).

Para habilitar la comunicación asíncrona entre aplicaciones empresariales distribuidas se requiere del uso de mensajes. Un mensaje es un método de comunicación entre componentes de software o aplicaciones. Este servicio de mensajería se agrupa dentro de un tipo de aplicaciones denominado Message Oriented Middleware (MOM). Este servicio de integración es cada vez más utilizado en las soluciones empresariales para hacer convivir sistemas heterogéneos (MOM, 2010).

Uno de los modelos que se utiliza para servicios de mensajería es el modelo publish / subscribe de mensajería permite que un mensaje tenga múltiples receptores. En este caso el emisor es llamado publicador (publisher), el cual realiza el envío de mensajes hacia el servicio de mensajería (Publish-Subscribe Model, 2002). El servicio de mensajería organiza dichos mensajes en tópicos, que son transmitidos de forma asíncrona hacia todas las aplicaciones interesadas en recibirlos. A estas aplicaciones se les denomina suscriptores (subscriber). Los suscriptores pueden ser notificados de dos maneras: a) Push, el servicio de mensajería notifica a la aplicación directamente y b) Pull, el suscriptor verifica (poll) continuamente al servicio de mensajería en busca de nuevos mensajes, como se muestra en la figura 4.17.

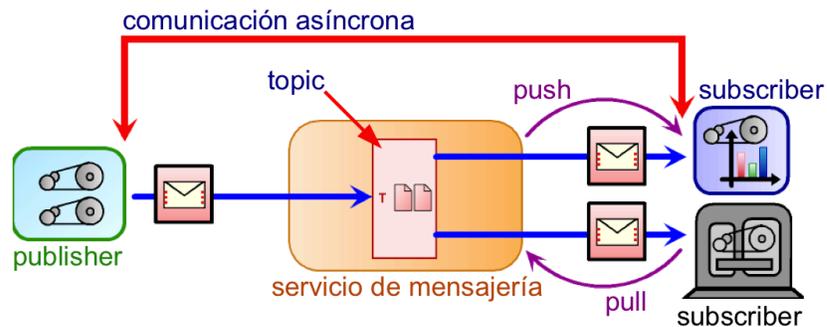


Figura 4.17. Modelo Publish / Subscrib, ACSINET, (2012).

La implementación de cloud computing aplicando la arquitectura orientada a servicios (SOA) integra el modelo de comunicación de mensajes denominado Publish / Subscrib. Los subscriptores son los clientes (aplicaciones móviles, aplicaciones empresariales, entre otras). Y los publicadores integra todos los servicios que se tienen disponibles desde múltiples fuentes como se muestra en la figura 4.18(Cloud Computing Tutorial, 2015).

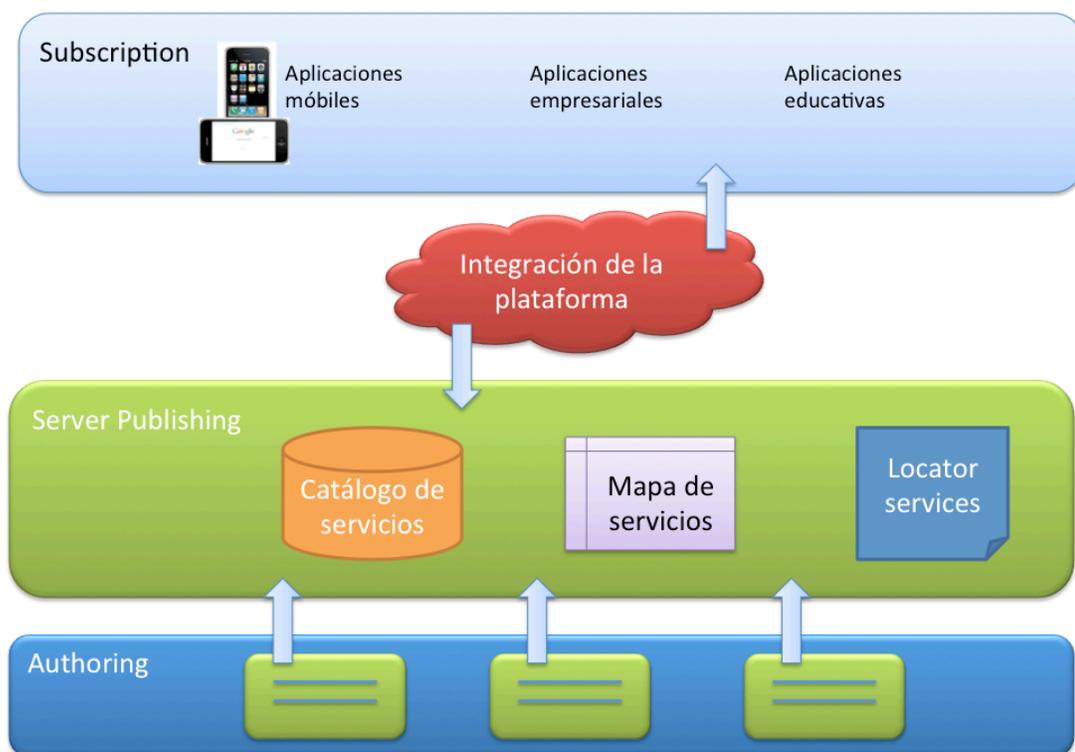


Figura 4.18. Cloud Computing con SOA.

El uso de la Cloud Computing en la arquitectura de Sistemas basados en conocimiento que apoyan el proceso de enseñanza y aprendizaje es fundamental cuando se pretende atender una gran población de estudiantes que cursan diversos cursos que se apoyan en el uso de TIC.

CAPITULO 5

Objeto de estudio

El proceso de enseñanza y aprendizaje desde un punto de vista sistémico considera un conjunto de variables en la entrada, el proceso y la salida (ver figura 6.1). Las variables de entrada consideradas son: los objetivos del curso, el perfil de aprendizaje del estudiante (en nuestro caso se trata del estilo de pensamiento), y las TIC disponibles. Estas variables permiten orientar las actividades de aprendizaje que se diseñan e implementan durante la fase del proceso.

En la fase del proceso se contemplan varias tareas, primero se realiza el diseño de las actividades de aprendizaje, se seleccionan los casos, problemas, proyectos y exámenes que se aplicarán para la unidad temática. Después pasan a la elaboración de recursos educativos, actividades de aprendizaje e instrumentos de evaluación, generando un prototipo. Por último se programa el curso, se conforman las comunidades de aprendizaje y se inicia el proceso de aprendizaje por parte del estudiante. Durante el proceso se realiza un acompañamiento y retroalimentación con el estudiante como mecanismo de regulación.

Las salidas integran las variables de la tasa de aprobación, la tasa de deserción y el perfil del estudiante, lo que permite identificar si el estudiante activo sus habilidades cognitivas y aprobó el curso, con esto se determina el rendimiento escolar que tuvo el alumno en el curso.

Por tanto el rendimiento escolar se fundamenta en el aprendizaje del estudiante apoyado con la personalización de actividades de aprendizaje (acorde con su estilo de pensamiento y las habilidades cognitivas que debe desarrollar el estudiante) y reflexión de lo aprendido (a partir de una pregunta detonadora que se discute en un foro), lo anterior es valorado mediante evaluaciones formativas, mediadoras y una sumativa en la que se extrapola el conocimiento adquirido en la solución de un proyecto final. Lo anterior se realiza bajo un acompañamiento y retroalimentación que se hace al estudiante como mecanismo de regulación, ver figura 5.1.

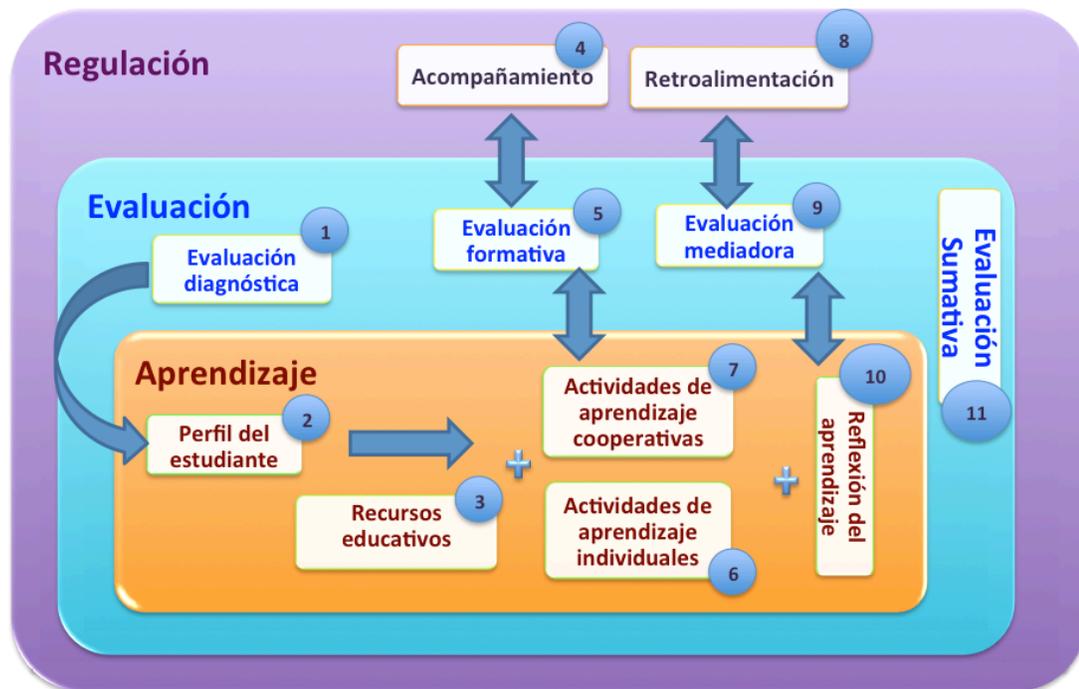


Figura 5.1. Conceptualización del rendimiento escolar.

El objetivo es proponer una alternativa que permita mejorar el rendimiento escolar. Desde el punto de vista cuantitativo se observa si mejoran los índices de aprobación de los estudiantes en una asignatura que se imparte en modalidad semipresencial, apoyado en un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA). Desde el punto de vista cualitativo se observa el desarrollo de sus habilidades cognitivas a través de una evaluación formativa mediadora personalizada, que valore la diversidad, identifique el perfil de aprendizaje del estudiante y permita recomendar el tipo de evaluación formativa personalizada acorde con el estilo de pensamiento del estudiante y las habilidades cognitivas que debe desarrollar en el curso de Programación Estructurada.

El rendimiento escolar se aborda a partir de la personalización de actividades de aprendizaje basado en la teoría cognitiva de Herrmann atendiendo cuatro de los pilares de la

educación definidos por la UNESCO. Los indicadores de calidad que forman parte del eje de acceso y trayectoria son la tasa de aprobación y la tasa de deserción utilizando como indicadores cuantitativos el porcentaje de deserción (retención) y el porcentaje de aprobación.

Variables involucradas

Las variables que se consideran en nuestra investigación son:

1. El estilo de pensamiento, que fueron evaluados a partir de un instrumento desarrollado por Human Potential y esta basado en el instrumento de Ned Herrmann.
2. El índice de aprobación, que se determina por el número de estudiantes aprobados entre el total de estudiantes inscritos después de bajas, obtenidas directamente de las actas de calificaciones entregadas.
3. El índice de deserción, es el número de estudiantes que decidieron darse de baja oficial del curso en la quinta semana.
4. El rendimiento escolar que esta determinado por el binomio entre el índice de aprobación y la activación de habilidades cognitivas en los estudiantes.
5. La personalización de actividades de aprendizaje acordes con el estilo de pensamiento del estudiante. Dicha personalización contempla los cuatro estilos de pensamiento: teórico, procesos, relacional y creativo.
6. Las habilidades cognitivas que se valoran de manera subjetiva al observar que el estudiante es capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en el curso y extrapolarlos para resolver un problema.
7. Datos adicionales como la carrera, el género, trimestre en que ingresaron a la UAM.

Preguntas de investigación

En el marco del objeto de estudio y el contexto presentado, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué cambio produce la personalización de las actividades de aprendizaje en la tasa de aprobación?
- ¿Qué cambio produce la personalización de las actividades de aprendizaje en la tasa de deserción?
- ¿La personalización de las actividades de aprendizaje transforma el desarrollo del perfil cognitivo del estudiante?
- ¿El desarrollo del perfil cognitivo del estudiante determina la personalización de las actividades de aprendizaje?
- ¿Cómo contribuye la personalización del aprendizaje en entornos virtuales en el rendimiento escolar de los estudiantes?

Objetivos

Generales

- Proponer un modelo ontológico mediante la personalización de actividades de aprendizaje basada en los estilos de pensamiento, en ambientes virtuales y observar su impacto en el rendimiento escolar del estudiante.

Específicos

- Realizar una prueba de concepto que sirva como punto de comparación con los experimentos donde se realiza una intervención y poder valorar el impacto de la personalización de las actividades de aprendizaje en el desarrollo del perfil cognitivo y en las tasas de aprobación y deserción del estudiante.

- Diseñar actividades de aprendizaje que atiendan la diversidad de estilos de pensamiento en el curso de Programación Estructurada.
- Diseñar un modelo ontológico que identifique las características cognitivas del estudiante y personalice las actividades de aprendizaje para atender la diversidad de estilos de pensamiento.
- Analizar los resultados para la validación de las hipótesis.

Alcances y limitaciones

El trabajo de investigación considera un conjunto de pruebas para el trabajo de campo que permitan identificar las especificaciones para el diseño de un modelo ontológico que identifique el estilo de pensamiento del estudiante basado en la teoría Neurocientífica del Cerebro Total propuesta por Herrmann (1989) y recomiende las actividades de aprendizaje que debe realizar el estudiante para fomentar el desarrollo del perfil cognitivo de un individuo.

El trabajo de empírico se llevó a cabo con estudiantes de las 10 Licenciaturas de Ingeniería de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería (DCBI) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco (UAMA). En la UAMA, cada curso que se imparte en Licenciatura o Posgrado se denomina Unidad de Enseñanza Aprendizaje (UEA), por lo que se utilizará este término en las siguientes secciones.

Se considera la UEA de Programación Estructurada como parte del trabajo empírico. Esta UEA es parte del tronco común, por lo que es obligatoria y deben tomarla todos los estudiantes de Ingeniería. Tiene como objetivo que el estudiante aprenda a resolver problemas, proponer soluciones, elaborar algoritmos y programas. En la mayoría de los casos es la primer UEA que el estudiante cursa bajo una modalidad nueva: CNP (Curso no Presencial) o SAC (Sistema de Aprendizaje Cooperativo) lo que implica para el estudiante un mayor esfuerzo ya que se debe trabajar en una comunidad de aprendizaje, debe comprender el uso de la plataforma y aprender el tema disciplinar de la UEA. Al mismo tiempo desarrolla un pensamiento crítico y abstracto (Silva-López y cols., 2012). Todo esto contribuye para que el estudiante adquiera nuevas habilidades cognitivas durante el trimestre.

El referente empírico contempla las siguientes especificaciones:

- Las pruebas de concepto se realizaron a estudiantes de Ingeniería de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.
- La unidad de enseñanza aprendizaje en la que se realizaron las pruebas es:
 - Programación Estructurada
- Las modalidades de conducción del proceso de enseñanza y aprendizaje aplicadas:
 - Cursos no Presenciales (CNP)
 - Sistema de Aprendizaje Cooperativo mediado por TIC (SAC)
- Se aplicaron a una población de 850 estudiantes durante los 11 trimestres.

Las limitaciones del trabajo de investigación son:

- La prueba de concepto se aplicó a una muestra de estudiantes de Ingeniería de la UEA de Programación Estructurada.
- Se diseñaron actividades de aprendizaje personalizadas para el curso de programación estructurada.
- La valoración de la calidad educativa se realizó de manera puntual en los indicadores de índice de aprobación e índice de retención, en un entorno virtual de aprendizaje, con una muestra de estudiantes de Ingeniería que cursaron la UEA de programación estructurada contemplando un total de 850 estudiantes.
- El modelo ontológico utilizado sólo consideró una teoría cognitiva a pesar de que está diseñado para utilizar varias teorías o modelos.

Hipótesis

La calidad educativa en ambientes virtuales, en toda su extensión, no ha abordado la importancia de la personalización de las actividades de aprendizaje en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

La aportación de éste trabajo se enfoca en observar los cambios que se presentan en el rendimiento escolar (definido por el binomio del índice de aprobación y la activación de habilidades cognitivas) de los estudiantes de Ingeniería en un curso de Programación. Por tanto, las hipótesis de éste trabajo de investigación son:

HIPÓTESIS 1:

La personalización de las actividades de aprendizaje en ambientes virtuales no transforma el perfil cognitivo del estudiante y por ende su rendimiento escolar.

HIPÓTESIS 2:

El rendimiento escolar de los estudiantes en cursos en ambiente virtuales no mejora al personalizar las actividades de aprendizaje acorde a los estilos de pensamiento.

CAPITULO 6

Metodología

Para el diseño de un modelo ontológico propuesto que tuvo como objetivo permitir la personalización de actividades de aprendizaje a partir del estilo de pensamiento del estudiante, se desarrolló bajo una metodología que contempla un trabajo empírico dividido en tres etapas como se muestra en la figura 6.1.

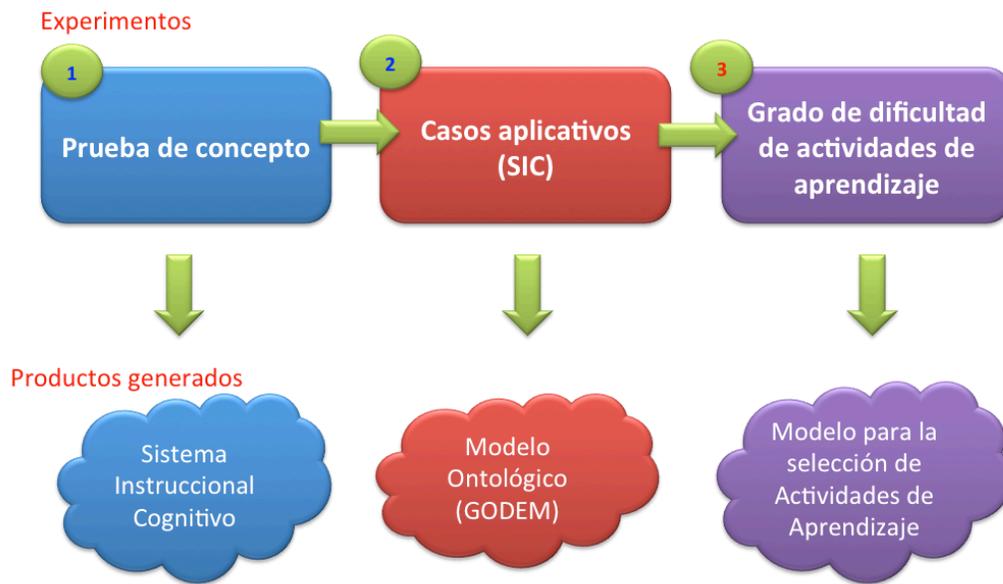


Figura 6.1. Etapas de la metodología.

La primera etapa se enfoca en la realización de las pruebas de concepto, para lo cual se plantea el referente empírico y se establece la unidad experimental. Los factores considerados, el tratamiento que se dará a la información, los parámetro de evaluación y los experimentos programados para el trabajo de campo que se llevaron a cabo durante dos trimestres. Esta etapa sirvió como referencia para adecuar los casos aplicativos de la siguiente etapa.

En la segunda etapa, a partir de los resultados obtenidos con las pruebas de concepto de la primera etapa, se diseñó bajo una metodología que denominada Sistema Instruccional Sistema Instruccional Cognitivo (SIC) mediado por las Tecnologías de la Información y Comunicaciones. Posteriormente se aplicó el SIC a 5 casos que se realizaron durante cinco trimestres en la UAMA. Para realizar la personalización de actividades de aprendizaje a partir del estilo de pensamiento del estudiante y a partir de los resultados de la segunda etapa se aplicó la metodología para el diseño de ontologías: Graphical Ontology Design Methodology (GODeM), para el diseño del modelo ontológico aquí propuesto.

Por último, la tercer etapa valora el grado de dificultad de las actividades de aprendizaje realizadas por los alumnos en las pruebas anteriores, a partir de esto se identifican que actividades son muy sencillas o de mayor dificultad. Se realizan pruebas durante 2 trimestres (14-I y 14-P), en las que se observa una mejora en el índice de aprobación. A partir de estos resultados se define un modelo que facilite la elección de actividades de aprendizaje según su grado de dificultad para un curso previamente impartido.

Referente empírico

El referente empírico describe los datos o aspectos de la realidad que se observan y analizan. Para tal efecto, se plantean dos escenarios con un conjunto de pruebas.

El primer escenario se enmarca en la pruebas de concepto cuyo objetivo es tener una referencia o punto de comparación para el segundo escenario.

El segundo escenario contempla la personalización de actividades de aprendizaje. A partir de los resultados obtenidos, se establecen las especificaciones NeuroPedagógicas que permiten diseñar el modelo ontológico.

En la UAM, el ciclo escolar se organiza en tres trimestres (invierno, primavera y otoño), cada trimestre se identifica con los últimos dos dígitos del año y una letra que representa el periodo: I de invierno, P de primavera y O de otoño. Los cursos que se imparten trimestralmente, en Licenciatura o Posgrado se denominan Unidad de Enseñanza Aprendizaje (UEA).

Las pruebas de concepto toman como unidad experimental la UEA de Programación Estructurada, cuyo objetivo es desarrollar habilidades de pensamiento lógicas, activar la creatividad, favorecer que el estudiante aprenda a analizar un problema y proponer una solución mediante el desarrollo de un algoritmo, para después codificarlo en un lenguaje de programación. Adicionalmente, es la primer UEA que el estudiante cursa bajo la modalidad de conducción Curso No Presencial (CNP).

Los grupos CNP, atienden grupos grandes de estudiantes (de hasta 250 estudiantes), utilizan Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como un medio de apoyo al proceso de enseñanza y aprendizaje.

El contexto planteado, implica para el estudiante un mayor esfuerzo dado que se enfrenta a una nueva modalidad de conducción del proceso de enseñanza y aprendizaje. Debe comprender el uso de la plataforma tecnológica y aprender el tema disciplinar de la UEA. Al mismo tiempo debe desarrollar un pensamiento crítico y abstracto.

La UEA de Programación Estructurada pertenece al tronco general, lo que implica que la cursen los estudiantes de las 10 Licenciaturas de Ingeniería (Civil, Computación, Metalúrgica, Física, Industrial, Electrónica, Química, Ambiental, Eléctrica y Mecánica).

A continuación se describen las pruebas de concepto y los casos que se contemplan como parte del trabajo de campo de ésta investigación.

Diseño de experimentos

Para la realización de las pruebas de concepto, se utilizó una metodología experimental, descriptiva-explicativa que consideró los siguientes parámetros:

- **Población de referencia:** Estudiantes de ingeniería que se inscriben al curso en un trimestre determinado (11-O y 12-I).
- **Características de la muestra:** Estudiantes que cursan el primer año de cualquiera de las 10 licenciaturas listadas en la sección anterior.
- **Tipo de escuelas y localización:** Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.
- **Curso de los estudiantes:** Programación Estructurada.

- **Características de los estudiantes:** Se determinó el estilo de pensamiento de los estudiantes.
- **Tamaño de la muestra:** 120 estudiantes de una población de 600 estudiantes aproximadamente.

Las unidades experimentales consideraron como variantes:

- Una prueba de concepto por trimestre. Se realizó durante dos trimestres.
- Se consideró un grupo de la UEA de Programación Estructurada.
- Se propuso una o más actividades de aprendizaje por unidad por grupo.
- El número de unidades o partes en que se dividió el material disciplinar que se debía aprender.

Por otro lado, los factores que se contemplan en el referente empírico son:

- a) El estilo de pensamiento (Teoría Neurocientífica del Cerebro Total de Herrmann).
- b) La aplicación de tecnologías de la información (uso de laboratorios implementados con SAKAI).

En lo que se refiere a los parámetros de evaluación considerados en el trabajo de campo, se integran: el índice de retención y el índice de aprobación, así como los valores promedio de los cuestionarios aplicados para determinar los estilos de pensamiento de los estudiantes. Adicionalmente se cuenta con datos socioeconómicos como el género, la edad, la carrera, el estilo de pensamiento y el nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje.

Cálculo del tamaño de la muestra en estudios descriptivos.

Para calcular el tamaño de la muestra de una población finita se utilizó la siguiente fórmula (Aguilar-Barojas, 2005):

$$n = \frac{NZ^2\sigma^2}{(N-1)e^2 + Z^2\sigma^2}$$

Dónde:

n: el tamaño de la muestra.

N: tamaño de la población.

Z: Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58. La elección de valores queda a criterio del investigador.

σ : desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

e: Límite aceptable de error muestral, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09).

\bar{X} = media aritmética o promedio.

La fórmula del tamaño de la muestra se obtiene de la fórmula para calcular la estimación del intervalo de confianza para la media, la cual es (Juan A., Sedano M., Vila A., 2011):

$$\bar{X} - Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \leq \mu \leq \bar{X} + Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

Donde el error es (Juan A., Sedano M., Vila A., 2011):

$$e = Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

Para una población $N=500$, el 95% de confianza $Z = 1,96$, y como no se tiene los demás valores se tomará $\sigma=0.5$ y $e = 0,05$ (Juan A., Sedano M., Vila A., 2011). Reemplazando valores de la fórmula se tiene:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

$$n = \frac{500 * (0.5)^2 * (1.96)^2}{(500 - 1) * (0.05)^2 + (0.5)^2 * (1.96)^2} = 217$$

Prueba de Concepto. Experimentos programados para la primera etapa

Los primeros experimentos tuvieron como objetivo determinar el impacto de seis variables en el índice de retención y de aprobación de los estudiantes. Estos experimentos se realizaron en el trimestre 11-O y 12-I. No se considera la personalización de actividades de aprendizaje. Los resultados de estos experimentos son el punto de comparación con los de las etapas siguientes en los que se realiza una intervención en el proceso de enseñanza y aprendizaje. En la tabla 6.1 se muestra el contexto para cada experimento.

Tabla 6.1. Experimentos de la etapa 1.

Variables	11-O	12-I
Formación comunidades aprendizaje	Libre	Libre
Actividades de aprendizaje	Tradicionales: Exámenes y Programas	Tradicionales: Exámenes, Programas y Ejercicios
Seguimiento del proceso E-A	Jerárquico	Jerárquico
Unidades o secciones	7	7
Herramientas tecnológicas	Aula virtual	Aula virtual
Conducción del proceso E-A	Curso No Presencial	Curso No Presencial
Apoyos: REM	Presentaciones, Archivos de texto y Asesoría presencial	Presentaciones, Ejercicios resueltos y Asesoría presencial
Evaluación del aprendizaje	Nivel jerárquico base Una vez al terminar el trimestre	Nivel jerárquico base: dos veces, a la mitad y al terminar el trimestre
Temporalidad	Estudiante avanza a su ritmo	Programación de actividades con penalización

Descripción de las características del contexto en el que se desarrollaron los experimentos:

1. Modalidad de conducción del proceso de enseñanza y aprendizaje: Curso No Presencial (CNP), se realiza en un 90% en línea (e-learning), considera grupos masivos de hasta 250 alumnos por grupo. Sistema de Aprendizaje Cooperativo (SAC), se realiza en un 70% en línea con actividades cooperativas por lo que se requiere la conformación de comunidades de aprendizaje (c-learning), considera grupos de hasta 100 alumnos.
2. Herramientas tecnológicas: aula virtual (utiliza moodle como LMS) o laboratorio (utiliza herramientas que apoyan y facilitan el trabajo colaborativo, se utiliza SAKAI como LMS).
3. Apoyos: Tipo de Recursos Educativos Multimedia (REM). Diapositivas, lecturas y sesiones en tiempo real en línea.
4. Evaluación del aprendizaje: periodicidad en que se realizó la validación del aprendizaje de manera presencial.
5. Temporalidad: el estudiante pudo entregar los productos de las actividades a lo largo del trimestre o en una fecha específica.

La primer etapa de experimentos permitió identificar los momentos idóneos para hacer una intervención en le proceso de enseñanza y aprendizaje. Se identificaron además algunas problemáticas que se debían atender, entre ellas la necesidad de contar con un modelo pedagógico y un diseño instruccional para formalizar, estandarizar y controlar los experimentos de las siguientes etapas.

Momentos de intervención en el proceso cognitivo

El proceso cognitivo que se describe en el capítulo 4 integra dos modelos. El de Banyard (1995) es sencillo y presenta 5 elementos, mientras que el modelo de Smith y Kosslyn (2008) identifica 9 elementos. En esta sección se presenta una propuesta de momentos de intervención en el proceso cognitivo con la finalidad de fomentar el aprendizaje.

Por otro lado, Bransford y Jenkins reconocen la importancia de la evaluación dentro del proceso cognitivo dado que tiene un impacto en el aprendizaje del estudiante.

Considerando que la evaluación es el mecanismo que permite emitir un juicio de valor para determinar el aprendizaje obtenido por el estudiante. Su relación con los elementos del proceso cognitivo es fundamental.

Se pueden establecer cuatro momentos de intervención en el proceso cognitivo: 1) Adquisición de la información a través de los sentidos manteniendo la atención a través de un estímulo; 2) Decodificación y almacenamiento de la información; 3) Manejo de información y motivación; y 4) Expresión del conocimiento. Por tanto, se define el modelo de intervención en el proceso cognitivo que se muestra en la figura 6.2.

El modelo de intervención en el proceso cognitivo organiza los elementos propuestos por Banyard y por Smith y Kosslyn, estructurándolos en cuatro momentos de intervención: 1) Adquisición; 2) Decodificación y almacenamiento; 3) Manejo de información y motivación; y 4) Expresión del conocimiento.

El contexto presentado, exige la selección adecuada de una teoría cognitiva que se adapte al proceso cognitivo en cada momento de intervención, con la finalidad de tener un cambio en el aprendizaje del estudiante.

El primer momento de intervención denominado “adquisición”, integra dos elementos: la percepción y la atención. Para que la información del exterior llegue al cerebro y pueda procesarse es necesaria la atención, en éste sentido, la primer intervención que se puede realizar es el diseño de recursos educativos que el estudiante utiliza para autoestudio.

En la medida que se utilicen recursos educativos enriquecidos con multimedios se tendrán más oportunidades de atraer la atención del estudiante.

Una teoría conductista de Programación Neurolingüística como la VARK de Dun y Dun puede incorporar estímulos que favorezcan la atención y por tanto la adquisición de la información.

El segundo momento de intervención denominado “decodificación y almacenamiento”, integra los elementos asociados a la memoria declarativa y la operativa, también conocidas como memoria a largo plazo y memoria a corto plazo. Para la intervención en este momento se propone el uso de una teoría cognitiva como la de hemisferios cerebrales

de Sperry o la teoría del cerebro triuno de McLean. El uso de estrategias y técnicas didácticas orientadas a las preferencias cognitivas del estudiante fomentará la decodificación y almacenamiento de la información.

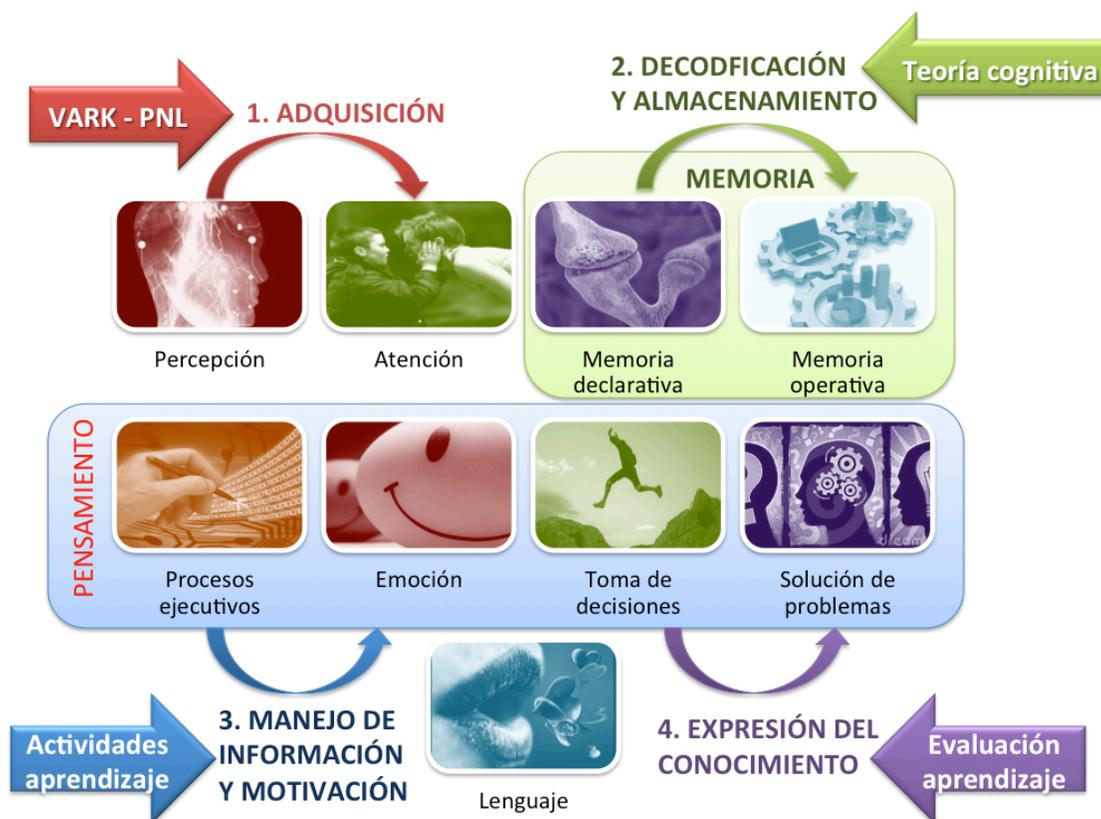


Figura 6.2. Modelo de intervención en el proceso cognitivo (elaboración propia).

El tercer momento de intervención denominado “manejo de información y motivación”, integra los elementos de proceso ejecutivos y la emoción (elementos asociados con el elemento de pensamiento del modelo de Banyard).

La forma en que pensamos está muy ligada a la manera de procesar la información dentro del cerebro, aquí la intervención se realiza a través de las actividades de aprendizaje que el estudiante debe realizar. Por lo que es importante que la personalización sea acorde con los cuatro estilos de pensamiento que propone la teoría del cerebro total de Herrmann. Si el estudiante realiza actividades de aprendizaje que concuerden con su preferencia cognitiva es

muy probable que lo realice con facilidad se sienta motivado, mientras que al realizar una actividad personalizada que no coincida con su preferencia pero que se contempla desarrollar las habilidades cognitivas correspondientes, tendrá que activar sus procesos ejecutivos.

El cuarto y último momento de intervención denominado “expresión de conocimiento”, integra los elementos de toma de decisiones, solución de problemas y el lenguaje. Es en este momento donde el estudiante externaliza el conocimiento adquirido a través de la solución de un problema, de la toma de decisiones adecuada y/o a través del lenguaje escrito o hablado.

La intervención se realizó a partir de los instrumentos que se utilizaron para llevar a cabo la evaluación del aprendizaje del estudiante. Considerando la evaluación del aprendizaje como un proceso complejo que tiene como función ser formativa, mediadora y reguladora, para coadyuvar con el proceso cognitivo.

La aportación principal del presente trabajo de investigación es el diseño del modelo ontológico cuyo objetivo es intervenir en el tercer momento ya que está relacionado con la forma de personalizar las actividades de aprendizaje.

Especificaciones Neuropedagógicas

En esta sección se aborda el proceso de enseñanza y aprendizaje desde el enfoque sistémico y se detalla la aplicación del Sistema Instruccional Cognitivo, que anteriormente fue definido. Posteriormente se describe el modelo de intervención en el proceso cognitivo, contemplando la aplicación de la Teoría del Cerebro Total de Herrmann (1989) para realizar la personalización de actividades de aprendizaje.

Enfoque sistémico del proceso de enseñanza y aprendizaje.

La Teoría General de Sistemas de Von Bertalanffy (1968) es la precursora del enfoque sistémico. Ramírez (1999) supone la posibilidad de dividir una entidad en partes para conocerla, ya que la interacción entre las partes de esta entidad es insignificante por lo que no

se considera y es posible aislar dichas partes y luego sumarlas. En contraposición, Luhmann (Arriaga,2003), establece una teoría que explica las relaciones entre los componentes de un sistema.

A través de una postura sociológica define a un sistema como un todo estructurado de elementos, interrelacionados entre sí, organizados con el fin de alcanzar unos objetivos (Rodríguez, 2003).

El concepto de sistema es definido por diversos autores. Bertalanffy (1968) lo define como un complejo de elementos interactuantes. Para Gil-García (2008) es la representación de un conjunto de elementos que se relacionan entre sí dado un objetivo determinado. Mientras que Cathalifaud y Osorio (1998) reconocen los sistemas como conjuntos de elementos que guardan estrechas relaciones entre sí y que mantienen al sistema directa o indirectamente unido de modo más o menos estable y que su comportamiento persigue un objetivo.

Para fines del presente trabajo se entiende por **sistema** a la suma de partes que funcionan de forma independiente pero requieren relacionarse y retroalimentarse para lograr los resultados esperados. Los elementos que componen el sistema son: entrada, salida, proceso, ambiente y retroalimentación.

A partir de la definición de sistema es importante aplicar este enfoque al proceso de enseñanza y aprendizaje dado que es el escenario donde se presenta la problemática que fue estudiada. El enfoque sistémico del proceso de enseñanza y aprendizaje que se propone integra el Sistema Instruccional Cognitivo (SIC) descrito en la sección 6.1.2 de este apartado. Las entradas consideradas son: los objetivos del curso, el perfil de aprendizaje del estudiante y las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) disponibles. Las entradas corresponden a la fase de análisis del diseño instruccional SIC, como se muestra en la figura 6.3.

Los objetivos del curso que se desean alcanzar como es el perfil de aprendizaje del estudiante (determinado por el estilo de pensamiento del estudiante) y las Tecnologías de la Información y Comunicaciones que se tienen disponibles, ambas forman parte de las entradas del sistema.

Mientras que el proceso se compone por tres bloques. El primero asociado con la fase de diseño del Sistema Instruccional Cognitivo (SIC). Integra los objetivos de aprendizaje, las herramientas y plataformas tecnológicas necesarias, las diferentes actividades de aprendizaje que se requiere implementar.

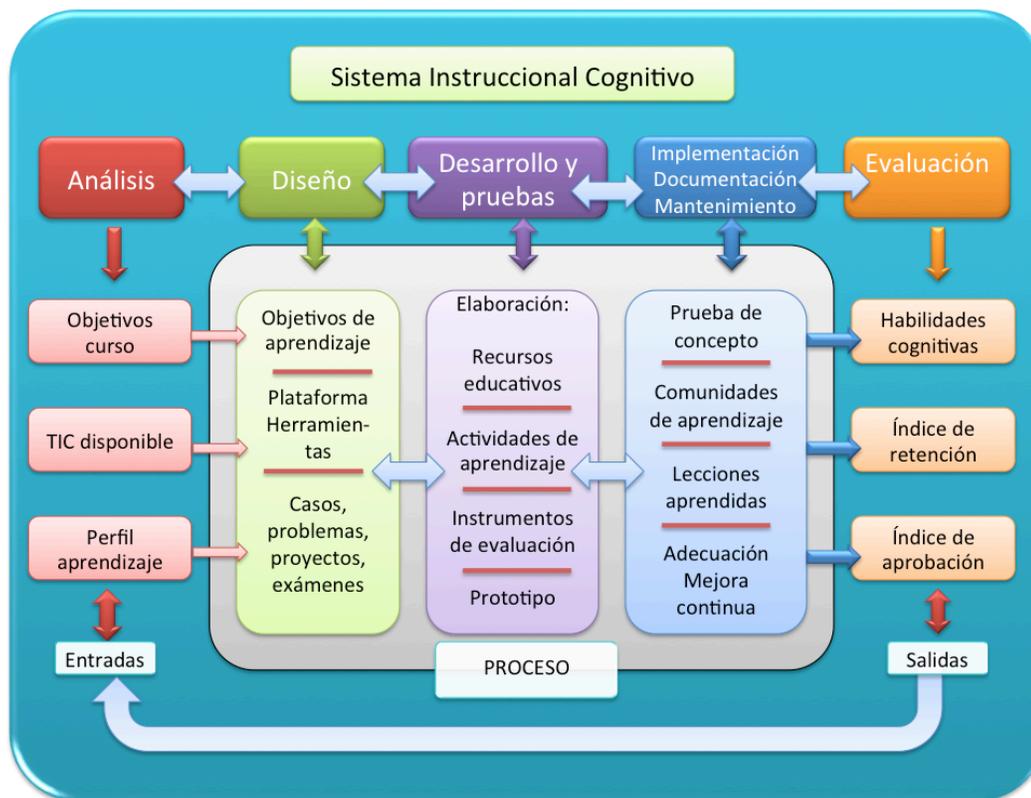


Figura 6.3. Enfoque sistémico del proceso de enseñanza y aprendizaje.

El segundo bloque se relaciona con la fase de desarrollo y pruebas. Contempla la elaboración de recursos educativos multimedia, de actividades de aprendizaje y los instrumentos de evaluación o exámenes. Mientras que la fase de pruebas, consideran el desarrollo de un prototipo que integra los recursos elaborados en la fase de desarrollo con el objetivo de ser probados y adecuados en caso de requerirse.

El último bloque se relaciona con la fase de implementación, documentación y mantenimiento. Una vez que las pruebas y adecuaciones concluyen, se lleva a cabo la preparación del entorno virtual de aprendizaje que será utilizado para la prueba de concepto.

Como parte del trabajo de campo se formaron comunidades de aprendizaje con la finalidad de realizar algunas actividades de aprendizaje.

Durante la prueba de concepto se documentan las lecciones aprendidas para determinar las adecuaciones que se requieren con la finalidad de entrar en un ciclo de mejora continua.

Las salidas son el perfil de aprendizaje del estudiante al concluir el curso. El índice de aprobación y de retención, relacionadas con la fase de evaluación del SIC. En esta fase se evalúan los resultados obtenidos en el índice de aprobación y de retención y los cambios en el perfil de aprendizaje del estudiante. Esta información permite retroalimentar el sistema y aplicar la metodología iterativa incremental contemplada como parte del SIC.

Sistema Instruccional Cognitivo (SIC)

Con base en los resultados de la primera etapa de experimentos, se desarrolló un Sistema Instruccional que integra tres dimensiones: la tecnológica, la pedagógica y la neurocientífica.

El modelo del Sistema Instruccional Cognitivo (SIC) es un diseño propio instruccional muy específico que retomó las características de los diseños instruccionales ADDIE, ASSURE, Gagné y Brigs, Jonassen y protipación rápida. Además integra las reflexiones de Dorrego entorno a la flexibilidad en el diseño instruccional y las TIC (Dorrego, 1999).

El SIC consideró el desarrollo del perfil cognitivo a través de: aprender haciendo, personalización de actividades de aprendizaje y el trabajo cooperativo en comunidades de aprendizaje mediadas por tecnologías de la información.

Se fundamenta en un proceso iterativo-incremental, heredado del desarrollo de software. Es parte esencial de la programación conocida como Extreme Programming. Los puntos claves del proceso fueron comenzar con una implementación simple de los

requerimientos del sistema e iterativamente mejorar la secuencia evolutiva de versiones hasta obtener el sistema completo implementado.

En cada iteración, se realizaron cambios en el diseño y se agregaron nuevas funcionalidades y capacidades al sistema. Además se corrigieron posibles errores detectados.

Comparativo del SIC con otros Diseños Instruccionales

El SIC se define como un proceso sistémico con actividades interrelacionadas que permiten la creación de entornos que facilitan la mediación de los procesos de construcción del conocimiento. Por tanto, en el entorno de aprendizaje se requiere la aplicación de un diseño instruccional adecuado a la modalidad virtual.

Las modalidades de conducción del proceso de enseñanza y aprendizaje que integran componentes virtuales deben considerar una planificación apropiada del proceso formativo, una propuesta didáctica precisa que tenga un impacto en las actividades de aprendizaje y sirva de garantía, rigor y validez de todo el proceso.

Tomando como base el diseño tecno-instruccional propuesto por Coll y colaboradores (2008) considera las dimensiones tecnológica y pedagógica. El Sistema Instruccional Cognitivo integra además la dimensión Neuropedagógica con el objetivo de atender el proceso de enseñanza y aprendizaje combinando la Neurociencia con otras disciplinas como el diseño gráfico, la multimedia, la ingeniería de sistemas y las tecnologías de la información para diseñar y ofrecer soluciones adecuadas a las diversas situaciones de aprendizaje.

El trabajo titulado “Instructional design customizing in courses mediated by technology and its impact on approval rates” presentado en el E-Learn 2013 durante World Conference on E-Learning; *Association for the Advancement of Computing in Education (AACE)*, establece el marco conceptual básico que servirá de guía para la implementación de estrategias en las actividades formativas, así como en la propuesta de un Sistema Instruccional Cognitivo, que culminen en una mejora del desempeño escolar del estudiante (Silva-López y cols., 2013).

El SIC es un diseño instruccional muy específico que retoma características de las reflexiones de Dorrego entorno a la flexibilidad en el diseño instruccional y las TIC (Dorrego, 1999).

Dado que este trabajo de investigación considera un entorno de aprendizaje personalizado. Se analizaron los modelos de Diseño Instruccional desde tres dimensiones: 1) La tecnológica (ver tabla 6.2), 2) La pedagógica (ver tabla 6.3) y la 3) cognitiva (ver tabla 6.4).

Tabla 6.2. Dimensión tecnológica.

Características	ADDIE	ASSURE	Dick y Carey	Gagné y Brigs	Jonassen	4C/ID	Prototipación rápida	Contextualizado (Peñalosa)	Cognitivo (Silva)
Enfoque sistémico	Si	-	Si	Si	-	-	-	Si	Si
Entorno de aprendizaje mediado por TIC	Si	-	-	-	Si	-	Si	Si	Si
Producción de contenidos o material	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Herramientas cognitivas	-	Si	-	-	Si	-	-	Si	Si
Herramientas conversación y colaboración	-	-	-	-	Si	-	-	Si	Si
Desarrollo de prototipos	-	-	-	-	-	-	Si	Si	Si

Tabla 6.3. Dimensión pedagógica.

Características	ADDIE	ASSURE	Dick y Carey	Gagné y Brigs	Jonassen	4C/ID	Prototipación rápida	Contextualizado (Peñalosa)	Cognitivo (Silva)
Estructura y organización	Muy bien	Bien	Bien	Regular	Regular	Bien	Regular	Si	Muy bien
Ciclo de vida	4 fases	6 fases	10 fases	4 niveles, 14 rubros	6 fases	2 etapas y 4 componentes	6 rubros	4 fases	8 fases
Pruebas de campo	-	-	-	Si	-	-	Si	-	Si
División en unidades o lecciones	Si	-	-	Si	-	-	-	Si	Si
Evaluación del proceso	Si	-	-	-	-	-	-	Si	Si
Evaluación diagnóstica	-	-	-	-	-	-	-	Si	Test estilo pensamiento
Evaluación formativa	Si	-	Si	Si	-	-	-	Si	Si
Evaluación sumativa	Si	-	Si	Si	-	-	-	Si	Si
Preparación del profesor	-	-	-	Si	-	-	-	-	Si
Escenarios de aprendizaje	-	Si	-	-	-	-	-	Si	Si
Casos, problemas, proyectos	-	-	-	-	Si	-	-	Si	Si
Actividades de aprendizaje	-	-	-	-	Si	-	-	Si	Si

Tabla 6.4. Dimensión Cognitiva.

Características	AADD IE	ASSURE	Dick y Carey	Gágne y Brigs	Jonassen	4C/ID	Prototipa- ción rápida	Contextualizado (Peñalosa)	Cognitivo (Silva)
Enfoque	-	Centrado en el estudiante.	Enseñanza Conductismo	-	Centrado en el estudiante. Constructivista.	Pensamiento crítico	Aprendizaje	Cognitivo	Centrado en el estudiante Cognitivo
Características del estudiante	-	Si	Si	-	-	-	-	-	Si
Atiende la diversidad	-	Si	Si	-	-	-	-	-	Si
Actividades de aprendizaje	Si	-	-	-	-	-	-	Si	Si

Metodología del Sistema Instruccional Cognitivo

El SIC se fundamenta en la ingeniería de sistemas e incorpora las etapas del ciclo de vida de desarrollo de software del modelo iterativo-incremental: análisis, diseño, desarrollo, pruebas, implementación, documentación, mantenimiento y evaluación. A continuación se detallan los pasos de la metodología:

1. ANÁLISIS. Detalla la problemática educativa a resolver.
 - a. Determinar las características del curso: objetivos, contenido, duración, etc.
 - b. Conocer el perfil de aprendizaje del estudiante (aplicando instrumentos de teorías Neurocientíficas, específicamente la Teoría del Cerebro Total de Herrmann).
 - c. Identificar la infraestructura tecnológica con que se cuenta.
2. DISEÑO. Estrategia de solución de la problemática educativa.
 - d. Establecer los objetivos de aprendizaje.

- e. Seleccionar los ejercicios, casos, problemas y proyectos necesarios para el desarrollo del curso.
 - f. Establecer el tipo de actividades de aprendizaje se deben desarrollar.
 - g. Desarrollar los recursos educativos a partir del contenido .
 - h. Definir los instrumentos de evaluación.
 - i. Seleccionar las herramientas tecnológicas que permitan un comunicación y colaboración adecuada.
3. DESARROLLO. Construir lo establecido en la etapa del diseño.
- a. Elaboración la guía didáctica. Su objetivo es definir la ruta de aprendizaje que debe seguir el estudiante.
 - b. Elaboración de los recursos educativos necesarios.
 - c. Elaboración de las actividades de aprendizaje personalizadas según el estilo de pensamiento del estudiante. Se debe establecer si es una actividad individual o cooperativa.
 - d. Establecer los instrumentos de evaluación. Pueden ser exámenes escritos, orales, prácticos. Se debe indicar si se evalúa el producto, el proceso o ambos.
 - e. Se integran las herramientas tecnológicas seleccionadas en el prototipo del laboratorio y se elabora un manual de usuario.

Si es necesario, es posible regresar a las fases anteriores para recopilar información faltante o realizar cambio de diseño al detectar nuevas necesidades u omisiones.

4. PRUEBAS. En ésta etapa se realizan las pruebas que garanticen el funcionamiento adecuado del entorno virtual de aprendizaje.
- a. Evaluar que el colaboratorio cuente con las herramientas seleccionadas en la etapa de diseño.
 - b. Realizar las pruebas de integración de las herramientas tecnológicas seleccionadas.
 - c. Aprobar el entorno virtual de aprendizaje.

Es muy probable que sea necesario regresar a las fases anteriores para rediseñar, adecuar el desarrollo y volver a probar.

5. IMPLEMENTACIÓN. Puesta en marcha del prototipo elaborado en la etapa de desarrollo y aprobado en la etapa de pruebas.
- a. Replicación del prototipo del colaboratorio de acuerdo con los grupos programados para que sea utilizado por los estudiantes.
 - b. Capacitación de los profesores encargados de guiar el proceso de enseñanza y aprendizaje.
 - c. Inscripción de estudiantes en grupos bajo modalidad Sistema de Aprendizaje Cooperativo (SAC).
 - d. Sesión de inducción del proceso de conducción de enseñanza y aprendizaje.
 - e. Aplicación de instrumentos para determinar el estilo de aprendizaje y el estilo de pensamiento del estudiante.
 - f. Los estudiantes se registran en el entorno virtual de aprendizaje (colaboratorio).

- g. Conformación de comunidades de aprendizaje.
- 6. DOCUMENTACIÓN. Registro de lecciones aprendidas, permite entrar en un mecanismo de mejora continua y facilitar futuras modificaciones que se realizan en la etapa de mantenimiento.
 - a. Registro de lecciones aprendidas (comentarios y retroalimentación recibida por los profesores y facilitadores).
 - b. Documentación de análisis y diseño, se elabora un documento que contenga la descripción del problema, la estrategia establecida y la tecnología utilizada.
 - c. Manual de usuario, que describe los pasos para el uso de las tecnologías y herramientas utilizadas.
- 7. MANTENIMIENTO. Adecuaciones necesarias del prototipo.
 - a. Mantener una estructura que facilite la verificación, validación y actualización, que permita iniciar el ciclo de mejora continua.
 - b. Realizar las adecuaciones que satisfagan los requerimientos identificados en las lecciones aprendidas.
- 8. EVALUACIÓN. Su objetivo es valorar la pertinencia, eficacia y eficiencia del diseño instruccional.
 - a. Evaluación del entorno virtual de aprendizaje y las herramientas tecnológicas integradas.
 - b. Evaluación de los recursos educativos.
 - c. Evaluación de las actividades de aprendizaje personalizadas.
 - d. Evaluación de los instrumentos de evaluación del aprendizaje del estudiante.
 - e. Evaluación de las estrategias de comunicación y colaboración implementadas.

Considera el desarrollo del perfil cognitivo, en el aprender haciendo, en la personalización de actividades de aprendizaje y el trabajo cooperativo en comunidades de aprendizaje mediadas por tecnologías de la información, como se muestra en la figura 6.4.



Figura 6.4. Sistema Instrucciona Cognitivo (Silva y cols., 2015b).

Los resultados de la evaluación completan los nuevos requerimientos para iniciar la siguiente iteración del ciclo del SIC (ver figura 6.5).

En el caso del modelo instruccional SIC, la incorporación del proceso iterativo-incremental permite tener la posibilidad de atender la problemática en corto plazo. El profesor y los facilitadores se involucran más y se enfocan en detectar posibles áreas de oportunidad que se pueden mejorar. Se reducen los costos ya que no se requiere una gran inversión para la implementación inicial, aumenta la posibilidad de éxito, la calidad y robustez de la solución se va afinando en cada iteración.

El proceso iterativo-incremental contempla tres fases: inicialización, iteración y lista de control de proyecto (en nuestro caso, lecciones aprendidas).



Figura 6.5. Sistema Instruccional Cognitivo, proceso iterativo-incremental.

En la fase de inicialización se crea la primera versión del sistema instruccional contemplando el entorno virtual de aprendizaje con el que el usuario pueda interactuar y retroalimentar el proceso. Debe incluir los aspectos claves de la solución al problema educativo planteado y proporcionar una solución simple para implementarla fácilmente. Para guiar el proceso de iteración se requiere la documentación de las lecciones aprendidas, que contiene un historial de todas las recomendaciones que pueden abonar en la mejora continua, incluye nuevas consideraciones, nuevas funcionalidades y áreas de oportunidad detectadas.

La fase de iteración implica una reingeniería y regresa al análisis, para rediseñar, adecuar el desarrollo e implementación contemplando las observaciones plasmadas en las lecciones aprendidas, así como de nuevas consideraciones y funcionalidades. El análisis de una iteración se basa en la retroalimentación del usuario y en el análisis de las funcionalidades actuales. La meta del diseño e implementación de cualquier iteración es mantener la

modularidad, dese ser estructurada, mejorar la usabilidad, confiabilidad, eficiencia y eficacia (alcanzar las metas).

Por último, el Sistema Instruccional Cognitivo, se aplica en el trabajo de campo como parte de la estructura organizacional de los recursos educativos, las actividades de aprendizaje y la plataforma donde se implementan los escenarios de enseñanza y aprendizaje. En la figura 6.6 se muestran los componentes pedagógicos y tecnológicos que se consideraron como arte de los escenarios donde se realizaron los experimentos realizados como parte de las etapas 2 y 3.

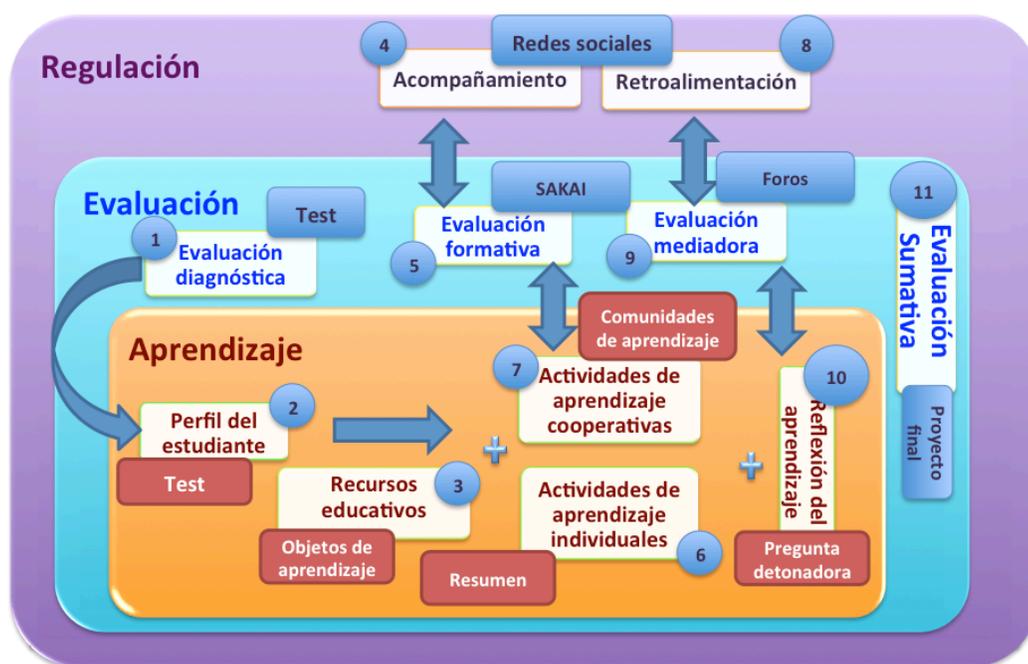


Figura 6.6 Componentes pedagógicos y tecnológicos del SIC.

Los componentes se dividen en 3 capas: a) Aprendizaje: considera todos los componentes que facilitan el aprendizaje del estudiante, desde el perfil del estudiante, los recursos educativos, la personalización de las actividades de aprendizaje (individuales y cooperativas), hasta la reflexión del aprendizaje donde el estudiante reflexiona lo que aprendió; b) Evaluación: integra los componentes que facilitan la evaluación del aprendizaje, desde la evaluación del estilo de pensamiento del alumno, la evaluación formativa y

mediadora, hasta la sumativa; y c) Regulación: contempla el acompañamiento que el profesor debe realizar con los estudiantes durante el curso, así como la retroalimentación continua respecto a los errores detectados, los avances, los logros, entre otros.

En esta sección se establecen las especificaciones para la personalización de actividades de aprendizaje.

Tipo de actividades de aprendizaje

Para atender la diversidad se toma como fundamento la teoría de Cerebro Total de Ned Herrmann, por lo que, a partir de estilos de pensamiento, se personalizan las actividades de aprendizaje y la conformación de las comunidades de aprendizaje.

De acuerdo a la teoría del Cerebro Total que propone cuatro estilos de pensamiento, cada uno tiene una preferencia distinta para procesar información y está asociado con un cuadrante (Herrmann, 1989). Cada cuadrante cerebral realiza funciones diferenciadas como se resume en la tabla 6.5.

Tabla 6.5. Características de los cuadrantes definidos en la Teoría del Cerebro Total.

Cuadrante cerebral	Ubicación	Características
A	lóbulo superior izquierdo	se especializa en el pensamiento lógico, cualitativo, analítico, crítico, matemático y se basa en hechos concretos
B	lóbulo inferior izquierdo	se caracteriza por un estilo de pensamiento secuencial, organizado, planificado, detallado y controlado
C	lóbulo inferior derecho	se caracteriza por un estilo de pensamiento emocional, sensorial, humanístico, interpersonal, musical, simbólico y espiritual
D	lóbulo superior derecho	se destaca por su estilo de pensamiento conceptual, holístico, integrador, global, sintético, creativo, artístico, espacial, visual y metafórico

Por tanto, se propone una clasificación del tipo de actividades de aprendizaje (ver figura 6.7) que fomentan el desarrollo del perfil cognitivo asociadas con alguno de los

cuadrantes cerebrales. A partir de esta clasificación se implementan las actividades de aprendizaje del curso correspondiente.

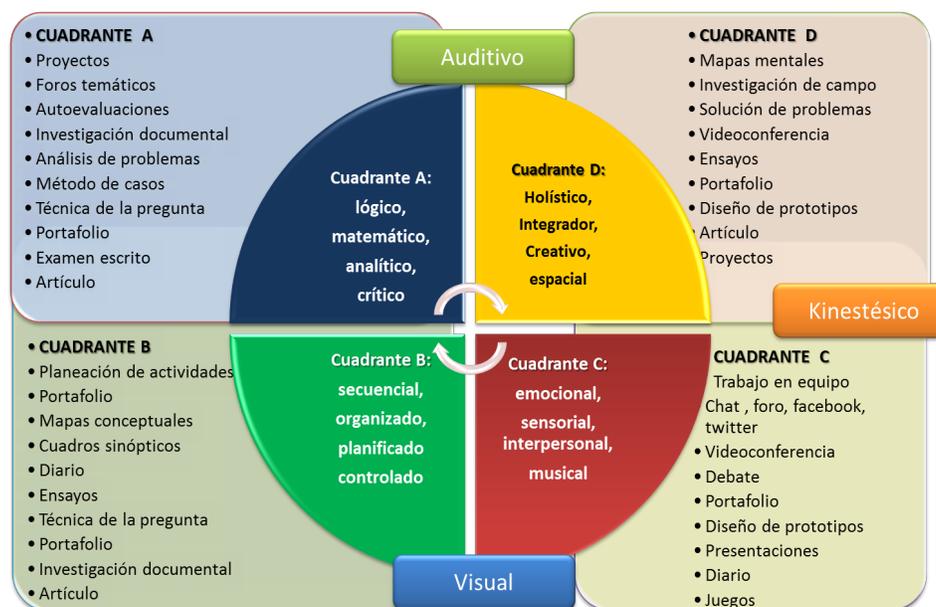


Figura 6.7. Clasificación de actividades de aprendizaje acorde con el estilo de pensamiento de Herrmann;Silva-López(2012).

La organización del curso para el trabajo de campo se estableció a partir de un conjunto base de actividades de aprendizaje que contemplan actividades relacionadas con los cuatro cuadrantes del modelo de Herrmann como se muestra en el figura 6.8.

Para el caso del trabajo colaborativo se utilizaron foros como actividades de aprendizaje cuyo objetivo fue fomentar el trabajo cooperativo, compartir recursos, ideas, solución a problemas presentados, etc. Por lo que se implementaron 4 tipos de foros: 1) Foro temático (cuadrante A) Su objetivo es compartir ideas, referencias, documentos, URL, recursos que complementan el material de autoestudio; 2) Foro organizativo. Está orientado al estilo de procesos, se enfoca en describir los pasos para elaborar un programa; 3) Foro debate. En el que se discuten ideas, conceptos o recomendaciones que apoyen el aprendizaje de la unidad correspondiente, así como las complicaciones a las que se han enfrentado en la realización de algoritmos y programas; y 4) Foro creativo. En el que se proponen ideas para

resolver problemas, se utiliza para proponer soluciones alternativas a problemas específicos (ver figura 6.9).



Figura 6.8. Personalización de actividades de aprendizaje (elaboración propia).

Foro A: Temático. [Nuevo tema](#) | [Configurar foro](#) | [Borrar](#)

Espacio para compartir conocimiento, referencias, ejemplos de cada tema que se aborda, compartiendo ideas con los demás equipos. Revisa el reglamento de los foros (clic en "view full description")

Foro B: Organizativo. [Nuevo tema](#) | [Configurar foro](#) | [Borrar](#)

Espacio para colaborar en la organización de los pasos para elaborar un programa, compartiendo ideas con los demás equipos. Revisa el reglamento de los foros (clic en "view full description").

▶ [View Full Description](#)

Foro C: Creativo. [Nuevo tema](#) | [Configurar foro](#) | [Borrar](#)

Espacio para proponer soluciones a los problemas que son la base de los programas solicitados, compartiendo experiencias con sus compañeros de los demás equipos.

▶ [View Full Description](#)

Foro D: Debate. [Nuevo tema](#) | [Configurar foro](#) | [Borrar](#)

Discute con tus compañeros de equipo y de otros equipos. Revisa el reglamento de los foros (clic en "view full description").

Figura 6.9. Personalización de foros.

Otro ejemplo es la orientación que se dará al proyecto final. Para cada cuadrante se estableció diferentes enfoques, algunos orientados más al análisis y la lógica (cuadrante A), otros orientados al procedimiento (cuadrante B), a la creatividad (cuadrante D) o al beneficio de un grupo de personas (cuadrante C). La finalidad es buscar mecanismos que permitan que el estudiante se identifique con la actividad que debe realizar. Sin embargo, no siempre podrá aplicar, ya que se deben integrar actividades específicas que permitan al estudiante desarrollar ciertas habilidades cognitivas para cumplir con los objetivos del curso.

Los programas se elaboran con base en el estilo de pensamiento que se espera que el estudiante desarrolle durante el curso. La implementación de las actividades de aprendizaje asociadas con la elaboración de programas se muestra en la figura 6.10.

Programa 7. Juego RPG (mejor redacción) Revisar Duplicado Calificación	L1, L2, L3, L4, L5, L6, LC7, Oyentes, P1, P2, P3, P4, P5, Profesores y Ayudantes
Programa 6. Matrices Simétricas. Revisar Duplicado Calificación	Area Logica, Area Procesos, L1, L2, L3, L4, L5, L6, LC7, Oyentes, P1, P2, P3, P4, P5, Profesores y Ayudantes
Programa 6. Dislexia. Revisar Duplicado Calificación	Area Creativa, Area Relacion, C1, C2, C3, C4, C5, Contenedor, Profesores y Ayudantes, R1, R2, R3, R4
Programa 5. Funciones. Revisar Duplicado Calificación	Area Creativa, Area Relacion, C1, C2, C3, C4, C5, Contenedor, Profesores y Ayudantes, R1, R2, R3, R4
Programa 5. Modular. Revisar Duplicado Calificación	Area Logica, Area Procesos, L1, L2, L3, L4, L5, L6, LC7, Oyentes, P1, P2, P3, P4, P5, Profesores y Ayudantes
Programa 4. Tiro con arco. Revisar Duplicado Calificación	Area Creativa, Area Procesos, Area Relacion, C1, C2, C3, C4, C5, Contenedor, P3, Profesores y Ayudantes, R1, R2, R3, R4
Programa 4. Informe de Ventas. Revisar Duplicado Calificación	Area Logica, L1, L2, L3, L4, L5, L6, LC7, Oyentes, Profesores y Ayudantes, R1, R2, R3, R4
Programa 3. Un juego extraño Revisar Duplicado Calificación	Area Creativa, Area Relacion, C1, C2, C3, C4, C5, Profesores y Ayudantes, R1, R2, R3, R4
Programa 3. Calculadora Avanzada Revisar Duplicado Calificación	Area Logica, Area Procesos, Contenedor, L1, L2, L3, L4, L5, L6, LC7, Oyentes, P1, P2, P3, P4, P5, Profesores y Ayudantes

Figura 6.10. Implementación de programas según el estilo de pensamiento.

Desarrollo de recursos educativos

El modelo propuesto para atender la diversidad de aprendizaje de los estudiantes de ingeniería, integra los estilos de aprendizaje asociados al modelo VARK. El objetivo es potenciar la capacidad de percepción proporcionando múltiples recursos educativos como se muestra en la figura 6.11.

La diversidad de estilos de aprendizaje es atendida con diferentes recursos educativos que incluyen animación, audio e interactividad. Con base en la propuesta de Rahman y colaboradores (2013). Se diseñaron diversos recursos educativos como presentaciones multimedia, video clases (con un tiempo aproximado de 1 hora) y finalmente cápsulas de conocimiento (videos cortos de 5 a 7 minutos, que se enfocan en la explicación de un tema particular).

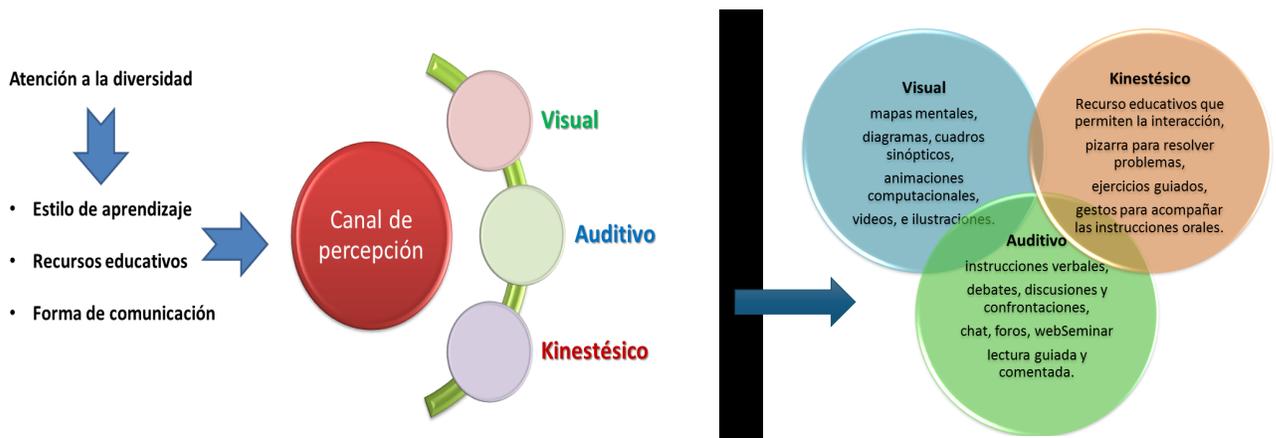


Figura 6.11. Estilos de aprendizaje y atención a la diversidad.

Instrumentos de evaluación

Los instrumentos de evaluación deben valorar tanto el producto generado como el proceso realizado o ambos. Muchas actividades tienen prioridad sobre el proceso (los pasos a seguir para realizar la actividad). Otras se enfocan en que el producto terminado cuente con todas las características solicitadas. Adicionalmente se personalizan las actividades de

aprendizaje acordes con el estilo de pensamiento, para lo cual se propone una taxonomía que organiza las actividades por estilo de pensamiento y forma de evaluación como se muestra en la figura 6.12.

A continuación se listan los instrumentos de evaluación considerados para la UEA de Programación Estructurada:

- *Autoevaluaciones en línea.* Permiten al estudiante autoevaluar su aprendizaje antes de presentar su examen escrito.
- *Evaluaciones presenciales.* Se realizaron 3 evaluaciones distribuidas en las semanas 4, 7 y 11. Estas evaluaciones permitieron validar el aprendizaje del estudiante y en su caso poder identificar errores recurrentes.
- *Evaluaciones prácticas (presentación de proyectos finales).* Se realizaron 3 evaluaciones en la semana 5 y la semana 12 las cuales permitieron valorar las habilidades para la resolución de problemas y la toma de decisiones.

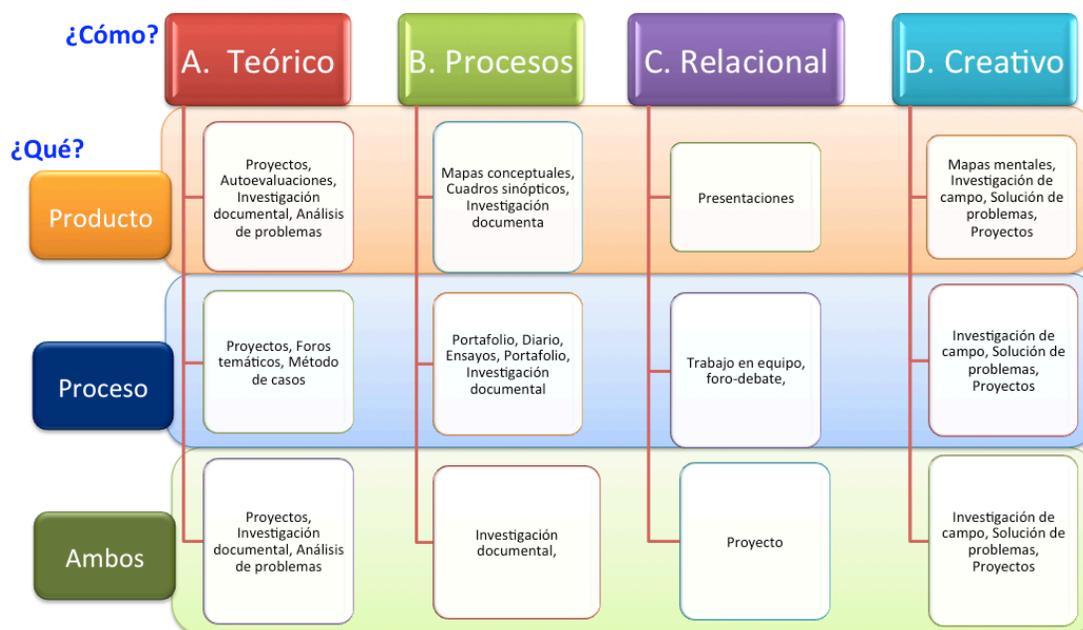


Figura 6.12. Taxonomía de actividades de aprendizaje según estilo de pensamiento y tipos de evaluación.

En la segunda etapa de la metodología, se aplicó el SIC con el objetivo de aprovechar la experiencia obtenida en la etapa 1.

Esta primer etapa permitió observar el impacto de las seis variables en los índices de deserción y aprobación. Con esta información se diseñó el Sistema Instruccional Sistema Instruccional Cognitivo (SIC) mediado por las Tecnologías de la Información y Comunicaciones, cuya finalidad fue aportar un mecanismo para planear la instrucción integrando la personalización de actividades de aprendizaje a partir de una teoría Neurocientífica.

Casos aplicativos. Experimentos programados para la segunda etapa.

En la segunda etapa de experimentos, se aplica el SIC y se personalizan las actividades de aprendizaje. En la tabla 6.6 se muestran los valores utilizados en los experimentos en la etapa 2.

Descripción de las características del contexto en el que se desarrollaron los experimentos:

1. Conformación de comunidades de aprendizaje. Inicialmente se permite que los alumnos decidan cómo integrar su comunidad de aprendizaje (libre). Posteriormente se realiza al azar la integración de comunidades de aprendizaje (aleatoria). Después se decide integrar las comunidades de aprendizaje con estudiantes que tienen diferente tipo de estilo de pensamiento (heterogéneo) y el mismo estilo de pensamiento (homogéneo).
2. Actividades de aprendizaje. Se proponen actividades de aprendizaje que van incrementando su dificultad, incluyendo actividades individuales y cooperativas. Se realiza la personalización de actividades de aprendizaje según su estilo de pensamiento para el caso de las actividades individuales.
3. Seguimiento. El seguimiento se realiza a partir de una regulación supervisada por el profesor (uso de redes sociales, sesiones de videoconferencia y presenciales, realización

de ejercicios) y el ayudante (apoyo en revisión de tareas y asesorías, identifica errores recurrentes y los notifica al profesor para que sean atendidos con el grupo).

4. Modalidad de conducción del proceso de enseñanza y aprendizaje: Curso No Presencial (CNP), se realiza en un 90% en línea (e-learning), considera grupos masivos de hasta 250 alumnos por grupo. Sistema de Aprendizaje Cooperativo (SAC), se realiza en un 70% en línea con actividades cooperativas por lo que se requiere la conformación de comunidades de aprendizaje (c-learning), considera grupos de hasta 100 alumnos.
5. Herramientas tecnológicas: aula virtual (utiliza moodle como LMS) o laboratorio (utiliza herramientas que apoyan y facilitan el trabajo colaborativo, se utiliza SAKAI como LMS).
6. Apoyos: Tipo de Recursos Educativos Multimedia (REM). Se utilizaron diapositivas y lecturas. Se aplicó la resolución de problemas, video clases programadas en tiempo real que se grababan y el estudiante tenía acceso a las mismas posteriormente.
7. Evaluación del aprendizaje: periodicidad en que se realizó la validación del aprendizaje de manera presencial, las que se fueron disminuyendo a medida que se estabilizaba el proceso.
8. Temporalidad: el estudiante pudo entregar los productos de las actividades a lo largo del trimestre o en una fecha específica.

La segunda etapa de experimentos permitió identificar los elementos que integran el modelo ontológico para obtener recomendaciones y personaliza las actividades de aprendizaje. Se definió una metodología para el diseño de ontologías utilizando diagramas (GODeM). Aplicando GODeM se diseñó el Modelo Ontológico como apoyo para la personalización de actividades, implementándose en Protège. Por último se diseñó la arquitectura tecnológica del Entorno Virtual de Aprendizaje Personalizado que fue implementado como una solución Cloud Computing.

Tabla 6.6. Planeación de experimentos de la etapa 2.

Variables	12-P	12-O	13-I	13-P y 13-O
Conformación comunidades aprendizaje	Libre	Aleatoria	Acorde con el perfil de aprendizaje (heterogéneo)	Acorde con el perfil de aprendizaje (homogéneo)
Actividades de aprendizaje	Incrementales. Mapas mentales. Programas. Exámenes.	Ruta de aprendizaje personalizada de acuerdo con su estilo de pensamiento	Ruta de aprendizaje personalizada de acuerdo con su estilo de pensamiento	Ruta de aprendizaje personalizada de acuerdo con su estilo de pensamiento
Seguimiento	Regulación por parte del profesor y el ayudante	Regulación por parte del profesor y el ayudante	Regulación por parte del profesor y el ayudante	Regulación por parte del profesor y el ayudante
Unidades o secciones	9	9	10	10
Herramientas tecnológicas	Aula virtual	Colaboratorio	Colaboratorio	Colaboratorio
Conducción del proceso E-A	Curso No Presencial (CNP)	Curso No Presencial (CNP)	Sistema de Aprendizaje Cooperativo (SAC)	Sistema de Aprendizaje Cooperativo (SAC)
Apoyos: REM	Problemas Video clases Asesoría presencial Clase en videoconferencia	Problemas Video clases Asesoría presencial Clase en videoconferencia	Problemas Videoclips por tema Ejercicios por videoconferencia	Problemas Videoclips por tema Ejercicios en sesión presencial
Validación del aprendizaje	12 revisiones por trimestre Evaluación global presencial al concluir	8 revisiones por trimestre Evaluación global presencial al concluir	5 revisiones presenciales por trimestre Evaluación global presencial al concluir	3 revisiones presenciales por trimestre Evaluación global presencial al concluir
Temporalidad	Libre primera mitad del trimestre. Programación de actividades segunda mitad del trimestre	Programación de actividades todo el trimestre. Se permite entrega fuera de tiempo sólo primera unidad.	Programación de actividades todo el trimestre. Se permite entrega fuera de tiempo sólo primera unidad.	Programación de actividades durante el trimestre. No se permite la entrega fuera de tiempo.

Graphical Ontology Design Methodology (GODeM)

A partir de los resultados obtenidos en los experimentos programados en la etapa 2 se diseñó el modelo ontológico aplicando la metodología Graphical Ontology Design Methodology (GODeM). El modelo integra: a) La simplicidad y detalle que ofrece la metodología de Noy y McGuinness que permiten comprender el dominio del conocimiento y realizar un buen diseño; b) Un lenguaje formal gráfico que permite visualizar como un todo el diseño de la ontología, mediante OntoDesign Graphics (Silva-López y cols., 2014a).; y finalmente, c) Incorpora las etapas de validación y documentación como lo establece Methontology. La metodología GODeM se diseñó como parte de nuestra investigación (Silva-López y cols., 2014b).

Graphical Ontology Design Methodology

La metodología GODeM tuvo como objetivo el integrar los puntos clave de las metodologías analizadas y es proporcionar una metodología didáctica que lleve de la mano al interesado en el diseño por primera vez una ontología.

GODeM se conforma por los siguientes pasos(Silva-López y cols., 2014b):

1. Establecer el dominio de conocimiento y el alcance de la ontología.
 - a. Analizar los elementos clave involucrados en el dominio de conocimiento. Realizar entrevistas con los expertos en el dominio del conocimiento.
 - b. Elaborar diagramas que muestren las relaciones y características de los elementos clave del dominio de conocimiento de manera visual. Su objetivo es facilitar la retroalimentación con el experto en el dominio del conocimiento.
 - c. Establecer el idioma en que se implementará la ontología.
2. Identificación de los requerimientos de la ontología.
 - a. Elaborar las preguntas relevantes que debe contestar la ontología, también conocidas como preguntas de competencia.

- b. Marcar los sustantivos de las preguntas de competencia y elaborar una lista en singular, lo que representa una primer aproximación de las clases de la ontología.
 - c. Identificar los verbos que se convertirán en relaciones semánticas en la ontología.
 - d. Clasificación de clases.
3. Validación de la posibilidad del uso de ontologías o metadatos existentes.
 - a. Se evalúan diferentes repositorios de ontologías relacionados con el dominio de conocimiento que se aborda, para identificar si es posible reutilizar alguna ontología con la que se desea construir.
4. Elaboración del modelo ontológico.
 - a. Listar términos importantes de la ontología, para elaborar un glosario de términos.
 - b. Definir las clases y su jerarquía.
 - c. Definir las propiedades o atributos de las clases.
 - d. Definir las restricciones de las propiedades (tipo de dato, cardinalidad, dominio y rango).
 - e. Elaborar el diseño de la ontología con la notación diagramática de OntoDesignGraphics (Silva-López y cols., 2014a).
 - f. Realizar una prueba de escritorio estableciendo una muestra de datos que se cargarán en la ontología. Esta actividad permite detectar errores y corregirlos durante el diseño. En caso de detectar errores repetir las actividades enumeradas en este inciso.
5. Implementación del modelo ontológico.
 - a. Seleccionar el lenguaje utilizado.
 - b. Seleccionar la herramienta para su implementación.
6. Población de las clases.
 - a. Crear instancias o individuos, poblar la ontología con datos del mundo real.
7. Evaluación de la ontología
 - a. Verificación de la ontología. Aplicar de las reglas establecidas por Noy y McGuinness (2001):

- i. Existen múltiples soluciones para modelar un dominio.
 - ii. El desarrollo de una ontología es un proceso iterativo incremental.
 - iii. Las clases de una ontología son objetos del dominio de conocimiento y las relaciones se asocian a verbos que se identifican en las preguntas relevantes que debe contestar la ontología.
 - b. Validación de la ontología.
 - i. Determinar si la ontología da respuesta a las preguntas de competencia.
8. Documentar la ontología.
 - a. Documentar los pasos realizados durante el diseño e implementación de la ontología para poder compartirla y reutilizarla.

Esta metodología se aplica para el diseño del modelo ontológico que se detalla en el capítulo 6.

Propuesta Computacional

Tomando como base las especificaciones Neuropedagógicas de la sección 6.1 se llevó a cabo la propuesta computacional basada en un modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje implementado en una solución de Cloud Computing.

En esta sección se presentó el diseño del modelo ontológico aplicando la metodología Graphical Ontology Design Methodology (GODeM) que se construyó como parte del trabajo de investigación. Se incluyó también la arquitectura de la solución computacional y sus elementos principales.

Metodología GODeM

La metodología Graphical Ontology Design Methodology (GODeM) se diseñó a partir de las metodologías de autores como Noy y McGuinness (2001), Gruninger y Fox (1995), así como las propuestas de Methontology (2012), Enterprise Ontology (Ushold,1998) y OntoDesign Graphics(Silva-López y cols., 2014a). Las cinco metodologías para el diseño de ontologías se describen en el apéndice B y se presenta un comparativo de ellas en la tabla 6.7.

La integración de OntoDesign Graphics tuvo como objetivo contar con una notación gráfica que permitiera la estandarización de los diseños de ontologías para ofrecer mayor claridad en el uso de la notación UML. Por ejemplo, autores como Rezgui y colaboradores (Rezgui y cols. 2014), Abdel-Rahman y colaboradores, (Abdel-Rahman y cols., 2013) y Mencke y Dumke (Mencke y Dumke, 2008) y El Bouhdidiy colaboradores (El Bouhdidi y cols., 2013) entre otros, presentan una gran diversidad en las representaciones gráficas de los diseños de las ontologías que proponen lo que complica la interpretación entre una notación y otra.

La metodología GODeM (Silva-López y cols., 2014b), intenta integrar los puntos clave de las metodologías analizadas, su objetivo es proporcionar una metodología didáctica que lleve de la mano al interesado en diseñar por primera vez una ontología.

Tabla 6.7. Comparativo de metodologías para el diseño de ontologías.

Características	Noy y McGuines	Methontolog y	Gruninger y Fox	Enterprise Ontology	OntoDesign Graphics	GODEM
Especificación: Dominio, propósito y alcance	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Integración: Reutilización de ontologías existentes	Si	Si	-	Si	-	Si
Conceptualización: Identificación de términos	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Clases y jerarquía	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Propiedades de las clases	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Restricciones de las propiedades	Si	-	-	-	Si	Si
Creación de instancias y poblado	Si	-	-	-	-	Si
Adquisición: reunión con expertos	-	Si	-	-	-	Si
Implementación de la ontología	-	Si	-	-	-	Si
Evaluación: responde a las preguntas de competencia	-	Si	Si	Si	Si	Si
Documentación del ciclo de vida de la ontología	-	Si	-	Si	Si	Si
Identificación de escenarios relevantes	.	-	Si	-	-	-
Preguntas de competencia	Si	-	Si	Si	Si	Si
Especificar axiomas y teoremas	-	-	Si		-	-
Representación en un lenguaje formal	-	-	Si	Si	-	-
Notación diagramatical	-	-	-	-	Si	Si

Diseño del modelo ontológico aplicando la metodología GODEM

El modelo ontológico está constituido por un conjunto de cuatro ontologías: a) Modelo de estilos cognitivos; b) Modelo de perfil de aprendizaje del estudiante; c) Modelo del curso; y d) Modelo de actividades de evaluación. Su objetivo es personalizar las actividades de aprendizaje, por tanto, la ruta de aprendizaje con base en el perfil de aprendizaje del estudiante y las habilidades cognitivas que el estudiante debe desarrollar al concluir el curso.

El diseño de la ontología del perfil de aprendizaje permitió adicionar o cambiar las teorías cognitivas que establecen el perfil de aprendizaje del estudiante.

Durante el proceso de diseño y construcción de la ontología fue importante tener presentes las reglas establecidas por Noy & McGuiness (2001):

- Existen múltiples soluciones para modelar un dominio. La mejor solución se da durante el proceso que depende del objetivo de la ontología o de sus aplicaciones.
- El desarrollo de una ontología es un proceso iterativo incremental.
- Las clases de una ontología son objetos del dominio de conocimiento y las relaciones se asocian a verbos que se identifican en las preguntas relevantes que debe contestar la ontología.

A continuación se detalla el diseño del modelo ontológico para la personalización de las actividades de aprendizaje.

Identificación de los requerimientos de la ontología

Para identificar los requerimientos de la ontología es necesario elaborar una lista de las preguntas relevantes que debe contestar la ontología. Para el dominio de conocimiento se tienen las siguientes preguntas de competencia:

¿En qué dominio se enfoca la ontología?

- En modelar el perfil de aprendizaje de un individuo y el dominio de conocimiento de la didáctica de un curso.

¿Para qué se utilizará la ontología?

- Para personalizar las actividades de aprendizaje, por tanto, la ruta de aprendizaje de un estudiante a partir de su perfil de aprendizaje. Se utilizaron en el curso de Programación Estructurada con estudiantes de Ingeniería.

¿Quién usará la ontología?

- Los usuarios de la ontología son estudiantes y profesores de Ingeniería en cursos masivos semi-presenciales de la asignatura de Programación Estructurada.

Preguntas de competencia que debe contestar la ontología:

- ¿Cuáles son los tipos cognitivos para una teoría cognitiva X?
- ¿Qué características tiene un **tipo cognitivo Z** para una **teoría cognitiva Y**?
- ¿Qué relación existe entre diferentes tipos cognitivos?
- ¿Cuál es el perfil de aprendizaje del estudiante X?
- ¿Cuáles son las **características cognitivas** que tiene un estudiante X?
- ¿Cuántos **estudiantes** tienen el **tipo cognitivo X** como dominantes?
- ¿Qué **tipos cognitivos** están asociados al **curso Y**?
- ¿Qué **módulos** integran un curso X?
- ¿Qué **actividades de aprendizaje** se recomiendan para el **curso Y**?
- ¿Qué **habilidades cognitivas** debe desarrollar un **estudiante** al concluir el **curso Y**?
- ¿Qué recursos educativos se recomiendan para el perfil de aprendizaje X?
- ¿Qué actividades de aprendizaje se recomiendan para el perfil de aprendizaje X?
- ¿Qué **tipo de herramienta** se debe recomendar para realizar una **actividad** que desarrolle una **habilidad cognitiva Y**?
- ¿Qué tipo de **recurso educativo** se debe recomendar a un **estudiante** con **perfil de aprendizaje W** para el **curso X módulo Y**?

- ¿Qué actividad de aprendizaje debe realizar un estudiante con perfil de aprendizaje W para el curso X módulo Y?

Ahora se realizaron las siguientes acciones:

1. Se seleccionaron los sustantivos, mismos que se convierten en clases.
2. Elaboró una lista en singular sin repetir:
 - Estudiante
 - Perfil de aprendizaje
 - Tipo cognitivo
 - Teoría cognitiva
 - Característica cognitiva
 - Curso
 - Habilidad cognitiva
 - Módulo
 - Recurso educativo
 - Herramienta
 - Actividad de aprendizaje

Estas son las posibles clases que integrarán la ontología. Ahora se clasifican las clases y se verifica si son disjuntas o no. Las clases disjuntas son aquellas en las que los individuos sólo pertenecen a alguna de las clases, no se superponen las clases hermanas.

3. Se identificaron las clases disjuntas:
 - TeoríaCognitiva: VARK, TCT.
 - Cognitivo: Teoría, tipo, característica.
 - Cursos: módulo, Recursos educativos, entregables.
 - Actividades: actividades de aprendizaje, herramientas.

Validación del uso de ontologías o metadatos existentes.

Como parte de la validación para el uso de ontologías o metadatos existentes, se revisaron las ontologías existentes con el objetivo de reutilizarlas. Se validaron los siguientes repositorios de ontologías:

1. <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua>
2. <http://www.daml.org/ontologies/>
3. <http://www.dmoz.org/Reference/Education/>
4. <http://www.unspsc.org>

Se localizaron 30,773 ontologías relacionadas con el dominio de conocimiento de educación, de las cuales 663 se relacionan con el aprendizaje en línea; 58 se relacionan con educadores y 1,246 se enfocan en la parte administrativa o de gestión de la institución. Sin embargo no se encontró alguna ontología relacionada con el perfil de aprendizaje y la personalización de la evaluación a través de una ruta de aprendizaje.

A continuación se listan las ontologías con estrecha relación al ámbito educativo:

- Ontology <http://www.cs.umd.edu/projects/plus/DAML/ont/univ1.0.daml>

Esta ontología describe las actividades que se realizan al interior de una Universidad, considera todo el entorno de gestión e investigación. En la parte de docencia se limita a los cursos que se imparten; sin embargo, no se especializa en perfiles de aprendizaje ni evaluación.

Se puede acceder desde: <http://www.daml.org/ontologies/63>.

La liga para acceder a la información técnica es: <http://www.cs.umd.edu/projects/plus/DAML/ont/univ1.0.daml>.

- Ontology <http://www.ksl.stanford.edu/projects/DAML/ksl-daml-instances.daml>

Esta ontología se enfoca en personas, proyectos, artículos y la organización académica. No considera propiamente las cuestiones asociadas con perfiles de aprendizaje ni evaluación.

Se puede acceder desde: <http://www.ksl.stanford.edu/projects/DAML/ksl-daml-instances.daml>.

La liga para consultar la descripción técnica de la misma es: <http://www.ksl.stanford.edu/projects/DAML/ksl-daml-desc.daml>.

- Ontology <http://www.ksl.stanford.edu/projects/DAML/ksl-daml-desc.daml>

La ontología tiene como tópicos de interés: proyectos, artículos, programas de investigación.

Consultar : <http://www.ksl.stanford.edu/projects/DAML/ksl-daml-instances.daml>.

Para acceder a la información técnica de la ontología consultar: <http://www.ksl.stanford.edu/projects/DAML/ksl-daml-desc.daml>.

- Ontology <http://www.aktors.org/ontology/portal>

La ontología describe el escenario de una academia en ciencias de la computación, considerando departamentos, personas, proyectos, publicaciones, investigación.

Para acceder a la información técnica consultar la liga: <http://www.aktors.org/ontology/portal>.

Se puede concluir que en el momento de consultar los repositorios de ontologías no se encontró alguna que se relacione directamente con el dominio de conocimiento del perfil de aprendizaje y la personalización de la evaluación.

Diseño del modelo ontológico

El diseño del modelo ontológico tiene como objetivo la identificación de conceptos clave del dominio de conocimiento que se pretende abordar.

Identificación de conceptos clave

La elaboración del modelo conceptual de la ontología inicia con la lista de los términos clave que tienen relación con el campo de conocimiento que se aborda y que se relacionan con los sustantivos identificados.

Con base en la lista de conceptos de la tabla 6.8, se determina si son objetos independientes para diseñar las clases de la ontología. Para tal efecto, se consideran las reglas generales propuestas por Noy & McGuiness: primero contener diferentes propiedades a las ya existentes y segundo, integrarse en diferentes relaciones entre las clases definidas.

Tabla 6.8. Lista de conceptos clave.

Concepto	Descripción
Alumno (estudiante)	Individuo que requiere la personalización de actividades de aprendizaje.
Perfil de aprendizaje	Características que diferencian a las personas y que permiten determinar la forma de aprender y pensar. Identificado mediante la aplicación de un test.
Curso	Contenido temático de la disciplina que se desea enseñar.
Evaluación	Mecanismos para verificar los conocimientos adquiridos por el estudiante.
Módulo	Sección del curso que aborda una temática específica como parte del curso.
Recurso Educativo	Material educativo orientado al aprendizaje del estudiante, incluye videos, clases grabadas, libros electrónicos, entre otros.
Habilidad Cognitiva	Habilidades que debe desarrollar el estudiante al concluir el curso.
Tipo Evaluación	Características que determinan el tipo de evaluación del conocimiento del estudiante.
Actividad de aprendizaje	Actividades de aprendizaje que realiza el estudiante.
Estilo Cognitivo	Determina las características que identifican un perfil de aprendizaje.
Ruta de aprendizaje	Es la recomendación que ofrece el sistema para personalizar las actividades de aprendizaje del estudiante por módulo, según su perfil de aprendizaje y las habilidades que debe desarrollar el estudiante al concluir el curso.

Ahora se construye la taxonomía de clases considerando las siguientes reglas de Noy & McGuiness:

- Si la clase A es una superclase de la clase B, entonces toda instancia de B es
 - también una instancia de A.
- Una subclase de una clase representa un concepto que es un tipo especial o una
 - subespecie dentro del concepto representado por la clase.
- Si B es una subclase de A y C es una subclase de B, entonces C es una subclase de A.
- No emplear sinónimos de un mismo concepto para representar clases diferentes.
- En la representación gráfica no deben aparecer ciclos en la jerarquía de clases.
- Los conceptos de clases hermanas deben mantener el mismo nivel de generalidad, con excepción de los que derivan directamente de la raíz.
- Cada clase debe tener entre 2 y 12 subclases directas.

Durante el diseño del modelo ontológico, se determinó definir cuatro ontologías: Alumnos, Curso, ActividadesAprendizaje y Perfiles. En la tabla 6.9 se muestran las clases de cada ontología.

La jerarquía de clases de las ontologías que se van a definir se muestra en la figura 6.13.

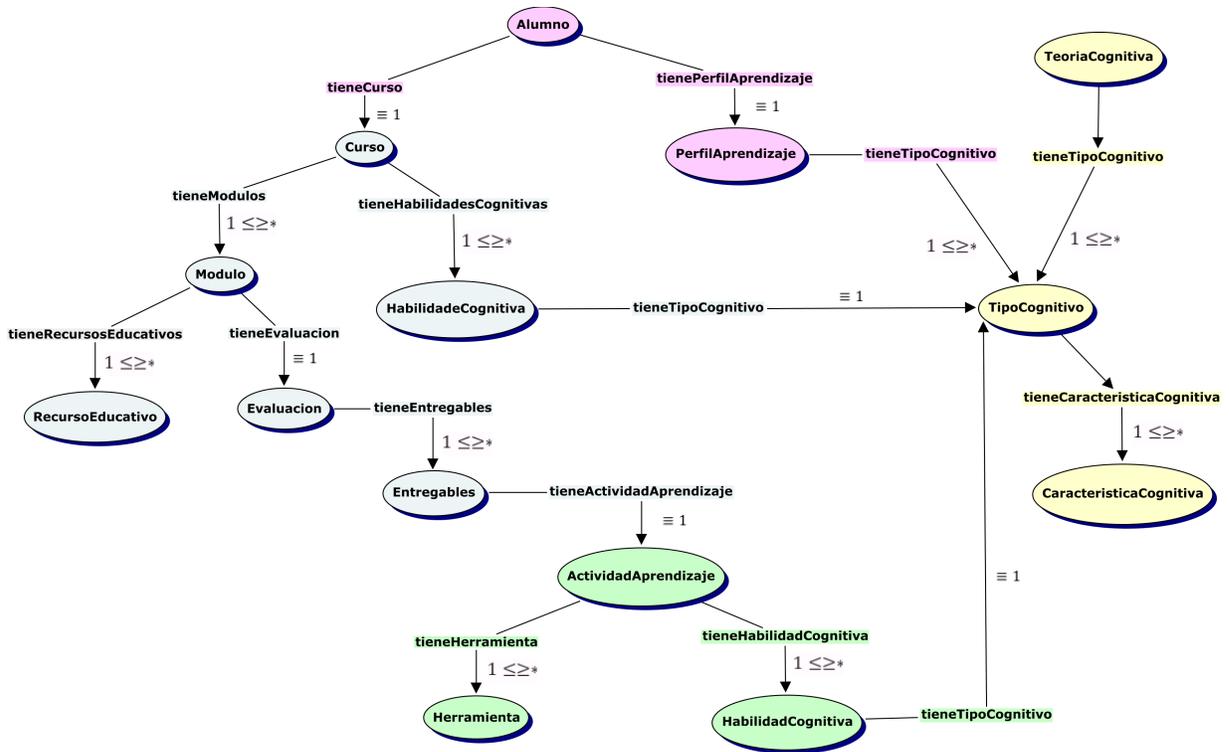


Figura 6.13. Jerarquía de clases del modelo ontológico.

Una vez que se tiene la definición de la jerarquía de clases, se inicia la axiomatización a través de la descripción de las propiedades y relaciones de las clases. Es necesario considerar que todas las subclases de una clase heredan las propiedades de dicha clase, por lo que una propiedad debe definirse en la clase más general que sea posible.

Tabla 6.9. Clases de las ontologías.

Ontología	Clases
Perfiles	TeoriaCognitiva TipoCognitivo CaracteristicaCognitiva
Alumnos	Alumno PerfilAprendizaje
Curso	Curso HabilidadCognitiva Modulo RecursoEducativo Evaluacion Entregable

ActividadAprendizaje	ActividadAprendizaje Herramienta HabilidadCognitiva
-----------------------------	---

En la tabla 6.10 se detallan las propiedades y relaciones que tiene cada clase. Para la ontología Estudiantes se tienen 2 clases:

Tabla 6.10. Clases, propiedades y relaciones la ontologíaEstudiantes.

Clase	Propiedades o atributos	Relaciones
Estudiante	Nombre	tienePerfilAprendizaje
	Genero	tieneCurso
	Carrera	
	Fecha de Nacimiento	
	Email	
	Teléfono	
	Facebook	
	Twitter	
PerfilAprendizaje	TipoCognitivo	tieneTipoCognitivo
	Puntuación	

En la tabla 6.11 se detallan las propiedades y relaciones de las clases que conforman la ontología Perfiles:

Tabla 6.11. Clases, propiedades y relaciones la ontología Perfiles.

Clase	Propiedades o atributos	Relaciones
TipoCognitivo	Nombre	tieneCaracterísticasCognitivas
CaracteristicaCognitiva	Descripcion	
TeoriaCognitivo	Descripción	tieneTipoCognitivo
	Autor	
	URLTestTeoriaCognitivo	

En la tabla 6.12 se detallan las propiedades y relaciones de las clases que integran la ontología Curso.

Tabla 6.12. Clases, propiedades y relaciones la ontología Cursos.

Clase	Propiedades o atributos	Relaciones
-------	-------------------------	------------

Curso	Nombre	tieneHabilidadCognitiva
	Creditos	tieneMódulo
	Prerrequisitos	
	Objetivo	
	URLDiagnóstico	
	EvaluaciónSumativa	
	Bibliografía	
HabilidadCognitiva	Descripción	tieneTiposCognitivos
	Puntuación	
CaracteristicaCognitiva	Descripción	
Módulo	Objetivo	tieneRecursosEducativos
	OrdenSecuencial	tieneEvaluación
	Tema	
RecursoEducativo	Descripción	
	URL	
	OrdenSecuencial	
	TipoPercepción	
Evaluación	EvaluaciónMediadora	tieneEntregables
	EscalaEvaluación	
	ContextoEvaluación	
Entregables	Descripción	tieneActividadAprendizaje
	Puntuación	
	TiempoRealización	
	URLEntregable	

En la tabla 6.13 se detallan las propiedades y relaciones que tiene cada clase. Para la ontología Actividades se tienen 2 clases:

Tabla 6.13. Clases, propiedades y relaciones la ontología ActividadAprendizaje.

Clase	Propiedades o atributos	Relaciones
ActividadAprendizaje	Nombre	tieneHerramienta
	Descripción	
	FormaTrabajo	
	Complejidad	
Herramienta	HerramientaURL	
	Nombre	
HabilidadCognitiva	TipoCognitivo	tieneTipoCognitivo
	Descripción	
	Puntuación	

Definición de axiomas formales

Para lograr la axiomatización es necesario explicitar el conocimiento a través de axiomas que establezcan las relaciones entre las clases utilizando lógica descriptiva, para éste se utilizará protégé. Un axioma es conocimiento declarativo y rigurosamente representado, que debe ser aceptado sin demostración.

Autores como Morbach y colaboradores (2009), desarrollan una ontología OntoCAPE para ayudar en la simulación, documentación y otras actividades a la industria de procesos. La Ontología captura explícitamente la jerarquía del proceso. Por lo cual es necesario puntualizar los diferentes tipos de axiomas:

- *Clases definidas*: aquellas que establecen las **condiciones necesarias y suficientes** para ser definidas.
- *Clases primitivas*: son las clases que establecen las **condiciones necesarias**.
- *Clases hermanas (siblings)*: son clases dentro de una misma jerarquía de clases.
- *Clases anónimas*: son construcciones lógicas de unión e intersección, (or y and), complemento (not), enumeraciones y restricciones. Los tipos de restricciones que existen se listan en la tabla 6.14.
- *ObjectProperties*: establece relaciones entre individuos o instancias de las clases.
- *DatatypeProperties*: establece relaciones entre individuos y valores de datos.

Tabla 6.14. Tipos de restricciones.

Símbolo	Tipo	Descripción
\exists	Existential, someValuesFrom Existencial: algunos valores de.	"Some", "At least one" Al menos uno
\forall	Universal, allValuesFrom Universal: todos los valores de.	"Only"
\ni	hasValue Tiene un valor.	"equals x"
=	Cardinality	"Exactly n" Exactamente una instancia.
\leq	Max Cardinality	"At most n" Manejo de rangos.
\geq	Min Cardinality	"At least n" Manejo de rangos.

Es recomendable, que todas las clases en lo posible establezcan las condiciones necesarias y suficientes, para que quede bien definida. Por tanto, es necesario que una relación se defina como cerrada; es decir, se establezcan las restricciones de rango. Además se debe cuidar que las clases se definan como cerradas; esto es, se declara como una enumeración exhaustiva de sus clases hermanas o instancias. Esto es importante ya que el razonador tendrá menos deducciones ilógicas o errores.

Para definir los nombres de las propiedades en **OWL** es necesario considerar las siguientes buenas prácticas:

- a) inician con minúscula;
- b) no incluyen blancos;
- c) usar como separador de palabras una mayúscula; y
- d) usar verbos como prefijos: tiene o es.

A continuación se resumen las propiedades que se pueden definir.

- *Propiedad de relación*: Un individuo del dominio se asocia con 2 o más individuos del rango. En la figura 6.14 se muestra un ejemplo.

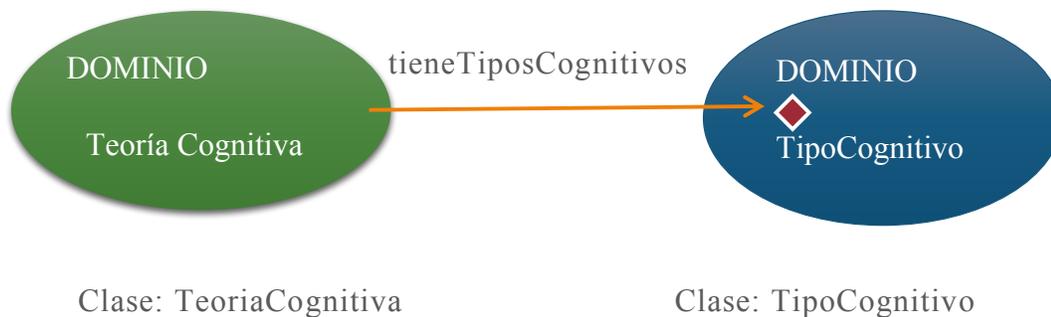


Figura 6.14. Propiedad de relación.

- *Propiedad funcional*: Un individuo del dominio se relaciona exactamente con un individuo del rango. En la figura 6.15 se muestra un ejemplo.



Figura 6.15. Propiedad funcional.

- *Propiedad inversa*. Una propiedad es inversa cuando un individuo del dominio tiene como rango individuos de otra clase (establece una relación tieneX), y viceversa. En la figura 6.16 se muestra un ejemplo.

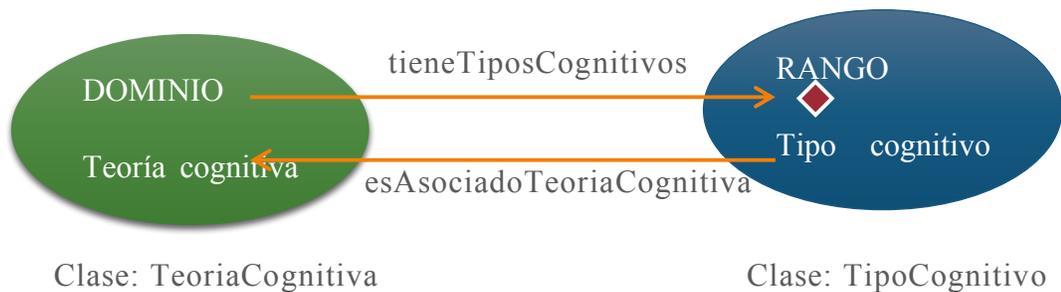


Figura 6.16. Propiedad inversa.

- *Propiedad transitiva.* Una propiedad es transitiva cuando un individuo **a** se asocia con **b** y a su vez **b** se asocia con **c**, por tanto **a** se asocia con **c**. Puede existir también una propiedad transitiva inversa. Si una propiedad es *transitiva* entonces no puede ser *funcional*.
- *Propiedad simétrica.* Una propiedad es simétrica cuando es recíproca, es decir, si **a** se asocia con **b**, entonces **b** se asocia con **a** a través de la misma propiedad.
- *Propiedad asimétrica:* Una propiedad es asimétrica cuando una propiedad relaciona a un individuo **a** con un individuo **b**, entonces el individuo **b** no puede estar relacionado con el individuo **a** mediante la misma propiedad.
- *Propiedad reflexiva:* Este tipo de propiedades relaciona a un individuo consigo mismo.

Para el diseño de nuestra ontología ya se establecieron las propiedades de relación.

Ahora identificamos las *propiedades funcionales*:

- Alumno tienePerfilAprendizaje
- CursoModulo
- Modulo tieneEvaluacion

estas propiedades asocian un individuo del rango (Alumno, Curso, Modulo) con un solo individuo del rango (PerfilAprendizaje, Modulo, Evaluación).

A partir de las especificaciones detectadas en las preguntas de competencia no se detecta la necesidad de establecer propiedades inversas, transitivas o simétricas, por el momento.

Axiomatización de la Ontología para la Personalización de Actividades de Aprendizaje (OntoPAA)

La axiomatización establece restricciones necesarias y suficientes para las propiedades de las clases. Es importante adicionar anotaciones a las clases para que se tenga una documentación en el diseño formal.

Ahora, para axiomatizar se deben definir las restricciones de las propiedades, por tanto se especifica que tipo de dato debe tener, qué tipo de cardinalidad, así como su dominio y rango.

Las propiedades de una clase de una ontología, describen o caracterizan el tipo de valor que posee una instancia. Las restricciones típicas de una propiedad son:

- *Tipo de dato*: indica el tipo de dato que tiene una propiedad (String, number, boolean, symbol, e instance).
- *Cardinalidad*: indica el número de valores puede tener una propiedad o slot.
- *Dominio de una propiedad*: es el conjunto de clases que describen o caracterizan dicha propiedad.
- *Rango de una propiedad*: Son las clases permitidas para una propiedad de tipo instancia.

En la tabla 6.15 se muestra la axiomatización (cardinalidad y restricciones) de las clases de la ontología Alumnos.

Tabla 6.15. Axiomatización de la ontología Alumnos.

Clase	Propiedad	Tipo de dato	Cardinalidad	Restricción adicional
Alumno	Nombre	String	$\equiv 1$	
	Genero	Symbol	$\equiv 1$	Valores (M,F)
	Carrera	String	$\equiv 1$	
	Fecha de Nacimiento	String	$\equiv 1$	
	Email	String	$\equiv 1$	
	Teléfono	String	$\equiv 1$	
	Facebook	String	$0 \geq \leq 1$	
	Twitter	String	$0 \geq \leq 1$	
PerfilAprendizaje	TipoCognitivo	String	$\equiv 1$	
	Puntuación	Number	$\equiv 1$	

La ontología Alumnos modelada con OntoDesign Graphics se muestra en la figura 6.17.

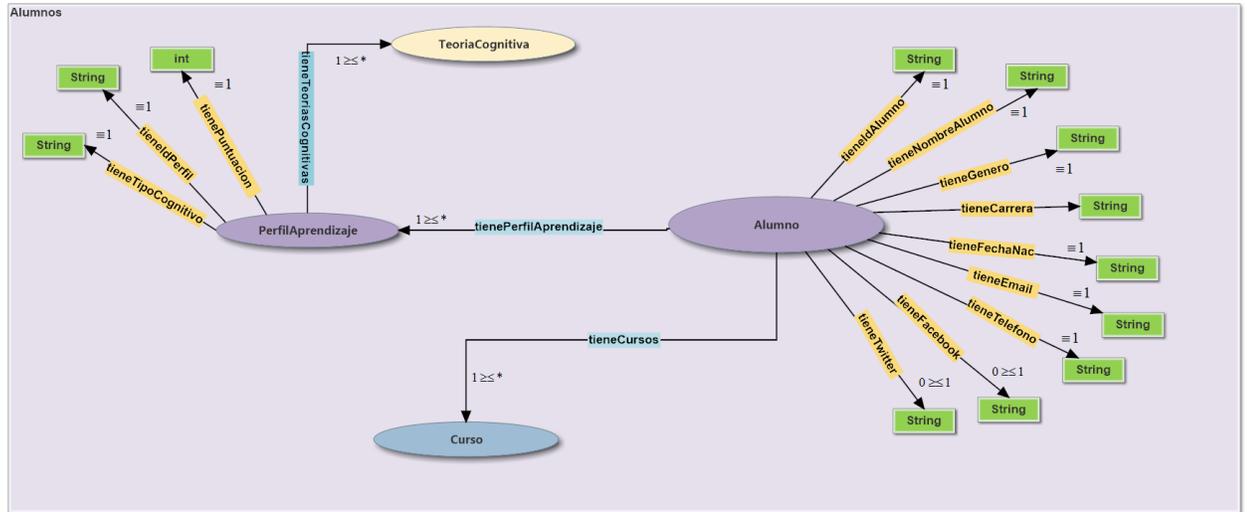


Figura 6.17. Ontología Alumno.

En la tabla 6.16 se muestra la axiomatización (cardinalidad y restricciones) de las clases de la ontología Perfiles.

Tabla 6.16. Axiomatización de las clases de la ontología Perfiles.

Clase	Propiedad	Tipo de dato	Cardinalidad	Restricción adicional
TeoriaCognitiva	Descripción	String	$\equiv 1$	
	Autor	Symbol	$\equiv 1$	
	URLTest	String	$0 \geq \leq 1$	
TipoCognitivo	Nombre	String	$\equiv 1$	
CaracterísticaCognitiva	Descripción	String	$\equiv 1$	

La ontología Perfiles modelada con OntoDesign Graphics se muestra en la figura 6.18.

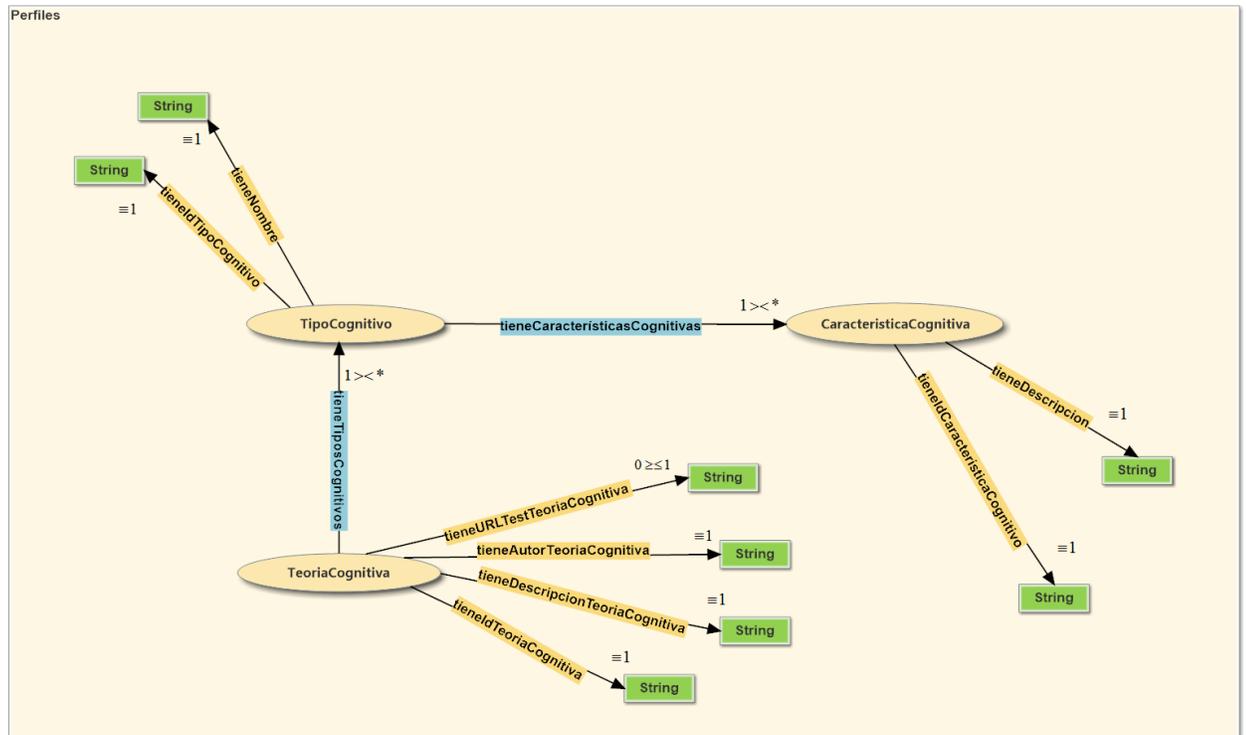


Figura 6.18. Ontología Perfiles.

En la tabla 6.17 se muestra la axiomatización (cardinalidad y restricciones) de las clases de la ontología Cursos.

Tabla 6.17. Axiomatización de las clases de la ontología Cursos.

Clase	Propiedad	Tipo de dato	Cardinalidad	Restricción adicional
Curso	Nombre	String	$\equiv 1$	
	Créditos	String	$0 \geq \leq 1$	
	Prerrequisitos	String	$0 \geq \leq 1$	
	Objetivo	String	$\equiv 1$	
	URLDiagnóstico	String	$0 \geq \leq 1$	
	EvaluaciónSumativa	String	$\equiv 1$	
	Bibliografía	String	$\equiv 1$	
HabilidadCognitiva	Descripción	String	$\equiv 1$	
TipoCognitivo	Descripción	String	$\equiv 1$	
	Puntuación	Number	$\equiv 1$	

CaracterísticaCognitiva	Descripción	String	$\equiv 1$	
Módulo	Objetivo	String	$\equiv 1$	
	OrdenSecuencial	String	$\equiv 1$	
	Tema	String	$\equiv 1$	
RecursoEducativo	Descripción	String	$\equiv 1$	
	URL	String	$\equiv 1$	
	OrdenSecuencial	String	$\equiv 1$	
	TipoPercepción	String	$\equiv 1$	
Evaluación	EvaluaciónMediadora	String	$0 \geq \leq 1$	
	EscalaEvaluación	String	$\equiv 1$	
	ContextoEvaluación	String	$0 \geq \leq 1$	Valor (proceso, producto, ambos)
Entregable	TipoPensamiento	String	$\equiv 1$	
	Puntuación	Number	$0 \geq \leq 1$	
	URLEntregable	Symbol	$0 \geq \leq 1$	Valores (individual, cooperativa)
	Descripción	String	$\equiv 1$	
	TiempoRealización	String	$0 \geq \leq 1$	

La ontología Cursos modelada con OntoDesign Graphics se muestra en la figura 6.19.

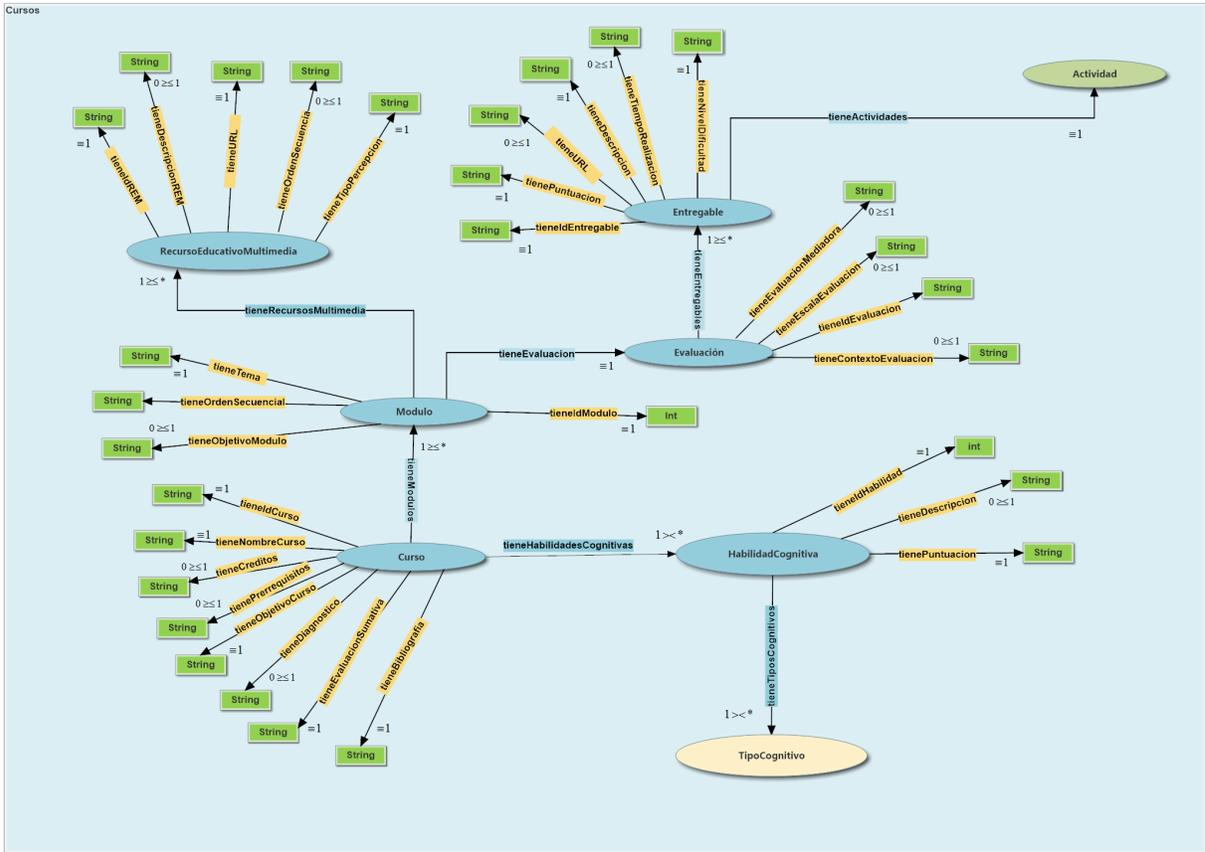


Figura 6.19. Ontología Curso.

En la tabla 6.18 se muestra la axiomatización (cardinalidad y restricciones) de las clases de la ontología Actividades de aprendizaje.

Tabla 6.18. Axiomatización de las clases de la ontología ActividadAprendizaje.

Clase	Propiedad	Tipo de dato	Cardinalidad	Restricción adicional
Actividad	Nombre	String	≡ 1	
	Descripción	String	≡ 1	
	Actividad	String	≡ 1	
	FormaTrabajo	String	≡ 1	
	Dificultad	Number	0 ≥ ≤ 10	
Herramienta	HerramientaURL	Symbol	0 ≥ ≤ 1	
	Nombre	String	≡ 1	
HabilidadCognitiva	TipoCognitivo	String	≡ 1	
	Descripción	String	≡ 1	
	Ponderación	Number	≡ 1	
Actividad Programada				

La ontología ActividadAprendizaje modelada con OntoDesigne Graphics se muestra en la figura 6.20.

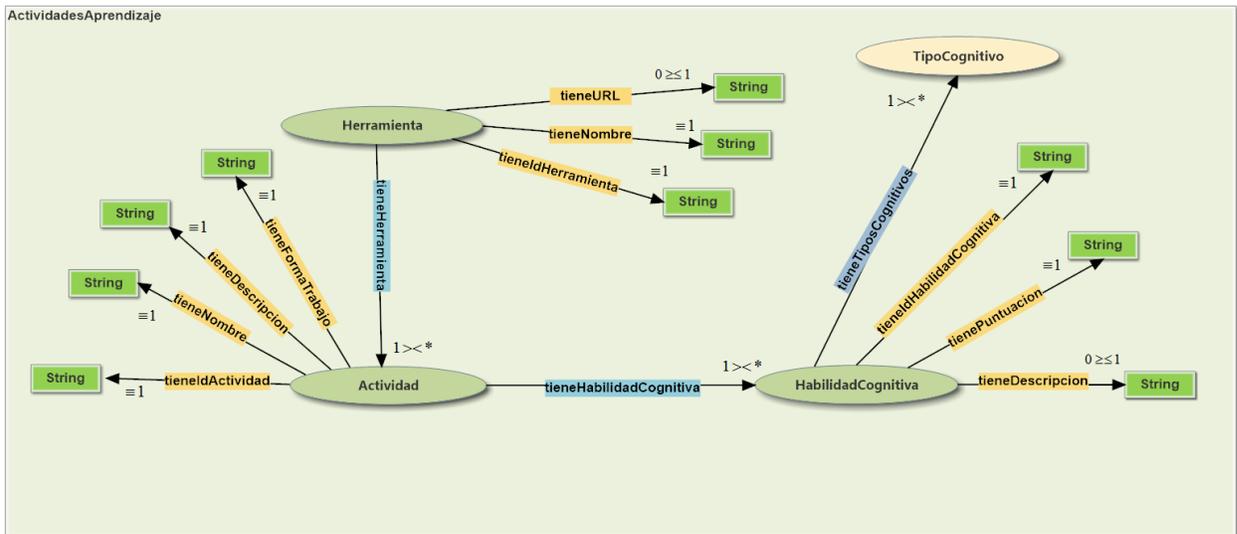


Figura 6.20. Ontología ActividadAprendizaje.

Por último, en la figura 6.21 se muestra el diseño del modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje (OntoPAA) con la notación diagramática de OntoDesignGraphics.

Implementación del modelo ontológico OntoPAA.

Una vez que se concluye con el diseño y la axiomatización de la ontología, se inicia el proceso de la implementación en Protégé.

La implementación de la ontología se realizará con la herramienta Protégé, debido a su portabilidad entre plataformas, su popularidad y la basta documentación que existe. Para implementar la ontología, se aplica la siguiente metodología:

1. Crear clases y subclases.
2. Crear los Datatypes.
3. Crear los object properties (relaciones entre clases).
4. Crear las restricciones asociadas con la axiomatización.
5. Poblar la ontología con algunos individuos de prueba.
6. Incluir las anotaciones para documentar el modelo formal.
7. Validación de las inconsistencias en las ontologías con Pellet.

A continuación se ejemplifica el proceso de implementación con las ontologías de Actividades y Perfiles.

Implementación de clases y subclases de las ontologías

Para la implementación de las ontologías se utilizará Protégé. Se debe crear un proyecto del tipo OWL/RDF Files, seleccionando OWL DL ya que garantiza que toda sentencia pueda resolverse en tiempo finito y esta basada en lógica descriptiva. En la figura 6.22 se muestran las ventanas en las que se configura el tipo del proyecto.

Por último se indica el nombre de la ontología eliminando la secuencia de números que asigna Protégé por default.

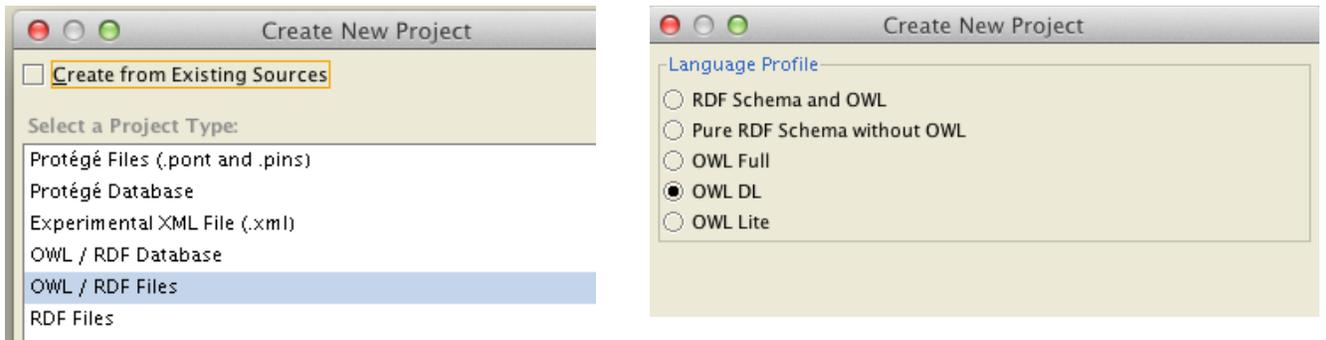


Figura 6.22. Creación de la ontología desde Protégé.

Una vez creado el proyecto, se inicia con la definición de las clases que forman parte de la ontología. En el caso de la ontología Perfiles, se tienen definidas tres clases: TeoriaCognitiva, TipoCognitivo y CaracteristicaCognitiva, en la figura 6.23 se muestra su definición en Protégé.

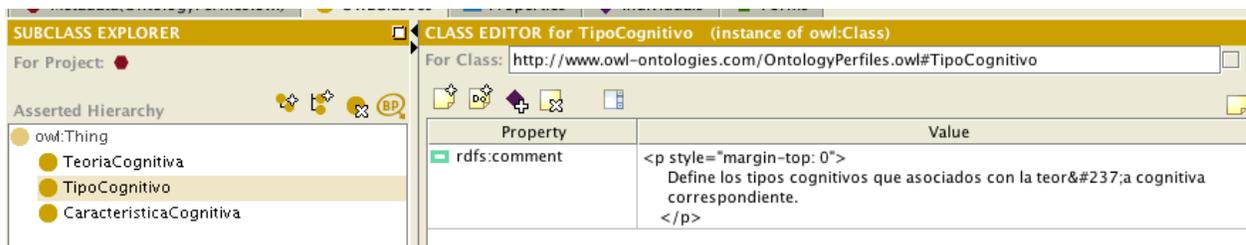


Figura 6.23. Creación de clases de la ontología Perfiles en Protégé.

Para el caso de la ontología Actividades se tienen tres clases: Actividad, Herramienta y HabilidadCognitiva. En la figura 6.24 se muestra la creación de las clases de la ontología Actividades en Protégé.

Una vez creadas las clases de la ontología se deben crear los Datatypes de cada clase.

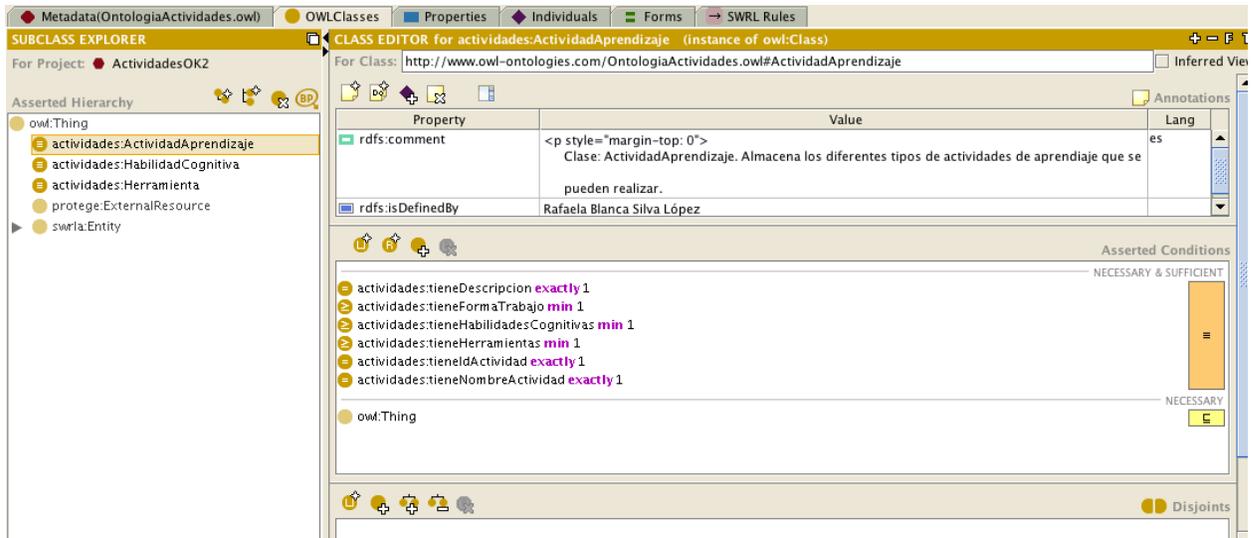


Figura 6.24. Creación de clases de la ontología Actividades en Protégé.

Implementación de Datatypes

Los Datatypes son las relaciones que existen entre los objetos y los datos, por lo que se deben definir dichas relaciones en cada clase de la ontología. En la figura 6.25 se muestran los Datatypes de la ontología Perfiles, en la figura 6.26 las de la ontología Actividades. Cada Datatype requiere que se defina el dominio al que esta asociado (clase) y el rango que en éste caso indica el tipo de dato que podrá almacenar.

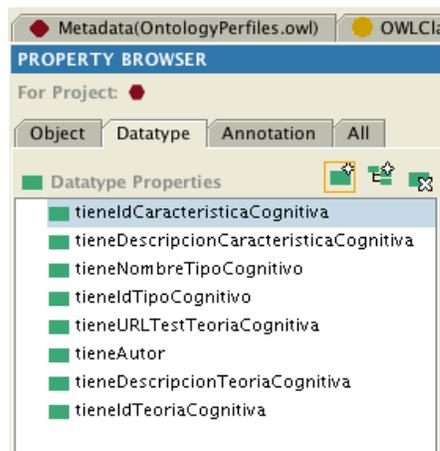


Figura 6.25. Creación de los Datatypes de las clases de la ontología Perfiles en Protégé.

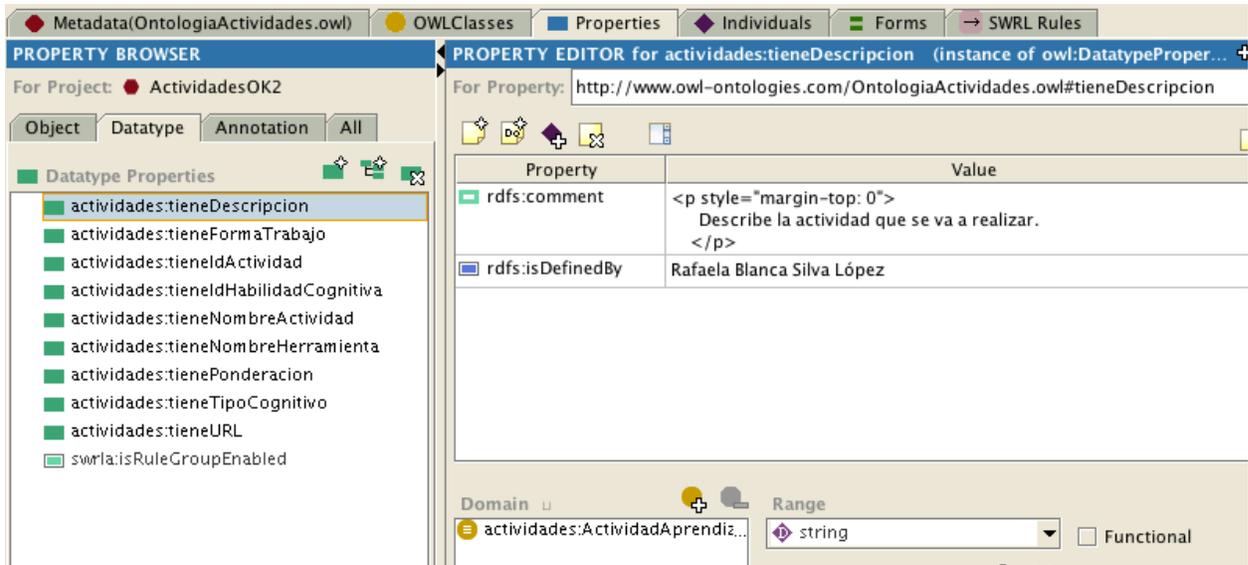


Figura 6.26. Creación de los Datatypes de las clases de la ontología Actividades en Protégé.

Implementación de object properties (relaciones entre clases)

Las propiedades que podemos definir en OWL son Object Properties (relaciones entre individuos), Datatype (relaciones entre individuos y tipos de datos) y Annotation, como se muestra en la figura 6.27. En la sección anterior se muestra la definición de los Datatypes, ahora se procede con la definición de los Object Properties.

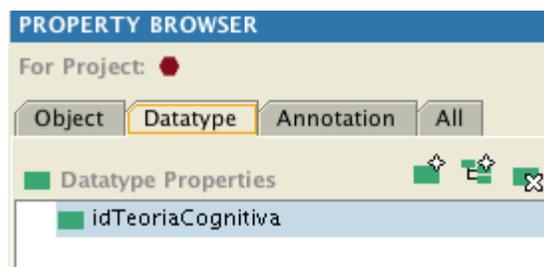


Figura 6.27. Tipos de propiedades que se definen para la ontología desde Protégé.

Cuando se definen los Object Properties se establecen las relaciones que se establecieron en la etapa de diseño de la ontología. Es necesario establecer la clase que funge como dominio y la que funge como rango. Además se debe indicar el tipo de relación que se establece: funcional, Inversa, simétrica, etc. En la figura 6.28, se muestran los Object Properties de la ontología Perfiles en la que se integra una relación de tipo simétrica entre característica cognitiva y tipo cognitivo. En la 6.29 se muestran los Object Properties de la ontología Actividades.

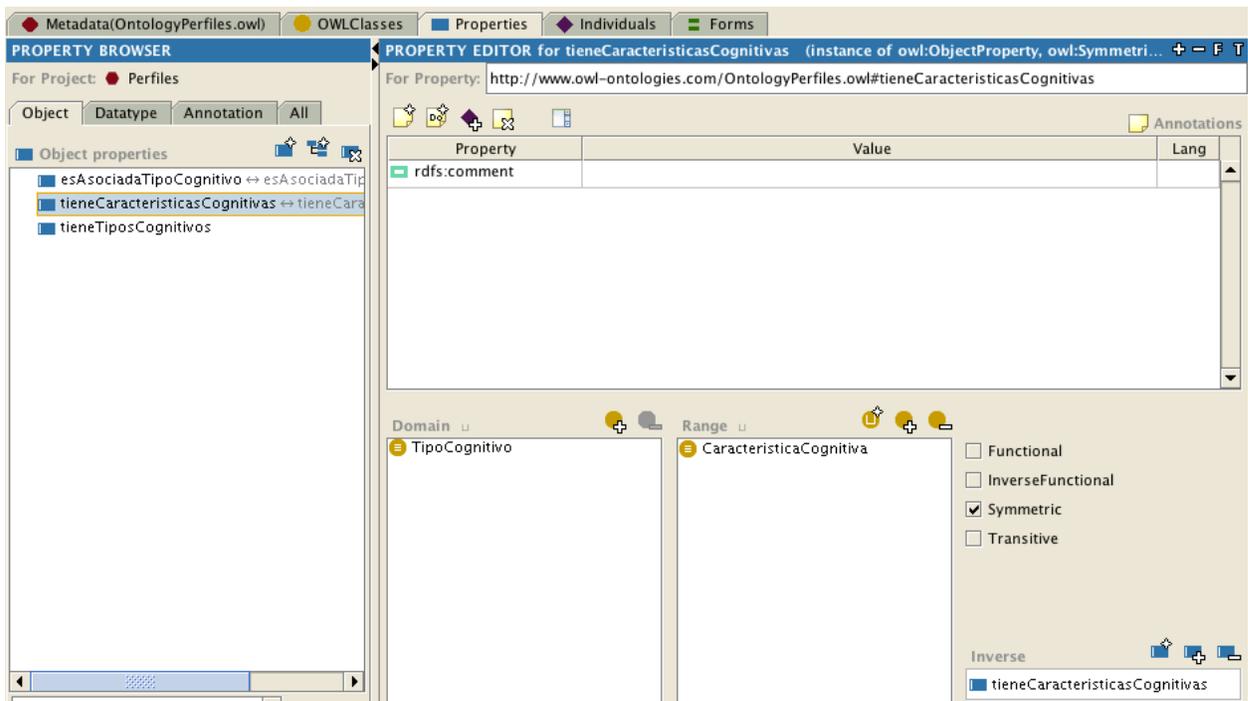


Figura 6.28. Creación de los Object properties de las clases de la ontología Perfiles en Protégé.

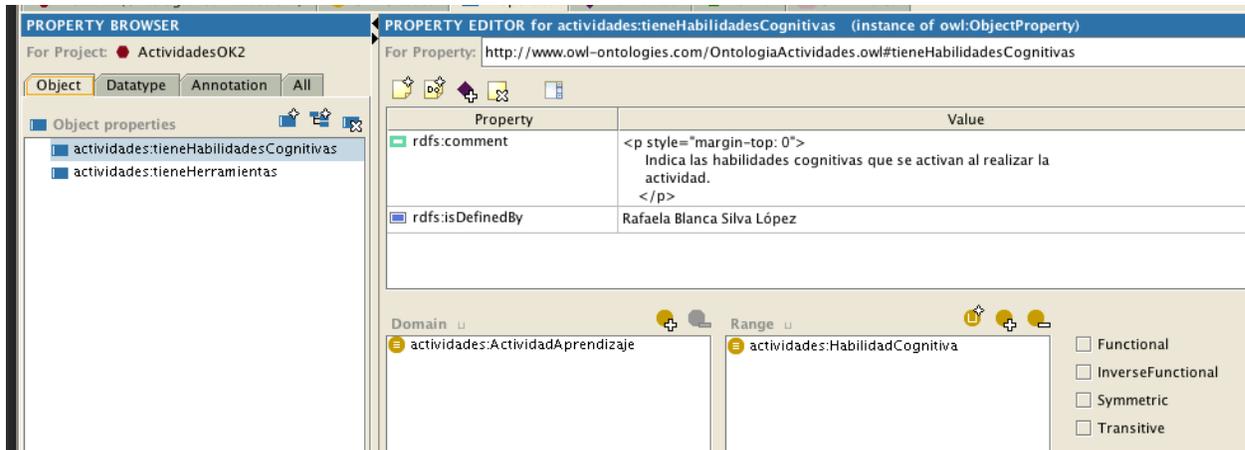


Figura 6.29. Creación de los Object properties de las clases de la ontología Actividades en Protégé.

Una vez que se concluye con la definición de los DataTypes y Object Properties, se definen las restricciones asociadas a la axiomatización definida como parte del diseño de la ontología.

Implementar las restricciones asociadas con la axiomatización

Al definir las restricciones, pueden establecerse como condiciones necesarias y suficientes o sólo necesarias. Para definir las restricciones es importante que en Protégé se seleccione la opción de vista lógica “logic view” para que se visualicen las restricciones necesarias y suficientes, como se muestra en la figura 6.30.

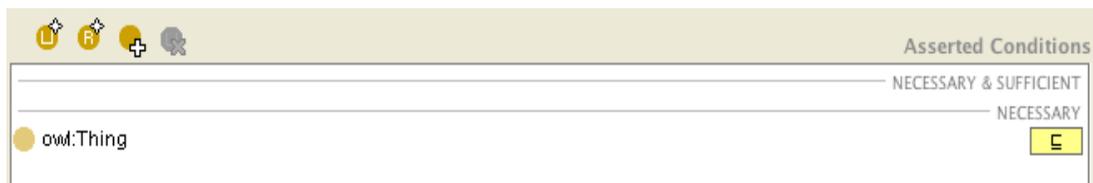


Figura 6.30. Creación de restricciones desde la vista “logic view” de Protégé.

Las restricciones que están permitidas son las que se presentaron en la tabla 6.8 Tipos de restricciones. En la figura 6.31 se muestra su implementación en Protégé.

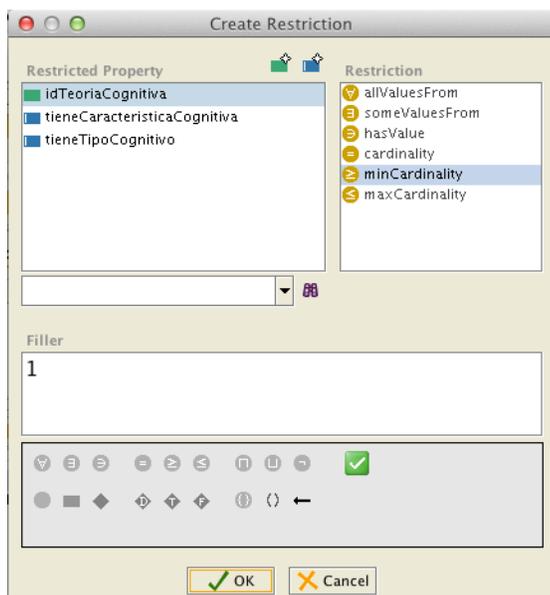


Figura 6.31. Tipos de restricciones en Protégé.

En la figura 6.32 se muestra la implementación de restricciones en la ontología perfiles, y en la figura 6.33 las restricciones asociadas a la ontología Actividades.

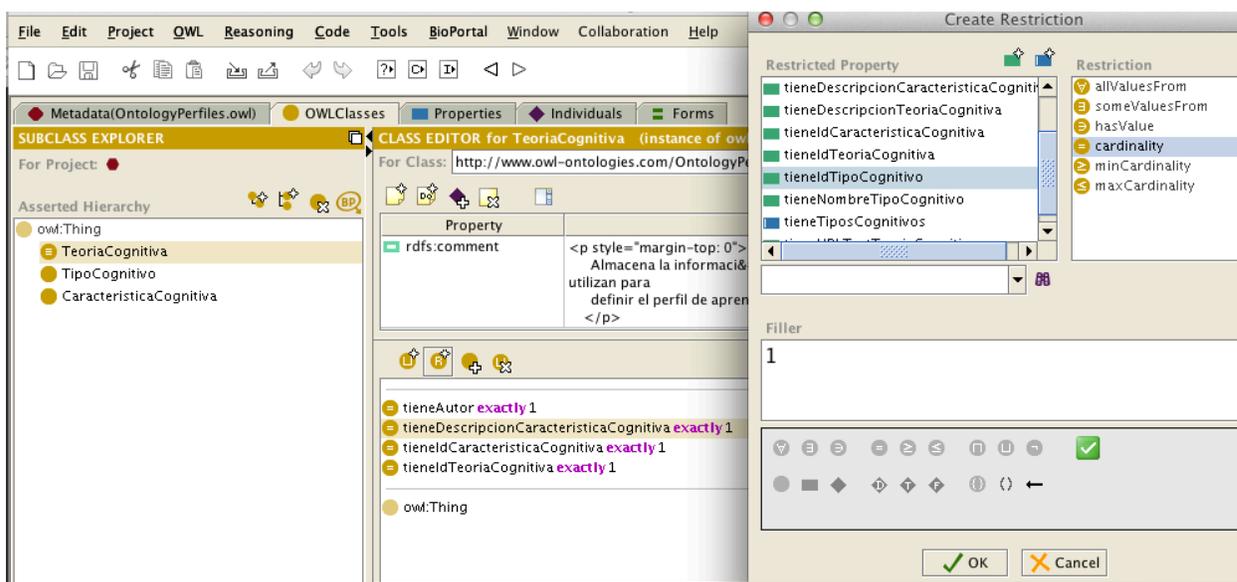


Figura 6.32. Implementación de las restricciones de la ontología Perfiles en Protégé.

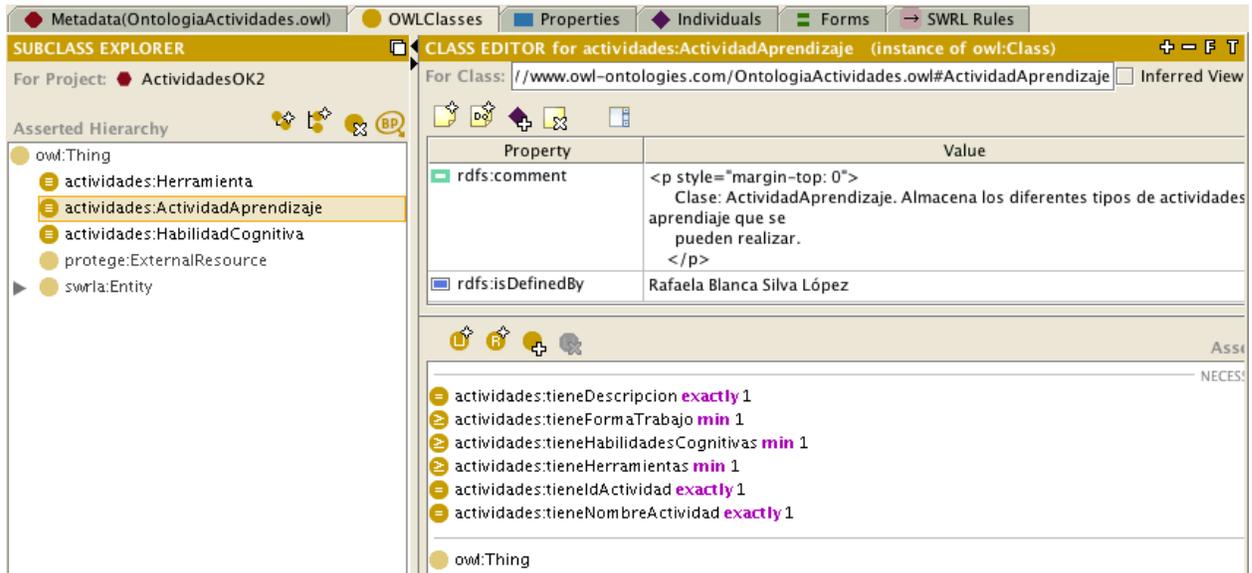


Figura 6.33. Implementación de las restricciones de la ontología Actividades en Protégé.

Entre otras cosas, las restricciones establecen si el valor se obliga a ser proporcionado al poblar la ontología, como se muestra en la figura 6.34. Las casillas marcadas en rojo son obligatorias dado que se asoció a la restricción exactamente uno.

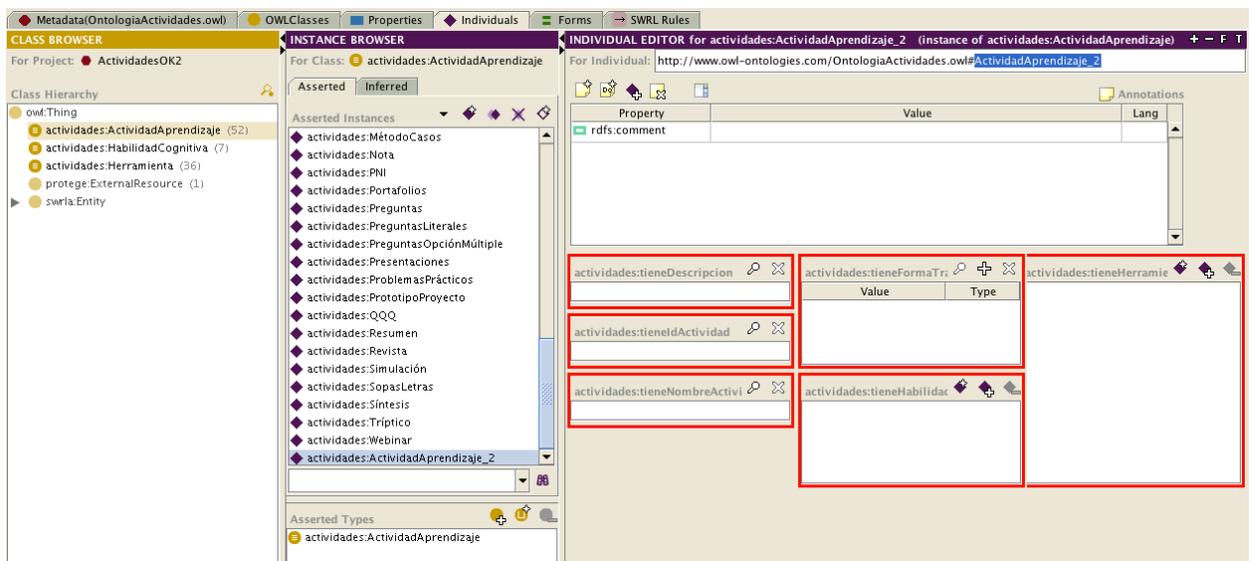


Figura 6.34. Datatypes obligatorios debido a las restricciones establecidas en la ontología Actividades desde Protégé.

Poblar la ontología con algunos individuos de prueba

El siguiente paso es poblar con individuos la ontología. En las figuras 6.35 y 6.36 se muestra la población de las clases ActividadesAprendizaje y Herramienta de la ontología Actividades.

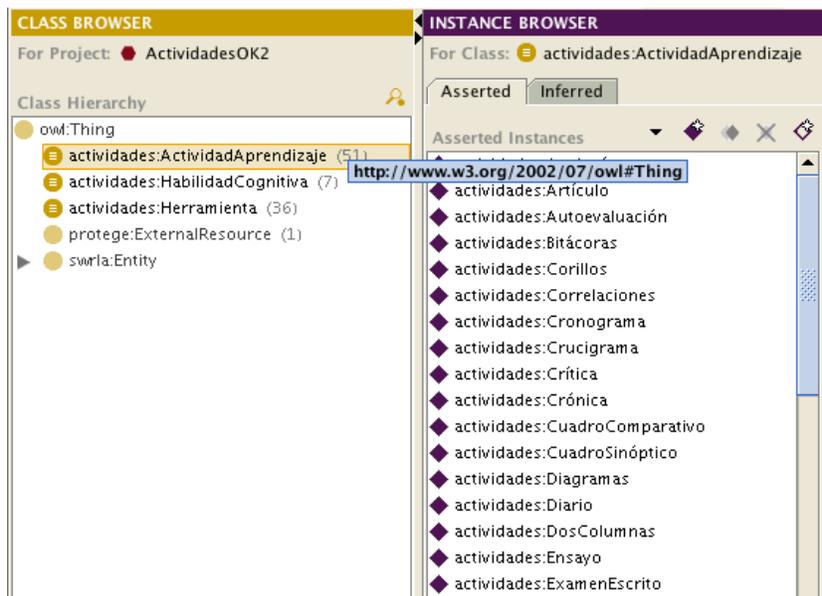


Figura 6.35. Poblado de la clase ActividadesAprendizaje de la ontología Actividades en Protégé.

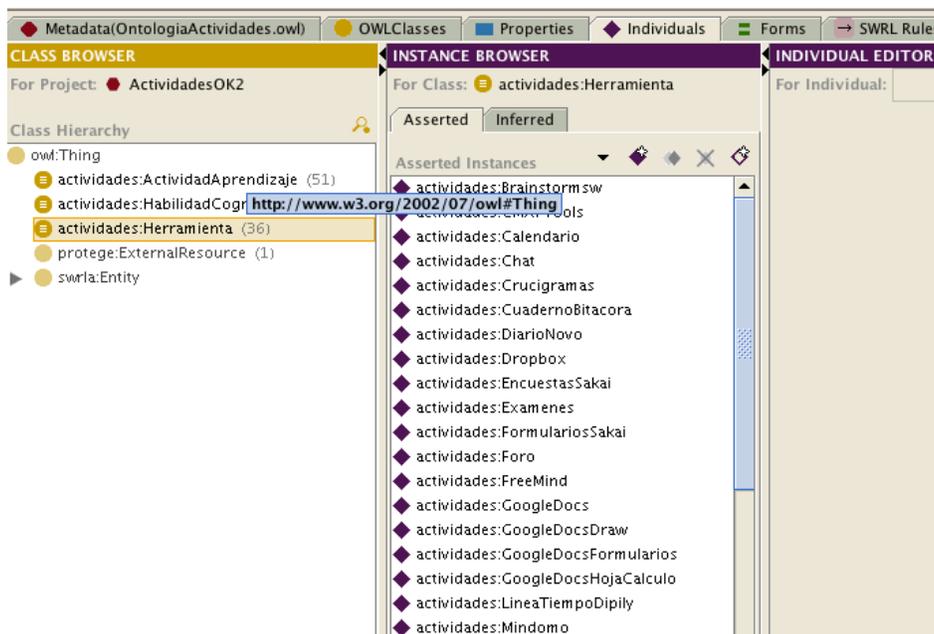


Figura 6.36. Poblado de la clase ActividadesAprendizaje de la ontología Actividades en Protégé.

En la figura 6.37 se muestran algunos de los individuos de la clase CaracterísticaCognitiva y en la figura 6.38 de la clase TipoCognitivo de la ontología Perfiles.

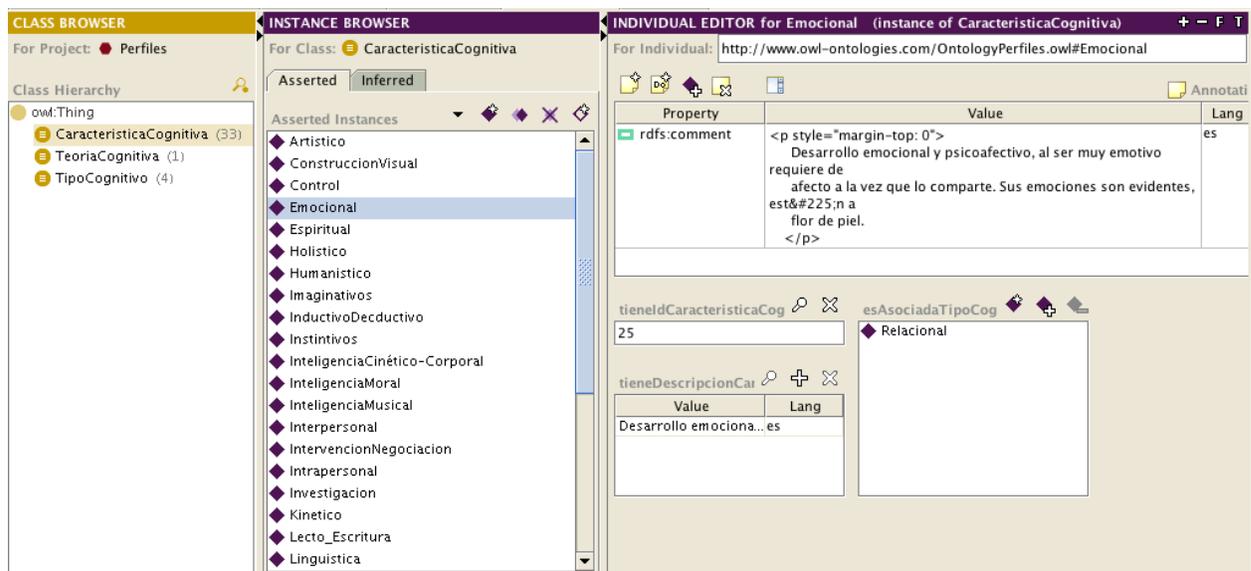


Figura 6.37. Individuos de la clase CaracterísticaCognitiva de la ontología Perfiles en Protégé.

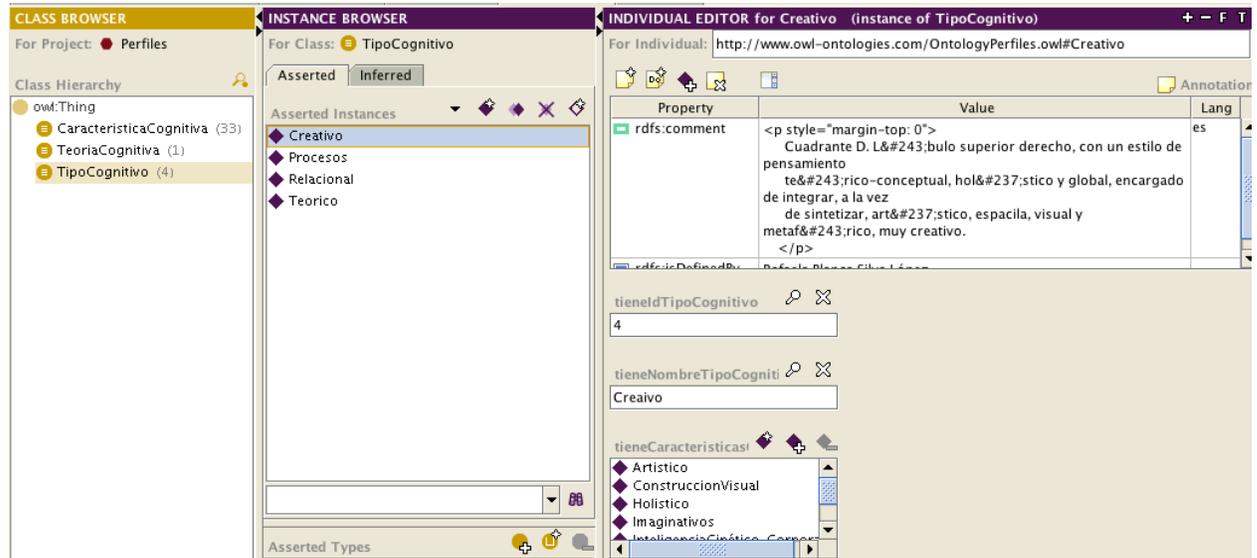


Figura 6.38. Individuos de la clase TipoCognitivo de la ontología Perfiles en Protégé.

Incluir las anotaciones para documentar el modelo formal

Por último, es importante incluir anotaciones para documentar el modelo formal de las ontologías que se han creado. En la figura 6.39 y 6.40, se muestran anotaciones de comentarios y quién definió la ontología. Las anotaciones se deben incluir tanto en clases como en Datatypes y Object Properties.

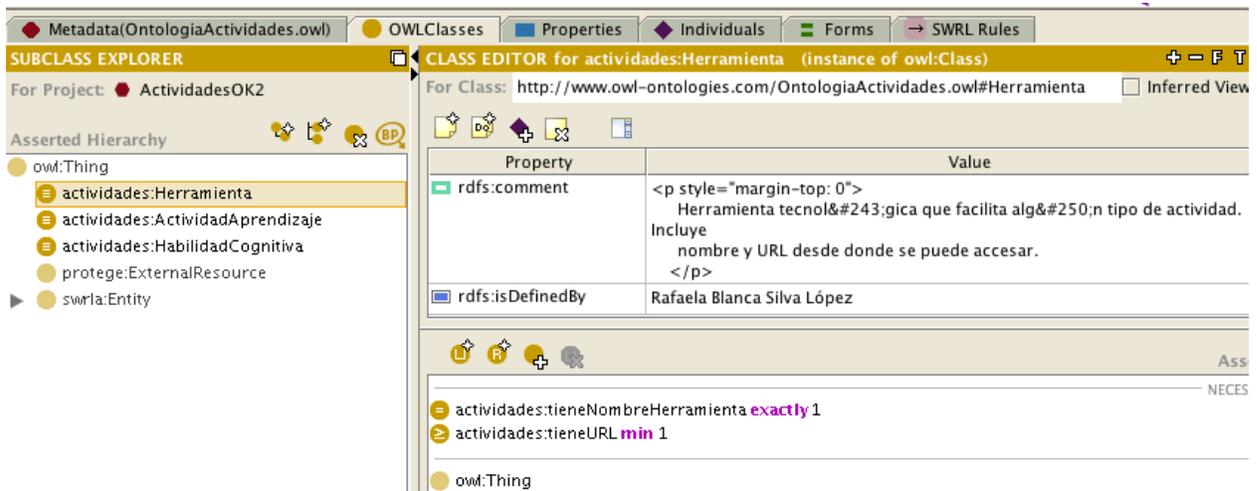


Figura 6.39. Anotaciones de la clase ActividadesAprendizaje de la ontología Actividades en Protégé.

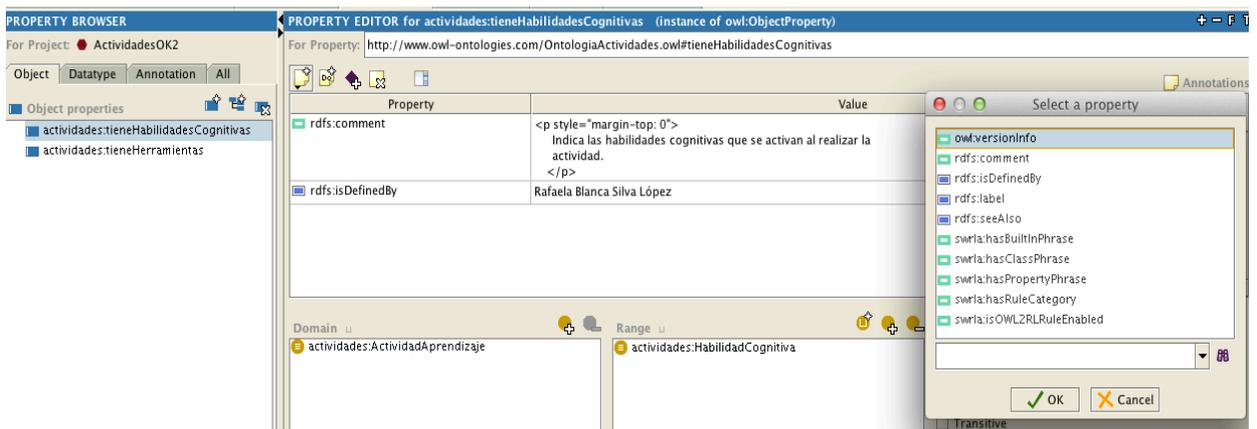


Figura 6.40. Anotaciones en el Object property tieneHabilidadesCognitivas de la ontología Actividades en Protégé

Validación de inconsistencias en las ontologías con Pellet

No hay que olvidar la ejecución del razonador Pellet 1.5.2 que se incluye en Protégé, con esto se valida si hay inconsistencias en la ontología. En la figura 6.41 se muestran los resultados para la ontología Actividades y en la figura 6.42 de la ontología Perfiles.

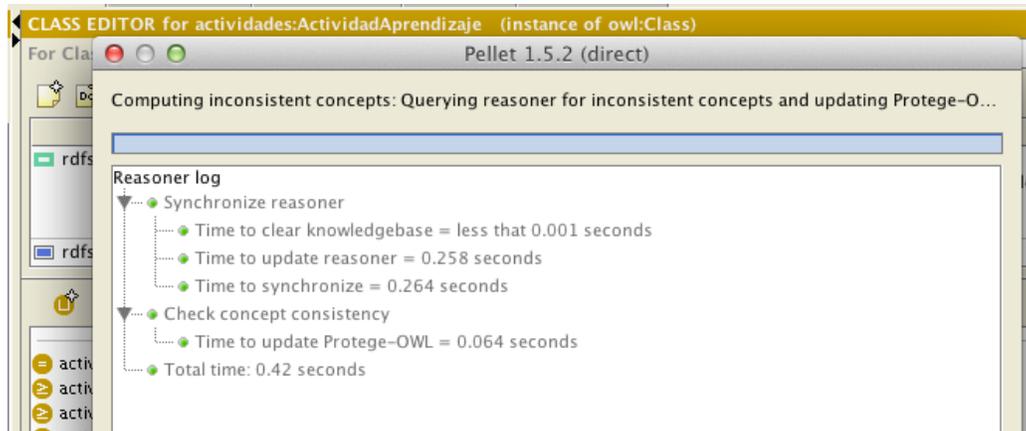


Figura 6.41.

Validación de inconsistencias en la Ontología Actividades con el razonador Pellet.

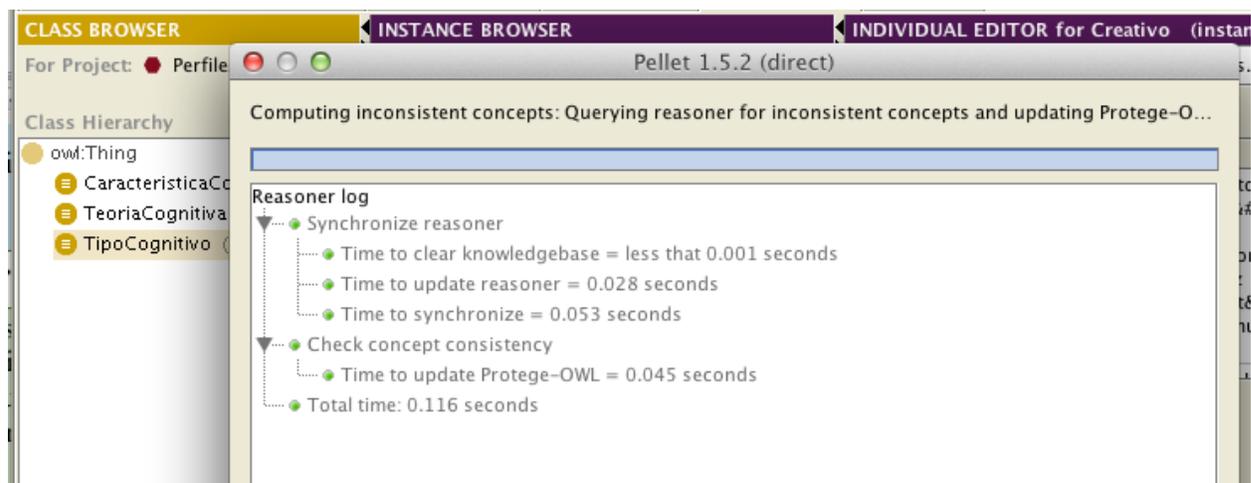


Figura 6.42. Validación de inconsistencias en la Ontología Perfiles con el razonador Pellet.

Validación del cumplimiento de principios de diseño en la ontología.

Esta sección presenta las técnicas de verificación del diseño de una ontología propuestas por Bravo (2012) que fueron presentadas en el seminario de investigación de Sistemas de Información Inteligentes en la UAM Azcapotzalco.

Las técnicas clasifican un conjunto de principios de diseño de ontologías propuestas por autores como Gruber (1995), Smith (2006) y Morbach y colaboradores (2009), que se resumen en la sección 3.2.4.

Las técnicas de verificación se clasifican en:

1. La técnica de verificación minimalista misma que se enfoca en validar el cumplimiento de los principios de claridad, inteligibilidad homogeneidad, definición no subjetivas, definiciones no redundantes, términos compuestos, coherencia en el uso de operadores y documentación.
2. La técnica de verificación de coherencia, se enfoca en validar el cumplimiento del principio de coherencia que es propuesto por los autores analizados.
3. La técnica de verificación de flexibilidad, se enfoca en validar el cumplimiento de los principios de extensibilidad, personalización, apertura y adaptabilidad.
4. La técnica de verificación de estandarización, se enfoca en validar el cumplimiento de los principios de tendencia de codificación mínima, herramientas simples, y reutilización de recursos disponibles.
5. La técnica de verificación de redundancia, se enfoca en validar el cumplimiento de los principios de terminología concisa y moderación terminológica.
6. La técnica de verificación de eficiencia, se enfoca en validar el cumplimiento de los principios de compromiso ontológico mínimo y eficiencia.

Con base en las técnicas de evaluación, se valida la calidad del diseño del modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje como se muestra en la tabla 6.25.

Tabla 6.19. Valoración de calidad del OntoPAA.

Técnica de verificación	Rubros a evaluar	Modelo ontológico para la Personalización de Actividades de Aprendizaje (OntoPAA)
Minimalista	<p>Axiomatizar al mayor grado posible las definiciones formales.</p> <p>Uso de clases definidas y restricciones acotadas.</p> <p>El uso de un estilo homogéneo facilita el entendimiento de nuevos conceptos.</p> <p>Documentar la ontología mediante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Comentarios dentro de la especificación formal de la ontología 2) Una guía de referencia orientada a los desarrolladores de aplicaciones basadas en la ontología, y 3) Un documento de diseño para los desarrolladores que darán mantenimiento y actualizaciones a la ontología. 	<p>Todas las clases son definidas con restricciones acotadas.</p> <p>Se aplica una nortación homogénea en los nombres de ontologías, clases, DataProperty, etc.</p> <p>Se incluyen comentarios en la especificación.</p> <p>Se incluye la guía de referencia y el documento de diseño de la ontología.</p>
Coherencia	<p>Algunos editores de ontologías como Protégé ofrecen herramientas para el chequeo de la sintaxis y consistencia lógica. Varios razonadores como Pellet, RacerPro o FaCT++ realizan pruebas de consistencia.</p>	<p>Se aplica la revisión de consistencia con Pellet desde Protégé, que garantiza la consistencia lógica.</p>
Flexibilidad	<p>Modularización. La división de una ontología en dominios y sub-dominios de aplicación o conceptualización facilita la adaptabilidad, la extensibilidad y la personalización.</p>	<p>El modelo ontológico se divide en 5 ontologías con el objetivo de modularizar y facilitar la reutilización.</p>
Estandarización	<p>Usar un lenguaje de representación de la ontología que sea estándar aceptado por la comunidad de ontologistas. Importar ontologías que manejan conceptos genéricos como son de tiempo, mediciones, etc.</p>	<p>No se identificó alguna ontología del dominio de conocimiento que pudiera reutilizarse.</p>
Redundancia	<p>Algunos editores de ontologías como Protégé incluyen mecanismos para la detección de axiomas redundantes, por ejemplo axiomas de clases embebidas, o las restricciones de cardinalidad que especifican una cardinalidad mínima de cero.</p> <p>La mayoría de las redundancias en una ontología, son causadas por errores de redundancia en el diseño del modelo, las cuales pueden ser detectadas solamente por inspección manual; por lo tanto la eliminación de este tipo de redundancias solo puede lograrse gradualmente, mediante revisiones continuas y la re-ingeniería de la ontología.</p>	<p>Se identificaron dos problemas de redundancia entre la ontología de Perfiles y las de Actividades y Cursos, se adecua el diseño integrando relaciones entre las clases que generaban la redundancia.</p>

Eficiencia	Seguir el principio de terminología concisa, ya que una ontología concisa usualmente involucra menos axiomas y por lo tanto es más fácil de procesar que una ontología compleja. El número de axiomas es uno de muchos factores que influyen en la eficiencia. Otro de los factores es el tipo de axiomas utilizados - algunos axiomas son más difíciles de procesar que otros - así como sus combinaciones respectivas.	
-------------------	--	--

Por tanto, podemos concluir que el modelo ontológico diseñado cumple con las técnicas de diseño que garantizan un nivel adecuado de calidad.

Arquitectura de la solución computacional

La arquitectura de la solución computacional integra cuatro componentes: Learning Management System (LMS), Personalized Virtual Learning Environment (PVLE), Management Information System (MIS) que maneja la información del Ontological Model (OM). Los componentes se implementan como una solución del tipo Cloud Computing, tomando como base el trabajo de Christian Gütl (2008) y Gusev y colaboradores (Gusev y cols., 2013). La propuesta que se presenta en el presente estudio integra además el modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje que reemplaza el módulo MIS (Management Information System) que propone Gusev, como se muestra en la figura 6.43.

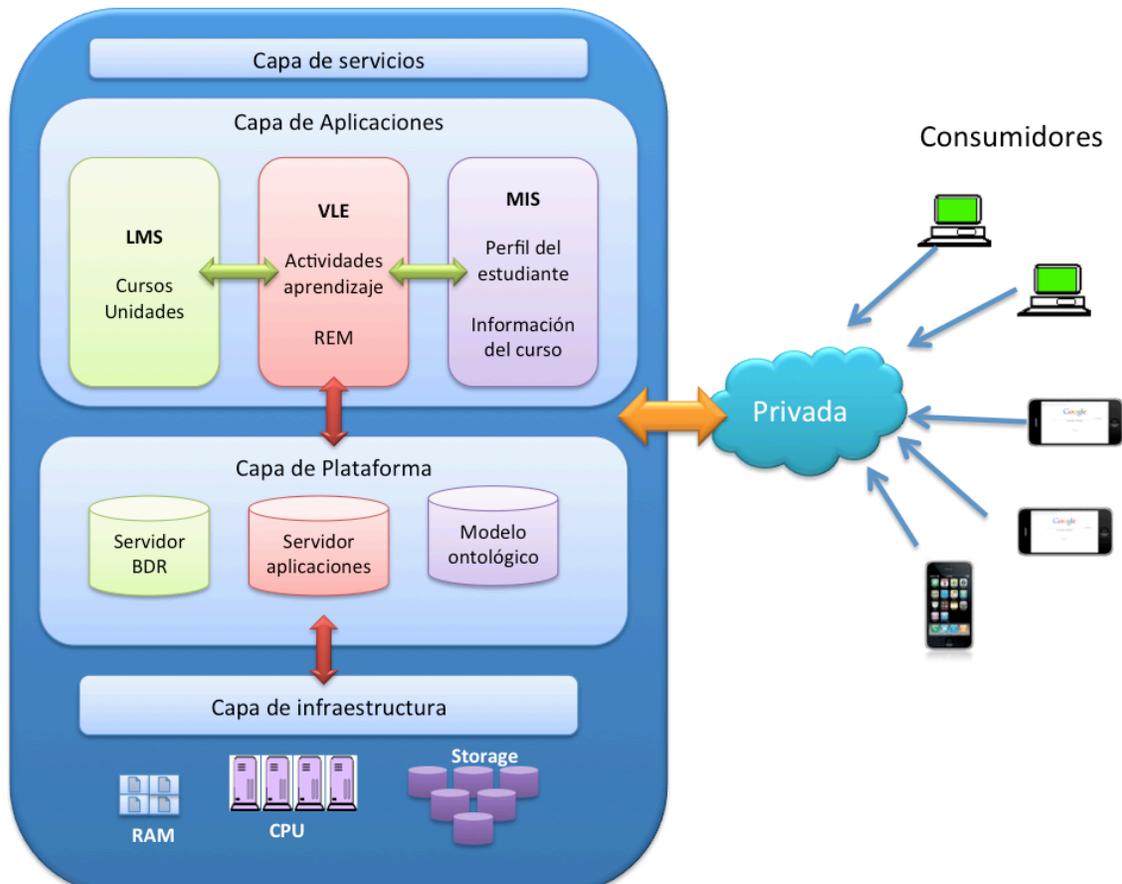


Figura 6.43. Arquitectura de integración del modelo ontológico en la Cloud Computing.

Learning Mangement System (LMS). Se estableció como plataforma LMS a SAKAI, se aprovecharon diversas herramientas que se integran como el chat, los foros, los avisos, y se incorporó el uso de videoconferencia apoyándose en el software de Open Connect. Adicionalmente se aprovechó el uso de las redes sociales y se determinó la creación de un espacio en Facebook para mantener contacto permanente con los estudiantes, como se muestra en la figura 6.44.



Mi Sitio | 115008 EDO CNP Trimestre 12-I | AAE | Admin | PE-130 | - más -

[Inicio](#) | [Avisos](#) | [Guía didáctica](#) | [Calendario](#) | [Recursos educativos](#) | [Foros](#) | [Actividades de aprendizaje](#) | [Mensajes privados](#) | [Clases virtuales](#) | [Clases grabadas](#) | [Calificaciones](#) | [Estadísticas](#) | [Integrantes de equipo](#)

Inicio

[Opciones](#)

Calendario de Actividades PE-130

S	Unidad	Sesión en línea	Tarea	Sesión presencial	Autoevaluación	Programa
1	Registro y cuestionarios					
2	Algoritmos y programas	Lun S2 13-14 hrs	Mie S2	Mie S2 13-14:30 hrs	Vie S2	
3	Diseño de programas	Lun S3 13-14 hrs	Mie S3	Mie S3 13-14:30 hrs	Vie S3	
4	Ambiente de desarrollo unix	Lun S4 13-14 hrs	Mie S4	Mie S4 13-14:30 hrs	Vie S4	Vie S4
5	Elementos básicos	Lun S5 13-14 hrs	Mie S5	Mie S5 13-14:30 hrs	Vie S5	Vie S5
Evaluación presencial (Semana 6)						
6	Estructuras de decisión	Lun S6 13-14 hrs	Mie S6	Mie S6 13-14:30 hrs	Vie S6	Vie S6
7	Estructuras de repetición	Lun S7 13-14 hrs	Mie S7	Mie S7 13-14:30 hrs	Vie S7	Vie S7
8	Programación modular	Lun S8 13-14 hrs	Mie S8	Mie S8 13-14:30 hrs	Vie S8	Vie S8
Evaluación presencial (Semana 9)						
9	Arreglos	Lun S9 13-14 hrs	Mie S9	Mie S9 13-14:30 hrs	Vie S9	Vie S9
10	Estructuras	Lun S10 13-14 hrs	Mie S10	Mie S10 13-14:30 hrs	Vie S10	Vie S10
11	Archivos	Lun S11 13-14 hrs	Mie S11	Mie S11 13-14:30 hrs	Vie S11	Vie S11
Presentación proyecto final (Semana 11bis)+Evaluación presencial						

Anuncios recientes
[Opciones](#)
 Anuncios (viendo an...
 Actualmente, no hay :

Calendario
[Opciones](#)
 Abril, 2014
 Lun Mar

Figura 6.44. Plataforma LSM SAKAI.

El LMS utilizado es SAKAI, desarrollado en lenguaje Java lo que permite integrar otros desarrollos en el mismo lenguaje. Es portable y se puede instalar en multiples plataformas.

La capa de datos de Sakai está desarrollada con el framework Hibernate que permite realizar un mapeo OR (entre los objetos de java y los campos de las tablas de la base de datos). El mapeo OR habilita la portabilidad para el uso de múltiples manejadores de bases de datos con el simple hecho de cambiar el driver correspondiente. En la figura 6.45 se muestra la arquitectura del LMS SAKAI.

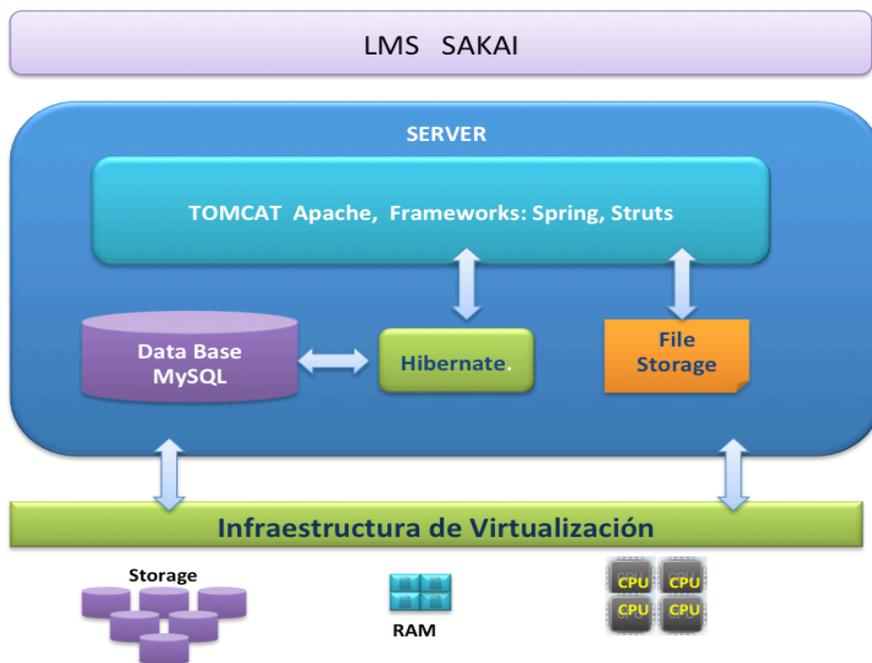


Figura 6.45. Arquitectura del LMS SAKAI.

La plataforma soporta hasta 8,000 usuarios totales (600 concurrentes) por lo que la propuesta debe ser escalable en el futuro si aumentara la carga mediante la configuración de la infraestructura de virtualización.

Personalized Virtual Learning Enviroment (PVLE) y Ontological Model (OM)

Para llevar a cabo el desarrollo, implementación y pruebas, del Entorno Virtual de Aprendizaje Personalizado (EVAP), es conveniente definir los componentes que se usará como fundamento tecnológico.

El EVAP es un entorno adecuado para el aprendizaje, ya que en él se integran múltiples herramientas que tradicionalmente se usan en internet tal como el uso de redes sociales, así como recursos educativos multimedia. Para tal fin se elaboraron diversos recursos educativos multimedia. El estudiante tiene la libertad de usar el recurso que desee. Inclusive si el tema no le queda claro a partir de un recurso, puede acceder los recursos de otro estilo y complementar

su aprendizaje al mismo tiempo que desarrolla sus otros canales de percepción y sus habilidades como receptor crítico. Adicionalmente se incorpora el uso y creación de mapas mentales como herramienta para integrar el conocimiento (Silva-López y cols., 2011).

Las autoevaluaciones que se integran en la herramienta permiten al estudiante verificar si han comprendido los conceptos fundamentales de cada unidad. En la figura 6.46, se muestra la arquitectura del Entorno Virtual de Aprendizaje Personalizado (EVAP). Este entorno está integrado por herramientas Web 2.0, ya que se basa en un modelo instructivo de aprendizaje colaborativo en red (Onrubia, 2005).

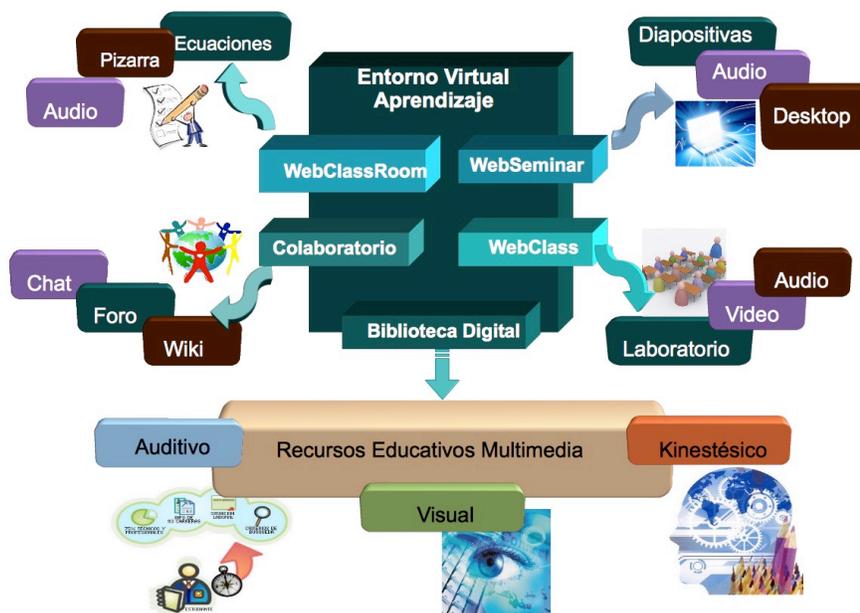


Figura 6.46. Componentes del Entorno Virtual de Aprendizaje Personalizado (EVAP), (Silva-López y cols., 2011).

El entorno virtual de aprendizaje personalizado (EVAP) se propone como un sistema en el que se integrará el Modelo Ontológico como parte del trabajo futuro. El EVAP se constituye por un servidor de aplicaciones, tres frameworks: uno para la centralización de

servicios (Spring), otro para el mapeo a base de datos (Hibernate), y el tercero para la implementación del controlador y Vista (Struts).

El EVAP considera la conexión a las ontologías que conforman el modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje como se muestra en la figura 6.47.

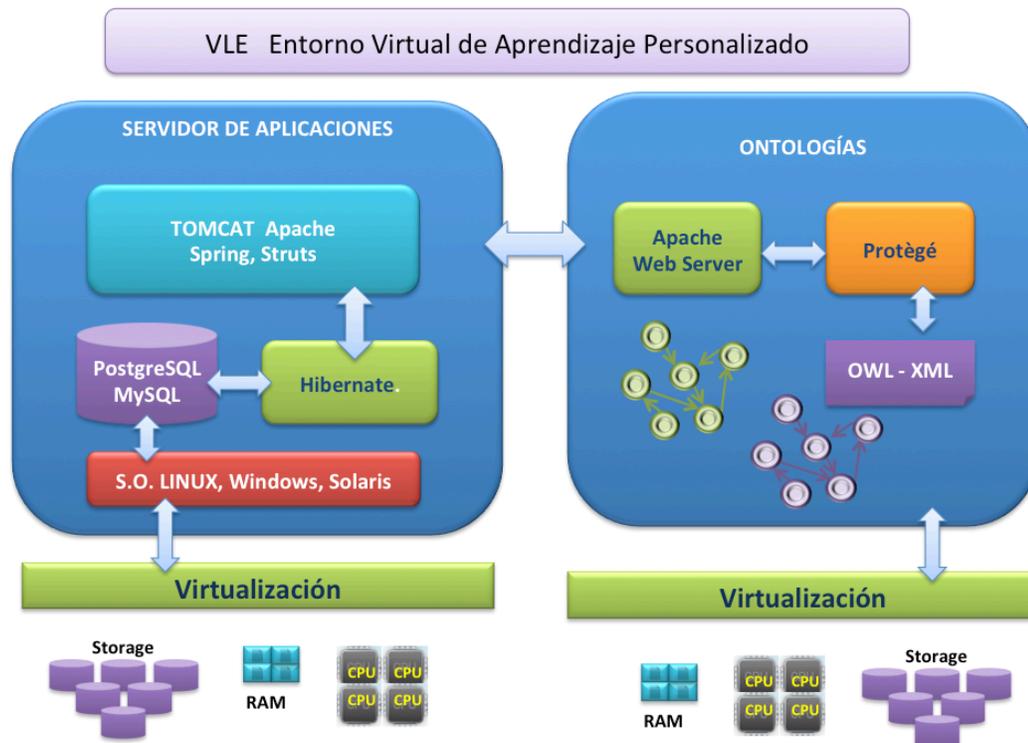


Figura 6.47. Arquitectura del EVAP (en inglés PVLE) y Modelo ontológico.

Infraestructura tecnológica

Considerando las bondades que ofrecen las soluciones de Cloud Computing se presenta una arquitectura tecnológica que integra los componentes de la solución en la que se incluye el modelo ontológico propuesto en este trabajo de investigación.

La arquitectura utiliza como modalidades de servicios *Platform as a Service (PaaS)*, ya que proporciona el acceso a diversos manejadores de bases de datos (MySQL,

PostgreSQL), servidores de aplicaciones (Apache TOMCAT), entornos de programación (Eclipse, NetBeans), compiladores (C, C++, Java, PHP, entre otros), y sistemas operativos (Linux, Solaris, Windows), sobre las que el usuario construye las aplicaciones que necesita. Todos los derechos de autor de marcas comerciales ...

Como modelo de implementación para ofrecer los servicios en la nube se utiliza tanto la *Private Cloud (Nube privada)* como la *Community cloud (Nube Comunitaria)*. Los servicios son compartidos en una comunidad cerrada: la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la UAM Azcapotzalco.

Por último, la tecnología base para la implementación de Cloud Computing es la Virtualización, ya que ofrece disponibilidad, flexibilidad, confiabilidad y extensibilidad. Los recursos de espacio en disco, memoria y CPU se distribuyen dinámicamente de acuerdo con la demanda en las máquinas virtualizadas disponibles, como se muestra en la figura 6.48.

La infraestructura tecnológica con la que cuenta la UAMA incluye 4 servidores Blade HP Proliant BL 465c G7; cada uno con 24 microprocesadores AMD Opteron 6174de 2.199 GHz, con licencia VMware vSphere 5 Desktop y 16 GB de memoria RAM configurada por servidor, ver figuras 6.48 y 6.49.

Se utiliza el software VMware vSphere 5 para llevar a cabo la virtualización de los recursos que se distribuyen de manera dinámica con el objetivo de optimizar los recursos existentes.

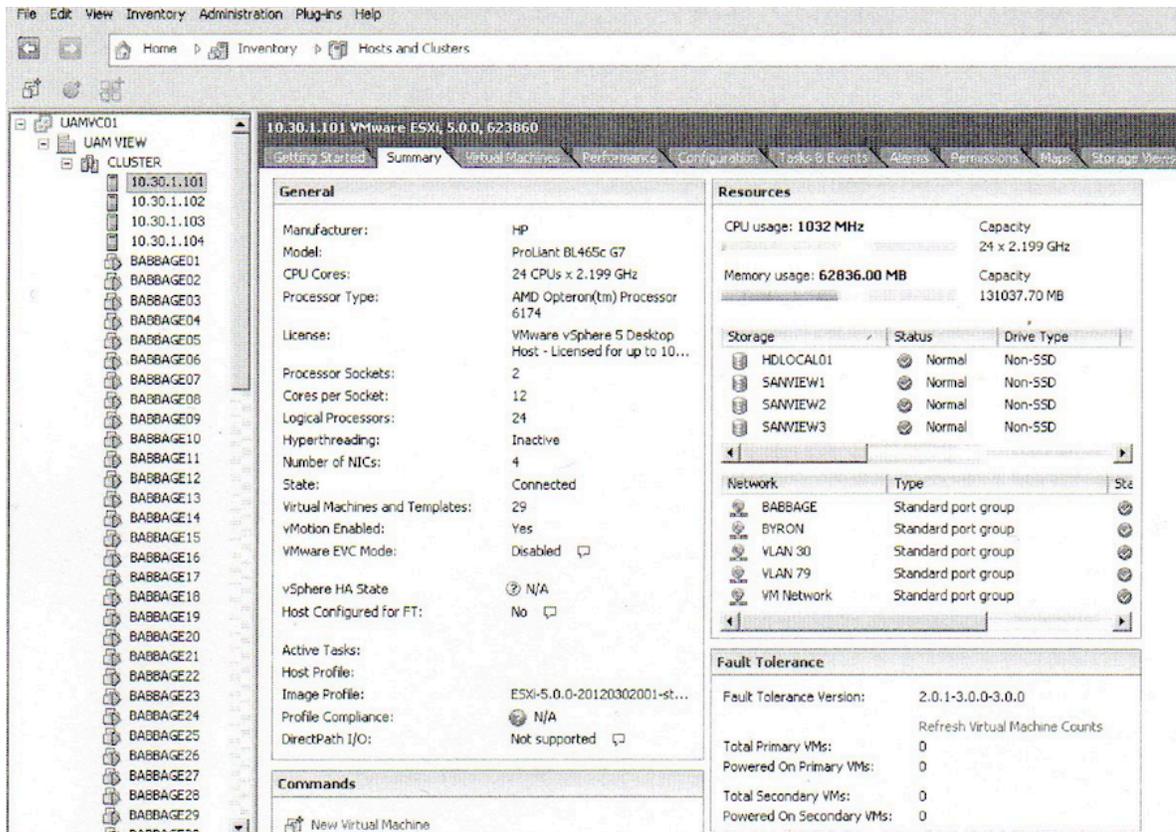


Figura 6.48. Servidores Blade HP Proliant BL 465c G7, con VMware vSphere 5.

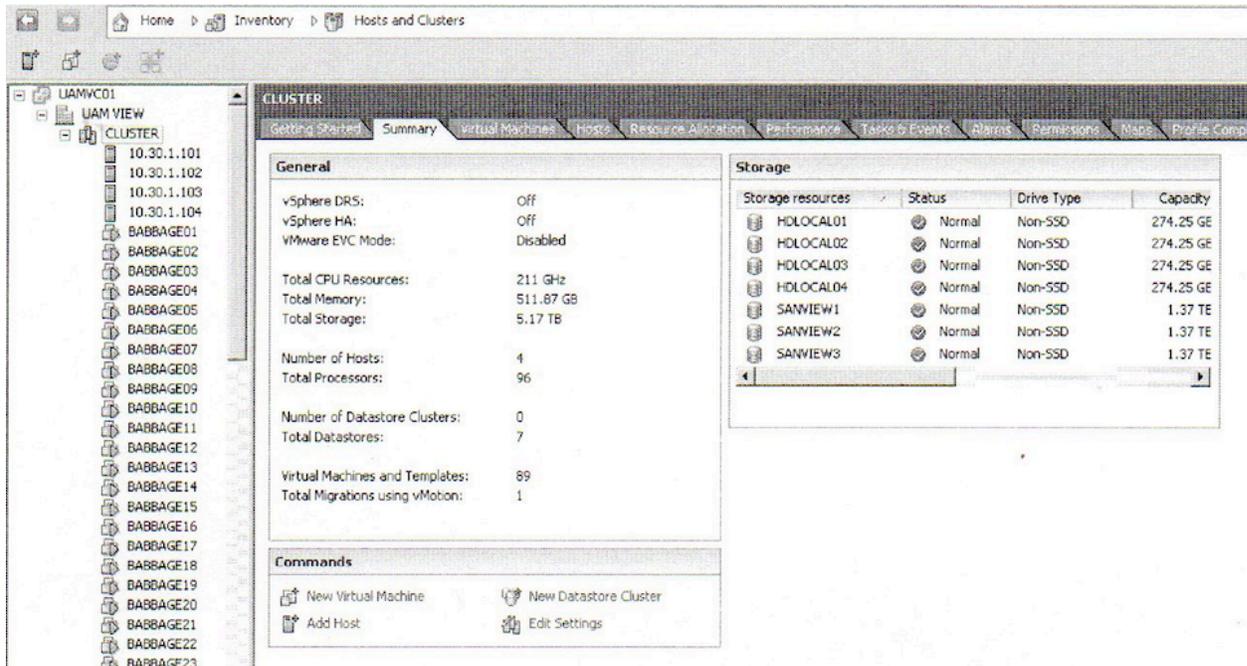


Figura 6.49 Cluster de Servidores Blade HP Proliant BL 465c G7, con VMware vSphere 5.

Los experimentos de la segunda etapa, permitieron diseñar el modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje. Así como establecer la arquitectura tecnológica del Entorno Virtual de Aprendizaje Personalizado implementado en Cloud Computing (Silva-López, 2015).

Experimentos programados de la tercera etapa.

Durante la tercera etapa de experimentos se aplica el modelo para la selección de las actividades de aprendizaje según su grado de dificultad (SM-LAC). Después de concluir un experimento se valoran los resultados en las calificaciones obtenidas por los estudiantes y se seleccionan las actividades de aprendizaje cuyo grado de dificultad esta en un rango intermedio (0.2 y 0.8). Se evalúan los resultados para determinar el impacto que tienen en las tasas de deserción y aprobación. En la tabla 6.26 se muestran los valores utilizados en los experimentos en la etapa 3.

Tabla 6.20. Planeación de experimentos de la etapa 3.

Variables	14-I, 14-P	15-I	15-P
Conformación comunidades aprendizaje	Acorde con el perfil de aprendizaje (homogéneo)	Acorde con el perfil de aprendizaje (heterogéneo)	Acorde con el perfil de aprendizaje (heterogéneo)
Actividades de aprendizaje	Ruta de aprendizaje personalizada de acuerdo con su estilo de pensamiento	Ruta de aprendizaje personalizada de acuerdo con su estilo de pensamiento	Ruta de aprendizaje personalizada de acuerdo con su estilo de pensamiento
Seguimiento	Regulación por parte del profesor y el ayudante	Regulación por parte del profesor y el ayudante	Autoregulación
Unidades o secciones	9	9	9
Herramientas tecnológicas	Colaboratorio	Colaboratorio	Colaboratorio
Conducción del proceso E-A	Sistema de Aprendizaje Cooperativo (SAC)	Sistema de Aprendizaje Cooperativo (SAC)	Sistema de Aprendizaje Cooperativo (SAC)
Apoyos: REM	Problemas Videoclips por tema Ejercicios en sesión presencial	Problemas Videoclips por tema Ejercicios en sesión presencial	Problemas Videoclips por tema Ejercicios en sesión presencial
Validación del aprendizaje	3 revisiones presenciales por trimestre Evaluación individual del proyecto final	3 revisiones presenciales por trimestre Evaluación individual del proyecto final	2 revisiones presenciales por trimestre Evaluación individual del proyecto final
Temporalidad	Programación de actividades durante el trimestre. No se permite la entrega fuera de tiempo.	Programación de actividades durante el trimestre. No se permite la entrega fuera de tiempo.	Programación de actividades desde el inicio del trimestre Se permite la entrega fuera de tiempo.

Descripción de las características del contexto en el que se desarrollaron los experimentos:

1. Conformación de comunidades de aprendizaje. Se decide integrar las comunidades de aprendizaje con estudiantes que tienen el mismo estilo de pensamiento (homogéneo) y posteriormente con estudiantes de diferente tipo de estilo de pensamiento (heterogéneo) para que se complementen.
2. Actividades de aprendizaje. Se realiza la personalización de actividades de aprendizaje según su estilo de pensamiento para el caso de las actividades individuales.
3. Seguimiento. El seguimiento se realiza a partir de una regulación supervisada por el profesor (uso de redes sociales, sesiones de videoconferencia y presenciales, realización de ejercicios) y el ayudante (apoyo en revisión de tareas y asesorías, identifica errores recurrentes y los notifica al profesor para que sean atendidos con el grupo). En el último experimento se permite que el estudiante se autoregule.
4. Modalidad de conducción del proceso de enseñanza y aprendizaje: Sistema de Aprendizaje Cooperativo (SAC), se realiza en un 70% en línea con actividades cooperativas por lo que se requiere la conformación de comunidades de aprendizaje (c-learning), considera grupos de hasta 50 alumnos.
5. Herramientas tecnológicas: Se utilizan colaboratorios que apoyan y facilitan el trabajo colaborativo (se utiliza SAKAI como LMS).
6. Apoyos: Tipo de Recursos Educativos Multimedia (REM). Se utilizaron videoclips por tema con duración de 4 a 7 minutos, así como ejercicios resueltos en video cortos. Se aplicó la resolución de problemas, y el aprendizaje por proyectos. Se impartieron video clases programadas en tiempo real que se grababan y el estudiante tenía acceso a las mismas posteriormente.
7. Validación del aprendizaje: periodicidad en que se realizó la validación del aprendizaje de manera presencial, las que se fueron disminuyendo a medida que se estabiliza el proceso.

8. Temporalidad: el estudiante pudo entregar los productos de las actividades a lo largo del trimestre o en una fecha específica.

La tercer etapa de experimentos permitió identificar que el grado de dificultad de las actividades de aprendizaje tienen un impacto directo en el rendimiento escolar del estudiante. Por tal razón, se definió un modelo que permite valorar el grado de dificultad de las actividades de aprendizaje, identificando las actividades de aprendizaje muy fáciles o muy difíciles para ser reemplazadas por otras y aplicarlas en el siguiente curso. El modelo permite que se establezca el rango aceptable del grado de dificultad que va de 0 a 1.

Selection Model for Learning Activities Complex (SM-LAC)

A partir de los resultados obtenidos en los experimentos programados en la etapa 3 se propone la primer versión del modelo para la selección de actividades de aprendizaje según su nivel de dificultad. Su objetivo es determinar que actividades de aprendizaje tienen un nivel de dificultad intermedio (en un rango de 0.2 a 0.8) para ser consideradas en la programación del curso del siguiente trimestre.

El nivel de dificultad se determina mediante los resultados obtenidos en un curso anterior, se evalúan los resultados y se determina el nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje utilizadas el trimestre anterior.

Estos resultados muestran que es importante determinar el nivel de dificultad para poder seleccionar adecuadamente las actividades de aprendizaje que se deben incluir en un curso, tratando de sustituir aquellas que son muy fáciles (más del 85% de estudiantes aprueba) y aquellas que son muy difíciles (menos del 20% las aprueban). Por supuesto que los límites superior e inferior son variables y los determina el profesor. Para realizar el análisis se propone el modelo SM-LAC que se presenta en la sección de trabajo futuro. El modelo SM-LAC toma como base el trabajo de complejidad de la tarea cognitiva y nivel de dificultad de preguntas en evaluación (Casart, Y., Fang, P., Trías, M., 2011).

CAPITULO 7

RESULTADOS

Los datos que presentan en esta sección se dividen por etapas para mostrar los resultados y el impacto que produce por un lado la personalización de las actividades de aprendizaje acordes con el estilo de pensamiento y por otro el nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje.

Se realizan regresiones lineales para determinar el mejor modelo, así como el impacto en el porcentaje de aprobación que tienen las variables independientes.

Índices de aprobación y de retención para las etapas 1 y 2.

A partir de los datos recopilados durante el trabajo empírico para las etapas 1 y 2 se obtienen las calificaciones finales de los estudiantes en la UEA de Programación Estructurada en los trimestres del 11-O al 13-O (7 trimestres). Dichas calificaciones se representan mediante letras (MB: muy bien; B: bien; S: suficiente; NA: no aprobado). Se incluye el índice de reprobación y de aprobación (ver tabla 7.1).

La evaluación del aprendizaje del estudiante se observa durante la evaluación formativa, mediadora y sumativa. Aquellos estudiantes que logran concluir adecuadamente el proyecto final muestran su capacidad de extrapolación y aplicación del conocimiento adquirido, estos estudiantes obtienen calificación de MB (cumplen por completo con las actividades de aprendizaje del curso) o B (cumplen parcialmente con las actividades de aprendizaje del curso). Los estudiantes que obtienen una comprensión de los conceptos y son capaces de resolver los problemas propuestos durante el curso, pero no completan su proyecto terminal obtienen una calificación de S.

Además se obtienen los datos asociados al total de estudiantes inscritos al inicio del curso (INS_INI), las renunciadas (RENUNC) o bajas del curso, los estudiantes que quedan inscritos al final (INS_FIN) y los índices de retención y deserción (ver tabla 7.2). Con estos

datos se realiza una regresión lineal para determinar el impacto de la deserción y renuncias en el índice de aprobación.

Tabla 7.1. Datos asociados a índices de reprobación y aprobación.

Trimestre	MB	B	S	NA	Índice Reprobación	Índice Aprobación
11-O	41	19	20	74	0.480	0.52
12-I	31	34	25	49	0.352	0.65
12-P	27	20	14	163	0.728	0.27
12-O	5	14	13	79	0.712	0.29
13-I	20	20	14	58	0.518	0.48
13-P	4	5	11	47	0.701	0.30
13-O	4	5	5	38	0.731	0.27

Tabla 7.2. Datos asociados a índices de retención y deserción.

Trimestre	INS_INI	RENUNC	INS_FIN	Índice Retención	Índice Deserción
11-O	212	58	154	0.73	0.273
12-I	210	71	139	0.66	0.338
12-P	327	103	224	0.69	0.315
12-O	215	104	111	0.52	0.484
13-I	287	175	112	0.39	0.610
13-P	149	82	67	0.45	0.550
13-O	104	52	52	0.50	0.500

Intervalo de confianza del índice de aprobación.

Los parámetros para el intervalo de confianza del índice de aprobación se muestran en la tabla 7.3 y 7.4.

Tabla 7.3. Parámetros para el intervalo de confianza del índice de aprobación.

	Media	Varianza S^2	Error estándar	t de Student con $\alpha=0.01$
Aprobación	0.40	0.023	0.054	3.499

Los límites superior e inferior del intervalo de confianza con confiabilidad de 99%, que se traducen a significancias de $p < 0.01$. Donde L_i es el límite inferior y L_s es el límite superior.

Tabla 7.4. Parámetros para el intervalo de confianza del índice de aprobación.

	$L_i \alpha=0.01$	$L_s \alpha=0.01$
Aprobación	0.209	0.585

Para cada trimestre se obtuvieron los índices de aprobación con los intervalos de confianza para confiabilidad del 99% que se muestran en la tabla 7.5. Con estos datos se elabora una gráfica de dispersión con los intervalos de confianza que se muestran en la figura 7.1. En la gráfica se observa que el índice de aprobación aumenta en los trimestres de invierno, se intuye que esto ocurre debido a que los alumnos regresan de un periodo de descanso largo: vacaciones de verano, mientras que en los trimestres de primavera y otoño el periodo intertrimestral es más corto.

Tabla 7.5. Intervalos de confianza del índice de aprobación.

Trimestre	Índice Aprobación	$L_i \alpha=0.01$	$L_s \alpha=0.01$
T1	0.52	0.209	0.585
T2	0.65	0.209	0.585
T3	0.27	0.209	0.585
T4	0.29	0.209	0.585
T5	0.48	0.209	0.585
T6	0.30	0.209	0.585
T7	0.27	0.209	0.585

Muchos de nuestros estudiantes trabajan, duermen poco y comen mal durante los periodos trimestrales. Se presentan los ciclos donde el máximo se obtiene en el trimestre de invierno. Por otro lado se observa que hay 3 datos que se pueden considerar atípicos porque se salen de los límites del intervalo de confianza.

Intervalo de confianza del índice de retención.

Los parámetros para el intervalo de confianza del índice de retención se muestran en la tabla 7.6.

Tabla 7.6. Parámetros para el intervalo de confianza del índice de retención.

	Media	Varianza S^2	Error estándar	t de Student con $\alpha=0.01$
Retención	0.56	0.017	0.046	3.499

Los límites superior e inferior del intervalo de confianza con confiabilidad de 99 % se muestran en la tabla 7.7.

Tabla 7.7. Parámetros para el intervalo de confianza del índice de retención.

	Li $\alpha=0.01$	Ls $\alpha=0.01$
Retención	0.401	0.721

Para cada trimestre se tienen los índices de retención con los intervalos de confianza para confiabilidad del 99% que se muestran en la tabla 7.8. Se observa que hay 3 datos que se pueden considerar atípicos por que están fuera de los límites del intervalo de confianza.

Tabla 7.8. Intervalos de confianza del índice de retención.

Trimestre	Índice Retención	Li $\alpha=0.01$	Ls $\alpha=0.01$
T1	0.73	0.401	0.721
T2	0.66	0.401	0.721
T3	0.69	0.401	0.721
T4	0.52	0.401	0.721
T5	0.39	0.401	0.721
T6	0.45	0.401	0.721
T7	0.50	0.401	0.721

Se elaboraron diagramas de cajas y bigotes para los índices de aprobación y retención. Primero se ordenan los índices de aprobación de menor a mayor, se determinan los cuartiles para el diagrama de cajas y bigotes, se construye el diagrama de cajas y bigotes para el índice de aprobación y de retención. Por último se realiza la prueba de hipótesis para la media de los índices de aprobación y retención.

Análisis del índice de aprobación.

A partir de los datos obtenidos de nuestras (tabla 7.5), en promedio se tiene un índice aprobación del 40 % con una varianza muestral de 230.63 con n=7. Se plantea la hipótesis de que el índice de aprobación del curso de Programación Estructurada en modalidades de conducción del Sistema de Aprendizaje Cooperativo (SAC) o CNP, es similar al índice de aprobación promedio es del 69.6 % y varianza muestral de 2.21, con n=5 para los cursos programados para la misma UEA en la División de CBI de la UAM Azcapotzalco (tabla 7.9). Para comprobar esto se realiza una prueba de hipótesis de medias con varianzas poblacionales no conocidas para 2 muestras.

Tabla 7.9. Promedio de aprobación de la UEA Programación Estructurada en la DCBI.

Año	2008	2009	2010	2011	2012
Índice de aprobación	71.1	69.3	71.7	68.8	67.7

Se plantean las hipótesis nula (Ho) y la alternativa (Ha), considerando como "x" los datos de nuestras muestras, y se consideran como "y" los datos de la tabla 7.9 asociados a los cursos programados en la DCBI son:

$$H_0: \mu_x = \mu_y$$

$$H_a: \mu_x \neq \mu_y$$

Para probar la hipótesis se calcula el estadístico de prueba

$$t_0 = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s_x^2}{n_x} + \frac{s_y^2}{n_y}}}$$

Se requiere la t de Student con una confiabilidad del 90 % entre 2 y con n_x+n_y-2 grados de libertad, se tiene:

$$t_{\frac{\alpha}{2}, n_x+n_y-2} = t_{\frac{0.1}{2}, 7+5-2} = t_{0.05, 10} = 1.812$$

La hipótesis nula se rechaza si

$$t_{\frac{\alpha}{2}, n_x+n_y-2} > t_0$$

o si

$$-\left(t_{\frac{\alpha}{2}, n_x+n_y-2}\right) < t_0$$

Para nuestro caso:

$$t_0 = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s_x^2}{n_x} + \frac{s_y^2}{n_y}}} = \frac{39.6779 - 69.6}{\sqrt{\frac{230.634034}{7} + \frac{2.21}{5}}} = -5.179$$

Como tenemos que

$$-1.812 > -5.179 < 1.812$$

Se rechaza la Hipótesis nula y las medias de los índices de aprobación son estadísticamente diferentes.

La prueba de aprendizaje utilizada son exámenes parciales, elaboración de algoritmos y programas, así como la elaboración y presentación del proyecto final.

Modelo para pronósticos.

Para intentar hacer pronósticos del comportamiento que tendrá a futuro este tipo de cursos se hará una regresión multilínea. Las variables consideradas son:

ia: *Índice de aprobación*. Proporción de estudiantes que aprueban el curso.

iau: *índice de ausentismo*. Proporción de los estudiantes que se inscriben al curso pero que jamás se presentan.

id: *índice de deserción*. Proporción de los estudiantes que se dan de baja del curso.

ib: *índice de bajas*. Proporción de los estudiantes que se dan de baja al curso habiéndolo iniciado.

La variable dependiente será el índice de aprobación, y estará en función de las otras variables mencionadas. La relación entre las variables se modela mediante la siguiente expresión de regresión lineal múltiple:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3$$

donde:

y: Índice de aprobación

x₁: Índice de ausentismo

x₂: Índice de bajas

x₃: Índice de deserción

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: *Coefficientes del modelo* que se calculan por el método de mínimos cuadrados.

La bondad de este ajuste viene dada por el coeficiente de determinación que se interpreta como el porcentaje del valor de **y** que se explica por la contribución de todas las **x**.

Este se define en términos de la suma del total de cuadrados, la suma del cuadrado del error y la suma de los cuadrados de la regresión. Estos parámetros se definen como:

R²: coeficiente de determinación.

SST: suma del total de cuadrados.

SSE: suma de los errores al cuadrado.

SSR: suma de los cuadrados de la regresión.

Para determinar si las variables utilizadas realmente contribuyen de manera significativa al modelo, se realizan pruebas de hipótesis sobre los coeficientes de las mismas. Las hipótesis nula y alternativa son:

$$H_0: \beta_i = 0$$

$$H_a: \beta_i \neq 0$$

El estadístico de prueba es

$$t = \frac{\beta_i}{\alpha}$$

donde

α : Significancia para el nivel de confiabilidad que se desea.

La hipótesis nula se rechaza si

$$t_{\frac{\alpha}{2}, n-k-1} > t_0$$

o si

$$-\left(t_{\frac{\alpha}{2}, n-k-1}\right) < t_0$$

lo que implicaría que la variable si contribuye de manera significativa con el modelo.

En caso de que una variable no contribuya de manera significativa, no se considera y se reajustan los cálculos del modelo. Se consideran los datos obtenidos durante el trabajo empírico (ver tabla 7.10).

Tabla 7.10. Datos obtenidos durante el trabajo empírico.

	Y	X1	X2	X3
Trimestre	Índice de Aprobación	Índice de Ausentismo	Índice de Bajas	Índice de Deserción
11-O	0.494	0.415	0.273	0.236
12-I	0.606	0.395	0.338	0.395
12-P	0.316	0.228	0.292	0.544
12-O	0.492	0.703	0.476	0.7594
13-I	0.574	0.373	0.253	0.487
13-P	0.400	0.603	0.532	0.667

Realizando los cálculos tenemos

$$Y = 0.571676916 + 0.704762433X_1 - 0.887106828X_2 - 0.17549801X_3$$

con $R^2 = 0.489$

Este valor de R^2 obtenido durante el trabajo empírico nos dice que el modelo lineal sólo explica el 48% del índice de aprobación. Por tanto se aplica el modelo multiplicativo:

$$y = \beta_0 x_1^{\beta_1} x_2^{\beta_2} x_3^{\beta_3}$$

Para linealizarlo se usan logaritmos con lo que se obtiene

$$\ln(y) = \ln(\beta_0) + \beta_1 \ln(x_1) + \beta_2 \ln(x_2) + \beta_3 \ln(x_3)$$

Realizando los cálculos obtenemos:

$$Y = 0.35137434X_1^{0.716911417}X_2^{-0.843563448}X_3^{-0.011893466}$$

con $R^2 = 0.611477136$. Este valor es mayor al 60 % de predicción en los índices de aprobación.

Se realiza la prueba de hipótesis para averiguar si todas las variables contribuyen de manera significativa, utilizando un nivel de confiabilidad del 90 % con lo cual la significancia será de $\alpha=0.1$.

La t de Student es

$$t_{\frac{\alpha}{2}, n-k-1} = t_{\frac{0.1}{2}, 6-3-1} = t_{0.05, 6-3-1} = t_{0.05, 2} = 2.92$$

Los estadísticos de prueba se muestran en la tabla 7.11. Solamente el último cumple que:

$$-2.92 < -0.238 < 2.92$$

por lo cual se acepta la hipótesis de que debería estadísticamente ser 0 y por lo cual no contribuye significativamente al modelo.

Tabla 7.11. Estadísticos de prueba modelo multiplicativo.

β_0/α	β_1/α	β_2/α	β_3/α
-20.9180626	14.338	-16.871	-0.238

Se omite esta variable que corresponde al índice de deserción. Reajustando el modelo se tiene:

$$Y = 0.349996495X_1^{0.721777258}X_2^{-0.859395573}$$

$$\text{con } R^2 = 0.984387483$$

Este valor es mucho mejor que el del modelo lineal o el multiplicativo que incluía todas las variables. Se realiza la prueba de hipótesis para averiguar si todas las variables restantes contribuyen significativamente.

La *t* de Student es

$$t_{\frac{\alpha}{2}, n-k-1} = t_{\frac{0.1}{2}, 6-2-1} = t_{0.05, 6-2-1} = t_{0.05, 3} = 2.353$$

Los estadísticos de prueba se muestran en la tabla 7.12.

Tabla 7.12. Estadísticos de prueba modelo multiplicativo.

β_0/α	β_1/α	β_2/α
-20.997	14.435	-17.188

Ninguno cumple que

$$-2.353 < \frac{\beta_i}{\alpha} < 2.353$$

por lo tanto todas las variables son significativas.

El modelo de pronóstico es:

$$ia = 0.349996495iau_1^{0.721777258}ib_2^{-0.859395573}$$

La gráfica del modelo se muestra en la figura 7.1.

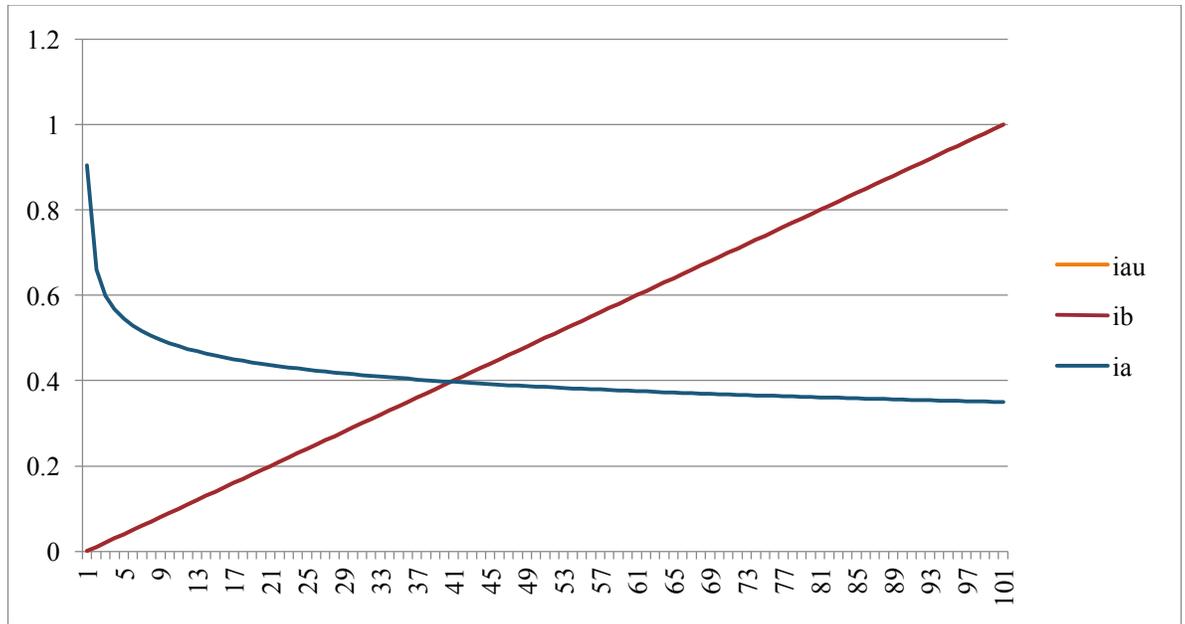


Figura 7.1. Modelo de pronóstico.

Índices de datos demográficos y estilos de pensamiento para las etapas 1, 2 y 3.

Dado que el problema que se aborda en torno al rendimiento escolar en multivariable, se realiza la regresión lineal sobre datos recopilados asociados con el género, la carrera, la edad y el estilo de pensamiento. Se consideran los datos de los trimestres 11-O al 14-P, 15-I y 15-P, que se muestran en la tabla 7.13.

Tabla 7.13. Datos de los experimentos - trimestres del 11-O al 14-P, 15-I y 15-P.

Trimestre	Aprobación	Genero M	Edad<21	Edad 21-25	Carrera	Lógico	Procesos	Creativo	Relacional	Complejidad
11-O	51.4619883	76.6081871	19.8830409	64.9122807	34.502924	13.4502924	19.2982456	25.1461988	21.6374269	43.6571429
12-I	47.3372781	69.2307692	33.7278107	55.0295858	23.6686391	8.28402367	24.852071	24.852071	18.9349112	24.0196078
12-P	23.715415	66.0079051	32.8063241	55.7312253	18.1818182	18.5770751	16.9960474	23.3201581	23.715415	56.010101
12-O	49.2307692	75.3846154	23.0769231	50.7692308	21.5384615	18.4615385	12.3076923	16.9230769	29.2307692	62.9568106
13-I	31.3609467	72.7810651	14.2011834	63.9053254	16.5680473	11.8343195	21.8934911	19.5266272	21.8934911	67.0823529
13-P	20.2020202	80.8080808	23.2323232	59.5959596	24.2424242	13.1313131	19.1919192	20.2020202	21.2121212	70.3804348
13-O	18.1818182	72.7272727	23.3766234	57.1428571	16.8831169	20.7792208	19.4805195	24.6753247	15.5844156	87.8333333
14-I	24.137931	82.7586207	20.6896552	55.1724138	13.7931034	27.5862069	20.6896552	13.7931034	17.2413793	48.7666034
14-P	36.8421053	78.9473684	15.7894737	63.1578947	15.7894737	31.5789474	5.26315789	31.5789474	10.5263158	67.4666667
15-I	52.6315789	55.2631579	13.1578947	44.7368421	10.5263158	10.5263158	5.26315789	31.5789474	7.89473684	64
15-P	68	64	24	60	24	12	20	40	12	72

Se realiza la regresión lineal múltiple. La relación entre las variables regresoras y la variable dependiente se establece mediante el modelo general de regresión lineal múltiple:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k$$

donde $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ son los parámetros del modelo (se tienen k variables independientes y p parámetros).

En este caso β_0 representa la ordenada en el origen, es decir, el punto donde el hiperplano corta al eje Y.

En general β_i representa el cambio esperado en Y por cada incremento unitario en X_i , siempre y cuando las demás variables independientes permanezcan constantes.

Al utilizar ocho variables independientes, el modelo general de regresión lineal múltiple queda representado por:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9$$

donde:

La variable dependiente será el índice de aprobación, y estará en función de las otras variables mencionadas. La relación entre las variables se modela mediante la siguiente expresión de regresión lineal múltiple:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 x_7 + \beta_8 x_8 + \beta_9 x_9$$

donde:

y: Índice de aprobación

x1: Índice de género (masculino)

x2: Edad < 21

x3: Edad entre 21 y 25

x4: Carrera (Ingeniería en electrónica e Ingeniería en Computación)

x5: Estilo de pensamiento lógico

x6: Estilo de pensamiento procesos

x7: Estilo de pensamiento creativo

x8: Estilo de pensamiento relacional

x9: Índice de complejidad de las actividades de aprendizaje

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8, \beta_9$: Coeficientes del modelo

La prueba de significancia del modelo nos permite determinar estadísticamente si las variables independientes (en conjunto) tienen efecto o no sobre la variable dependiente.

Partimos de las hipótesis:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = \beta_9 = 0$$

$$H_a : \beta_i \neq 0$$

Se realiza la prueba de significancia del modelo que permite determinar estadísticamente si las variables independientes tienen impacto sobre la variable dependiente.

Al realizar la regresión lineal incluyendo el nivel de complejidad de las actividades de aprendizaje (ver tabla 7.14), se obtiene el mejor valor del coeficiente de determinación múltiple con $R^2 = 0.99937763$, por lo que éste modelo es el más adecuado, ya que indica que el 99% de la variabilidad del porcentaje de aprobación se explica mediante el modelo de regresión múltiple que no considera la edad.

Tabla 7.14. Estadísticas de regresión multivariable para Programación Estructurada.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.99968875
Coefficiente de determinación R^2	0.9993776
R^2 ajustado	0.99377604
Error típico	1.2860641
Observaciones	11

Utilizamos la tabla 7.15 de análisis de varianza, con el estadístico de prueba F_0 tiene una distribución F (Fisher). Como el estadístico de prueba es mayor que el valor de tablas se rechaza la hipótesis nula; se puede concluir que la variable independiente está relacionada con al menos una de las variables independientes.

Utilizando un intervalo de confianza del 95%, como la probabilidad es mayor al 0.05 todas las variables independientes tienen un impacto en el porcentaje de aprobación, como se muestra en la tabla 7.16.

En la tabla 7.17 se muestran los pronósticos de aprobación y los resultados de probabilidad.

Tabla 7.15. Análisis de varianza para Programación Estructurada.

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	9	2655.75544	295.083937	178.410471	0.0580417
Residuos	1	1.65396087	1.65396087		
Total	10	2657.4094			

Tabla 7.16. Coeficientes de la regresión múltiple de programación Estructurada.

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	-9.1956344	11.3675476	-0.8089374	0.56699233	-153.63402	135.242753
Genero M	1.19289237	0.16984585	7.02338236	0.09003773	-0.9652038	3.35098855
<21	-2.7999519	0.12799884	-21.874822	0.02908261	-4.4263314	-1.1735724
21-25	-3.0798468	0.15796139	-19.497465	0.03262283	-5.0869366	-1.072757
Carrera	-0.2924371	0.16441498	-1.7786523	0.3260635	-2.3815275	1.79665329
Lógico	0.65391095	0.13308103	4.91363009	0.12781643	-1.0370439	2.34486575
Procesos	2.08176356	0.1499464	13.8833848	0.04577574	0.17651391	3.98701321
Creativo	5.32535321	0.24081841	22.1135636	0.02876906	2.2654652	8.38524121
Relacional	3.71868501	0.2043752	18.1953827	0.03495282	1.12185186	6.31551816
Complejidad	-0.6511232	0.03377575	-19.277831	0.03299384	-1.0802847	-0.2219616

Tabla 7.17. Pronósticos de aprobación de Programación Estructurada.

Análisis de los residuales				Resultados de datos de probabilidad	
<i>Observación</i>	<i>Pronóstico Aprobación</i>	<i>Residuos</i>	<i>Residuos estándares</i>	<i>Percentil</i>	<i>Aprobación</i>
1	51.4269801	0.03500817	0.08608089	4.54545455	18.1818182
2	46.8211444	0.51613369	1.26911096	13.6363636	20.2020202
3	24.1661552	-0.4507401	-1.108316	22.7272727	23.715415
4	48.9783797	0.2523895	0.62059556	31.8181818	24.137931
5	31.2359612	0.12498558	0.30732457	40.9090909	31.3609467
6	20.692017	-0.4899968	-1.2048434	50	36.8421053
7	17.4878869	0.69393131	1.70629402	59.0909091	47.3372781
8	24.5654895	-0.4275585	-1.0513151	68.1818182	49.2307692
9	36.6267052	0.21540006	0.52964295	77.2727273	51.4619883

10	52.7201161	-0.0885371	-0.2177022	86.3636364	52.6315789
11	68.3810158	-0.3810158	-0.9368722	95.4545455	68

El modelo de regresión múltiple es:

$$Y = -9.295 + 1.193 X_1 - 2.799 X_2 - 3.0798 X_3 - 0.029 X_4 + 0.654 X_5 + 2.082 X_6 + 5.325 X_7 + 3.718 X_8 - 0.3571 X_9$$

Se realizaron las regresiones lineales eliminando cada una de las variables para determinar cuál es el mejor modelo y se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 7.18.

Tabla 7.18. Comparativo de estadísticas de regresiones con diferentes variables.

	Todas variables	Sin Género	Sin Edad	Sin Carrera	Sin Estilo pensamiento	Sin Complejidad
Estadísticas de la regresión						
Coefficiente de correlación múltiple	0.99968875	0.98421345	0.81757877	0.99870345	0.796216095	0.8763981
Coefficiente de determinación R²	0.9993776	0.96867612	0.66843504	0.99740859	0.63396007	0.76807364
R² ajustado	0.99377604	0.84338059	-0.1052165	0.98704295	0.26792014	-0.1596318
Error típico	1.2860641	6.45137105	17.1377151	1.85559129	13.94788837	17.5545336
Observaciones	11	11	11	11	11	11

Se tiene un combinado de diversas variables, mismas que contribuyen al efecto sobre el índice de aprobación. No es claro si el evento presenta multicolinealidad de las variables (sobreposición del efecto de las variables). Sólo el 68% del efecto de las variables se pueden explicar mediante el modelo creado con la regresión múltiple. El resto, el 32%, se debe a otras variables que confluyen en el evento y que no se incluye en el modelo. Las variables pueden ser de diferentes naturalezas, tales como características de los estudiantes (antecedentes académicos, capacidades de aprendizaje, motivación, etc.), latencia del aprendizaje, entre otras. Por lo cuál, sólo puede hablar acerca de la efectividad de 68% del modelo. La eficiencia de su modelo es alta si se piensa en términos de las poblaciones de estudiantes de Ingeniería en Mexico y en el Mundo.

En la figura 7.2 se muestra la gráfica de la tendencia del índice de aprobación con el R^2 . Se divide la gráfica en las 3 etapas consideradas en la investigación. En la etapa se presentan los resultados de la prueba de concepto donde no se aplica ningún cambio en la impartición del curso de Programación Estructurada. En la etapa 2 se realiza la personalización de actividades de aprendizaje acordes con el estilo de aprendizaje. Y por último en la etapa 3 se aplica el modelo para mantener actividades de aprendizaje con un nivel de dificultad intermedio. Se observa que el índice de aprobación mejora al mantener el nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje en un rango intermedio.

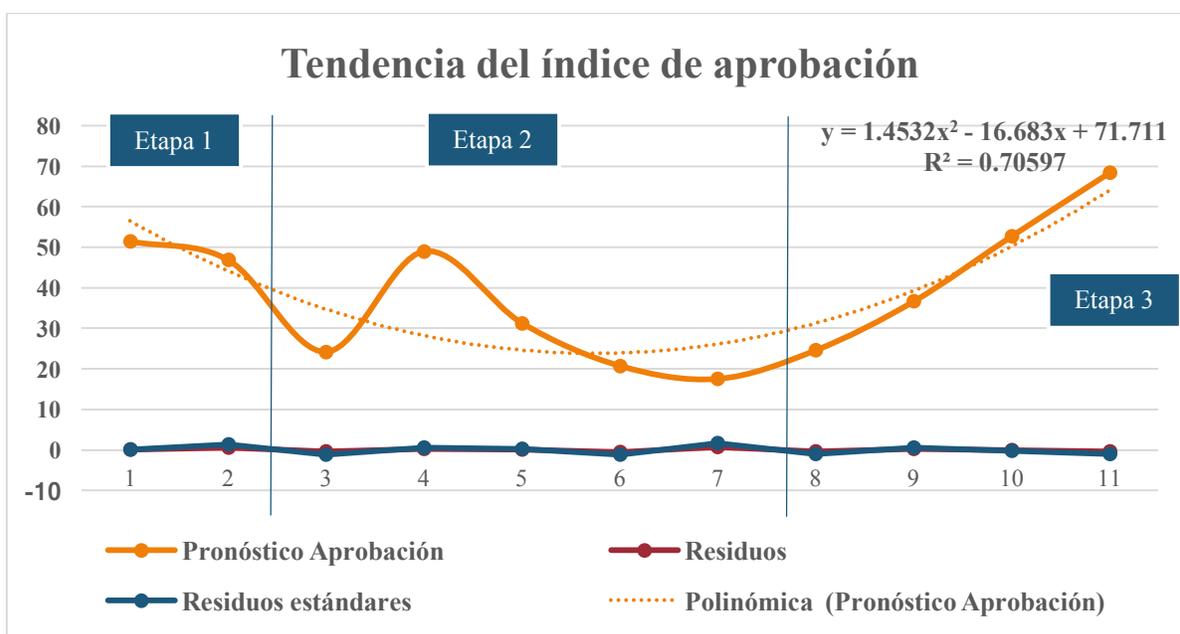


Figura 7.2. Tendencia del índice de aprobación.

Resultados relacionados con los datos del Perfil Cognitivo (estilo de pensamiento).

En esta sección se discuten los resultados obtenidos en el trabajo de campo en torno al comportamiento de los estilos de pensamiento de los estudiantes que se inscribieron en los grupos de prueba de la UEA de Programación Estructurada (PE).

En la tabla 7.20 se muestran los resultados de los promedios obtenidos por estilo de aprendizaje por grupo por trimestre de la UEA de PE. Se observa que los estudiantes de los trimestres recientes (13-P y 13-O) se incrementan los promedios en general. En la figura 7.3 se muestran los puntajes promedio del estilo de pensamiento obtenidos en la UEA de PE.

Tabla 7.19. Promedio por grupo de estilos de pensamiento para la UEA de PE.

	Programación Estructurada			
Trimestre	Lógico	Procesos	Relacional	Creativo
11-O	10.567 σ : 3.898	10.444 σ : 3.941	10.994 σ :4.509	11.415 σ :3.959
12-I	10.301 σ :3.558	10.811 σ : 4.038	11.521 σ :4.284	11.284 σ :3.643
12-P	10.393 σ :3.688	10.586 σ :3.426	11.241 σ :4.232	11.602 σ :3.795
12-O	11.290 σ :4.046	11.542 σ :3.907	11.771 σ :4.301	11.824 σ :4.022
13-I	11.399 σ :4.018	11.859 σ :4.250	12.371 σ :4.253	12.247 σ :4.642
13-P	12.222 σ :4.026	12.481 σ :3.587	12.602 σ :4.488	12.833 σ :4.270
13-O	13.353 σ :4.393	13.518 σ :3.587	13.788 σ :4.177	14.659 σ :3.877

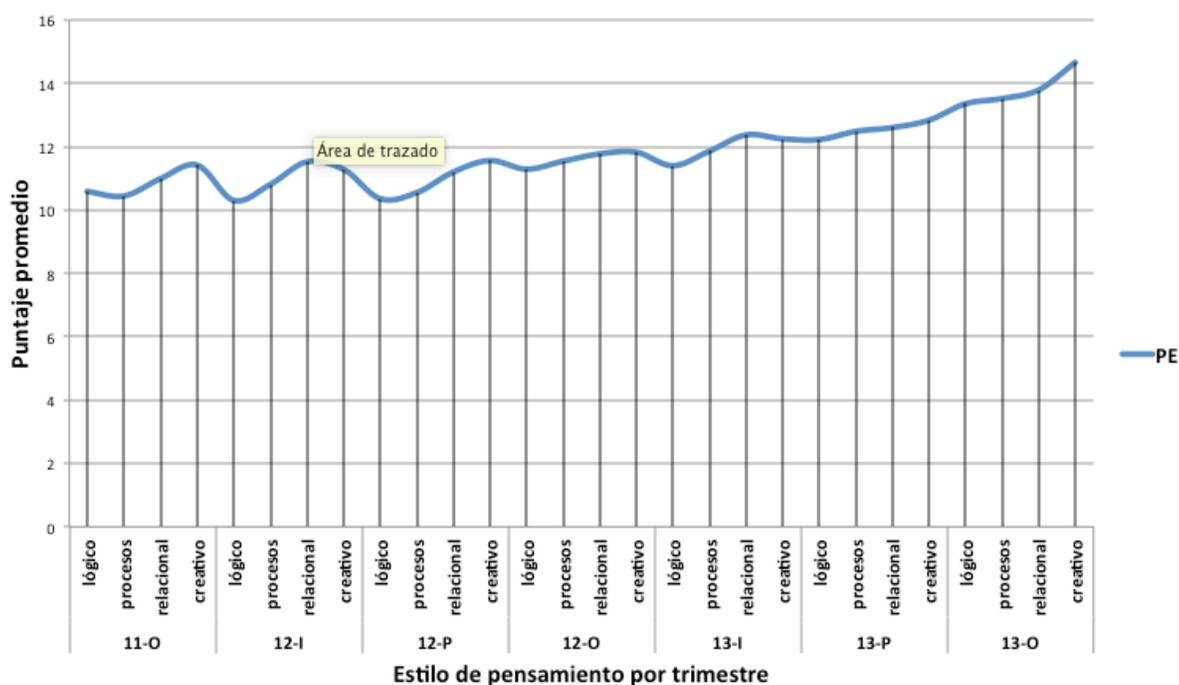


Figura 7.3. Puntajes promedio del estilo de pensamiento obtenidos en PE.

El estilo creativo en general es el que obtiene mayor promedio, seguido por el estilo relacional, después procesos y por último el lógico.

El ajuste de curva genera la ecuación de la recta que modela el comportamiento de los puntajes de estilos de pensamiento (ver figura 7.4) siguiente:

$$y = 0.1206x + 10.064 \text{ con } R^2=0.81443$$

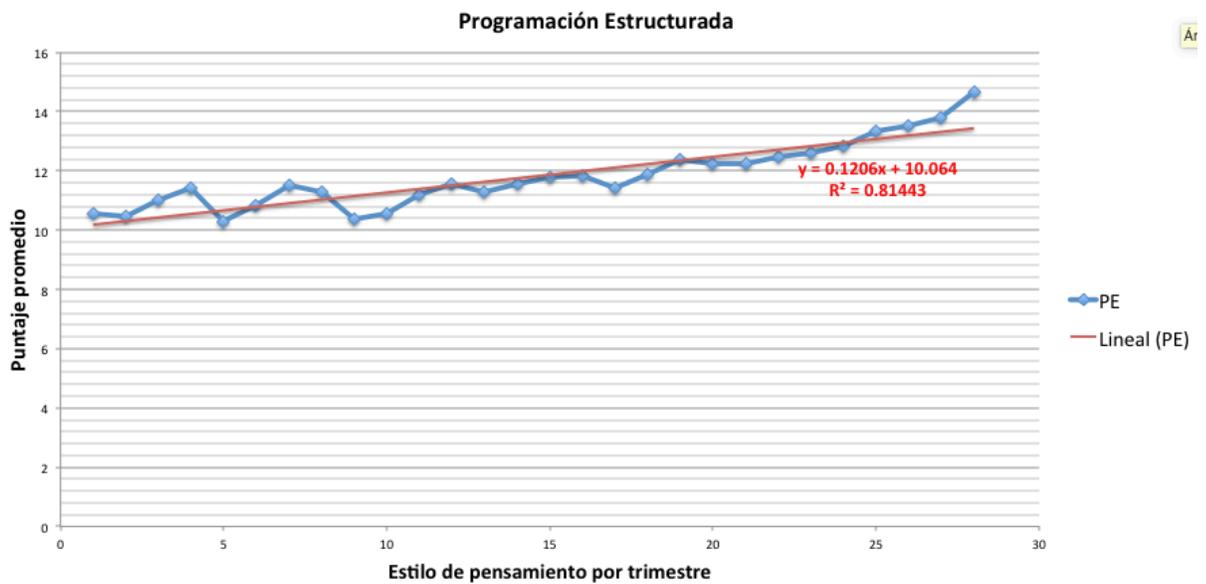


Figura 7.4. Ajuste de curva de los promedios del estilo de pensamiento.

Resultados de la etapa 3 de experimentos.

Aunque durante la etapa 2 las actividades de aprendizaje se personalizan acordes al estilo de pensamiento, no se contempló el nivel de dificultad de dichas las actividades, lo que afecta de manera importante los resultados.

Por tanto, se propone un modelo para determinar el nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje del curso. La dificultad de una actividad de aprendizaje se determinará mediante la obtención del porcentaje de estudiantes que obtienen una calificación mayor a 6 (S). De tal manera que sí el 20% de estudiantes o menos aprueban la actividad se considerará una actividad difícil. Mientas que si el porcentaje de estudiantes que obtienen una calificación aprobatoria en la actividad está entre un 21% y un 84% se considera una actividad de dificultad media o aceptable. Finalmente, si el porcentaje de estudiantes que aprueban una actividad es mayor al 85% entonces la actividad se pudiera considerar como fácil.

A continuación se presenta un análisis de las calificaciones de los estudiantes por actividad de aprendizaje para determinar su nivel de dificultad.

Nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje.

Durante los trimestres 11-O y 12-I se realiza la prueba de concepto. En este primer experimento se aplican las mismas actividades de aprendizaje en ambos trimestres donde un mayor número de estudiantes obtuvo calificaciones finales ≥ 6 en las actividades de aprendizaje. En la figura 7.5 se muestran los resultados obtenidos.

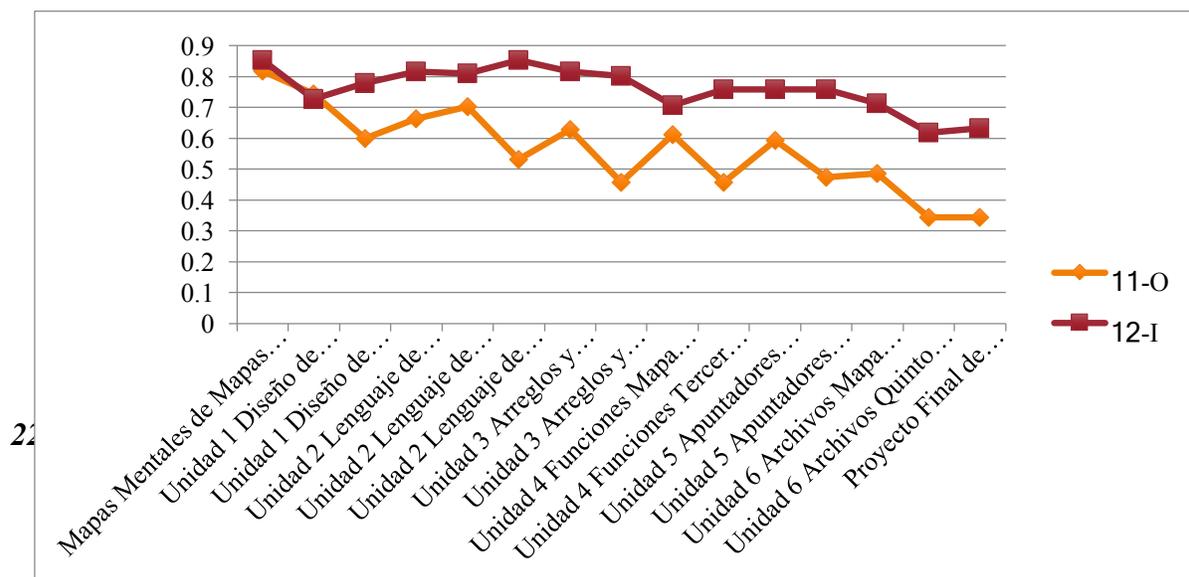


Figura 7.5. Nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje en los trimestres 11-O y 12-I.

Sin embargo, los estudiantes obtiene por diferentes medios las tareas, las autoevaluaciones, los programas y las otras actividades de aprendizaje que se incluyen en el curso. Por lo que se decidió modificar las actividades de aprendizaje que se aplicaron durante los casos de prueba durante los trimestres 12-P, 12-O, 13-I, 13-P y13-O.

Los resultados obtenidos durante el trimestre 12-P se muestran en la figura 7.6 donde se observa que al cambiar las actividades de aprendizaje el número de estudiantes que aprueban cada actividad disminuyó considerablemente.

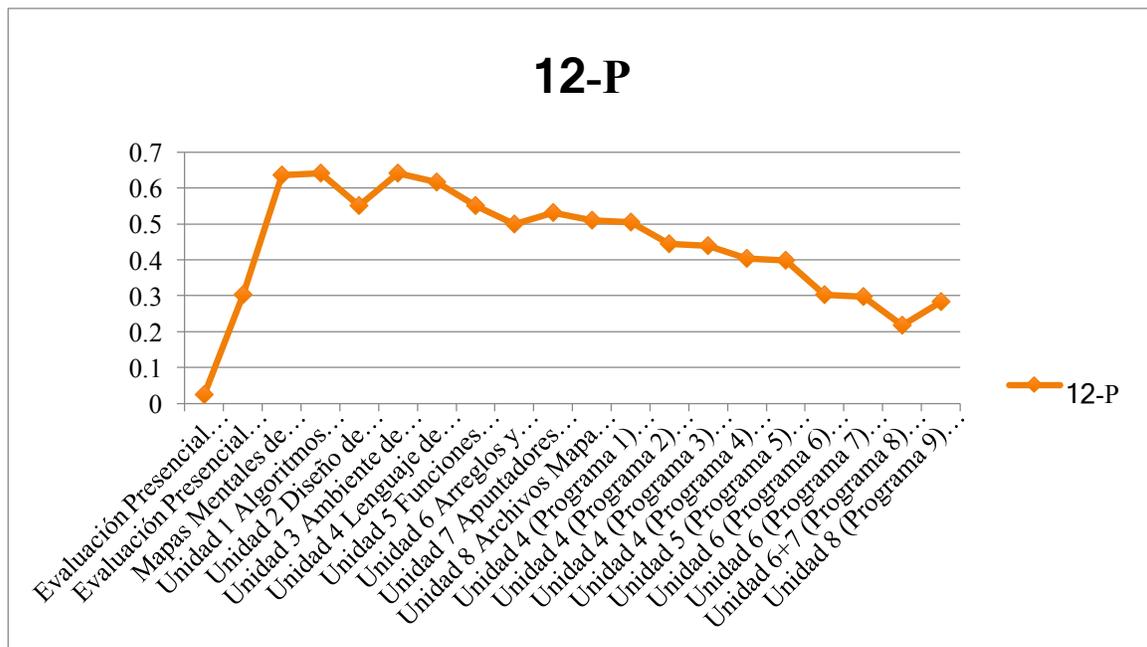


Figura 7.6. Nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje en el trimestre 12-P.

A partir de la experiencia del trimestre 12-P se diseñaron nuevas actividades de aprendizaje que se aplicaron en los trimestres 12-O y 13-I. Sólo los programas son diferentes en cada trimestre. Los resultados se muestran en la figura 7.7.

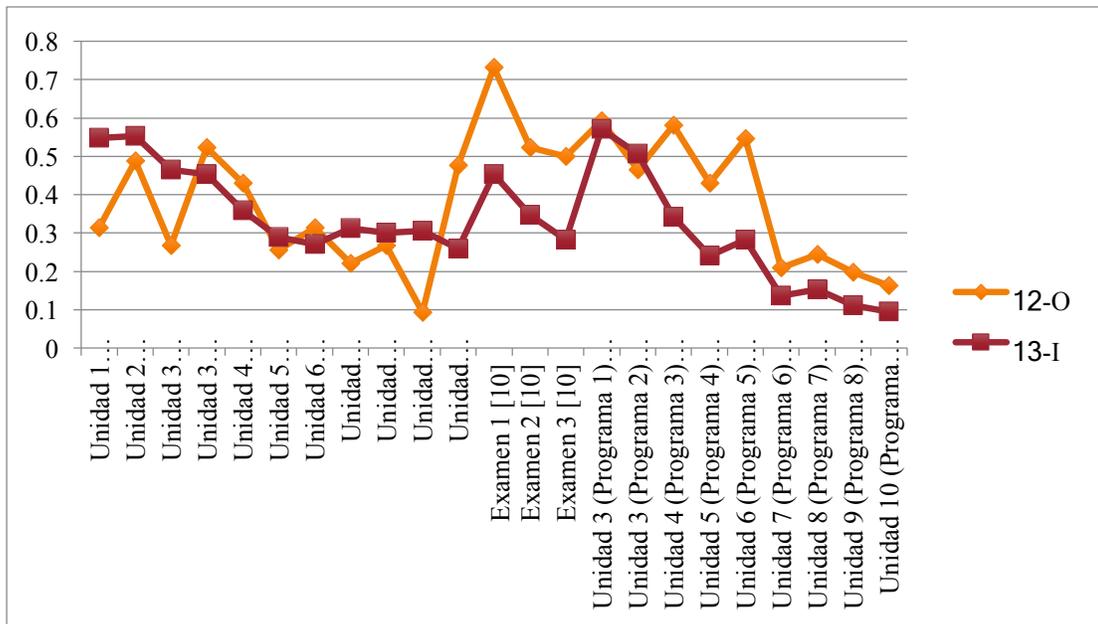


Figura 7.7. Nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje en los trimestres 12-O y 13-I.

Durante los trimestres 13-P y 13-O se realizan ajustes nuevamente en las actividades de aprendizaje y se obtienen los resultados que se muestran en la figura 7.8.

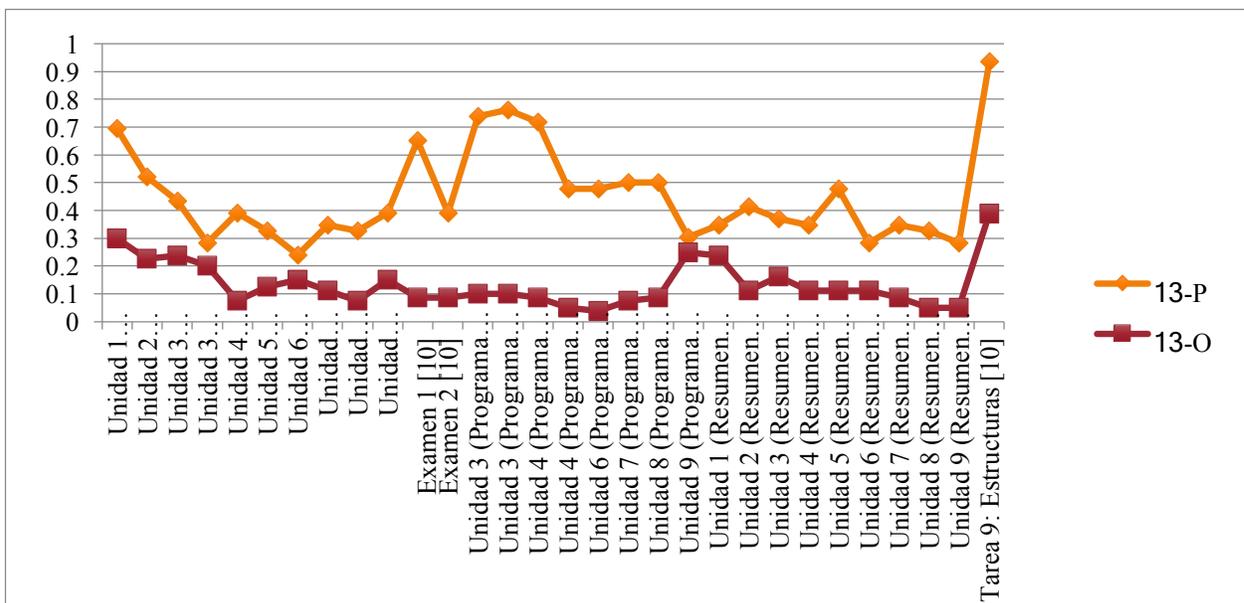


Figura 7.8. Nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje en los trimestres 13-P y 13-O.

Con base en el análisis anterior se determina un valor promedio aproximado del nivel de complejidad de las actividades de aprendizaje por trimestre que se muestra en la figura 7.9.

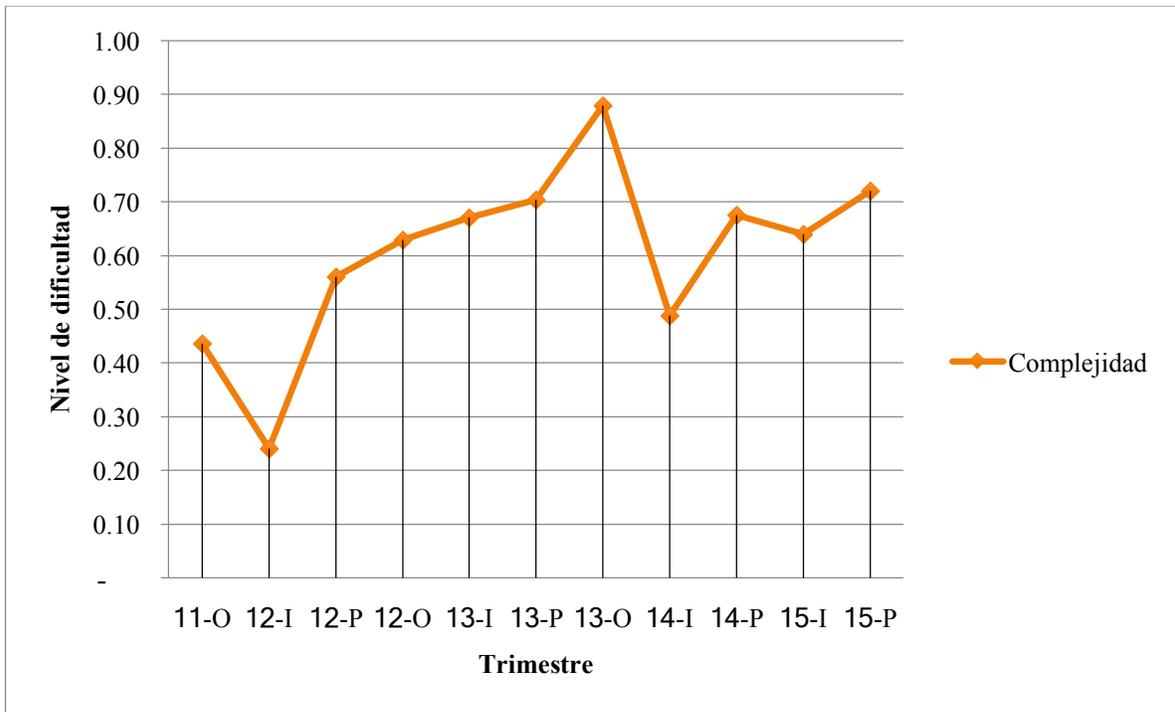


Figura 7.9. Nivel de dificultad promedio de las actividades de aprendizaje del curso de PE.

Rendimiento Escolar.

El rendimiento escolar se define como el resultado del cálculo en el cociente entre el número de estudiantes aprobados y el total de estudiantes que aparecen en actas de calificación, incluyendo los que nunca se presentaron al curso. Por lo que el rendimiento escolar se calculará a partir de la fórmula:

$$R = \frac{Ap}{At}$$

Donde:

R (rendimiento escolar),

Ap (número de estudiantes aprobados),

At (Total de estudiantes después de bajas).

Al mantener en un nivel de dificultad intermedio (un rango entre el 40% y 80%) las actividades de aprendizaje, para los trimestres 14-I, 14-P, 15-I y 15-O se observa que incrementa el índice de aprobación y por ende se incrementa el rendimiento escolar (ver tabla 7.21) como se muestra en la figura 7.10.

Tabla 7.20. Índice del rendimiento escolar en los trimestres del 13-O al 14-P, 15-I y 15P.

Trimestre	Rendimiento escolar
13-O	0.29787234
14-I	0.53846154
14-P	0.54545454
15-I	0.63636364
15-P	0.68

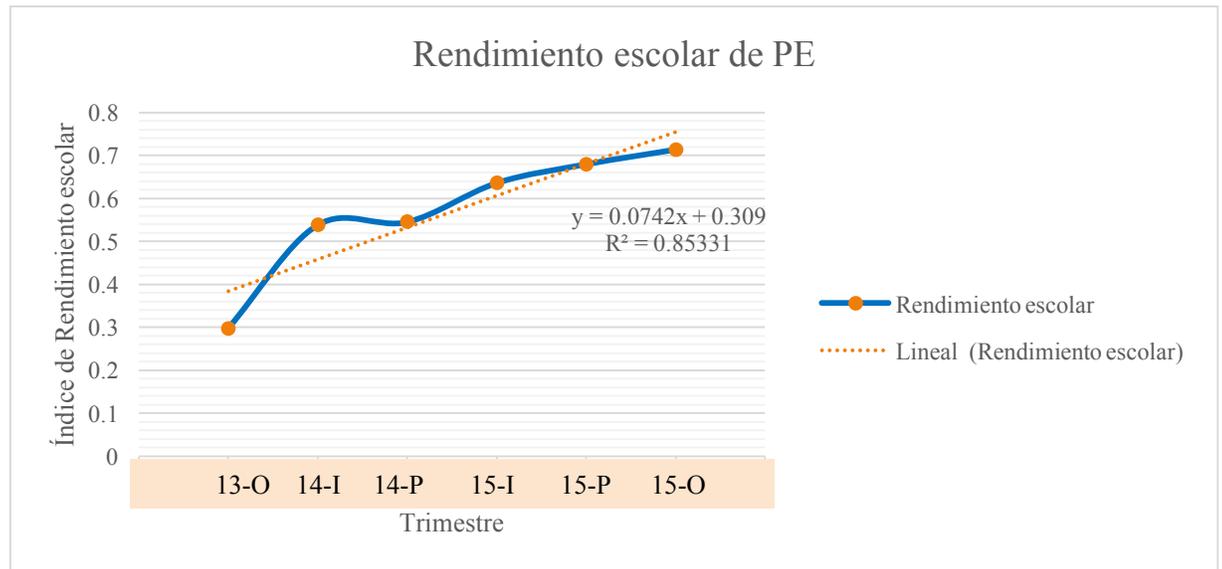


Figura 9.10. Rendimiento escolar obtenido en la UEA de PE de los trimestres 13-O, 14-I, 14-P, 15-I y 15-O.

Aportaciones a la generación de conocimiento

Las aportaciones de la presente investigación impactan en tres áreas del conocimiento:

1. En el ámbito de la Neuropedagogía con el Sistema Instruccional Cognitivo (SIC) que integra las dimensiones Tecnológica, Pedagógica y la Cognitiva;
2. En el ámbito de computacional (diseño de ontologías) con la metodología para el diseño didáctico y representación gráfica de ontologías (GODeM) y el modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje; y
3. En el ámbito de tecnología educativa con la propuesta de la arquitectura del entorno virtual de aprendizaje personalizado (EVAP) basado en una solución de Cómputo en la nube.

CAPITULO 8

Discusión

La discusión se realiza con base en los resultados obtenidos y atiende a dar respuesta a las preguntas de investigación y la validación de las hipótesis planteadas en la presente investigación.

Discusión de las preguntas de investigación.

¿Qué cambio produce la personalización de las actividades de aprendizaje en el índice de aprobación?

En los experimentos realizados se observa que al personalizar las actividades de aprendizaje del curso de Programación Estructurada (PE) no mejoran, debido a que el nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje tienen una tendencia a aumentar en los experimentos realizados hasta el trimestre 13-O. Al mantener el nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje en un rango del (40% al 80%) se observa que el índice de aprobación se incrementa.

Dado que se está abordando un problema complejo multivariable, es necesario analizar en un trabajo futuro otras variables que podrían impactar en el índice de aprobación de los estudiantes, tal es el caso de la motivación, acompañamiento, entre otros.

¿Qué cambio produce la personalización de las actividades de aprendizaje en el índice de deserción?

Se observa que el índice de retención oscila entre 0.39 y 0.73, en donde aproximadamente el 50 % de los valores de índice de retención oscilan entre 0.47 y 0.67.

El modelo de pronóstico propuesto considera el índice de aprobación como variable dependiente, se observa en la regresión multilíneal en que se puede observar que la variable

asociada al índice de deserción no contribuye significativamente en la aprobación, por lo que se descarta del modelo. Sin embargo, las variables de ausentismo y bajas contribuyen significativamente.

No se observa una dependencia directa entre la deserción con la personalización de las actividades de aprendizaje. Los resultados obtenidos sugieren una variable que afecta directamente la deserción es el ausentismo (estudiantes que se inscriben a la UEA pero nunca se presentan). Este fenómeno es crítico y digno de análisis en una investigación futura, ya que algunos estudiantes se inscriben y reprobaban la UEA sin presentarse una sola vez.

¿Cómo contribuye la personalización de las actividades de aprendizaje en el desarrollo del perfil cognitivo del estudiante?

Para realizar la personalización de las actividades de aprendizaje se consideran las habilidades o competencias que el estudiante debe desarrollar. Para el caso de la UEA de PE se requiere desarrollar habilidades para la solución de problemas mediante la creación de algoritmos y programas informáticos. Por tanto, para 6 de unidades del curso, se diseñaron 4 grupos de actividades de aprendizaje distintas (una para cada estilo de pensamiento: lógico, proceso, creativo y relacional).

En el trabajo de campo se observó que durante la realización de la prueba de concepto (trimestres 11-O y 12-I) los puntajes promedio de los estilos de pensamiento obtenidos se mantienen relativamente constantes. Para los casos de prueba (trimestres 12-P, 12-O, 13-I, 13-P y 13-O) se observa que los puntajes promedios obtenidos se incrementan, con una tendencia a los estilos creativo, lógico y procesos. Por tanto, los resultados sugieren la existencia de una contribución significativa de la personalización de las actividades de aprendizaje en el desarrollo del perfil cognitivo del estudiante.

¿Cómo contribuye la personalización de las actividades de aprendizaje en ambientes virtuales en el rendimiento escolar de los estudiantes?

Los resultados obtenidos muestran que cuando se personalizan las actividades de aprendizaje considerando el estilo de pensamiento del estudiante y las habilidades cognitivas que se pretende desarrollar, considerando un nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje intermedio (entre el 40% y el 80%) mejora el rendimiento escolar.

Discusión de las hipótesis planteadas

Planteamos dos hipótesis al inicio de nuestra investigación, el investigador presupone la existencia de una transformación del perfil cognitivo del estudiante al personalizar las actividades de aprendizaje de un curso. Otra presuposición realizada en el diseño de la presente investigación plantea que el rendimiento escolar de los estudiantes en cursos apoyados en ambientes virtuales personalizados mejora al personalizar las actividades de aprendizaje basado en estilos de pensamiento. A continuación se presentan las observaciones correspondientes.

HIPÓTESIS1: La personalización de las actividades de aprendizaje en ambientes virtuales no transforma el perfil cognitivo del estudiante.

A partir de los resultados obtenidos al personalizar las actividades de aprendizaje, se observa que el perfil cognitivo del estudiante mejora.

Este es un hallazgo importante ya que en la UEA de PE se espera que el estudiante aprenda a resolver problemas mediante el diseño de un algoritmo y la programación del mismo. Por lo tanto, se puede intuir que el estudiante debiera desarrollar habilidades de abstracción, creatividad y organización o estructura, lo que implica directamente la activación de los cuadrantes del cerebro asociados a los estilos de pensamiento creativo, lógico y procesos.

Según los hallazgos de los resultados obtenidos durante la presente investigación podría ser recomendable adoptar la personalización de las actividades de aprendizaje acordes con los estilos de pensamiento para que el estudiante pueda desarrollar su perfil cognitivo de acuerdo con los objetivos planteados en el curso correspondiente.

En este sentido el modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje contribuye con el desarrollo del perfil cognitivo del estudiante.

Cabe mencionar que la UEA de Programación Estructurada es la primera UEA del Departamento de Sistemas que puede cursar el estudiante bajo la modalidad no presencial (CNP) o bajo el Sistema de Aprendizaje Cooperativo mediado por Tecnologías de Información (SAC) el cual implica para el estudiante un mayor esfuerzo ya que debe adecuarse a una nueva modalidad de conducción del proceso enseñanza y aprendizaje, así como en el uso de la tecnología utilizada como apoyo, al trabajo cooperativo y al desarrollo de habilidades para realizar abstracciones y resolver problemas a través del desarrollo de programas para computadora (dada la temática particular del curso).

HIPÓTESIS 2: El rendimiento escolar de los estudiantes en cursos apoyados en ambiente virtuales WEB no mejora al personalizar las actividades de aprendizaje mediante la modelación de estilos de pensamiento.

Con base en los resultados obtenidos durante la investigación, se sugiere la posible mejora del rendimiento escolar cuando se personalizan las actividades de aprendizaje manteniendo un nivel de dificultad intermedio (entre 40% y 80%). Ya que en las pruebas realizadas en los trimestres 14-I y 14-P, que se repiten en 15-I y 15-P, se observa un incremento en el rendimiento escolar de los estudiantes.

En conclusión, es importante determinar el nivel de dificultad para poder seleccionar adecuadamente las actividades de aprendizaje que se deben incluir en un curso, tratando de sustituir aquellas que son muy fáciles (más del 85% de estudiantes aprueba) y aquellas que son muy difíciles (menos del 20% las aprueban). Por supuesto que los límites superior e

inferior son variables y los determina el profesor. Para realizar el análisis del nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje se propone el modelo SM-LAC.

Conclusiones

De los hallazgos obtenidos en la presente investigación se ha podido constatar que el problema de la calidad educativa es muy complejo. Incluso haberla abordado desde uno de sus indicadores, el rendimiento escolar, es en sí también una tarea muy compleja. Esto se debe a que el fenómeno de la reprobación es un problema multivariable, por lo que para abordarlo fue necesario partir de un enfoque sistémico del proceso de enseñanza y aprendizaje.

A partir de este enfoque se estableció el conjunto de variables que se observaron como entrada y como salida, así como los procesos que lo componen se alineen con el Sistema Instruccional Cognitivo (SIC) que propusimos en este trabajo. Bajo este contexto, se realizó una prueba de concepto y un conjunto de casos de prueba como parte del trabajo empírico, con el propósito de corroborar si nuestra propuesta incidía positivamente en una mejora del rendimiento escolar.

A continuación presentamos nuestras conclusiones en cuanto a la aplicación de nuestro modelo y los aportes que se tuvieron en el diseño y desarrollo del mismo.

Resultados en el rendimiento escolar al aplicar nuestro modelo

Como resultado del análisis estadístico con los datos obtenidos, de los cuales se observó que el índice de aprobación oscila en un rango que va del 29% al 71% con un valor medio de 57 % y desviación estándar de 15%. por lo cual se espera que al menos 40 % de los estudiantes inscritos apruebe.

Por otro lado se observa que al personalizar las actividades de aprendizaje y mantener el nivel de dificultad en un grado intermedio (entre 40% al 80%), se presenta una mejora en el rendimiento escolar.

Por su parte el índice de retención se mueve en un rango que se cuantificó del 39 % al 73 % con un valor medio de 52%, por lo cual se espera que porcentaje de retención del curso se estabilice en el 50 %.

La prueba de hipótesis realizada como parte del análisis de los datos, muestra que el promedio de estudiantes que aprueban este curso no es estadísticamente similar al de los cursos tradicionales en toda la división de CBI. A partir del análisis estadístico se propuso un modelo de pronóstico donde el índice de aprobación depende del índice de ausentismo y el índice de bajas, mientras que la deserción no es una variable significativa de la que dependa el índice de aprobación.

Una vez concluidos los experimentos se realiza un análisis estadístico en el que se consideran las variables del género, edad, carrera, estilo de pensamiento y nivel de dificultad o complejidad de las actividades de aprendizaje, del que se obtiene un nuevo modelo con 8 variables independientes mediante una regresión lineal:

$$Y = -9.295 + 1.193 X_1 - 2.799 X_2 - 3.0798 X_3 - 0.029 X_4 + 0.654 X_5 + 2.082 X_6 + 5.325 X_7 + 3.718 X_8 - 3.718 X_8$$

Se tiene un combinado de varias variables, mismas que contribuyen al efecto sobre el índice de aprobación. No es claro si el evento presenta multicolinealidad de las variables (sobreposición del efecto de las variables). Sólo el 68% del efecto de las variables se pueden explicar mediante el modelo creado con la regresión múltiple. El resto, el 32%, se debe a otras variables que confluyen en el evento y que no se incluye en el modelo. Las variables pueden ser de diferentes naturalezas, tales como características de los estudiantes (antecedentes académicos, capacidades de aprendizaje, motivación, etc.), latencia del aprendizaje, entre otras. Por lo cuál, sólo puede hablar acerca de la efectividad de 68% del modelo. La eficiencia de su modelo es alta si se piensa en términos de las poblaciones de estudiantes de Ingeniería en Mexico y en el Mundo.

Por otro lado, desde el punto de vista cualitativo se observó que con la personalización de las actividades de aprendizaje, las puntuaciones promedio del estilo de pensamiento de los estudiantes se incrementan, contribuyendo con la activación de habilidades de los cuadrantes del cerebro creativo, lógico y procesos. Esta evidencia justifica el diseño de un modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje acordes con los estilos de pensamiento basado en la Teoría del Cerebro Total.

El trabajo realizado durante la presente investigación permitió que mi visión ante la problemática multivariable de la reprobación y el rendimiento escolar diera un giro de 180 grados. Mi forma de pensar, de escribir, de hablar se ha transformado gracias a la formación obtenida en mis estudios de doctorado, ahora mi visión es más fina, busca los detalles, se cuestiona continuamente lo que ocurre y por qué ocurre. Sin duda es una experiencia enriquecedora en todo sentido.

Trabajo futuro.

Como trabajo futuro se plantea un nuevo enfoque del problema de la reprobación el cual podría ser abordado desde la perspectiva del impacto que tiene el nivel de dificultad de las actividades de aprendizaje que se incluyen en un curso.

En la tercer etapa de experimentos se observa un impacto directo del grado de dificultad de la actividad de aprendizaje con respecto en el rendimiento escolar, por lo que se propone un modelo que permite determinar el grado de dificultad y la selección de actividades de aprendizaje para el siguiente curso.

El modelo SM-LAC podría permitir seleccionar adecuadamente las actividades de aprendizaje y determinar cuál es el nivel de dificultad aceptable para integrarlas al curso en cuestión. Además se podrían identificar las actividades de aprendizaje consideradas como difíciles así como las fáciles para sustituirlas por otras nuevas. Toma como base el trabajo de complejidad de la tarea cognitiva y nivel de dificultad de preguntas en evaluación (Casart, Y., Fang, P., Trías, M., 2011).

Modelo SM-LAC y el grado de dificultad de las actividades de aprendizaje.

El modelo SM-LAC permite seleccionar adecuadamente las actividades de aprendizaje de dificultad aceptable de un curso durante un trimestre, tiene como objetivo integrar las actividades al curso en el siguiente trimestre. Además busca de eliminar las actividades difíciles y las fáciles e integrar nuevas para ser evaluadas.

La función objetivo que se desea maximizar es:

$$\mathbf{max z: \theta}$$

definida como:

$$\theta = \prod_{i=1}^K \beta_i e y_i + \prod_{i=1}^K \beta_i e w_i$$

Sujeta a las siguientes restricciones:

Sea c_i^t la actividad i realizada en el tiempo t . Entonces se asigna 1 siempre que la actividad i se haya realizado por los estudiantes en el tiempo t (en nuestro caso, en un trimestre determinado), por tanto tenemos que:

$$c_i^t = \begin{cases} 1 & \text{si la } i - \text{ésima actividad se realizó en el tiempo } t \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

Sea τ_i el número de veces que se realizó la actividad i en el tiempo. Se calcula a partir de la sumatoria de todas las actividades realizada en el tiempo t . Tomando t desde 1 hasta el último T en que se programó el curso (para nuestro caso el trimestre anterior). Por lo que tenemos:

$$\tau_i = \sum_{t=1}^{T-1} c_i^t$$

Sea x_i^t la media normalizada de la actividad i realizada en el tiempo t ,

donde

$\alpha_{i,j}$ Calificación de la actividad i obtenida por el estudiante j

$\bar{\alpha}_i$ Promedio de calificación de la actividad i

σ_i Varianza de las calificación de la actividad i

por tanto tenemos que:

$$x_i^t = \begin{cases} \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \frac{\alpha_{i,j} - \bar{\alpha}_i}{\sigma_i} & \text{si la } i\text{-ésima actividad se realizó en el tiempo } t \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

$$\forall i = 1, \dots, K \ \& \ \forall t = 1, \dots, T - 1$$

Sea β_i el valor promedio de aprobados de la actividad i . Calculado como la sumatoria de todas las actividades i realizadas en el tiempo t . Para toda i que va de 1 hasta el número de actividades K . Por tanto tenemos que:

$$\beta_i = \frac{1}{\tau_i} \sum_{t=1}^{T-1} x_i^t \quad \forall i = 1, \dots, K$$

Sea γ_i la actividad i de dificultad aceptable dentro del intervalo $(\beta_{inferior}, \beta_{superior})$. Donde $\beta_{inferior}$ es el valor mínimo aceptable de aprobados de la actividad i y $\beta_{superior}$ es el valor máximo aceptable de aprobados de la actividad i .

Por tanto se asigna a γ_i 1 si la β_i está dentro del intervalo comprendido en el rango de dificultad aceptable. Entonces tenemos que:

$$\gamma_i = \begin{cases} 1 & \text{si } \beta_i \in (\beta_{inferior}, \beta_{superior}) \\ 0 & \text{encualquierotrocaso} \end{cases}$$

Sea y el número de actividades elegidas para integrarse en el curso del siguiente periodo. Se calcula como la sumatoria de las actividades i de dificultad aceptable dentro del intervalo establecido. Entonces tenemos:

$$y = \sum_{i=1}^K \gamma_i$$

Sea z el número de actividades programadas que se calcula a partir del número de actividades elegidas (y) y las nuevas actividades (w) que se incluyen en el curso.

Entonces tenemos que:

$$z \leq y + w$$

Por lo tanto el número de actividades nuevas que se incluirán en el curso se determinan por:

$$\text{si } z > yw = y - z$$

$$z \leq yw = 0$$

Sea e_{yi} la variable que determina si se elige la actividad i , toma un valor de 1 si es elegida (tienen una dificultad dentro de lo establecido en el rango de β_i) y 0 en caso contrario, por lo que:

$$e_{yi} = \begin{cases} 0 & \text{noseeligeyi} \\ 1 & \text{sieligeyi} \end{cases}$$

Sea ew_i la variable que determina la elección de una nueva actividad i que toma un valor de 1 si es elegida y 0 en caso contrario, por lo cual:

$$ew_i = \begin{cases} 0 & \text{noseeligelaactividadwi} \\ 1 & \text{sieligelaactividadwi} \end{cases}$$

Por tanto sea:

$$\theta = \prod_{i=1}^K \beta_i ey_i + \prod_{i=1}^K \beta_i ew_i$$

Donde:

z número de actividades programadas.

y número de actividades elegidas

w número de nuevas actividades incluidas

K número de actividades

T tiempo

c_i^t actividad i realizada en el tiempo t

τ_i número de veces que se realizó la actividad i en el tiempo

β_i valor promedio de aprobados de la actividad i

$\beta_{inferior}$ valor mínimo aceptable de aprobados de la actividad i

$\beta_{superior}$ valor máximo aceptable de aprobados de la actividad i

γ_i actividad de dificultad aceptable dentro del intervalo $(\beta_{inferior}, \beta_{superior})$

ey elección de la actividad i

ew_i elección de la nueva actividad i

x_i^t media normalizada de la i -ésima actividad en el tiempo t

$a_{i,j}$ Calificación de la actividad i obtenida por el estudiante j

\bar{a} Promedio de calificación de la actividad j

σ varianza de las calificación de la actividad j

La implementación y sistematización del modelo SM-LAC, así como el trabajo empírico necesario para probarlo forman parte del trabajo futuro a desarrollar.

Por otro lado, un trabajo a futuro es la integración de inteligencia computacional para realizar ajustes intermedios en la personalización de actividades de aprendizaje durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, brindando al estudiante una recomendación para readecuar y seleccionar las actividades de aprendizaje con base en los resultados que tiene en unidades anteriores.

LITERATURA CITADA

- Abik, M., Ajhoun, R. (2009). Normalization and Personalization of Learning Situation: NPLS. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 4(2), 4-10.
- Aguilar-Barojas, Sarai. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, enero-agosto, 333-338.
- Ali, S., Abdel-Rahman, Tawil, H., Jahankhani, H., Yarandi, M. (2013). Towards an Ontological Learners? Modelling Approach for Personalised e-Learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 8(2), 4-10.
- Allal, L. Mottier Lopez, L. (2005). Formative of Learning: A review of publications in French, en formative assessment – Improving. Learning in Secondary Classroom. Paris. OECD Publication.
- Almaguer, T. (2000). *La Calidad en la Educación Pública en México*. Revista Ege Escuela de Graduados en Educación. Publicación bimestral, 1 (3). México: Tecnológico de Monterrey Universidad Virtual. Recuperado de ftp://sata.ruv.itesm.mx/portalesTE/Portales/Mantenimiento/EGE/portalege/revista_ege/indice/numeros_anteriores/revista_3/revista_ege_3-1.pdf
- Alonso, C.; Gallego D.; Honey, P. (1994). *Los Estilos de Aprendizaje: Procedimientos de diagnóstico y mejora*. Bilbao: Ediciones Mensajero
- Alonso, C. M., Gallego, D. J., Honey, P. (1999). *Los estilos de aprendizaje. Procedimientos de Diagnóstico y Mejora*. 4ª Edición. Bilbao: Ediciones Mensajero.
- Alonso, M., Gil D., & Martínez T. J. (1995). *Concepciones docentes sobre la evaluación en ciencias*. Barcelona: Alambique, 4.
- Álvarez J. (2003). *La evaluación a examen: ensayos críticos*. Buenos Aires: Miño y Dávila Editores.
- Al-Sayyed, R., Hudaib, A., AL-Shboul, M., Majdalawi, Y., Bataineh, M. (2010). Automated Assessment, Face to Face. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 5(3), 4-11.

- Al-Smadi, M., Guetl, C., Kappe, F. (2010). Peer Assessment System for Modern Learning Settings: Towards a Flexible E-Assessment System. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 5 (1), 5-11.
- Al-Smadi, M., Gütl, C., Helic, D.(2009). Towards a Standardized e-Assessment System: Motivations, Challenges and First Findings. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 4, 6-12.
- Amilah, Z., Rahah, S., Thanthawi, N., Osman, N. (2014). Requirement Analysis of E-Content for Visual Learners. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 9(1), 78-81.
- Anijovich R., Cappelletti G., Mora, S., Sabelli, M. (2009). *Transitar la formación pedagógica*. Buenos Aires: Paidós.
- Anijovich, R., W. De Camilloni, A., Cappelletti, G., Hoffmann, J., Katzkowicz, R., Mottier, L. (2010). *La evaluación significativa*. Voces de la educación. Buenos Aires: Paidós.
- Anijovich, R. (2010a). La retroalimentación en la evaluación. En Anijovich, R., W. De Camilloni, A., Cappelletti, G., Hoffmann, J., Katzkowicz, R., Mottier, L. (Ed.), *La evaluación significativa*. Voces de la educación (129-149). Buenos Aires: Paidós.
- Anolli, L., Mantovani, F., Confalonieri, L., Ascolese, A., Peveri, L. (2010). Emotions in Serious Games: From Experience to Assessment. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 5, 7-16.
- Arriaga, E. (2003). La Teoría de Niklas Luhmann. *Centro de Innovación Desarrollo e Investigación Educativa (CIDIE) Convergencia*, 32. UAEM, México. Anuarios L/L, edición especial, Instituto de Literatura y Lingüística, Cuba.
- Arnold, M., Osorio, F. (1998). *Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas*. Cinta de Moebio, abril, número 3. Facultad de ciencias sociales Universidad de Chile, Chile. Recuperado de <http://www.unamerida.com/archivospdf/306%20TGS.pdf>
- Askew, S. & Lodge, C. (2000). *Gifts, ping-pong and loops - linking feedback and learning*. S. Askew (ed.) Feedback for learning. London: Routledge.
- Ausubel D.P., Novak J.D. y Hanesian H. (2009). *Psicología Educativa, un punto de vista cognoscitivo*. México: Editorial Trilla, segunda edición.

- Banyard, P., Cassells, A., Green, P., Hartland, J., Hayes, N. (1995). *Introducción a los procesos cognitivos*. Barcelona: Editorial Ariel, S.A.
- Barry Smith, B. (2006). *Against Idiosyncrasy in Ontology Development*. Department of Philosophy and National Center for Ontological Research, University at Buffalo, USA and Institute for Formal Ontology and Medical Information Science, Saarbrücken, Germany. Recuperado de: <http://ontology.buffalo.edu/bfo/west.pdf>
- Barchini, G., Álvarez, M. (2010). Dimensiones e indicadores de la calidad de una ontología. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 7(1). 29-38.
- Batista, T. (2007). La gestión pedagógica en el año académico desde un modelo integrador del currículo y la labor educativa. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chóco* D.L.C. No. 26, Año 2007, 99-104.
- Beltrán, J., Bueno, J.A. (1995). *Psicología de la Educación*. España: Editorial Boixareau Universitaria.
- Benevides, A.B., & Guizzardi, G. (2009). A model-based tool for conceptual modeling and domain ontology engineering in OntoUML. In *Enterprise Information Systems* (pp. 528-538). Springer Berlin Heidelberg.
- Benítez, M. G. (2010, Marzo). Modelo de diseño instruccional ASSURE aplicado a la educación a distancia. *Revista académica de investigación, Tlatemoani* (10). Recuperado de <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/01/mgbl.htm>
- Benlihan Uğur, Buket Akkoyunlu, Serap Kurbanoglu. (2011). Students' opinions on blended learning and its implementation in terms of their learning styles. *Education and Information Technologies*, 16(5), 5-23.
- Berger, C. & Kam, R. (1996). Definitions of Instructional Design. Adapted from "Training and Instructional Design". Penn State University. *Applied Research Laboratory*. Recuperado de <http://www.umich.edu/~ed626/define.html>
- Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. (2001). The Semantic Web. A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. *Scientific American Magazine*.
Recuperado de
249

<http://www.cs.umd.edu/~golbeck/LBSC690/SemanticWeb.html><http://www.scientificamerican.com/magazine/sa/2001/05-01/>

- Bertalanffy, L. (1968). *Teoría General de Sistemas*. México: Fondo de cultura económica.
- Best, J. (2002). *Psicología cognoscitiva*. México: Thomson Learning.
- Blanco, R., Astorga, A., Guadalupe, C., Hevia, R., Nieto, M., Robalino, M., Rojas, A. (2007). *Educación de calidad para todos un asunto de derechos humanos*. Argentina: Documento de discusión sobre políticas educativas en el marco de la II Reunión Intergubernamental del Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe (EPT/PRELAC). UNESCO, Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe (OREALC/UNESCO Santiago).
- Bottani, N. & Tuijnman, A., (1994). International Educational Indicators: framework, development and interpretation. En: Making Education Count. *Developing and using international indicators*. CIRE, Paris, OCDE.
- Bransford, J. D. (1979). *Human cognition: Learning, understanding and remembering*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Brenes, F. (2006). *Evaluación diagnóstica, formativa y sumativa de los aprendizajes*. Costa Rica: Editorial EUNED.
- Brna, P., Baker, M., Stenning, K. and Tiberghien, A. (2002). *The Role of Communication in Learning to Model*. Mahwah N.Y.: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Publishers. ISBN 0-8058-4064-8.
- Broderick, C. L. (2001). *What is Instructional Design?*. Recuperado de <http://www.reocities.com/Athens/temple/7037/whatisID.htm>
- Broderick, C. L. (2001). Instructional systems designs: What it's all about. *Training Journal*, 25. Recuperado de www.oocities.org/ok_bcurt/ISD_article.doc
- Brown, A. L. (1975). The development of memory: Knowing, knowing about knowing, and knowing how to know. En: H. W. Reese (Ed.) *Advances in child development and behavior*. New York: Academic Press.

- Bruner, J.S. (1969). *Hacia una teoría de la Instrucción*. México: Uthea.
- Bryan, C, & Clegg K. (2006). *Innovative Assessment in Higher Education*. Routledge Eds. Abingdon and New York: Taylor and Francis.
- Burnett, C. (2011). Medium for empowerment or a 'centre for everything': Students' experience of control in virtual learning environments within a university context. *Education and Information Technologies*, 16 (3), 245-258.
- Camilloni, A. (2010). La evaluación de trabajos elaborados en grupo. En Anijovich, R., W. De Camilloni, A., Cappelletti, G., Hoffmann, J., Katzkowicz, R., Mottier, L. (Ed.), *La evaluación significativa*. Voces de la educación (151-176). Buenos Aires: Paidós.
- Capuano, N., Mangione, G., Pierri, A., Salerno, S. (2014). Personalization and Contextualization of Learning Experiences based on Semantics. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 9(7), 5-14.
- Carreño, F. (1991). *Enfoques y principios teóricos de la evaluación*. México: Editorial Trillas.
- Carretero, M., & García, J. (1984). *Lecturas de Psicología del Pensamiento*. Madrid: Alianza Editorial.
- Casart, Y., Fang, P., Trías, M. (2011). Complejidad de la tarea cognitiva y nivel de dificultad de preguntas en evaluación de comprensión de lectura en inglés científico y técnico (ICT). *Revista Paradigma*, 32(2), 23-38.
- Casassus, J. (2005). Problemas de la Gestión Educativa en América Latina (la tensión entre los paradigmas de tipo A y el tipo B). *UNESCO* (21-24). Recuperado de http://ceadug.ugto.mx/iglu/Mod%20III/lecturas/Problemas_gestion_educativa1.pdf.
- Cassidy, S. (2007). Assessing 'inexperienced' students ability to self-assess: exploring links with learning style and academic personal control. *Journal: Assessment & Evaluation in Higher Education*. 32 (3), 313-330.
- Castañeda, S. (2006). Evaluación del Aprendizaje en el Nivel Universitario. Elaboración de exámenes y reactivos objetivos. Universidad Autónoma de México. México: Proyecto CONACyT 40608-H.

- Ceccaroni, L., & Kendall, E. (2003). A graphical environment for ontology development. *In Proceedings of the second international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems ACM*. 958-959.
- CEPAL/UNESCO. (2004). *Financiamiento y Gestión de la Educación en América Latina y el Caribe*, Versión preliminar, Trigésimo período de sesiones de la CEPAL. San Juan, Puerto Rico, LC/G.2249 (SES.30/14).
- CIDE. (2009). Evaluación del programa de escuelas de calidad, 2001. <http://basica.sep.gob.mx/pec/pdf/evaluaciones/informe2001.pdf>
- Clark, R.C. (2002). Applying cognitive strategies to instructional design. *Performance Improvement*, 41 (7), 8-14.
- Claro, M. (2009). Impacto de las TIC en la gestión escolar. Borrador Documento de Trabajo, División de Desarrollo Social CEPAL, Proyecto @LIS2, Componente Educación.
- Claro, M. (2010). *Impacto de las Tecnologías Digitales en el aprendizaje de estudiantes. Estado del Arte*. En proceso de publicación. Documento de Trabajo, División de Desarrollo Social CEPAL, Proyecto @LIS2, Componente Educación.
- Claro, M., Preiss, D., Hinostroza, E., Jara, I., Cortes, F., San Martín, E., Valenzuela, S., Vargas, J. (2010) ¿Están los jóvenes aprendiendo lo esperado en relación a las TIC? Competencias TIC Siglo XXI en estudiantes chilenos de 15 años. CONICYT. OCDE. Recuperado de http://www.microdatos.cl/doctos_noticias/Jara_Claro.pdf
- Cloud Computing Tutorial. (2015). Toturials Point. Recuperado de: http://www.tutorialspoint.com/cloud_computing/index.htm
- Colace, F., De Santo, M., Greco, L. (2014). E-Learning and Personalized Learning Path: A Proposal Based on the Adaptive Educational Hypermedia System. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 9(2), 9-16.
- Colclough Christopher, (2004). *Educación para Todos. El imperativo de la calidad*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura 7, Place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia: Ediciones UNESCO.

- Coll, C., Barberà, E., Onrubia, J. (2000). La atención a la diversidad en las prácticas de evaluación. *Infancia y Aprendizaje, GRINTIE*, 90, 111-132.
- Coll, C., Martin, E., Maurí, T., Miras, M., Onrubia, J., Sole, I y Zabala, A. (2007). *El constructivismo en el Aula*. Barcelona: GRAO.
- Coll, C. Mauri, T. y Onrubia, J. (2008).). Los entornos virtuales de aprendizaje basados en el análisis de casos y la resolución de problemas. En *Psicología de la educación virtual*, editado por C. Coll y C. Monereo. España: Morata.* Mergel, B. (1998). *Diseño instruccional y teoría de aprendizaje*. Occasional Papers in Educational Technology.
- Congreso de la Unión, LVIII Legislatura y Secretaría de Educación Pública (2002). *La Calidad de la Educación en México: Perspectivas, análisis y evaluación*. México, D. F. : Editorial Porrúa.
- Cox, M., & Marshall, G. (2007). Effects of ICT: Do we know what we should know? *Education and Information Technologies*, 12, 59-70.
- Chadwick, C.B. (1988). Estrategias cognitivas y afectivas de aprendizaje. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 1-32.
- Dahmani, B., Mohammed,S., Catherine, C., Pierre, C. (2011). Adaptive Exercises Generation Using an Automated Evaluation and a Domain Ontology: The ODALA+ Approach. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 6(2), 4-10.
- De Miguel Díaz, M. (2006). Metodologías para optimizar el aprendizaje. Segundo objetivo del Espacio Europeo de Educación Superior. *Revista Interuniversitaria de Formación de Profesorado*, 20(3).
- De Nicola, A., Missikoff, M., & Navigli, R. (2005). A proposal for a unified process for ontology building: UPON. In *Database and Expert Systems Applications* (pp. 655-664). Springer Berlin Heidelberg.
- Del Canto, P., Gallego, I., López, J. M., Mochón, F., Mora, J., Reyes, A., Rodríguez, E., Kanapathipillai, S., Santamaría, E. y Valero, M. (2010). La evaluación en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior. *Revista de Educación a Distancia*, 1, 1-18.

- Delors, J. (1994). Los cuatro pilares de la educación. En *La Educación encierra un tesoro*. México: El Correo de la UNESCO, 91-103. Recuperado de <http://www.uv.mx/dgdaie/files/2012/11/PPP-DC-Delors-Los-cuatro-pilares.pdf#page=8&zoom=auto,0,801>
- Delors, J., Mufti, I., Amagi, I., Carneiro, R., Chung, F., Geremek, B., Gorham, W., Kornhauser, A., Manley M., Padrón, M., Savané, M., Singh, K., Stavenhagen R., Won, M., Nanzhao, N. (1996). *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI, París, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001095/109590so.pdf>
- Díaz, F. (2006). Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida. México: Mc Graw Hill.
- Diccionario de la Real Academia Española. (2012). Recuperado de: <http://www.rae.es/obras-academicas/diccionarios/diccionario-de-la-lengua-espanola>
- Dick, W., Carey L. (2005). *The systematic design of instruction*, (6th ed). USA: Person.
- Dochy F., Segers, M. y Dierick, S. (2002). Nuevas Vías de Aprendizaje y Enseñanza y sus Consecuencias: una Nueva Era de Evaluación. *Revista de Docencia Universitaria*, 2 (2). Recuperado de: <http://revistas.um.es/redu/article/view/20051/19411>
- Dorrego, E. (1999). *Flexibilidad en el diseño instruccional y nuevas tecnologías de la información y la comunicación EDUTEC*. Recuperado de <http://tecnologiaedu.us.es/edutec/2libroedutec99/libro/4.2.htm>
- Dorrego E. (2005). Educación a Distancia y Evaluación del Aprendizaje. RED. *Revista de Educación a Distancia*. Año 5, número monográfico 6. Recuperado de <http://www.um.es/ead/red/M6/dorrego.pdf>
- Dunn, R., & Dunn, K. (1978). *Teaching students through their individual learning styles*. Reston, VA: Reston Publishing.
- Dunn, R., & Griggs, S. (1995). *Multiculturalism and learning styles: Teaching and counseling adolescents*. Westport, CT: Greenwood Publishing.

- Duschatzky, S. (1999). *La escuela como frontera*. Buenos Aires: Paidós.
- Ekman, P. & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17, 124-129.
- Ekman, P. & Friesen, W. V., Tomkins, S. (1971). *Facial Affect Scoring Technique: A First Validity Study*. *Semiotica* III. Recuperado de <http://www.ekmaninternational.com/ResearchFiles/Facial-Affect-Scoring-Technique-A-First-Validity-Study.pdf>
- Elliott, R.J. (2008). Assessment 2.0. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 8(3), 66-70.
- El Bouhdidi, J., Ghailani, M., Fennan, A.(2013). A Probabilistic Approach for the Generation of Learning Sessions Tailored to the Learning Styles of Learners. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 8(6), 42-49.
- Espinoza, O., Gonzalez L.E., Poblete A., Ramírez, S., Silva, M., Zuñiga, M. (1994). *Manual de Autoevaluación de Instituciones de Educación Superior: Pautas y Procedimientos*. Santiago de Chile: Centro Interuniversitario de Desarrollo (CINDA). Recuperado de <http://www.universidadfutura.org/wp-content/uploads/2012/03/2-Instrumentos-y-su-Aplicaci%C3%B3n.pdf>
- Farquhar, A. (1997). *Ontolingua Tutorial*. Knowledge System Lab. Stanford University. Recuperado de <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>
- Farrell, G. & Leung, Y. (2004). Innovative Online Assessment Using Confidence Measurement. *Education and Information Technologies*. 9 (1), 5-19. Recuperado de <http://link.springer.com/article/10.1023%2FB%3AEAIT.0000024258.29560.3c#page-1>
- Fuenmayor G. & Villasmil, Y. (2008). La percepción, la atención y la memoria como procesos cognitivos utilizados para la comprensión textual. Universidad Católica Cecilio Acosta Venezuela. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, 9 (22), 187-202.
- Fernández, M., Gómez-Pérez, A., Juristo, N. (1997). METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. In: *Proceedings of AAAI97 Spring Symposium Series*,

Workshop on Ontological Engineering. 33-40. Stanford USA. Recuperado de <http://oa.upm.es/5484/1/METHONTOLOGY.pdf>

Fernández, M., Gómez-Pérez, A., Pazos-Sierra, A., Pazos-Sierra, J. (1999). Building a Chemical Ontology Using Methontology and the Ontology Design Environment. *IEEE Intelligent Systems*, 14(1), 37-46. Recuperado de http://oa.upm.es/5466/1/Building_a_Chemical_Ontology.pdf

Fernández, M. (1999). Overview of Methodologies for Building Ontologies. In V. R Benjamins (Ed.) *Proceedings of IJCAI99 Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods: Lessons Learned and Future Trends*. Stockholm, Sweden. CEUR Publications, Volume 18. Recuperado de http://oa.upm.es/5480/1/Overview_Of_Methodologies.pdf

Fernández, S.J. (2002). Calidad de la enseñanza y evaluación: ¿Aprender o rendir? En Fernández S.J. *Evaluación del rendimiento, evaluación del aprendizaje*. Madrid: Akal.

Felder R. (1995). A longitudinal study of engineering student performance and retention. IV. Instructional methods and student responses to them. *Journal of Engineering Education*, 84(4), 361-367.

Flavell, J.H. (1981). Cognitive monitoring. En W.P. Dickson (Ed.), *Children's oral communication skills*. New York: Academic Press.

Fleming, N. (2001). *Teaching and learning styles: VARK strategies*. Christchurch, New Zealand: N.D. Fleming.

Galván, J. (2006). *Aprendizaje Integral en la práctica*. México: Grupo Editorial Tomo S.A. de C.V.

Gardner, H. (1983). *Inteligencias múltiples*. Paídos.

Gardner, H. (1993). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books.

Gardner, H. (1999). *Intelligence Reframed: Multiple Intelligences for the 21st Century*. New York: Ed. Basic Books.

Gagné, R. M. (1965). *The conditions of learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

- Gagne, R.M., Briggs, L., Wagner, W. (1992). *Principios de diseño instruccional* (4^a ed.), New York: Holt, Reinhart, & Winston.
- Gardié, O. (2000). Determinación del perfil de estilos de pensamiento y análisis de sus posibles implicaciones en el desempeño de profesionales universitarios venezolanos. Revista: *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, (26), 25-38. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07052000000100002&script=sci_arttext
- García, V. (1995). *Diagnóstico, evaluación y toma de decisiones*. España: Ediciones Rialp, S.A.
- García-Ros R., Pérez-González F. (2011). Assessment preferences of preservice teachers: analysis according to academic level and relationship with learning styles and motivational orientation. *Teaching in Higher Education* 16 (6), 719-731. DOI: 10.1080/13562517.2011.570434.
- Gil-García R. (2012). *Pensamiento sistémico y dinámica de sistemas para el análisis de políticas públicas: Fundamentos y recomendaciones*. CIDE. Noviembre 2008. Número 212. Recuperado de <http://www.cide.edu/publicaciones/status/dts/DTAP%20212.pdf>
- Giouvanakis, T., Tarabanis, K., Bousiou, D. & Samaras, H. (2002). Exploring the strengths and limitations of learning styles towards the design of an adaptive web-based instructional system. In P. Barker & S. Rebelsky (Eds.), *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2002*, 1707-1712. Chesapeake, VA: AACE. Recuperado de <http://www.editlib.org/p/9941>.
- Glavinić, V., Čupić, M., Groš, S.(2008). StudTest ? A Platform Supporting Complex and Interactive Knowledge Assessment. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 3, 33-39.
- Gómez, C y Col, C. (1994). *De qué hablamos cuando hablamos de constructivismo*. Cuadernos de Pedagogía. Recuperado de <http://www.ctascon.com/De%20que%20hablamos%20cuando%20hablamos%20de%20construccionismo.pdf>
- Gómez, C. J., Herrera M., De la Cruz, M., Martínez, J., González, F., Poggioli, L., Herrera, F., Ramírez, M., Ruíz, C., Cazau, P., Martínez, M. (2004). *Neurociencia Cognitiva y Educación*.

Serie: Materiales de Posgrado. Perú, Lambayeque: Fondo Editorial FACHSE. Recuperado de <http://online.upaep.mx/campusTest/ebooks/neurociencia.pdf>

Gómez-Pérez, A. (1996). Towards a Framework to Verify Knowledge Sharing Technology. Madrid, España. *Expert Systems with Applications*. 11(4), 519-529. Recuperado de <http://oa.upm.es/6483/>

Gómez-Pérez, A. (1998). *Knowledge Sharing and Reuse*. Laboratorio de Inteligencia Artificial, Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid, Campus Montegancedo. Madrid, España. Recuperado de <http://icc.mpei.ru/documents/00000831.pdf>

Gómez-Pérez, A. (2004). *Ontology evaluation*. In Steffen Staab and Rudi Studer, editors. Handbook on Ontologies in Information Systems, First Edition, International Handbooks on Information Systems, chapter 13, pages 251–274., Berlin, Heidelberg: Springer.

Good, T. & Broph, J. (1995). *Diseño instruccional*, (5ta ed.) México: Mc Graw-Hill.

Grasso, A., Rosell, T. (2006). Cooperative Student Assessment Method: an Evaluation Study. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 1(2), 1-7.

Gruber, T. R. (1993). A Translation Approach to Portable Ontologies Specifications. Knowledge Acquisition. Stanford University, Stanford California: *Knowledge System Laboratory*. 5(2): 199-220. Recuperado de <http://www.dbis.informatik.hu-berlin.de/dbisold/lehre/WS0203/SemWeb/lit/KSL-92-17.pdf>

Gruber, T. R. (1995). Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. *International Journal Human-Computer Studies* 43. (907-928). Knowledge Systems Laboratory, Stanford University.

Grüninger, M. (1996). *Designing and Evaluating Generic Ontologies*. Proceedings of the 12th European Conference of Artificial Intelligence. University of Toronto. 53-65. doi: 10.1.1.22.4160. Recuperado de <http://stl.mie.utoronto.ca/publications/design-generic.pdf>

Grüninger, M., Fox, M. S. (1994a). *The Design and Evaluation of Ontologies for Enterprise Engineering*. Proceedings of the Workshop on Implemented Ontologies, *European*

Conference on Artificial Intelligence. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.29.7053&rep=rep1&type=pdf>

Grüninger, M., Fox, M. S. (1994b). *The Role of Competency Questions in Enterprise Engineering.* Proceedings of the IFIP WG5.7 Workshop on Benchmarking - Theory and Practice. Recuperado de <http://www.eil.utoronto.ca/enterprise-modelling/papers/benchIFIP94.pdf>

Grüninger, M., Fox, M. S. (1995a). *Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies.* Proceedings of the Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, IJCAI-95. Recuperado de <http://iir.ruc.edu.cn/pdf/Methodology%20for%20the%20Design%20and%20Evaluation%20of%20Ontologies.pdf>

Grüninger, M., Fox, M. S. (1995b). *The Logic of Enterprise Modelling. Modelling and Methodologies for Enterprise Integration.* P. Bernus & L. Nemes (Eds.), Cornwall, Great Britain: Chapman and Hall.

Guàrdia, L.(2000). El diseño formativo: un nuevo enfoque de diseño pedagógico de los materiales didácticos en soporte digital. En Sangrà A., Duart,J.M. (Comp.) *Aprender en la virtualidad* (171-187). Barcelona: EDIUOC/Gedisa..

Guarino, N. (1998). Formal Ontology and Information Systems. En N. Guarino (Ed.), Proceedings of the 1st International Conference on *Formal Ontologies in Information Systems, FOIS'98*, (3-15). IOS Press.

Gütl, C. (2008). Moving towards a Fully Automatic Knowledge Assessment Tool. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 3(1), 36-44.

Gusev, M., Ristov, S., Arminski, G., Velkoski,G., Bozinoski, K. (2013). e-Assessment Cloud Solution: Architecture, Organization and Cost Model. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 8, 55-64.

Guzmán E., and Conejo R. (2005). Self-Assessment in a Feasible, Adaptive Web-Based Testing System, *IEEE Transactions on Education*, 48, (4), 688-695.

- Guzman, E., Conejo, R., Perez-de-la-Cruz, J.L. (2007). Improving Student Performance Using Self-Assessment Tests. *IEEE Intelligent Systems*, 22 (4), 46,52.
- Hackelbusch, R. (2006). Ontological Representation of Academic Programs. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 1(3), 1-3.
- Harris, A., & Hopkins, D. (2000). Introduction to special feature: alternative perspectives on school improvement. *School Leadership and Management*, 20(1), 9-14.
- Hayashi Y., Bourdeau J., Mizoguchi R. (2009). Using Ontological Engineering to Organize Learning/Instructional Theories and Build a Theory-Aware Authoring System. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 19, 211-252.
- Heinich, R., Molenda, M., Russell, J., Smaldino, S. (1999). *Instructional media and technologies for learning*. (6th ed.) Upper Saddle River, NJ: Prince Hall.
- Herrmann International. (2004). Training With The Brain In Mind: The Application Of Brain Dominance Technology To Teaching & Learning. Recuperado de: <http://www.hbdi.co.za/articles.html>
- Herrmann Ned, S.L. M. (1989). *The creative brain*. Búfalo: Brain books.
- Hernández Vázquez, J. M.; Robles Vázquez, H.; Zendejas Frutos, L. (2006). El Sistema Nacional de Indicadores Educativos de México. Avances y perspectivas. En Memorias del Séptimo *Foro de Evaluación Educativa, UASLP / INEE / Ceneval*, San Luis Potosí, SLP, 24-26.
- Hilgard, E.R. (1979). *Teorías del Aprendizaje*. México: Trillas.
- Higgins, R., Hartley, P. and Skelton, A. (2002). The conscientious consumer: reconsidering the role of assessment feedback in student learning, *Studies in Higher Education*, 27 (1), 53-64
- Hoffmann, J. (2010). Evaluación mediadora. Una propuesta fundamentada. En Anijovich, R., W. De Camilloni, A., Cappelletti, G., Hoffmann, J., Katzkowicz, R., Mottier, L. (Ed.), *La evaluación significativa*. Voces de la educación (73-102). Buenos Aires: Paidós.
- Hosseini, S., Tawil, A. R., Jahankhani, H., & Yarandi, M. (2013). Towards an Ontological Learners' Modelling Approach for Personalised e-Learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 8(2), 4-10.

- IIPE-UNESCO. (2000). Planeamiento de la educación. Desafíos de la educación. Diez Módulos destinados a los responsables de los procesos de transformación educativa. Buenos Aires: IIPE, 27-54.
- INCE (2000). *Sistema estatal de indicadores de la educación*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid España.
- INCE/OCDE (2002). Conocimientos y destrezas para la vida. Primeros resultados del Proyecto PISA 2000, MECD, Madrid España.
- INEE (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación). (2007). Secretaría de Educación Pública (SEP). *PLAN DE DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL DE INDICADORES EDUCATIVOS DE MEXICO, 2007 – 2014*.
- INEE (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación). (2006). *Plataforma para el Desarrollo del Sistema de Indicadores Educativos de México*. Carpeta con materiales de trabajo para la 1ª Reunión Plenaria, junio 27, 2006.
- Iriarte, F., Dominguez, E. , Ricardo, C., Fontalvo, H. (2009). Effects of a Centered Virtual Teaching Environment on Learning Styles in the Academic Performance of College Students. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 4, 59-63.
- James, R. (2008). Assessment 2.0. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 3, 66-70.
- Jenkins, J. J. (1979). Four points to remember. A tetrahedral model and memory experiments. In L. S. Cermak y F. I. M. Craik (Eds.), *Levels of processing in human memory*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Jiménez, H. M., Vega M.L., Bernal M.J. (2010). *La reprobación escolar como objeto de estudio de la investigación*. Primer Congreso Latinoamericano de Ciencias de la Educación. Universidad Autónoma de Baja California. Septiembre de 2010.
- Jiménez, C. (2003). *Neuropedagogía, lúdica y competencias*. Bogotá Colombia: Magisterio.
- Jonassen, D.H. (1999). Designing constructivist learning environments. In Reigeluth, C.M. (Ed.), *Instructional-Design Theories and Models*, Vol. 2. Lawrence Erlbaum.

- Jovanovic, D., Milosevic, D., Zizovic, M. (2008). INDeLER: eLearning Personalization by Mapping Student's Learning Style and Preference to Metadata. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 3(4), 41-50.
- Juan A., Sedano M., Vila A. (2011). Estimación puntual y estimación por intervalos de confianza. Proyecto e-Math. Secretaría de Educación y Universidades (MECD). Recuperado de http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Estimacion_IC.pdf
- Juch, B. (1987). *Desarrollo personal*. México: Limusa.
- Katzkowicz, R. (2010). Diversidad y Evaluación. En Anijovich, R., W. De Camilloni, A., Cappelletti, G., Hoffmann, J., Katzkowicz, R., Mottier, L. (Ed.), *La evaluación significativa*. Voces de la educación (103-127). Buenos Aires: Paidós.
- Klingler, C. y Vadillo, G. (2000). *Psicología cognitiva. Estrategias en la práctica docente*. México: McGraw Hill.
- Knowles, S., Holton, F., Swanson, A. (2001). *Andragogía, El Aprendizaje de los Adultos*. México: Ed. Oxford.
- Kotis, K., y Vouros, G. A. (2006). Human-centered ontology engineering: The HCOME methodology. *Knowledge and Information Systems*, 10(1), 109-131.
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Latapí, P. (1996). *Tiempo Educativo Mexicano I*. México: Universidad Autónoma de Guadalajara.
- Lafourcade, P. (1969). *Evaluación de los aprendizajes*. Buenos Aires, Argentina: KAPELUSZ.
- Loera, Armando. (2006). *La práctica pedagógica video grabada*. SEP- Universidad Pedagógica Nacional. México: Colección Mástextos 12.
- Loera, Armando. (2007). *Caja de herramientas para colectivos escolares. Buenas prácticas de gestión y participación social en las escuelas públicas mexicanas*. PEC/ SEP. México.
- Lohmann, S., Negru, S., Haag, F., & Ertl, T. (2014). VOWL 2: user-oriented visualization of ontologies. In *Knowledge Engineering and Knowledge Management* (pp. 266-281). Springer International Publishing.

- Lozano, A. (2000). *Estilos de Aprendizaje y Enseñanza. Un panorama de la estilística educativa.* ITESM Universidad Virtual - ILCE. México: Trillas.
- Lozanov, G. (1978). *Suggestology and Outlines of Suggesto-pedy.* New York: Gordon and Breach Science Publishers.
- MacLean, P. (1978). *Education and the brain.* Chicago: Chicago Press.
- Mampadi, F., Pheto, A. (2012). Towards Effective Combination of Prior Knowledge and Cognitive Styles in Adaptive Educational Hypermedia Systems. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 7(3), 11-18.
- Maribe, B.R. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach.* Springer New York Dordrecht Heidelberg London. doi: 10.1007/978-0-378-09506-6.
- Marin, C., Rodriguez, S.(2012). Virtual Portfolio: A Strategy for Learning Assessment in a Graduated Virtual Program Results of a Pilot Study. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 7 (4), 48-51.
- Marshall, G. (2010). A trio of evaluation and assessment models from pre ICT innovations: Lessons from the past. *Education and Information Technologies*, 15 (1), 37-50.
- Martínez, F., Robles, H., Hernández, J.M., Zendejas, L., Pérez, M. (2007). Propuesta y experiencias para desarrollar un sistema nacional de indicadores educativos. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- Martínez, V. N., Gregorio. C.A., Hervás, A.R. (2012). La evaluación del aprendizaje en entornos virtuales de enseñanza aprendizaje: notas para una reflexión. *Revista Iberoamericana de Educación*, 58 (2), 2-16.
- Matsumoto, D. & Hwang, H.S. (2011). *Reading facial expressions of emotion.* Psychological Science. American Psychological Association. Recuperado de <http://www.apa.org/science/about/psa/2011/05/facial-expressions.aspx>
- McFarlane, A., Kirriemuir, J. (2006). *Literature Review in Games and Learning.* FutureLab Series, Report 8. FutureLab. Recuperado de <http://telearn.archives-ouvertes.fr/docs/00/19/04/53/PDF/kirriemuir-j-2004-r8.pdf>

- McGuinness, D. (2003). Ontologies Come of Age. In Dieter Fensel, Jim Hendler, Henry Lieberman, and Wolfgang Wahlster, editors. *Spinning the Semantic Web: Bringing the World Wide Web to Its Full Potential*. MIT Press. Recuperado de <http://www-ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontologies-come-of-age-mit-press-%28with-citation%29.htm>
- Mell P., Grance T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. Computer Security, Division Information Technology Laboratory. National Institute of Standards and Technology Gaithersburg.
- Mencke, S., Dumke, R. (2008). Didactical Ontologies. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 3(1), 65-73.
- Mizoguchi, R., & Bourdeau, J. (2000). Using ontological engineering to overcome common AI-ED problems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11(2), 107-121.
- Mizoguchi, R., Hayashi, Y., Bourdeau, J. (2007). Inside theory-aware standards-compliant authoring systems. In Proceedings of SWEL'07: *Ontologies & Semantic Web Services for Intelligent Distributed Educational Systems*, 1-18. Recuperado de <http://hal.inria.fr/docs/00/19/00/32/PDF/SWEL07-miz.pdf>
- Morbach, J., Wiesner, A., Marquardt, W. (2009). Onto cape-a (re-) usable ontology for computer-aided process engineering. *Computers and Chemical Engineering*. 33 (2009), 1546-1556.
- Moreno, M. & Azcárate, C. (2003). Concepciones y creencias de los profesores universitarios de matemáticas acerca de la enseñanza de las ecuaciones diferenciales. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 265-280. Recuperado de <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v21n2p265.pdf>
- Morgan, Ch. y O'Reilly, M. (2002). *Assessing Open and Distance Learners*. London: Kogan.
- Morín, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la Educación del futuro*. UNESCO. Recuperado de <http://dide.minedu.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/123456789/1448/Los%20%20saberes%20necesarios%20para%20la%20educaci%C3%B3n%20del%20futuro.pdf?sequence=1aprender>

- Mottier, L. (2010). Evaluación formativa de los aprendizajes. Síntesis crítica de los trabajos francófonos. En Anijovich, R., W. De Camilloni, A., Cappelletti, G., Hoffmann, J., Katzkowicz, R., Mottier, L. (Ed.), *La evaluación significativa*. Voces de la educación (43-71). Buenos Aires: Paidós.
- Mödritscher, F., Andergassen, M., Lai-Chong, E., García-Barrios, V. (2013). Application of Learning Curves for Didactic Model Evaluation: Case Studies. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 8 (4), 62-69.
- Muñoz I., C. (1983). El problema de la educación en México: ¿Laberinto sin salida? México: CEE.
- Negru, S., Haag, F., & Lohmann, S. (2013, September). Towards a unified visual notation for OWL ontologies: insights from a comparative user study. In *Proceedings of the 9th International Conference on Semantic Systems* (pp. 73-80). ACM.
- Noppens, O., & Liebig, T. (2006). Interactive Visualization of Large OWL Instance Sets. In *Proc. of the Third Int. Semantic Web User Interaction Workshop (SWUI 2006)*, Athens, GA, USA.
- Noy, N. F., McGuinness, D. L. (2001). *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880.
- OCDE, PISA (2006). Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en ciencias, matemáticas y lectura.
- OECD (2014). PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems(Volume V), PI SA, OECD Publishing.
- <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208070-en>
- Odeh, S., Qaraeen, O. (2007). Evaluation Methods and Techniques for E-Learning Software for School Students in Primary Stages. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 2 (3), 1-8.
- ONU, 2008. Objetivos de desarrollo del milenio. Informe 2008.

- O'Reilly, T. (2005). *What Is Web 2.0. Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software*. Recuperado de <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-Web-20.html>
- Ornelas, C. (1997). *El Sistema Educativo Mexicano*. México: CIDE. NF. FCE.
- Ortiz, T. (2009). *Neurociencia y educación*. Madrid, Alianza. 263.
- Pask, G. (1988). Learning strategies, teaching strategies, and conceptual or learning style. In *Schmeck. New York: Springer*. Capítulo 4, 83-100. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-2118-5_4#page-1.
- Peñalosa, E., y Ménez, D. (2015). La apropiación del conocimiento en comunicación y educación para la ciencia: una propuesta de conceptualización. En García, C., y Espinosa, M. (Coordinadoras), *Contextos educativos no-formales: el museo y la apropiación del conocimiento científico*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Cuajimalpa (95,125). México D.F.
- Peñalosa, E. (2013). *Estrategias docentes con tecnologías: Guía práctica*. Pearson: Always Learning.
- Peñalosa C., E. (2010). Evaluación de los aprendizajes y estudio de la interactividad en entornos en línea: un modelo para la investigación. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 13(1), 17-38.
- Pérez, G.A. (1988). *Análisis didáctico de las Teorías del Aprendizaje*. Málaga: Universidad de Málaga.
- Perrenoud, P. (1998a). From formative evaluation to a controlled regulation of learning process: Towards a wider conceptual field. *Assessment in Education*, 5(1), 85-102.
- PISA (2006). *Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. OCDE. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/39732471.pdf>
- Pozner, W.P. (2000). *Competencias para la profesionalización de la gestión educativa*. Capítulo II. Buenos Aires, Argentina: IIPE-UNESCO, 19-26. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001591/159155s.pdf>

- Prieto, M. & Contreras, G. (2008). Las concepciones que orientan las prácticas evaluativas de los profesores: un problema a develar. *Estudios Pedagógicos*, 34 (2), 245-262. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07052008000200015&script=sci_arttext
- Quesada, R. (2006). Evaluación del aprendizaje en la educación a distancia en línea. *Revista de Educación a Distancia*. Recuperado de: <http://www.um.es/ead/red/M6/>
- Ramírez, S. (1999). *Perspectivas en las teorías de sistemas*. México: Siglo veintiuno editores.
- Reigeluth, C. M. (1999). What is instructional-design theory and how is it changing? In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory*, 2, 5-29. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Recuperado de http://www.netwerkopenhogeschool.org/Docs/Faculteiten/OW/O21411_Reigeluth-Snelbecker.pdf
- Rendón, J.J., Escalante, J.C., Mejía, J.A., Ramos, J., Villa, M.A., Aranda, M.T., Segundo, M. (2009). *Modelo de Gestión Educativa Estratégica. Plan Estratégico de Transformación Escolar*. Programa Escuelas de Calidad. Dirección de desarrollo de la Gestión e Innovación Educativa. México: SEP.
- Rezgui, K., Mhiri, H., Ghédira, K. (2014). An Ontology-based Profile for Learner Representation in Learning Networks. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 9(3), 16-25.
- Ribeiro, R., Ribeiro, M., Venci, M., Faustinoni, Z., Bittencourt, M. (2000). Formação de professores em projetos de aceleração da aprendizagem: a proposta do cenpec. En Alberto Brasillia. *IRESIE*, 17 (71), 158-172. Recuperado de <http://rbep.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/viewFile/1086/988>
- Richey, R., Fields, D., Foxon, M., Roberts R., Spannaus T., Spector J. (2001). *Instructional Design Competencies: The Standards*. (3rd Ed) Eric Clearinghouse on Information and Technology. New York: Syracuse University. Recuperado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED453803.pdf>
- Riechmann, S.W., & Grasha, A. F. (1974). A rational approach to developing and assessing the construct validity of a student learning styles scales instrument. *The Journal of Psychology*, 87 (2), 213-223.

- Rizik M., Al-Sayyed, Hudaib, A., AL-Shboul, M., Majdalawi, Y., Bataineh, M. (2010). Automated Assessment, Face to Face. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 5 (3), 4-11.
- Rodríguez, M., & Torres, N. (2003). Autopoiesis, the unity of a difference: Luhmann and Maturana. *Sociologias*, (9), 106-140. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/soc/n9/n9a05.pdf>
- Russell, J. A., & Barrett, L. F. (1999). Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: Dissecting the elephant. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76 (5), 805-819. Recuperado de <https://www2.bc.edu/~russeljm/publications/JPSP1999.pdf>
- Ryan, S., Scout, B., Freeman, H., y Patel, D. (2000). *The Virtual University*. London: Kogan.
- Samarakou, M., Papadakis, A., Fylladitakis, E., Hatziapostolou, A., Tsaganou, G., Gerrit, W.(2014). An Open Learning Environment for the Diagnosis, Assistance and Evaluation of Students Based on Artificial Intelligence. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 9 (3), 36-44.
- Sangrà, A. (2000). Materiales en la web. Un proceso de conceptualización global. En Sangrà A., Duart, J.M. (Comp.) *Aprender en la virtualidad*. Barcelona, España: EDIUOC/Gedisa.
- Sangrà A., Guàrdia, L., Williams, P., Schrum L. (2011). *Fundamentos del diseño técnico-pedagógico*. FUOC P06/M1103/01179. Recuperado de <http://aulavirtualkamn.wikispaces.com/file/view/2.+MODELOS+DE+DISE%C3%91O+INST+RUCCIONAL.pdf>
- Sangster A. (1996). Objective tests, learning to learn and learning styles. *Journal: Accounting Education*, 5 (2), 131-146. Recuperado de https://www.academia.edu/1087355/Objective_tests_learning_to_learn_and_learning_styles
- Sánchez, L. (2006). Diseño de sesión de aprendizaje basado en la Teoría de Herrmann aplicable a los cursos de formación general como estrategia para desarrollar la creatividad en estudiantes de la carrera de Educación. Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias de la Educación. Lambayeque, Perú: UNPRG.

- Santos, M. (1993). La evaluación: un proceso de diálogo, comprensión y mejora. *Investigación en la escuela*, 20, 23-35. Recuperado de http://www.investigacionenlaescuela.es/articulos/20/R20_2.pdf
- Sarramona, J. (2003). *Los indicadores de la calidad de la educación*. San Sebastián: Universidad de Barcelona. Recuperado de <http://redes-cepalcala.org/inspector/DOCUMENTOS%20Y%20LIBROS/EVALUACION/EFQM/LOS%20INDICADORES%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20LA%20EDUCACION.pdf>
- Saul, C., Wuttke H.(2013). An Adaptation Model for Personalized E-Assessments. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 8, 5-12.
- Schmeck, R. R. (1991). Self-concept and learning: Therevised inventory of learning Processes. *Educational Psychology*, 11 (3-4), 343-362.
- Schmelkes, S. (1992). *Hacia una mejor calidad de nuestras escuelas*. INTERAMER 32 SERIE EDUCATIVA. México: SEP. Recuperado de <http://www.setab.gob.mx/php/documentos/tecte13-14/schmelkes.pdf>
- SEP/INEE (2007). *Plan de Desarrollo del Sistema Nacional de Indicadores Educativos de México, 2007 – 2014*. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE). Secretaría de Educación Pública (SEP). http://www.oei.es/noticias/IMG/pdf/plan_desarrollo_sistema_indicadores_educativos_mexico.pdf
- SEP/INEE (2006). *Sistema de indicadores educativos de los estados Unidos Mexicanos*. Conjunto básico para el ciclo escolar 2004-2005. México, D.F.
- Siemens, G. (2004). *Conectivismo, a learning theory for the digital age*. [Creative Commons License](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Recuperado de <http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm>
- Silva-López, R., Cruz-Miguel, E., Laureano-Cruces, A. (2011). La personalización de recursos educativos acordes con los Estilos de Aprendizaje, un motivante del aprendizaje para estudiantes de Ingeniería. México. Congreso Iberoamericano de Estilos de Aprendizaje. Universidad de Chile.

- Silva-López, R., Santos-Palacios, A., González-Beltrán, B. (2011). Sistema de evaluaciones dinámicas del proceso de enseñanza-aprendizaje. Libro Electrónico: *Tópicos Selectos de Tecnología de la Información y Comunicaciones. XXIV Congreso Nacional y X Congreso Internacional de Informática y Computación ANIEI 2011*. México. Colima. 1 (1), (381-388). ISBN: 978-607-707-334-5.
- Silva-López, R., Cruz-Miguel, E., Sordo-Zabay, E., Pablo-Leyva H. (2012). Nuevos Paradigmas en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediado por TIC en la DCBI de la UAM Azcapotzalco. *Memorias del Primer Coloquio sobre la Practica de la Educación Virtual en la UAM-A. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco*, 1 (1), (427-434). México. ISBN: 978-607-477-830-4.
- Silva-López, R., Cruz-Miguel, E., Pablo-Leyva H. (2012). Aplicando los Estilos de Aprendizaje en un entorno virtual de aprendizaje personalizado (EVAP), un mecanismo para la atención a la diversidad. *V Congreso Mundial de Estilos de Aprendizaje. Estilos de Aprendizaje: Investigaciones y Experiencias*. 1 (1). España. ISBN: 978-84-695-3454-D.
- Silva-López, R., Sánchez-Arias, V. (2012). La evaluación mediadora en entornos virtuales de aprendizaje cooperativo. *e-Evaluación, métodos, herramientas y experiencias. Congreso Iberoamericano de aprendizaje mediado por tecnología*. Universidad Autónoma de México. Capítulo11, 1 (1), (627-634). ISBN 978-607-02-4148-2.
- Silva-López, R., Cruz-Miguel E., Pablo-Leyva, H., Barrón-Romero C. (2013). Sistema de Aprendizaje Cooperativo mediado por Tecnologías de la Información y Comunicaciones. *Primer Congreso 40-UAM. La UAM a 40 años de su creación*. Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F, 23 de octubre de 2013.
- Silva-López, R., Méndez-Gurrola, I., Pablo-Leyva, H., Cruz-Miguel, R. (2013). Instructional design customizing in courses mediated by technology and it impact on approval rates. E-Learn 2013 World Conference on E-Learning. *Association for the Advancement of Computing in Education (AACE)*. Proceedings of E-Learn 2013. ISBN: 978-1-939797-05-6, (1373-1378).
- Silva-López, R., Sánchez-Arias, V., Méndez-Gurrola, I., (2013a). Ontological model to represent the student's learning profile. 6th International Conference of Education, Research and Innovation

(ICERI). *International Association of Technology, Education and Development*. ISBN: 978-84-616-3849-9, ISSN: 2340-1095, (549-557).

Silva-López, R., Méndez-Gurrola, I. Sánchez-Arias,V., (2013b). Strategic learning, towards a teaching reengineering. *Research in Computing Science*, Vol. 65, 133-145. ISSN: 1870-4069.

Silva-López, R., Méndez-Gurrola, I. Sánchez-Arias,V. (2014). E-assessment: Ontological Model for Personalizing Assessment Activities. *ICGST International Journal on Artificial Intelligence and Machine Learning (AIML)*, 14 (I), (33-40). ISSN Print 1687-4846. ISSN Online 1687-4854.

Silva-López, R.B., Silva-López, M. I., Méndez-Gurrola, I. , Bravo, M. (2014a). *Onto Design Graphics (ODG): A Graphical Notation to Standardize Ontology*, **Springer International Publishing Switzerland**, MICAI 2014, Part I, LNAI 8856, pp. 443-452.

Silva-López, R., Silva-López M., Bravo M., Méndez-Gurrola, I. Sánchez-Arias,V., (2014b). *GODeM: A Graphical Ontology Design Methodology*. **Research in Computing Science**, Vol. 84, 17-28. ISSN: 1870-4069.

Silva-López, R., Méndez-Gurrola, I., Herrera, O. (2015). Metamodelo de aprendizaje estratégico (MAE): Arquitectura de la capa de infraestructura, solución basada en la Cloud Computing. **Research in Computing Science**, Vol. 93, 175–188. ISSN: 1870-4069.

Silva-López, R., Méndez-Gurrola, I. Herrera O., Silva-López, M. I., Fallad-Chávez, J. (2015a). Strategic Learning Meta-model (SLM): Architecture of the Personalized Virtual Learning Environment (PVLE) based on the Cloud Computing. **Springer International Publishing Switzerland**, MICAI 2015, Part I, LNAI 8856, pp. 183-194.

Silva-López, R., Fallad-Chávez, J., Reyes-Ortiz José A., Bravo Maricela, Rodríguez José. (2015b). Techno Neuro Pedagogy System: an instructional design methodology for customized online courses (Virtual Cutomizad Environment Learning). **IEEE, The 2015 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI'15). The 2015 Intenational Symposium on Education (CSCI-ISED)**. December, 2015, Las Vegas, USA. Aceptado, en proceso de publicación.

- Sloan Foundation (1978). *Report of the State of the Art Committee*. Recuperado de <http://csjarchive.cogsci.rpi.edu/misc/CognitiveScience1978 OCR.pdf>
- Smith, B. (2006). Against Idiosyncrasy in Ontology Development. International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS 2006). *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. Vol. 150. (15-26). Baltimore, Maryland, USA.
- Smith, E. &Kosslyn, S. (2008). *ProcesosCognitivos*. Madrid España: Pearson, Prentice Hall.
- Smith, E. &Kosslyn, S. (2008a). Percepción. En Smith, E. &Kosslyn, S. (Ed.), *ProcesosCognitivos*. (51-103). Madrid. Pearson. Prentice Hall.
- Smith, E. &Kosslyn, S. (2008b). Atención. En Smith, E. &Kosslyn, S. (Ed.), *ProcesosCognitivos*. (105-149). Madrid. Pearson. Prentice Hall.
- Smith, E. &Kosslyn, S. (2008c). Representación y conocimiento en la memoria a largo plazo. En Smith, E. &Kosslyn, S. (Ed.), *ProcesosCognitivos*. (151-197). Madrid. Pearson. Prentice Hall.
- Smith, E. &Kosslyn, S. (2008d). Codificación y recuperación de la memoria a largo plazo. En Smith, E. &Kosslyn, S. (Ed.), *ProcesosCognitivos*. (199-247). Madrid. Pearson. Prentice Hall.
- Smith, E. &Kosslyn, S. (2008e). Memoria operativa. En Smith, E. &Kosslyn, S. (Ed.), *ProcesosCognitivos*. (249-289). Madrid. Pearson. Prentice Hall.
- Smith, E. &Kosslyn, S. (2008f). Procesos Ejecutivos. En Smith, E. &Kosslyn, S. (Ed.), *ProcesosCognitivos*. (293-338). Madrid. Pearson. Prentice Hall.
- Smith, E. &Kosslyn, S. (2008g). Emoción y cognición. En Smith, E. &Kosslyn, S. (Ed.), *ProcesosCognitivos*. (341-381). Madrid. Pearson. Prentice Hall.
- Smith, E. &Kosslyn, S. (2008h). Toma de decisiones. En Smith, E. &Kosslyn, S. (Ed.), *ProcesosCognitivos*. (385-428). Madrid. Pearson. Prentice Hall.
- Smith, E. &Kosslyn, S. (2008i). Resolución de problemas y razonamiento. En Smith, E. &Kosslyn, S. (Ed.), *ProcesosCognitivos*. (433-471). Madrid. Pearson. Prentice Hall.
- Smith, E. &Kosslyn, S. (2008j). Cognición motora y simulación mental. En Smith, E. &Kosslyn, S. (Ed.), *ProcesosCognitivos*. (475-507). Madrid. Pearson. Prentice Hall.

- Smith, E. &Kosslyn, S. (2008k). Lenguaje. En Smith, E. &Kosslyn, S. (Ed.), *ProcesosCognitivos*. (509-558). Madrid. Pearson. Prentice Hall.
- Smyth, K. (2004). The benefits of students learning about critical evaluation rather than being summatively judged. *Journal: Assessment & Evaluation in Higher Education*, 29 (3), 370-378. Recuperado de <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/0260293042000197609>
- Soler, J., Boada, I., Prados, F., Poch, J., Fabregat R. (2010). A Formative Assessment Tool for Conceptual Database Design Using UML Class Diagram. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 5 (3), 27-33.
- Sordo-Zabay, E., Silva-López, R., Pérez-Ricárdez, A., Soto Cortés A. (2012). Planteamiento y Operación de los Grupos No Presenciales a nivel Licenciatura en la División de CBI-A. *Memorias del Primer Coloquio sobre la Practica de la Educación Virtual en la UAM-A. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco*, 1 (1), (63-70). México. ISBN: 978-607-477-830-4.
- Sowa, J. F. (2000). Ontology, Metadata, and Semiotics. ICCS'2000 in Darmstadt, Germany. In B. Ganter & G. W. Mineau, eds., *Conceptual Structures: Logical, Linguistic, and Computational Issues, Lecture Notes in AI #1867, Springer-Verlag, Berlin*, 55-81. Recuperado de <http://www.jfsowa.com/ontology/ontometa.htm>
- Sperry, R. (1973). Lateral specialization of cerebral function in the surgically separated hemispheres. In F. J. McGuigan (Ed.). *The Psychophisioly of the thinking*. New York: Academic Press. <http://people.uncw.edu/puente/sperry/sperrypapers/70s/173-1973.pdf>
- Sunkel, G., Trucco, D. y Möller, S. (2010a). *Aprender y Enseñar con TIC en América Latina. Potenciales Beneficios*. Borrador Documento de Trabajo, División de Desarrollo Social CEPAL, Proyecto @LIS2, Componente Educación. Recuperado de www.eclac.org/publicaciones/xml/9/42669/sps-169-tics-aprendizajes.pdf
- Sunkel, G., Trucco, D. (2010b). *Nuevas tecnologías de la información y la comunicación para la educación en América Latina: riesgos y oportunidades*. División de Desarrollo Social CEPAL, Proyecto @LIS2, Componente Educación. Recuperado de <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/2/41612/sps167-educacion-ALIS.pdf>

- Sure, Y., Akkermans, H., Broekstra, J., Davies, J., Ding, Y., Duke, A., Harmelen, F. (2003). On-To-Knowledge: Semantic Web-Enabled Knowledge Management. In *Web Intelligence* (pp. 277-300). Springer Berlin Heidelberg.
- Swartout, B., Patil, R. Knight, K., Russ, T. (1997). Toward distributed use of large-scale ontologies. In AAAI-97 Spring Symposium Series on Ontological Engineering.
- Swinke, T. (2012). A unique, culture-aware, personalized learning environment. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 7, 31-36.
- Tedman, R., Loudon, R., Wallace, B., Pountney, H. (2009). Integrating Regular, On-Line Evaluation by Students into the Curriculum Review Process in an Australian Medical Program. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 4 (3), 59-66.
- UAM (2012). Informe del Rector General 2012, Anuario Estadístico. Recuperado de <http://www.uam.mx/transparencia/inforrganos/anuarios/anuario2012/index.html>
- UAM (2013). Informe del Rector General 2013, Anuario Estadístico. Recuperado de <http://www.uam.mx/transparencia/inforrganos/anuarios/anuario2013/index.html>
- Uschold, M., King, M., Moralee, S., & Zorgios, Y. (1998). The enterprise ontology. *The knowledge engineering review*, 13(01), 31-89.
- Uschold, M. (1996). *Building Ontologies: Towards a Unified Methodology*. Proceedings of 16th Annual Conference of the British Computer Society Specialist Group on Expert Systems. Cambridge, UK. University of Edinburgh. Recuperado de <http://www.aiai.ed.ac.uk/project/pub/documents/1996/96-es96-unified-method.pdf>
- Uschold, M., Grüninger, M. (1996). Ontologies: Principles, Methods and Applications. *Knowledge Engineering Review*, 11(2), 93-155. Recuperado de <http://starlab.vub.ac.be/teaching/uschold.pdf>
- Uschold, M., King, M. (1995). *Towards a Methodology for Building Ontologies*. Proceedings of IJCAI95's Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing. Cambridge, UK. University of Edinburgh. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.55.5357&rep=rep1&type=pdf>

- Verhoeven J.C., Heerwegh D. and De Wit K.(2010). First year university students' self-perception of ICT skills: Do learning styles matter? *Education and Information Technologies*, 17 (1), 109-133. DOI: 10.1007/s10639-010-9149-1. Recuperado de http://download.springer.com/static/pdf/573/art%253A10.1007%252Fs10639-010-9149-1.pdf?auth66=1398547037_849a524bcd42be568e4d014600e5aea3&ext=.pdf
- VerLee, W. L. (1986). *Aprender con todo el cerebro*. Barcelona, España: Martínez Roca.
- Viramonte, M. (2000). *Comprensión lectora. Dificultades estratégicas en resolución de preguntas inferenciales*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Colihue..+
- Van Merriënboer, J.J.G. & Dijkstra, S. (1997). The four-component instructional design model for training complex cognitive skills. In Tennyson, R.D., Schott, F., Seel, N. & Dijkstra, S. (Eds.) *Instructional Design: International Perspectives*, Volume 1: Theory, Research, and Models, 427-445. Mahwah, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Von Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory*. New York: George Braziller.
- Wilson, B., Jonassen, D., Cole. P.(1993). Cognitive approaches to instructional design. In G. M. Piskurich (Ed.), *The ASTD handbook of instructional technology*. New York: McGraw-Hill. Recuperado de <http://carbon.ucdenver.edu/~bwilson/training.html>
- Apache Web Services. (2015). Apache Web Services Activity. Recuperado de: <https://ws.apache.org/>
- DAML. (2006). DARPA Agent Markup Language. Recuperado de: <http://www.daml.org/>
- Document Object Model. (2005). Recuperado de: <http://www.w3.org/DOM/>
- JavaBeans. (1993). Recuperado de: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/beans/package-summary.html>
- Jena. (2011). Apache Jena Framework. Recuperado de: <https://jena.apache.org/>
- Methontology. (2012). Recuperado de: <http://semanticweb.org/wiki/METHONTOLOGY>
- MOM. (2010). Message-Oriented Middleware (MOM). Recuperado de: <http://docs.oracle.com/cd/E19340-01/820-6424/aeraq/index.html>

- OASIS. (2015). OASIS SOA Reference Model TC. Recuperado de: https://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=soa-rm
- OCML. (2011). Operational Conceptual Modelling Language. Recuperado de: <http://kmi.open.ac.uk/projects/ocml/>
- OIL. (2011). Ontology Inference Lenguaje. Recuperado de: <https://wiki.nci.nih.gov/display/VKC/DAML-OIL+%28DARPA+Agent+Markup+Language-Ontology+Inference+Layer%29+Resource+List>
- Ontology Editors. (2015). Recuperado de: http://www.w3.org/wiki/Ontology_editors
- OWL. (2013). Web Ontology Language. Recuperado de: http://www.w3.org/standards/techs/owl#w3c_all
- Protégé. (2015). A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems. Recuperado de: <http://protege.stanford.edu/>
- Publish-Subscribe Model. (2002). Using the Publish-Subscribe Model for Applications. Recuperado de: http://docs.oracle.com/cd/B10501_01/appdev.920/a96590/adg15pub.htm
- Resource Description Framework. (2014). Recuperado de: <http://www.w3.org/RDF/>
- SGML, Standard Generalized Markup Language. (2008). Recuperado de: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=16387
- XML Signature WG. (2008). Recuperado de: <http://www.w3.org/Signature/>
- TopicMaps. (2010). Web 3.0 enabling technology. Recuperado de: <http://www.topicmaps.org/>
- Web Services. (2011). Web Services Activity. Recuperado de: <http://www.w3.org/2002/ws/>
- XML Schema. (2014). Recuperado de: <http://www.w3.org/standards/xml/schema>
- XSL Transformation. (1999). Recuperado de: <http://www.w3.org/TR/xslt>

Anexo A Instrumentos para identificar el perfil de aprendizaje.

Existe una gran variedad de cuestionarios o tests psicológicos que permiten determinar el estilo de aprendizaje y el estilo de pensamiento. En la tabla C.1, se listan diversos instrumentos y su disponibilidad en internet.

Tabla A.1. Instrumentos para identificar el estilo de aprendizaje y de pensamiento.

Año	Autor	URL	Instrumento
1982	Herrmann, N. United Kingdom	http://www.hbdi.com/	Herrmann's Brain Dominance Instrument (HBDI)
1984	Joy Reid. University of Wyoming.	http://lookingahead.heinle.com/filing/l-styles.htm	Perceptual Learning-Style Preference Questionnaire PLSPQ
1991	Alonso C.; Gallego D. y Honey, P. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid, España	http://www.peterhoney.com/	Learning Styles Questionnaire (LSQ)
1992	Fleming N. Christchurch, New Zealand and Green Mountain, Colorado, USA.	http://www.vark-learn.com	Visual, Auditory, Reading/Writing, and Kinesthetic Inventory
1998	Vermunt, J. Holland and United Kingdom	http://www.efa.nl/onderwijs/2000/addictEUN/addictweb/Kolb&Vermunt.htm	Inventory of Learning Styles (ILS).
2000	Josefa Galván y Manuel Garibay	(Galván, 2006)	Aprendizaje Integral

Perceptual Learning-Style Preference Questionnaire PLSPQ.

En 1984, la profesora de idiomas Joy Reid de la University of Wyoming, realizó trabajos relacionados con los Estilos de Aprendizaje, distinguió tres grupos: visuales, auditivos y táctil/kinestésico. Elaboró un cuestionario de 30 preguntas, considerando como respuestas: a) Completamente de acuerdo ; b) De acuerdo; c) Indeciso; d) Desacuerdo; y e) Completamente en desacuerdo. Cada respuesta tiene valores del 5 al 1 que al final se contabilizan para identificar el estilo de aprendizaje. Una versión en Español del instrumento

fue elaborada por Dolores Serrano de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, México(www.Serrano, 2003).

Visual, Auditory, Reading/Writing, and Kinesthetic Inventory.

En 1992, Fleming N. de la Christchurch, New Zealand and Green Mountain, Colorado, USA. Desarrolla el instrumento VARK (<http://www.vark-learn.com/english/index.asp>), basado en cuatro tipos de perfiles: Visual, Auditivo, Kinestético, y Lector/Escritor. El cuestionario contiene 13 preguntas con diferentes opciones para elegir la que mejor explique su preferencia, está traducido en varios idiomas.

Herrmann's Brain Dominance Instrument (HBDI).

El modelo de Cerebro Total de Ned Herrmann propone la existencia de cuatro estilos de pensamiento (cuadrantes: A, B, C y D), cada cuadrante se asocia con una modalidad autónoma de procesamiento de información. El HBDI es un instrumento que integra de 120 preguntas que permiten identificar las cuatro categorías de las preferencias mentales o de los estilos de pensamiento.

Learning Styles Questionnaire (LSQ)

Peter Honey y Alan Mumford, basándose en el modelo de Kolb, diseñan un cuestionario de Estilos de Aprendizaje enfocado al mundo empresarial. En su modelo proponen la existencia de cuatro Estilos de Aprendizaje, que a su vez responden a las cuatro fases de un proceso cíclico de aprendizaje: Activo, Reflexivo, Teórico y Pragmático. El cuestionario se constituye por 80 preguntas que corresponden a cada estilo de aprendizaje.

Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje (CHAEA)

En 1992, Catalina M. Alonso García y Domingo Gallego, adaptan el cuestionario LSQ de Estilos de Aprendizaje al ámbito académico y al idioma Español. Su cuestionario conocido como CHAEA (Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje). El CHAEA se integra por 80 reactivos, que se contestan con un signo (+) sí se está de acuerdo y un (-) sí se está en desacuerdo. Los resultados del cuestionario determinan las preferencias en cuanto al estilo de aprendizaje: Activo, Reflexivo, Teórico y Pragmático, de Honey y Mumford.

Inventory of Learning Styles (ILS).

En 1998, Jan Vermunt investigó las teorías del aprendizaje, combinando los aspectos cognitivos y emocionales inmersos en ambientes de enseñanza-aprendizaje. Vermunt identificó cuatro estilos de aprendizaje: propósito-directo, reproducción-directa, aplicación-directa e Indirectos. Cada estilo afecta cinco dimensiones: procesamiento cognitivo, orientación de aprendizaje (motivación), procesos afectivos (sentimientos sobre el aprendizaje), modelos de aprendizaje mental y regulación de aprendizaje. Su cuestionario está constituido por 120 preguntas divididas en dos partes: a) Actividades de estudio con 55 preguntas; y b) Motivos de estudio y opiniones sobre el estudio, la primera con 25 y la segunda con 40 preguntas. El ILS es utilizado regularmente por Instituciones de Educación Superior.

Aprendizaje Integral.

Josefa Galván (2006), propone una metodología de aprendizaje en la que involucra diversas actividades que intervienen en el proceso cognitivo. Se fundamenta en: a) La Sugestopedia y el aprendizaje acelerado de Georgi Lozanov y Gloria Alguacil; b) Los conciertos pasivos y activos propuestos por Evelyn Gateva, como Gassner-Roberts y Baur que proponen realizar lecturas y la reflexión de las mismas con música de fondo; c) La propuesta de aprendizaje intensivo de Galina Kitaigorodskaya que integra el lenguaje corporal, fomenta el trabajo en equipo, los estudiantes avanzados apoyan a los de bajo rendimiento; d) La creación de un ambiente placentero y divertido en la clase, utilizan carteles

como refuerzo visual como lo proponen Donald Charles y Schuster y Gritton; y e) Las teorías Neurocientíficas de Sperry, MacLean y Herrmann.

Josefa Galván define Aprendizaje Integral como:

“la combinación de diversos elementos que estimulan los recursos del ser humano (mente consciente, mente inconsciente, sentidos, emociones y cuerpo) para que aprenda fácilmente, para que logre mayor retención en el largo plazo, mayor profundidad del conocimiento, mayor velocidad de asimilación, menor tiempo de entrenamiento, menor costo, mayor interés y mayor alegría” (Galván, 2006).

La relación entre los elementos que se contemplan en el Aprendizaje Integral y el proceso cognitivo se muestran en la figuraD.1.

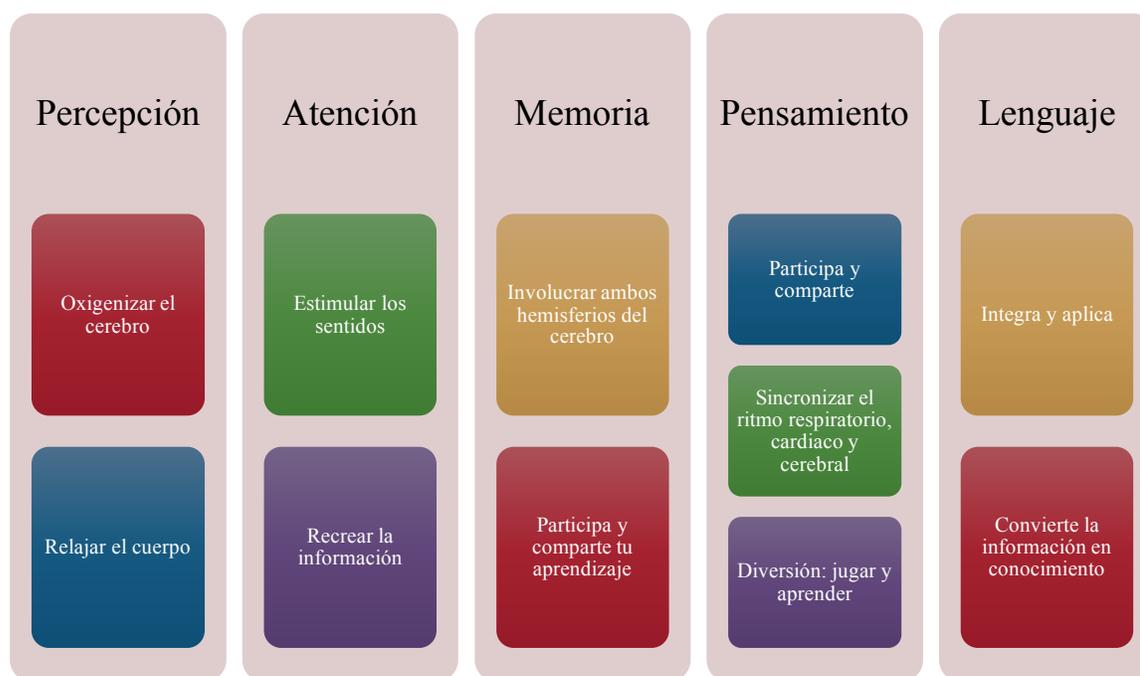


Figura A.1. Relación entre los elementos del proceso cognitivo y el aprendizaje integral.

Josefa Galván, Manuel Garibay y Fernando Lozada, proponen un cuestionario de preguntas que permite dar una noción del estilo de pensamiento. Se fundamenta en los trabajos de Ned Herrmann y la teoría del cerebro total. La aplicación del mismo da una noción del estilo de pensamiento de la persona, mediante un test sencillo que puede contestarse rápidamente, además de que es gratuito y contamos con el aval y el permiso de los autores para utilizarlo. En la figura D.2 y D.3 se muestra el test para determinar el estilo de pensamiento propuesto por Human Potential, desarrollado por Josefa Galván y otros.

El perfil del estilo de pensamiento es una representación visual de las preferencias de pensamiento divididas en cuatro cuadrantes. Se consideran tres niveles de preferencias: la primaria asociada a la preferida (1-prefiere: más de 12), la secundaria asociada al uso (2-utiliza: entre 6 y 11), y la terciaria, que indica a un estilo evitado (3-rechaza: entre 0 y 5).

Perfil de Estilos de Pensamiento.

Para determinar cuál es tu estilo de pensamiento dominante, te invitamos a que marques en la casilla una únicamente a las acciones que piensas, prefieres o haces diariamente. Anota en cada área, el número de que obtengas por segmento.

<input type="checkbox"/> Me gusta dar órdenes	<input type="checkbox"/> Soy lógico	<input type="checkbox"/> Siempre estoy opinando
<input type="checkbox"/> Solo me interesan los resultados	<input type="checkbox"/> Comprendo instrucciones de manejo de equipo.	<input type="checkbox"/> Me interesa mucho el precio \$ de las cosas
<input type="checkbox"/> Soy muy práctico	<input type="checkbox"/> Voy directo al grano	<input type="checkbox"/> No mezclo mis sentimientos al tomar decisiones
<input type="checkbox"/> Calculo cantidades exactas	<input type="checkbox"/> Hago uso de la razón	<input type="checkbox"/> Soy realista
<input type="checkbox"/> Me atengo a los hechos	<input type="checkbox"/> Analizo las cosas	<input type="checkbox"/> Me interesa saber que recibo por lo que doy o \$
<input type="checkbox"/> Soy objetivo al pensar y hablar	<input type="checkbox"/> No me fijo en estados de ánimo	<input type="checkbox"/> No me dejo llevar por mis emociones o de otros
<input type="checkbox"/> Hago mi trabajo con cuidado	<input type="checkbox"/> Tengo claras las funciones de cada quien.	<input type="checkbox"/> Soy eficiente
<input type="text" value="ÁREA 1:"/>		
<input type="checkbox"/> Hago las cosas siempre de la misma manera	<input type="checkbox"/> Tengo paciencia	<input type="checkbox"/> Me fijo en los detalles
<input type="checkbox"/> Soy puntual	<input type="checkbox"/> Me molestan los cambios	<input type="checkbox"/> Me gusta cumplir las órdenes
<input type="checkbox"/> Me gusta como pienso y me molestan cambios	<input type="checkbox"/> Me gusta seguir las tradiciones	<input type="checkbox"/> Soy conservador
<input type="checkbox"/> Se organizarme y organizar a los demás	<input type="checkbox"/> Pienso más de dos veces antes de hacer cosas	<input type="checkbox"/> Hago mi tarea con atención y cuidado
<input type="checkbox"/> Me fijo en todo con mucha atención	<input type="checkbox"/> Me gusta la seguridad	<input type="checkbox"/> Pueden confiar en mi
<input type="checkbox"/> Digo lo que pienso y hago lo que digo	<input type="checkbox"/> Termino una cosa antes de iniciar otra	<input type="checkbox"/> Siempre cumplo con mis compromisos
<input type="checkbox"/> Me controlo y me gusta controlar todo y a todos	<input type="checkbox"/> Soy bueno para supervisar mi trabajo y de otros.	<input type="checkbox"/> Distingo lo que esta bien de lo que esta mal
<input type="text" value="ÁREA 2:"/>		
<input type="checkbox"/> Me gusta relacionarme con los demás	<input type="checkbox"/> Complaciente con los demás	<input type="checkbox"/> Me muevo y hago gestos al hablar
<input type="checkbox"/> Me emociono o enojo fácilmente	<input type="checkbox"/> Pido la opinión de los demás	<input type="checkbox"/> Seguido pido consejos
<input type="checkbox"/> Soy caritativo	<input type="checkbox"/> Comprendo a mis semejantes	<input type="checkbox"/> Soy amistoso y cálido
<input type="checkbox"/> Soy sensible	<input type="checkbox"/> Me gusta bailar y cantar	<input type="checkbox"/> Sé comprometerme
<input type="checkbox"/> Me gusta ayudar a los demás y facilito las cosas	<input type="checkbox"/> Digo lo que pienso y lo que siento	<input type="checkbox"/> Soy apasionado y profundo
<input type="checkbox"/> Vivo según mis creencias	<input type="checkbox"/> Me gusta hacer alianzas con los demás	<input type="checkbox"/> Hago tratos donde todos quedamos contentos
<input type="checkbox"/> Me gusta trabajar en equipo	<input type="checkbox"/> Me doy gusto a mi y a los demás	<input type="checkbox"/> Soy leal
<input type="text" value="ÁREA 3:"/>		
<input type="checkbox"/> Me gusta imaginar	<input type="checkbox"/> Aprendo de mis experiencias	<input type="checkbox"/> Me gustan los retos
<input type="checkbox"/> Me gusta tomar riesgos	<input type="checkbox"/> Soy flexible	<input type="checkbox"/> Pienso en el futuro
<input type="checkbox"/> No me preocupo por el tiempo	<input type="checkbox"/> Disfruto de la belleza de todo.	<input type="checkbox"/> Hago planes
<input type="checkbox"/> Soy divertido	<input type="checkbox"/> Me gusta iniciar cosas nuevas	<input type="checkbox"/> Casi siempre se lo que va a pasar en un futuro
<input type="checkbox"/> Soy creativo y pienso varias formas para algo	<input type="checkbox"/> Me gusta probar con nuevas cosas	<input type="checkbox"/> Me molesta hacer lo mismo todos los días
<input type="checkbox"/> Soy impaciente ante detalles	<input type="checkbox"/> Pienso en lo que hice	<input type="checkbox"/> Pienso y hago cosas nuevas
<input type="checkbox"/> Se encontrar otras formas de hacer las cosas	<input type="checkbox"/> Me gusta investigar	<input type="checkbox"/> Soy espiritual
<input type="text" value="ÁREA 4:"/>		

Figura A.2. Test para determinar el estilo de pensamiento de Human Potential

(www.humanpotential.com.mx).

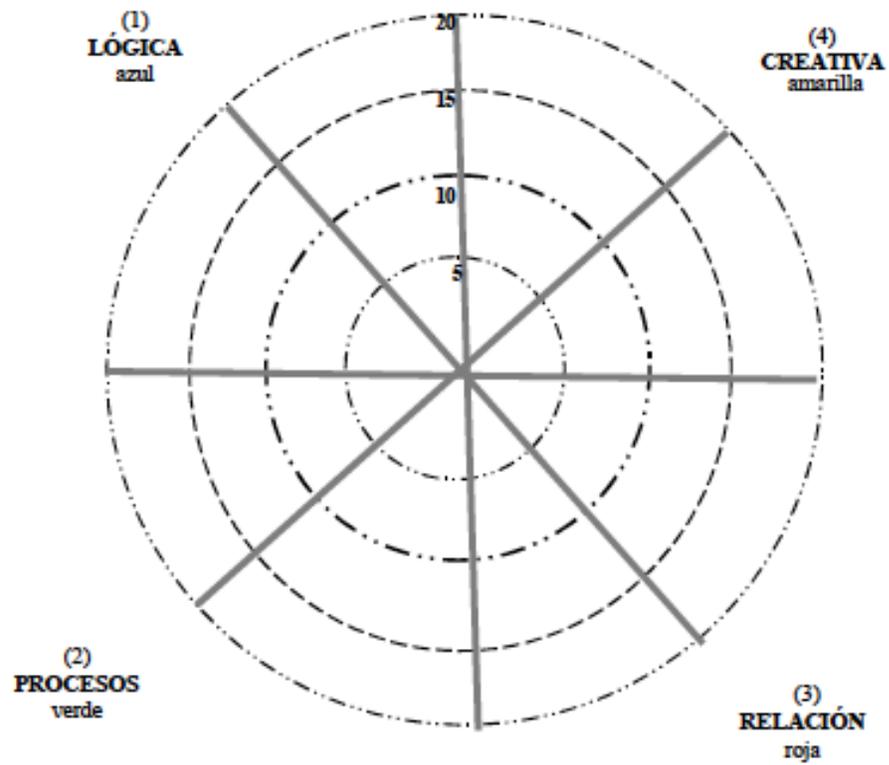


Figura A.3. Interpretación de resultados del cuestionario del estilo de pensamiento.

Anexo B Aportaciones a la generación de conocimiento.

Las aportaciones de la presente investigación impactan en tres áreas del conocimiento:

1. En el ámbito de la Neuropedagogía con el Sistema Instruccional Cognitivo (SIC) que integra las dimensiones Tecnológica, Pedagógica y la Cognitiva;
2. En el ámbito computacional (diseño de ontologías) con la metodología para el diseño didáctico y representación gráfica de ontologías (GODeM) y el modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje; y
3. En el ámbito de tecnología educativa con la propuesta de la arquitectura del entorno virtual de aprendizaje personalizado (EVAP) basado en una solución de Cómputo en la nube.

Dimensión Neuropedagógica

Las aportaciones generadas al área de conocimiento de la Neuropedagogía se describen a continuación:

1. Momentos de intervención del proceso cognitivo y su relación con teorías cognitivas. Con base en las propuestas de los elementos del Proceso Cognitivo de Banyard (1995) y Smith y Kolsson (2008), se identifican cuatro momentos de intervención: (1) Adquisición; (2) Decodificación y almacenamiento; (3) Manejo de información y motivación; y (4) Expresión del conocimiento. Estos momentos de intervención en el proceso cognitivo, deben considerarse dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje para fomentar el aprendizaje integral del estudiante. La descripción completa se encuentra en el capítulo 6 sección 6.1.3 y se muestra en la figura 6.4.
2. Como parte del trabajo empírico realizado, durante la prueba de concepto, se diseña el Sistema Instruccional Cognitivo (SIC) que integra tres dimensiones: (a) la Tecnológica, la Pedagógica y la Cognitiva. El SIC contempla la activación de habilidades cognitivas a través de: aprender haciendo, personalización de actividades de aprendizaje y el trabajo cooperativo en comunidades de aprendizaje mediadas por

tecnologías de la información. (b) La metodología del SIC se describe en el capítulo 6 en la sección 6.1.2.

Dimensión Computacional (ontologías)

Las aportaciones generadas en el área de Sistemas Basados en Conocimiento de manera específica el diseño de ontologías se tienen:

1. Graphical Ontology Design Methodology (GODeM) es una metodología para el diseño y representación gráfica de ontologías que integra: a) La simplicidad y detalle para comprender el dominio del conocimiento y realizar un buen diseño; b) Un lenguaje formal gráfico que permite visualizar como un todo el diseño de la ontología; y c) Incorpora las etapas de validación y documentación.
2. Modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje. El modelo ontológico esta constituido por un conjunto de ontologías: a) Modelo de estilos cognitivos; b) Modelo de perfil de aprendizaje del estudiante; c) Modelo del curso; d) Modelo de actividades de evaluación; e) Modelo de la ruta de aprendizaje. Su objetivo es personalizar las actividades de aprendizaje con base en el perfil cognitivo del estudiante y las habilidades cognitivas que el estudiante debe desarrollar al concluir el curso.

Dimensión Tecnológica. (EVAP)

Las aportaciones generadas al área de conocimiento de la Tecnología Educativa son descritas a continuación:

1. Construcción de un ambiente virtual educativo para el trabajo cooperativo denominado Colaboratorios basado en un Entorno Virtual de Aprendizaje Personalizado (EVAP).
2. Diseño de una arquitectura de Cloud Computing sobre la que se implementa la solución propuesta. Esta arquitectura Integra los componentes de Learning Management System (LMS), Personalized Virtual Learning Environment (PVLE) y Ontological

Model (OM). La arquitectura propuesta toma como base el trabajo de Gusev y colaboradores (2013). Sin embargo, el marco de referencia tomado por la actual propuesta integra el modelo ontológico para la personalización de actividades de aprendizaje que a su vez reemplaza el módulo MIS (Management Information System) que propone Gusev, como se muestra en la figura 6.19. La modalidad de servicio que ofrece es “Plataforma as a Service (PaaS) y el modelo de implementación es *Community cloud* y *Private cloud*. Por último la tecnología interna utilizada es la virtualización.

Meta-modelo de Aprendizaje Estratégico (Strategic Learning Meta-model)

Los resultados obtenidos y los productos generados en el presente trabajo de investigación, ofrece las bases teóricas y empíricas para proponer el Meta-modelo de Aprendizaje Estratégico (MAE) cuyo nucleó es el modelo ontológico diseñado. La arquitectura del MAE está constituida por tres capas: a) La capa reactiva, b) La capa inteligente y c) La capa de infraestructura. Así mismo, se proponen tres dimensiones para el modelo del MAE: 1) La dimensión de la percepción, 2) La dimensión del pensamiento, y 3) La dimensión de la evaluación.

La capa reactiva se conforma del modelo de regulación que se encuentra en proceso de diseño. La capa inteligente conformada por el modelo ontológico se diseña e implementa como parte del actual trabajo de investigación (sección 6.2.2). Por último la capa de infraestructura esta asociada al EVAP que se describe en la sección 6.3.1.2.

El modelo de aprendizaje estratégico integra los principios de la evaluación mediadora, la personalización de las actividades de aprendizaje, la supervisión, seguimiento y atención personalizada, así como el trabajo de las comunidades de aprendizaje con el objetivo de brindar el fortalecimiento de habilidades para el trabajo en equipo, el liderazgo y la negociación, entre otros. El MAE optimiza los recursos físicos y humanos de una institución, buscando disminuir los niveles de deserción e incrementar los niveles de aprobación. En la figura 8.4. se muestra el meta-modelo (Silva-López y cols., 2013b).

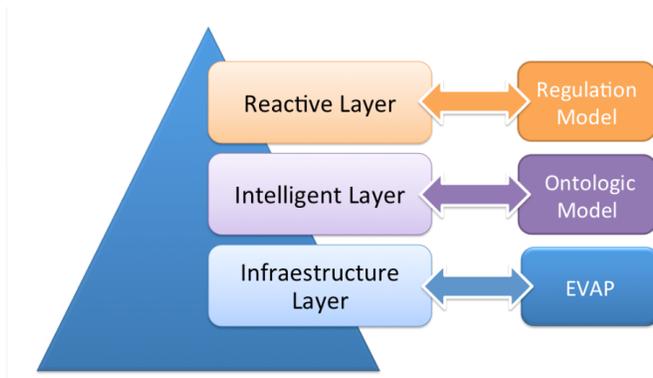


Figura 8.4. Strategic learning meta-model. (Silva-López y cols., 2013b).

El diseño del modelo de regulación del MAE y su implementación es un trabajo futuro a desarrollar.

Esta investigación a la fecha ha generado los siguientes productos de trabajo:

6 Artículos publicados en revistas indexadas.

7 Artículos publicados en memorias de congresos.

1 Capítulo de libro.

15 Presentaciones en Congresos.

Listado de publicaciones.

Silva-López, R., Cruz-Miguel, E., Laureano-Cruces, A. (2011). La personalización de recursos educativos acordes con los Estilos de Aprendizaje, un motivante del aprendizaje para estudiantes de Ingeniería. México. Congreso Iberoamericano de Estilos de Aprendizaje. Universidad de Chile.

Silva-López, R., Santos-Palacios, A., González-Beltrán, B. (2011). Sistema de evaluaciones dinámicas del proceso de enseñanza-aprendizaje. Libro Electrónico: *Tópicos Selectos de Tecnología de la Información y Comunicaciones. XXIV Congreso Nacional y X Congreso Internacional de Informática y Computación ANIEI 2011*. México. Colima. 1 (1), (381-388). ISBN: 978-607-707-334-5.

Silva-López, R., Cruz-Miguel, E., Sordo-Zabay, E., Pablo-Leyva H. (2012). Nuevos Paradigmas en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediado por TIC en la DCBI de la UAM Azcapotzalco. *Memorias del Primer Coloquio sobre la Practica de la Educación Virtual en la UAM-A. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco*, 1 (1), (427-434). México. ISBN: 978-607-477-830-4.

Silva-López, R., Cruz-Miguel, E., Pablo-Leyva H. (2012). Aplicando los Estilos de Aprendizaje en un entorno virtual de aprendizaje personalizado (EVAP), un mecanismo para la atención a la diversidad. *V Congreso Mundial de Estilos de Aprendizaje. Estilos de Aprendizaje: Investigaciones y Experiencias*. 1 (1). España. ISBN: 978-84-695-3454-D.

- Silva-López, R., Sánchez-Arias, V. (2012). La evaluación mediadora en entornos virtuales de aprendizaje cooperativo. *e-Evaluación, métodos, herramientas y experiencias. Congreso Iberoamericano de aprendizaje mediado por tecnología*. Universidad Autónoma de México. Capítulo 11, 1 (1), (627-634). ISBN 978-607-02-4148-2.
- Silva-López, R., Cruz-Miguel E., Pablo-Leyva, H., Barrón-Romero C. (2013). Sistema de Aprendizaje Cooperativo mediado por Tecnologías de la Información y Comunicaciones. *Primer Congreso 40-UAM. La UAM a 40 años de su creación*. Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F, 23 de octubre de 2013.
- Silva-López, R., Méndez-Gurrola, I., Pablo-Leyva, H., Cruz-Miguel, R. (2013). Instructional design customizing in courses mediated by technology and its impact on approval rates. *E-Learn 2013 World Conference on E-Learning. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE)*. Proceedings of E-Learn 2013. ISBN: 978-1-939797-05-6, (1373-1378).
- Silva-López, R., Sánchez-Arias, V., Méndez-Gurrola, I., (2013a). Ontological model to represent the student's learning profile. 6th International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI). *International Association of Technology, Education and Development*. ISBN: 978-84-616-3849-9, ISSN: 2340-1095, (549-557).
- Silva-López, R., Méndez-Gurrola, I. Sánchez-Arias, V., (2013b). Strategic learning, towards a teaching reengineering. *Research in Computing Science*, Vol. 65, 133-145. ISSN: 1870-4069.
- Silva-López, R., Méndez-Gurrola, I. Sánchez-Arias, V. (2014). E-assessment: Ontological Model for Personalizing Assessment Activities. *ICGST International Journal on Artificial Intelligence and Machine Learning (AIML)*, 14 (I), (33-40). ISSN Print 1687-4846. ISSN Online 1687-4854.
- Silva-López, R.B., Silva-López, M. I., Méndez-Gurrola, I., Bravo, M. (2014a). *Onto Design Graphics (ODG): A Graphical Notation to Standardize Ontology*, **Springer International Publishing Switzerland**, MICAI 2014, Part I, LNAI 8856, pp. 443-452.

- Silva-López, R., Silva-López M., Bravo M., Méndez-Gurrola, I. Sánchez-Arias,V., (2014b). *GODeM: A Graphical Ontology Design Methodology*. **Research in Computing Science**, Vol. 84, 17-28. ISSN: 1870-4069.
- Silva-López, R., Cruz-Miguel E., Pablo-Leyva, H., Barrón-Romero C. (2015). Sistema de Aprendizaje Cooperativo mediado por Tecnologías de la Información y Comunicaciones. publicación en en el Libro Científico del IV Congreso Internacional Avances de las Mujeres en las Ciencias, las Humanidades y todas las Disciplinas. México 2015. En proceso de publicación.
- Silva-López, R., Méndez-Gurrola, I., Herrera, O. (2015). Metamodelo de aprendizaje estratégico (MAE): Arquitectura de la capa de infraestructura, solución basada en la Cloud Computing. **Research in Computing Science**, Vol. 93, 175–188. ISSN: 1870-4069.
- Silva-López, R., Méndez-Gurrola, I. Herrera O., Silva-López, M. I., Fallad-Chávez, J. (2015a). Strategic Learning Meta-model (SLM): Architecture of the Personalized Virtual Learning Environment (PVLE) based on the Cloud Computing. **Springer International Publishing Switzerland**, MICAI 2015, Part I, LNAI 8856, pp. XX-XX.
- Silva-López, R., Fallad-Chávez, J., Reyes-Ortiz José A., Bravo Maricela, Rodríguez José. (2015b). Techno Neuro Pedagogy System: an instructional design methodology for customized online courses (Virtual Cutomizad Environment Learning). **IEEE, The 2015 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI'15). The 2015 Intenational Symposium on Education (CSCI-ISED)**. December, 2015, Las Vegas, USA. Aceptado, en proceso de publicación.