



**METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS SOPORTADA EN UN
AMBIENTE DE APRENDIZAJE VIRTUAL ADAPTATIVO**

SERGIO AUGUSTO CARDONA TORRES

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN
DOCTORADO EN INGENIERÍA
MEDELLÍN
2017**



**METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS SOPORTADA EN UN
AMBIENTE DE APRENDIZAJE VIRTUAL ADAPTATIVO**

SERGIO AUGUSTO CARDONA TORRES

**Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de
Doctor en Ingeniería**

Dirigido por

PHD. JEIMY BEATRIZ VÉLEZ RAMOS

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN
DOCTORADO EN INGENIERÍA
MEDELLÍN
2017**

Nota de aceptación

_____ Aprobado _____

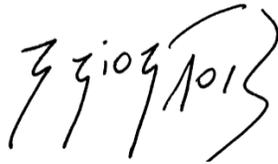
Sergio Tobón Tobón
Comité Doctoral

Silvana Aciar
Comité Doctoral

Gloria Liliana Vélez Saldarriaga
Comité Doctoral

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“Declaro que esta tesis (o trabajo de grado) no ha sido presentada para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad”. Art. 82 Régimen Discente de Formación Avanzada, Universidad Pontificia Bolivariana.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'E. G. 1013' with a large flourish at the end.

FIRMA AUTOR (ES) _____

DEDICATORIA

A Dios, por las bendiciones que derrama sobre mí.

A mi Madre, Florelba, por su asertividad, guía y amor incondicional.

A mi Padre, Álvaro, por su compañía, buen ejemplo y amor ilimitado.

A mi Esposa, Martha Luz, por su comprensión, apoyo y profundo amor.

A mis Hermanos María Isabel y José Luis, por su nobleza y cariño.

A mi Sobrina, Victoria, por su alegría, amor, luz y brillo.

AGRADECIMIENTOS

En esta sección quiero expresar mi agradecimiento a las personas e instituciones que me han apoyado durante mi proceso de formación Doctoral.

Agradezco a mi Directora, PhD. Jeimy Beatriz Vélez Ramos, por su apoyo, asertividad, orientación y acompañamiento para la elaboración de esta tesis Doctoral.

A la Doctora Martha Luz Valencia Castrillón, por sus recomendaciones guía y acompañamiento, durante todo este tiempo.

Al Doctor, José Fernando Echeverri Murillo, Rector de la Universidad del Quindío, por su orientación y apoyo permanente durante mi Doctorado.

A la Universidad del Quindío, por propiciar las condiciones para adelantar mis estudios de Doctorado.

A los Doctores Andrés Saúl de la Serna Tuya, Carolina Tapia Cortes y Yadira Navarro Rangel, de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), por su ayuda incondicional durante la realización mis pasantías de Doctorado.

Al Doctor Jorge Iván Quintero Salazar, Vicerrector Académico de la Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío, por abrirme las puertas para el proceso de validación de la tesis.

A los profesores de la Universidad del Quindío, Msc. Hernando Hurtado y Msc. María Dolly García, por su tiempo y orientación en la toma de decisiones para el análisis estadístico.

A los profesores y cuerpo directivo del Doctorado en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana, por las experiencias compartidas y el profesionalismo.

Al Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación Colciencias, convocatoria 569 de 2012, por el apoyo financiero del proyecto de investigación: Entorno de aprendizaje adaptativo basado en un modelo de estudiante multidimensional.

Resumen

Esta investigación tiene como principal objetivo hacer un aporte a las limitantes identificadas en el marco de referencia respecto a la evaluación de competencias en ambientes de aprendizaje en línea, en particular, se propuso una metodología para la formación y evaluación, soportada en lineamientos pedagógicos y herramientas tecnológicas, a partir de las cuales se puede orientar el diseño e implementación de cursos virtuales adaptativos.

Con el ánimo de contribuir a mejorar la educación a través de desarrollos tecnológicos pertinentes, en esta investigación se presentó la conceptualización, funcionalidades técnicas y estudios de validación de una tecnología que permite el soporte a la gestión una metodología de evaluación, en una de las plataformas de gestión de cursos en línea de mayor uso a nivel mundial, el sistema de gestión de aprendizaje Moodle. El logro de los objetivos propuestos en esta tesis de doctorado, se realizó mediante: (1) la especificación de una metodología para la evaluación de competencias sobre un entorno de aprendizaje virtual adaptativo, (2) la definición del modelo de estudiante y (3) la implementación del sistema de aprendizaje virtual adaptativo.

Para validar el objetivo de esta tesis de doctorado, se realizaron dos estudios: exploratorio y confirmatorio. El estudio exploratorio fue de corte cuasi-experimental y el confirmatorio de corte transversal. Para ambos, se aplicó el método de investigación basado en encuesta y el alcance de los estudios fue descriptivo, correlacional e inferencial.

Los principales aportes de esta tesis fueron: contribución al estado del arte en el contexto de la evaluación de competencias sobre entornos de aprendizaje virtual adaptativos, aporte al modelado de estudiante mediante un análisis formal de la posible incidencia de algunas características del modelo en el rendimiento académico del estudiante. A nivel tecnológico, se hace un aporte a la comunidad académica, teniendo en cuenta que se desarrolló un componente adicional para Moodle, el cual permite el diagnóstico de los estilos de aprendizaje y del nivel de competencia de los estudiantes; variables a partir de las cuales es posible adaptar recursos y actividades de aprendizaje. Desde la integración tecnológica, mediante la representación de una arquitectura de extensión para Moodle y la integración con los componentes de un sistema adaptativo educativo, basado en la expresión de cuatro modelos: instrucción, dominio, estudiante y de adaptación. Los resultados del estudio empírico, mostraron que la implementación de una metodología de evaluación de competencias para personalizar actividades y recursos de aprendizaje en un ambiente virtual adaptativo, contribuyó al rendimiento académico de los estudiantes.

Palabras clave: arquitectura de software, autoevaluación, coevaluación, heteroevaluación, evaluación de competencias, modelo de estudiante, rendimiento académico, sistemas adaptativos.

Abstract

This doctoral thesis has as its main objective to make a contribution to the necessities that were identified in the theoretical framework in relation to the competences assessment in virtual environments. It was proposed a methodology for the formation and assessment that is based in pedagogical guidelines and technological tools from which it is possible to orientate the design and implementation of virtual adaptive courses.

With the idea to make a contribution for a better education using relevant technological development, in this research study, it was presented the conceptualization, the technical functionalities and cases that are validations of a technology that allows the support to the management of an assessment methodology in one of the most used management platforms of courses on line worldwide. This management system of learning is Moodle.

In this thesis, the accomplishment of the proposed objectives was carried out by means of: (1) the specification of a methodology for the assessment of competences in an environment of adaptive virtual learning, (2) the definition of the student's model y , (3) the implementation of the adaptive virtual learning system. To validate the objectives of this thesis, two studies were done: the exploratory and the confirmatory. The exploratory study had a cuasi-experimental approach and the confirmatory had a transversal approach. For the two studies the method of questionnaires was applied. The scope of the studies was descriptive, correlational and inferential.

The main aspects carried out in this research study were: the contribution to the state of art in the context of competences assessment in the environment of adaptive virtual learning; contribution to the student's modeling by means of a formal analysis of the possible incidence of some characteristics of the model in the student's academic performance. At the technological level, a contribution to the academic community was made taking into account that an additional component was developed for Moodle. This component allows the diagnosis of the learning styles and the students' level of competence. From the above mentioned variables, it is possible to adapt resources and learning activities based on the technological integration and by means of the representation of an extension architecture for Moodle and its integration with the components of an educational adaptive system, based on four models: instruction, domain, student and adaptation. The results of the empirical study, showed that the implementation of a competence assessment methodology to adapt activities and learning resources in an adaptive virtual environment, contributed to the academic performance of the students.

Keywords: software architecture, assessment of competences, self-assessment, co-assessment; hetero- assessment, academic performance, adaptive systems, student model.

Contenido

1.	Introducción general	15
1.1	Motivación	15
1.2	Problema de investigación	17
1.3	Objetivos.....	19
1.3.1	Objetivo general	19
1.3.2	Objetivos específicos.....	19
1.4	Hipótesis de la investigación	19
1.5	Metodología	19
1.5.1	Elaboración del marco de referencia.....	19
1.5.2	Diseño de la metodología de evaluación	20
1.5.3	Definición del modelo de estudiante	20
1.5.4	Implementación del sistema de aprendizaje virtual adaptativo.....	20
1.6	Organización de la tesis	21
1.6.1	Descripción de las partes de la tesis.....	22
1.6.2	Anexos.....	22
2.	Marco de referencia.....	23
2.1	Perspectiva teórica	23
2.1.1	Formación por competencias	23
2.1.2	Evaluación de competencias.....	24
2.1.3	Tipos de evaluación.....	26
2.1.4	Sistemas adaptativos educativos	27
2.1.5	Modelo de estudiante	29
2.2	Marco de antecedentes	30
2.2.1	Trabajos de herramientas de evaluación	30
2.2.2	Trabajos sobre sistemas adaptativos.....	32
2.2.3	Trabajos sobre tipos de evaluación.....	33
2.3	Conclusiones del capítulo	34
3.	Metodología para la evaluación de competencias	35
3.1	Fases de la metodología	36
3.2	Representación de la metodología con la notación SPEM.....	37
3.3	Explicación de las fases y representación con SPEM	38
3.3.1	Fase de planeación	38
3.3.2	Fase de ejecución	39
3.3.3	Fase de seguimiento	39
3.3.4	Cierre de la evaluación.....	40

3.4	Especificación de las actividades.....	40
3.4.1	Descripción actividades del diseño del proyecto formativo.....	40
3.4.2	Definición de actividades del diseño de evaluación.....	41
3.4.3	Gestión de la evaluación.....	42
3.4.4	Seguimiento de la evaluación.....	44
3.4.5	Cierre de la evaluación.....	44
3.5	Relación entre actividades, tareas y productos de trabajo.....	45
3.6	Resultados de la implementación de la metodología de evaluación.....	46
3.6.1	Introducción.....	46
3.6.2	Contexto.....	46
3.6.3	Muestra.....	47
3.6.4	Instrumento de opinión sobre la metodología de evaluación.....	47
3.6.5	Opinión de los profesores frente a la metodología de evaluación.....	48
3.7	Conclusiones del capítulo.....	49
4.	Modelo de estudiante.....	51
4.1	Características del modelo de estudiante.....	51
4.2	Inicialización de las características del modelo.....	53
4.3	Actualización de las características del modelo.....	53
4.4	Técnica para implementar el modelo.....	54
4.5	Soporte tecnológico en Moodle.....	54
4.6	Resultados.....	55
4.6.1	Muestra.....	56
4.6.2	Instrumentos.....	56
4.6.3	Propiedades del instrumento de opinión de los estudiantes.....	56
4.6.4	Análisis de características del modelo de estudiante.....	57
4.7	Conclusiones del capítulo.....	61
5.	Sistema de aprendizaje virtual adaptativo.....	62
5.1	Modelo de dominio.....	62
5.1.1	Validación del modelo.....	63
5.2	Arquitectura de extensión para el LMS - MOODLE.....	64
5.3	Arquitectura de extensión para MOODLE y el sistema adaptativo.....	65
5.3.1	Representación del modelo dominio.....	66
5.3.2	Representación del modelo de instrucción o pedagógico.....	67
5.3.3	Representación del modelo de adaptación.....	67
5.3.4	Representación del modelo de estudiante.....	69
5.4	Componentes de software.....	69

5.5	Conclusiones del capítulo	71
6.	Estudio empírico.....	72
6.1	Diseño del estudio exploratorio	72
6.1.1	Hipótesis	72
6.1.2	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	73
6.1.3	Muestra.....	74
6.1.4	Instrumentos.....	74
6.1.5	Propiedades de los instrumentos	74
6.2	Resultados estudio exploratorio	77
6.2.1	Características de la muestra.....	77
6.2.2	Resultados de opinión de los estudiantes del grupo experimental	77
6.2.3	Análisis de los resultados de la evaluación de acuerdo al agente.....	81
6.2.4	Análisis de variables que intervienen en la evaluación	82
6.2.5	Relación de variables independientes con el rendimiento académico	84
6.2.6	Estudio de los componentes del análisis factorial.....	86
6.2.7	Resultados del modelo de regresión múltiple por factor	87
6.2.8	Análisis de resultados estudio cuasi-experimental	89
6.3	Diseño del estudio confirmatorio	91
6.3.1	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	91
6.3.2	Muestra.....	91
6.3.3	Propiedades de los instrumentos	92
6.4	Resultados del estudio confirmatorio	93
6.4.1	Características de la muestra.....	93
6.4.2	Resultados de opinión de los estudiantes de la muestra.....	93
6.4.3	Análisis de los resultados de la evaluación de acuerdo al agente.....	97
6.4.4	Análisis de variables relacionadas con la autoevaluación y la coevaluación	98
6.4.5	Relación de variables independientes con el rendimiento académico	100
6.4.6	Análisis de los componentes del análisis factorial	101
6.4.7	Resultados del modelo de regresión múltiple por factor	103
6.5	Conclusiones del capítulo	104
7.	Conclusiones, discusión y trabajo futuro.....	105
7.1	Conclusiones	105
7.2	Discusión	107
7.3	Trabajo futuro	112
8.	Bibliografía.....	113

Lista de Figuras

Figura 1. Estructura de la tesis.....	21
Figura 2. Arquitectura del sistema adaptativo	29
Figura 3. Metodología para la evaluación de competencias para entornos adaptativos	36
Figura 4. Actividad del diseño del proyecto formativo.....	38
Figura 5. Actividad de diseño de la evaluación.....	38
Figura 6. Actividad de ejecución de la evaluación	39
Figura 7. Actividad seguimiento de la evaluación	39
Figura 8. Soporte tecnológico de la metodología de evaluación.....	46
Figura 9. Porcentaje de respuesta para el factor proyectos formativos	48
Figura 10. Porcentaje de respuesta para el factor proyectos formativos	49
Figura 11. Porcentaje de respuesta para el factor metodología de evaluación	49
Figura 12. Características del modelo de estudiante	52
Figura 13. Bloque de extensión para nivel de competencia y estilos de aprendizaje	55
Figura 14. Arquitectura de extensión para el modelo de estudiante	55
Figura 15. Media de autoevaluación y coevaluación con relación al estrato	59
Figura 16. Factores evaluación y metodología de proyectos, con rendimiento académico.....	60
Figura 17. Modelo de dominio del sistema.....	62
Figura 18. Modelo ecore	63
Figura 19. Arquitectura de extensión para MOODLE.....	65
Figura 20. Arquitectura de extensión para MOODLE y sistema adaptativo.....	66
Figura 21. Representación del modelo de dominio.....	66
Figura 22. Representación del modelo de instrucción	67
Figura 23. Clasificación de recursos y actividades de aprendizaje	68
Figura 24. Clasificación de recursos y actividades de aprendizaje	69
Figura 25. Representación del modelo de estudiante.....	69
Figura 26. Ventana principal curso adaptativo	70
Figura 27. Ventana configuración proyecto formativo.....	70
Figura 28. Ventana para la evaluación de evidencias	71
Figura 29. Resultados de los tipos de evaluación.....	81
Figura 30. Media de autoevaluación con relación al estrato socioeconómico	82
Figura 31. Media de autoevaluación con relación al tipo de colegio.....	83
Figura 32. Media de autoevaluación y coevaluación con relación al estrato	84
Figura 33. Comparación del rendimiento en función del tipo de colegio del estudiante	85
Figura 34. Rendimiento académico en función del estilo de aprendizaje	85
Figura 35. Media de nota definitiva agrupada con relación a los factores evaluación y proyecto	86
Figura 36. Factores evaluación y metodología de proyectos, con el rendimiento académico	87
Figura 37. Media de la prueba final entre grupo experimental y control	90
Figura 38. Resultados rango promedio entre grupo control y experimental	91
Figura 39. Opinión de los estudiantes frente a la metodología de proyectos formativos.....	94
Figura 40. Opinión de los estudiantes frente a las actividades del proceso de evaluación	94
Figura 41. Opinión de los estudiantes frente a la contribución de la evaluación a la formación.....	95
Figura 42. Utilidad de los recursos y las actividades de aprendizaje en Moodle	95
Figura 43. Opinión del diseño del curso en la plataforma Moodle	96
Figura 44. Opinión frente a la categoría proceso de aprendizaje	96
Figura 45. Comparación de los tipos de evaluación	98
Figura 46. Media de autoevaluación con relación al tipo de colegio.....	99
Figura 47. Media de coevaluación con relación al tipo de colegio.....	100
Figura 48. Comparación del rendimiento académico en función del estilo de aprendizaje	101
Figura 49. Media de definitiva agrupada con relación a los factores evaluación y proyecto	102
Figura 50. Relación del factor adaptación y el estilo de aprendizaje	103

Lista de Tablas

Tabla 1. Definiciones de Competencia.....	24
Tabla 2. Herramientas de evaluación.....	31
Tabla 3. Trabajos de sistemas adaptativos.....	32
Tabla 4. Trabajos de implementación de tipos de evaluación	33
Tabla 5. Representación de la metodología con SPEM	37
Tabla 6. Tarea de definición de la estructura formal del proyecto formativo	40
Tabla 7. Tarea de definición de competencias	40
Tabla 8. Tarea de definición de actividades de aprendizaje	41
Tabla 9. Tarea de diseño de la prueba diagnóstica	41
Tabla 10. Tarea de definición de evidencias.....	42
Tabla 11. Tarea de elaboración de matriz de evaluación	42
Tabla 12. Tarea para determinar el nivel de competencia.....	42
Tabla 13. Tarea para adaptar actividades y recursos de aprendizaje	43
Tabla 14. Tarea para aplicar matriz de evaluación de competencias.....	43
Tabla 15. Tarea para analizar los resultados de la evaluación.....	44
Tabla 16. Tarea para retroalimentar los resultados de la evaluación	44
Tabla 17. Metodología con productos de trabajo y guías	45
Tabla 18. Matriz de componentes rotados de la metodología de evaluación.....	48
Tabla 19. Matriz de componentes rotados (modelo de estudiante).....	57
Tabla 20. Matriz de correlaciones para características del modelo de estudiante	58
Tabla 21. Relación entre factor y características (modelo de estudiante)	60
Tabla 22. Resumen del modelo	61
Tabla 23. Estructura XML del proyecto formativo	64
Tabla 24. Reglas de adaptación.....	68
Tabla 25. Diseño metodológico de investigación.....	73
Tabla 26. Variables de investigación con indicador de medida	73
Tabla 27. Matriz de componentes rotados estudio exploratorio	75
Tabla 28. Estructura del cuestionario para la prueba de competencia	76
Tabla 29. Cumplimiento de los elementos de la metodología de proyectos formativos.....	77
Tabla 30. Comprensión y participación en las actividades del proceso de evaluación	78
Tabla 31. Contribución del proceso de evaluación al rendimiento académico	78
Tabla 32. Utilidad de los recursos y actividades de aprendizaje en Moodle	79
Tabla 33. Opinión sobre el diseño del curso en Moodle	79
Tabla 34. Opinión del estudiante con relación al proceso de aprendizaje.....	80
Tabla 35. Matriz de correlaciones estudio exploratorio.....	80
Tabla 36. Nivel de significancia entre la autoevaluación y las variables categóricas	82
Tabla 37. Nivel de significancia entre la coevaluación y las variables categóricas	83
Tabla 38. Estadísticos de variables con relación al rendimiento académico.....	84
Tabla 39. Significancia entre factor y variables independientes	86
Tabla 40. Significancia entre factor (plataforma y adaptación) con variables independientes.....	87
Tabla 41. Resumen del modelo de regresión para la percepción de la plataforma	88
Tabla 42. Coeficientes del modelo para el estudio exploratorio	88
Tabla 43. Resumen del modelo de regresión para la variable metodología de evaluación	89
Tabla 44. Matriz de componentes rotados estudio confirmatorio	92
Tabla 45. Matriz de correlaciones estudio confirmatorio.....	96
Tabla 46. Nivel de significancia entre la autoevaluación y las variables categóricas.....	98
Tabla 47. Nivel de significancia entre la coevaluación y las variables categóricas	99

Tabla 48. Estadísticos de variables con relación al rendimiento académico.....	100
Tabla 49. Nivel de significancia entre factor con variables independientes.....	101
Tabla 50. Significancia entre factor (plataforma y adaptación) con variables independientes	102
Tabla 51. Resumen del modelo de regresión para la variable plataforma Moodle	103
Tabla 52. Resumen del modelo de regresión para la variable metodología de evaluación	104

Capítulo 1

Introducción General

1. Introducción general

En este capítulo se presentan los elementos que motivan la realización de esta tesis Doctoral. Se expone el problema de investigación y la metodología aplicada para el cumplimiento de los objetivos. Finalmente, se explica la organización de los capítulos de la tesis.

1.1 Motivación

Durante las últimas décadas se han estructurado reformas en la educación en diversos países, (J Kim, 2004), (Biemans, Nieuwenhuis, Poell, Mulder, & Wesselink, 2005). Se identifica una motivación por orientar las políticas de calidad de la educación hacia principios centrados en una formación basada en competencias (Biemans et al., 2005), (Arguelles & Gonczi, 2000). Así mismo, se evidencian proyectos educativos internacionales direccionados a la implementación de modelos de formación y evaluación por competencias (OCDE, 2005), (Tuning, 2006), (Tuning, 2007).

Existen investigaciones que proponen lineamientos pedagógicos y metodológicos en torno a la evaluación de competencias (Tobón, 2013c), (García, 2010), considerándola una actividad dentro de la formación, que requiere criterios y métodos sistemáticos, para reunir información sobre las características del estudiante (Joosten-ten Brinke et al., 2007) y para orientar la formación (Guzmán, 2005). La evaluación tal como planeta (Cano, 2008), ha de hacer más conscientes a los estudiantes, permitiéndoles conocer cuál es su nivel de competencia, cómo resuelven las tareas, qué puntos fuertes deben potenciar y qué puntos débiles deben corregir para enfrentarse a situaciones de aprendizaje futuras. Los trabajos realizados en (Villardón, 2006), (Mulder, Weigel, & Collins, 2006), hacen hincapié en que los procedimientos de evaluación deben contribuir al aprendizaje y no sólo medirlo. Los fundamentos teóricos alrededor de la evaluación de competencias han sido ampliamente investigados en (Arguelles & Gonczi, 2000), (Almond, Steinberg, & Mislevy, 2002), (Hermans et al., 2005), (Herrington & Herrington, 2006), (Joosten-ten Brinke et al., 2007) (García, 2010).

En el área de la tecnología de apoyo al aprendizaje, se han realizado investigaciones orientadas a desarrollar soluciones para soportar procesos de evaluación electrónica (Lazarinis, Green, & Pearson, 2010), en ese sentido existe un evidente interés por analizar el impacto de la evaluación en los procesos formativos en aspectos como, el diagnóstico del nivel de conocimiento (Gouli, Kornilakis, Papanikolaou, & Grigoriadou, 2001), (Aguilar & Kajiri, 2007), (Chatzopoulou & Economides, 2010), el diagnóstico de nivel competencia de los estudiantes (Nour-eddine El Faddouli, Falaki, & Idrissi, 2011), el seguimiento al estudiante basado en portafolios electrónicos (Vaca, Agudo, & Rico, 2013), la aplicación de test adaptativos para efectos de clasificación (Badaracco & Martínez, 2011), (Badaracco, 2013) y el impacto de aplicar nuevos tipos de evaluación en el aprendizaje (Sung, Chang, Chiou, & Hou, 2005). Estos trabajos evidencian la existencia de una comunidad científica enfocada en proponer soluciones metodológicas y tecnológicas orientadas al mejoramiento del proceso de evaluación en el contexto de la formación en línea.

En el área de los sistemas adaptativos educativos, se ha encontrado interés en identificar y modelar características de los estudiantes (Duque, 2009), a partir de las cuales se adaptan rutas de aprendizaje personalizadas de acuerdo a sus necesidades formativas (Nussbaumer, Gütl, & Neuper, 2010). Esas características distintivas están asociadas a aspectos: de estilos de aprendizaje (Schiaffino, Garcia, & Amandi, 2008), cognitivos (Lo, Chan, & Yeh, 2012), emocionales (Popescu, Trigano, & Badica, 2007), psicológicos (Conejo, Millán, Pérez, & Trella, 2001), metacognitivos (Chrysafiadi & Virvou, 2013), motivacionales (Mislevy, Steinberg, Breyer, Almond, & Johnson, 1999) y de perfil académico (Chrysafiadi & Virvou, 2012), (Jeremić, Jovanović, & Gašević, 2012). Otros trabajos contemplan modelos de estudiantes multidimensionales (Vélez, 2009), (Mendoza, 2015). Es evidente entonces, el desarrollo de herramientas informáticas orientadas a identificar características individuales de los estudiantes, para personalizar el aprendizaje.

En esta tesis doctoral se abordaron algunas limitantes encontradas en el marco de referencia respecto a la evaluación de competencias sobre ambientes de aprendizaje virtual. Se identificó la ausencia de una metodología que permita definir un conjunto de actividades para la formación y evaluación de competencias, para soportar la personalización de actividades y recursos para el aprendizaje. La metodología de evaluación de competencias propuesta, estableció el conjunto de elementos estructurales y funcionales, mediante los cuales se definen las actividades para orientar el diseño de cursos virtuales adaptativos basados en un enfoque explícito de competencias. El flujo de actividades posibilitó a los profesores, el diseño y ejecución de un proceso de evaluación, mediante instrumentos que permiten reunir información sobre el desempeño del estudiante. Así mismo, se especificaron actividades que permiten realizar seguimiento sobre el progreso y logro de competencia, con la debida retroalimentación. La metodología, también está concebida para que los estudiantes participen de forma activa en el proceso de evaluación.

En esta tesis se hace un aporte desde la perspectiva tecnológica. Se propuso una arquitectura de extensión para Moodle que soportó los procesos para el diseño e implementación de cursos virtuales por competencias y la integración con un sistema adaptativo. El sistema adaptativo se planteó basado en los modelos de: dominio, adaptación, instrucción y de estudiante. La representación del modelo de dominio se fundamentó por un perfil de experto, el cual se expresa mediante una red de nodos que incluye la relación entre: perfil de egreso, competencias, criterios y evidencias. El modelo de instrucción contiene las secuencias didácticas de apoyo al proceso de aprendizaje del estudiante y se fundamentó en la metodología de proyectos formativos (Tobón, 2013a). El modelo de adaptación contiene las reglas que definen cómo se combinan los modelos de dominio y de estudiante para proveer de adaptación al sistema. Finalmente, se hace un aporte al modelado de estudiante considerando variables relacionadas al perfil académico y estilos de aprendizaje, a partir de las cuales se adaptan recursos y actividades para el aprendizaje de los estudiantes.

En esta investigación también se contempló el desarrollo de componentes de software que se integraron a la plataforma Moodle. Estos componentes soportan la metodología para la formación y evaluación de competencias, lo cual se presenta como un aporte a la comunidad académica, pues no se contaba con funcionalidades que permitieran el diseño y ejecución de cursos virtuales en Moodle, bajo los lineamientos de un enfoque de competencias. El bloque para Moodle, posee componentes que permiten estructurar un curso en línea bajo los principios de un enfoque explícito de competencias.

1.2 Problema de investigación

Existen diferentes enfoques pedagógicos por competencias (Gómez, 2005), (Díaz-barriga, 2011), en los cuales se identifican similitudes metodológicas para la evaluación, una de ellas es la valoración continua del desempeño del estudiante en contextos específicos. Con ello se busca trascender y superar los problemas de la aplicación de prácticas tradicionales de evaluación, la cual en algunos casos, está enfocada a conocimientos disciplinares (Villardón, 2006), enfatiza en la memorización, responde a necesidades del juicio sumativo (Ćukušić, Garača, & Jadrić, 2014), y se concentra más sobre la medición, que sobre la comunicación y descripción de la competencia lograda (McDonald, Boud, Francis, & Gonnczi, 2000). Se destaca la ausencia de metodologías que posibiliten un análisis del aprendizaje con base en criterios, evidencias y niveles de dominio (Tobón, 2010).

La evaluación de competencias se puede realizar en diferentes momentos del proceso formativo: al inicio (evaluación de diagnóstico), durante el desarrollo de la formación (evaluación continua), al final de la formación (evaluación para la acreditación). En cada uno de estos momentos, el evaluador debe utilizar diferentes instrumentos e involucrar diferentes agentes (Cano, 2008), (Barbosa, 2010). Del lado del profesor es frecuente que éste sea el responsable de las actividades de regulación de la evaluación, de forma generalizada (Duque & Agudelo, 2006) y estandarizada (Villardón, 2006), (Barbosa, 2010) (Toledo, Mezura, & Cruz, 2013), sin considerar características individuales que pueden tener incidencia en el proceso de aprendizaje. La realización de estas actividades implica un trabajo para el profesor, pues diseñar y aplicar instrumentos de evaluación, para identificar las dificultades y los logros de competencias de los estudiantes, exige el uso de técnicas de recolección de información y de medida, los cuales resultan de difícil aplicación (de la Orden, 2011), (Biemans et al., 2005). Al estar la evaluación basada en el criterio de quien la construye, la misma puede resultar fácil o compleja, debido a que establecer de forma sistemática la relación entre el nivel de competencia del estudiante y la evaluación, requiere de criterios fundamentados para no poner en tela de juicio los resultados, de modo que estos sean asumidos como válidos por los profesores y los estudiantes. Así mismo, tener precisión en la estimación del nivel de competencia, proporcionar una retroalimentación de acuerdo al logro de la competencia y generar rutas de aprendizaje individualizada de acuerdo a la evaluación, puede resultar una actividad impracticable para un profesor, si no cuenta con una metodología de evaluación y con las herramientas tecnológicas para la ejecución y seguimiento de la acción formativa.

Del lado del estudiante, cada vez más se promueve su participación en la evaluación (Villardón, 2006), (Ćukušić et al., 2014), situación evidente en los tipos de evaluación (autoevaluación, coevaluación, heteroevaluación) (Van den Bergh et al., 2006), (Hagan, Konopaske, Bernardin, & Tyler, 2006). En la incorporación de estos tipos de evaluación se han identificado dificultades como la dependencia de los alumnos para tomar decisiones respecto a la forma en la que deben autoevaluarse (McDonald et al., 2000), (Nicol & Milligan, 2006), el temor de los profesores para compartir la responsabilidad de la evaluación (Álvarez, 2008), la imprecisión de los estudiantes para autoevaluarse (Dochy, Segers, & Sluijsmans, 1999a) y la complejidad de compilar y analizar los resultados de aprendizaje para proporcionar una retroalimentación adecuada (Sung et al., 2005), (Nicol & Milligan, 2006). Una metodología de evaluación que defina las actividades en las que participa activamente el estudiante y promueva la participación activa, puede contribuir a la reflexión y toma de decisiones, de los estudiantes, en su proceso de aprendizaje.

En el área de los sistemas adaptativos se han realizado propuestas para evaluación y diagnóstico bajo un enfoque pedagógico explícito de competencias (Badaracco, 2013) y estudios relacionados con evaluación cognitiva adaptativa (Guzmán, 2005), (Badaracco & Martínez, 2011). Generalmente la adaptación se realiza a nivel presentación, contenidos, actividades y secuencia de aprendizaje (De Bra et al., 2003), (Brusilovsky, 2004), (Ahmad, Basir, & Hassanein, 2004).

Las características a considerar en el modelo de estudiante para realizar adaptación están asociadas a los estilos de aprendizaje (Graf, 2007) (Schiaffino et al., 2008), aspectos contextuales (Vélez, 2009), aspectos cognitivos (Clemente, Ramírez, & de Antonio, 2011) (Lo et al., 2012), aspectos metacognitivos (Chrysafiadi & Virvou, 2013), psicológicos (Duque, 2009), motivacionales (Mislevy et al., 1999), emocionales (Muñoz, Kevitt, Lunney, Noguez, & Neri, 2011) y de perfil académico (Chrysafiadi & Virvou, 2012), (Jeremić et al., 2012). Sin embargo, se determinó que las características asociadas a la evaluación no siempre son tenidas en cuenta para realizar adaptaciones. Así mismo, las soluciones propuestas no consideran el resultado de la evaluación para personalizar una ruta de aprendizaje de acuerdo al nivel de competencia del estudiante (Noureddine El Faddouli, El Falaki, Idrissi, & Bennani, 2011). También se han realizado trabajos referidos al uso de las TIC en el proceso de evaluación del aprendizaje (Sung et al., 2005) (Keppell, Au, Ma, & Chan, 2007), (Olmos, 2008), (Gikandi, Morrow, & Davis, 2011), e investigaciones que proponen soluciones tecnológicas para la evaluación de competencias (Florián, 2013). En algunos casos, las soluciones no están soportadas por un enfoque pedagógico por competencias que oriente la evaluación en diferentes momentos del proceso formativo y no determinan niveles de competencia en los estudiantes basados en una metodología de evaluación.

Otras tecnologías que soportan procesos de formación en línea son los (Sistemas de Gestión de Aprendizaje) LMS, los cuales son utilizados para la gestión de cursos virtuales. Es frecuente que los usuarios de un LMS pertenezcan a grupos heterogéneos con motivaciones, intereses y niveles de competencia diferente. En estos sistemas generalmente no se consideran las características individuales de los estudiantes (Graf & Kinshuk, 2009), no proporcionan un adecuado nivel de adaptatividad de servicios (Despotović-zrakić, Marković, Bogdanović, Barać, & Ilića, 2012) y se ignoran aspectos de adaptación tales como: diferencias en su nivel de conocimientos, intereses, motivaciones y objetivos (Brusilovsky, 2004).

En la actualidad se han desarrollado propuestas para proporcionar extensiones de adaptatividad (Graf, 2007), evaluar competencias en Moodle (Vaca et al., 2013), procesar exámenes en línea (Ćukušić et al., 2014), realizar autoevaluación en Moodle (Vaca et al., 2013), entre otras. Sin embargo, todavía es muy poco el abordaje para la evaluación de competencias, pues los procesos de diagnóstico y evaluación del aprendizaje siguen siendo por temas y muy poco a través del abordaje de problemas contextualizados. Así mismo, no se cuenta con componentes de software que permitan el diseño y ejecución de cursos virtuales con funcionalidades adaptativas, bajo un enfoque explícito de competencias.

Con el desarrollo de esta investigación se pretende hacer una contribución dentro del contexto de la evaluación de competencias para ambientes de aprendizaje virtual adaptativos, mediante una metodología de evaluación que permita definir rutas de aprendizaje personalizadas de acuerdo a diferentes variables del estudiante.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

El objetivo de esta tesis es definir e implementar una metodología para la evaluación de competencias, que contribuya a soportar los procesos de formación y evaluación sobre un ambiente de aprendizaje virtual adaptativo.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Diseñar una metodología de evaluación que contemple elementos tecnológicos y lineamientos pedagógicos de un enfoque de competencias, que permita el diseño y ejecución de cursos virtuales adaptativos.
2. Definir los procedimientos e instrumentos que soporten el diseño y la ejecución de diferentes tipos de evaluación, en un ambiente de aprendizaje virtual adaptativo.
3. Proponer un modelo de estudiante con características que permitan establecer el nivel de competencia durante los diferentes momentos de la formación, y a partir del cual se soporte el proceso de adaptación de actividades en un ambiente de aprendizaje virtual.
4. Implementar la metodología para la evaluación de competencias, mediante la experimentación en un dominio de conocimiento específico.
5. Evaluar la metodología implementada para la evaluación de competencias.

1.4 Hipótesis de la investigación

“Una metodología para la evaluación de competencias que considere características del estudiante para personalizar actividades y recursos de aprendizaje en un ambiente virtual adaptativo, contribuye al rendimiento académico del estudiante”

1.5 Metodología

Una vez definidos los objetivos de la tesis, se establecieron las siguientes etapas para el desarrollo de la investigación:

1.5.1 Elaboración del marco de referencia

Presenta los elementos teóricos que orientaron la investigación. Se realizó una investigación de tipo documental mediante una búsqueda sistemática de los trabajos desarrollados en las áreas objeto de estudio, a partir de las cuales se estableció el aporte de esta tesis doctoral. Esta etapa contribuyó al cumplimiento de los objetivos específicos 1, 2 y 3. Las actividades realizadas en esta etapa fueron:

- Estructuración del marco teórico en evaluación de competencias, tipos de evaluación y sistemas adaptativos educativos. Elaboración del estado del arte en herramientas de evaluación electrónica y trabajos relacionados con los sistemas adaptativos educativos.

1.5.2 Diseño de la metodología de evaluación

En el diseño de la metodología de evaluación se estableció el conjunto de elementos estructurales y funcionales, a partir de los cuales se definieron las actividades para el diseño de cursos virtuales adaptativos basados en un enfoque de competencias. Esta etapa contribuyó al cumplimiento de los objetivos específicos 1 y 2. Las actividades de esta etapa fueron:

- Descripción de las fases y actividades de la metodología.
- Especificación de la metodología mediante el metamodelo Software & Systems Process Engineering Metamodel (SPEM), mediante la descripción de las tareas de la metodología.

Se realizó una investigación de corte transversal, con una muestra de profesores universitarios. Se aplicó el método de investigación basado en encuesta, mediante el cual se recolectó información de una muestra para conocer su opinión sobre la metodología de evaluación.

1.5.3 Definición del modelo de estudiante

En esta etapa se conceptualizó y delimitó el modelo de estudiante. Se definieron las variables a ser consideradas en el modelo, así mismo, se estableció su proceso de inicialización y de actualización. La definición del modelo de estudiante contribuyó al cumplimiento del objetivo específico 3. Las actividades de la etapa fueron:

- Revisión de investigaciones que aplican el concepto de modelo de estudiante.
- Definición de las variables utilizadas para el modelo de estudiante.
- Especificación del modelo de estudiante.

Se utilizó una metodología de investigación de corte transversal, con alcance descriptivo, correlacional e inferencial. El método de investigación es basado en encuesta, a través del cual se recolectaron datos de una muestra de estudiantes y cuyo propósito fue conocer, describir y comprender a fondo sus opiniones respecto al proceso de evaluación. También se realizó el análisis de un conjunto de variables del modelo de estudiante y su relación con las actividades de evaluación.

1.5.4 Implementación del sistema de aprendizaje virtual adaptativo

En esta etapa se presentan los aspectos relacionados con el diseño e implementación del sistema de aprendizaje virtual adaptativo. Se muestran los componentes de software que fueron integrados como extensiones de funcionalidad en el LMS Moodle, los cuales permiten la gestión de cursos, competencias, criterios, evidencias y el proceso de evaluación. Esta etapa contribuyó al cumplimiento de los objetivos específicos 4 y 5. Las actividades desarrolladas fueron:

- Especificación y validación del modelo de dominio.
- Definición de la arquitectura de extensión para MOODLE y el sistema adaptativo.
- Implementación de los componentes de software.

Una vez implementados los diferentes componentes de software que dan soporte a la metodología de evaluación, se procedió a su validación de forma experimental en diferentes cursos a nivel de pregrado universitario. El método de investigación fue basado en encuesta, a través del cual se recopiló información de los sujetos que participaron en la investigación. Se presentan dos estudios empíricos: exploratorio y confirmatorio. El propósito de ambos fue analizar la posible incidencia de la implementación de una metodología para la formación y evaluación de competencias, en un ambiente de aprendizaje virtual adaptativo, sobre el rendimiento académico de los estudiantes.

1.6 Organización de la tesis

La tesis está organizada en tres partes con un total de 7 capítulos. La figura 1, presenta una visión general de la tesis y la relación entre cada una de las partes.

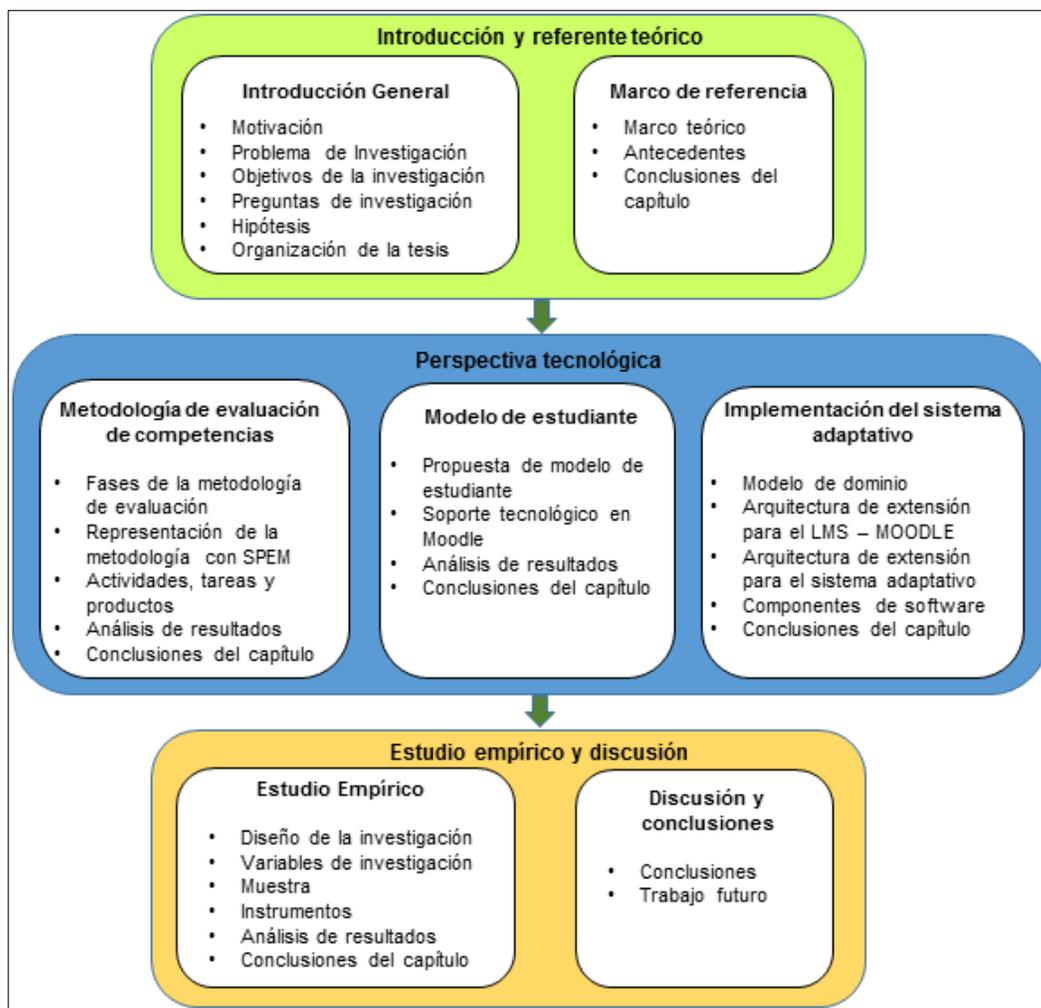


Figura 1. Estructura de la tesis

1.6.1 Descripción de las partes de la tesis

En la primera parte se presenta la introducción general y el marco de referencia. En la introducción se muestra la motivación y la problemática que motivó el desarrollo de la investigación. Así mismo, se presenta la hipótesis y las preguntas de investigación. En el marco de referencia se trabaja el marco teórico el cual es el resultado de la revisión sistemática de los elementos conceptuales que dan soporte a esta investigación. Los elementos conceptuales se fundamentaron en aspectos tecnológicos y lineamientos pedagógicos. Se hace énfasis en los sistemas adaptativos educativos, el modelo de estudiante, y la evaluación de competencias.

En la segunda parte se presentan los elementos que hacen parte de la perspectiva tecnológica. Inicialmente se especificó una metodología para la formación y evaluación de competencias para un entorno de aprendizaje virtual adaptativo. La metodología estableció el conjunto de elementos estructurales y funcionales, a partir de los cuales se definió el conjunto de actividades necesarias para orientar el diseño de cursos virtuales adaptativos basados en un enfoque de competencias. A continuación, se ofrece una propuesta de modelo de estudiante con las variables, la estrategia de inicialización y de actualización del modelo. Finalmente, se presentan los aspectos relacionados con el diseño e implementación del sistema de aprendizaje adaptativo. Con base en los fundamentos teóricos del enfoque socioformativo, se orientó la especificación de la arquitectura y los componentes de software para el sistema adaptativo, considerando aspectos como la representación del modelo del estudiante, el modelo del dominio y el modelo de instrucción.

En la tercera parte se presenta el resultado de los estudios exploratorio y confirmatorio, y las conclusiones del estudio. Se presenta el diseño metodológico utilizado ambos estudios. Se presenta una discusión sobre las limitantes del estudio y el aporte al estado del arte. Finalmente, se ofrece una visión sobre posibles investigaciones a futuro.

1.6.2 Anexos

Contienen información de complemento y hacen referencia a: instrumentos de recolección de datos y análisis estadístico, que ha sido usado para el desarrollo de la tesis. El anexo A, se encuentra en el cuerpo del informe final. El resto de anexos, se presenta en archivos independientes.

- **Anexo A:** Contiene las publicaciones derivadas de esta tesis de doctorado.
- **Anexo B:** Contiene el detalle del diseño del estudio que permitió la validación de la metodología de evaluación.
- **Anexo C:** Presenta el diseño del estudio para la validación de algunas de las variables propuestas en el modelo de estudiante.
- **Anexo D:** Contiene artefactos propios de un proceso de desarrollo de software.
- **Anexo E:** Presenta el detalle de los análisis realizados para la validación de la hipótesis de la investigación y el sistema adaptativo educativo.

Capítulo 2

Marco de Referencia

2. Marco de referencia

El marco de referencia se trabaja desde dos perspectivas: la teórica, que presenta los elementos conceptuales de la investigación y el marco de antecedentes, el cual contiene una revisión de trabajos relacionados con el objeto de la investigación.

2.1 Perspectiva teórica

El marco teórico es el resultado de la revisión sistemática de los elementos conceptuales que soportaron esta investigación. Los elementos teóricos de la investigación fueron: formación y evaluación de competencias, tipos de evaluación, modelo de estudiante y sistemas adaptativos educativos.

2.1.1 Formación por competencias

El concepto de competencia se empezó a aplicar desde la década de 1970, para reconocer el desempeño de los trabajadores en sus actividades y evaluar la productividad en situaciones laborales específicas (McClelland, 1973). En esa misma década, se comenzó a analizar, cómo el enfoque de competencias afecta el currículo y el aprendizaje de los estudiantes (Grant et al., 1979). En la década de 1980, las competencias aparecen en el área de la gestión del talento humano, y posteriormente, en la década de 1990 se comienzan a aplicar en la educación como referente para mejorar la calidad de la formación. En los trabajos de (Bunk, 1994), (Biemans et al., 2005), (Tobón, 2010), (Díaz-barriga, 2006), se presenta un análisis sobre el desarrollo histórico de las competencias en el contexto educativo.

Durante las últimas décadas, se han estructurado reformas en la educación a gran escala en diversos países occidentales (J Kim, 2004), (Biemans et al., 2005), (Arguelles & Gonczi, 2000). Se evidencia una motivación general por orientar las políticas de calidad de la educación hacia principios educativos, centrados en una visión para la formación basada en competencias, (Díaz-barriga, 2011). Así mismo, proyectos como: Tuning de la Unión Europea (Tuning, 2006), Alfa Tuning Latinoamérica (Tuning, 2007), proyecto de definición y selección de Competencias (DeSeCo) (OCDE, 2005), proporcionan marcos que pueden guiar la formación y la evaluación de competencias.

El concepto de competencia en la educación ha sido motivo de análisis en diversas investigaciones (Gonczi & Athanasou, 1996), (Ouellet, 2000), (Epstein & Hundert, 2002), (Perrenoud, 2004), (OCDE, 2005), (Biemans et al., 2005), (Mulder et al., 2006), (Villardón, 2006), (De Coi et al., 2007), (Cano, 2008). Producto de ello es posible identificar estructuras de atributos (conocimientos, actitudes, valores, habilidades) necesarios para afrontar situaciones del contexto (tareas, actividades y problemas), en los que se integran diversas dimensiones del ser humano, contextos

de actuación y múltiples disciplinas. En la tabla 1, se presenta el concepto de competencias desde la perspectiva de diferentes autores.

Tabla 1. Definiciones de Competencia

Autor	Definición
(Gonczi & Athanasou, 1996)	Estructura de atributos (conocimientos, actitudes, valores y habilidades) necesarios para el desempeño en situaciones específicas, incorporando la ética y los valores.
(Ouellet, 2000)	Conjunto de actitudes, de conocimientos y de habilidades específicas que hacen a una persona capaz de llevar a cabo un trabajo o de resolver un problema.
(Perrenoud, 2004)	Aptitud para enfrentar eficazmente situaciones análogas, movilizand o múltiples recursos cognitivos: saberes, capacidades, informaciones, valores, actitudes, esquemas de evaluación y de razonamiento.
DeSeCo, (OCDE, 2005)	Habilidad de enfrentar demandas complejas, apoyándose en y movilizand o recursos psicosociales (incluyendo destrezas y actitudes) en un contexto en particular.
Tuning, (Tuning, 2006)	Combinación de atributos (conocimiento, aptitudes, destrezas y responsabilidades) que describen el grado de suficiencia con que una persona es capaz de desempeñarlos.
(Tobón, 2010)	Actuaciones integrales para resolver problemas del contexto con idoneidad, mejoramiento continuo y compromiso ético.

Las definiciones de competencia integran diversas dimensiones de las personas, relacionan aspectos éticos y enfatizan en las actitudes, habilidades y conocimientos. Sin embargo, es posible identificar elementos comunes en ellas: se basan en el desempeño, están orientadas a tareas, actividades y/o problemas del contexto, se deben abordar con criterios y evidencias, y consideran los diversos saberes de la actuación humana en donde se integran escenarios de actuación y múltiples disciplinas (Cardona, Vélez, & Tobón, 2013).

En el modelo pedagógico de las competencias surgen diferentes enfoques pedagógicos (Gonczi & Athanasou, 1996), (Gómez, 2005), (Díaz-barriga, 2011). Estos enfoques tienen elementos comunes así como diferencias metodológicas para formar y evaluar las competencias en las personas. Así mismo, se encuentran diferentes clasificaciones de las competencias, (Bunk, 1994), (Mulder et al., 2006), (Urquiza, 2009), (Díaz-barriga, 2011), en donde se destacan las genéricas, específicas, actitudinales. Todos estos enfoques y clasificaciones muestran gran variabilidad de acuerdo a su contexto de aplicación, y tal como lo plantea (Tardif, 2008) “no existe en el contexto de la educación una acepción consensuada en torno al concepto de competencias”.

Uno de los enfoques del modelo pedagógico de las competencias es el socioformativo. La metodología de formación y evaluación de competencias de este enfoque está basada en proyectos formativos. Un proyecto formativo es un conjunto articulado de actividades que se van desplegando en el tiempo para resolver un problema contextualizado y contribuir a formar una o varias competencias, con base en criterios y evidencias (Tobón, 2013c). Mediante este enfoque es posible la incorporación de diferentes estrategias didácticas y de evaluación.

2.1.2 Evaluación de competencias

La evaluación es un proceso de recopilación de información con el propósito de hacer juicios sobre el estado actual de las cosas. En la evaluación educativa, la información recogida ayuda a los profesores, administradores académicos, responsables políticos y la sociedad en general a inferir lo que los alumnos saben, presumiblemente con el fin de mejorar los resultados (Pellegrino, 2002). La evaluación está en el núcleo del proceso educativo, debido a que tiene un impacto directo sobre

el proceso y experiencia de aprendizaje del estudiante (Keppell et al., 2007) (Brahim, Mohammed, & Samir, 2010), (Gibbs, 2006). Esta contempla métodos sistemáticos usados para reunir información sobre las características del estudiante, basado en un producto o evidencia, para el diagnóstico o la acreditación en contextos formativos (Joosten-ten Brinke et al., 2007). Es por lo tanto, una actividad constante basada en criterios fundamentados para valorar los resultados de aprendizaje de los estudiantes, con el propósito de tomar decisiones en función de los resultados de la evaluación.

Los fundamentos teóricos alrededor de la evaluación de competencias han sido ampliamente investigados (García, 2010), (Almond et al., 2002), (Hermans et al., 2005), (Joosten-ten Brinke et al., 2007). El modelo de competencias en la educación, busca la superación de diversos problemas en la evaluación tradicional, como la ausencia de metodologías que posibiliten un análisis continuo del aprendizaje con base en criterios, evidencias y niveles de dominio (Tobón, 2010). En la formación de competencias muchas de las prácticas de evaluación consideradas tradicionales siguen siendo válidas y aplicables, sin embargo, es frecuente encontrar evaluaciones descontextualizadas y sin la debida retroalimentación a los estudiantes; en (McDonald et al., 2000) se explican varias dificultades alrededor de las prácticas tradicionales de evaluación, que enfatizan en la memorización y en la obtención de habilidades de nivel más bajo; así mismo, destaca que la evaluación responde a las necesidades del juicio sumativo, no del aprendizaje, y se concentra más sobre el registro y la medición que sobre la comunicación y descripción de la competencia lograda.

Autores como (Reeves, 2000) y (Tobón, 2013b) han proporcionado directrices que ayudan a explicar la naturaleza de la evaluación. Para (Tobón, 2013b), los propósitos generales de la evaluación de competencias deben estar orientados a: determinar cómo se encuentran los estudiantes respecto a sus competencias previas, proporcionar retroalimentación en el proceso desarrollo de competencias e identificar como los estudiantes desarrollaron las competencias, estableciendo el nivel de desempeño. En (Herrington & Herrington, 2006) se destacan los aspectos más relevantes contemplados en la evaluación:

- El contexto constituye los escenarios de aprendizaje que reflejen el desempeño en situaciones específicas.
- El estudiante debe resolver problemas del contexto, movilizandoo conocimientos y habilidades, para la generación de un producto o evidencia, mediante el trabajo colaborativo.
- Los factores de actividad deben implicar desafíos complejos, poco estructurados, que requieren juicio y un conjunto de tareas complejas.
- Los indicadores son las pautas concretas para orientar los objetivos de aprendizaje y la evaluación de las evidencias.

Con base en lo anterior, la evaluación ha de ser coherente con el resto de elementos del diseño de los escenarios de aprendizaje de los estudiantes. Para ello es necesario que el profesor aplique metodologías orientadas al aprendizaje activo del estudiante, las cuales permitan el desarrollo de competencias. Dentro de estas metodologías se encuentra el aprendizaje basado en proyectos (Lam, Cheng, & Choy, 2010) y los proyectos formativos (Tobón, 2010). Del lado del estudiante, cada vez más se promueve su participación activa en la evaluación (Villardón, 2006), (Ćukušić et al., 2014), situación que es evidente en los denominados tipos de evaluación (autoevaluación, coevaluación, heteroevaluación) (Van den Bergh et al., 2006), (Hagan et al., 2006).

En el enfoque socioformativo se propone el concepto de valoración para resaltar el carácter apreciativo, de reconocimiento y de formación que debe ser todo proceso evaluativo en el contexto social. En este modelo se enfatiza en evaluar a las personas con base en problemas del contexto, al inicio (evaluación de diagnóstico), durante el desarrollo de la formación (evaluación continua), al final de la formación (evaluación para la acreditación). Los niveles de dominio son: receptivo, resolutorio, autónomo y estratégico y se aplican tanto a los criterios como a las competencias. A continuación, se describen las principales características de los niveles de dominio (Tobón, 2010).

- Nivel receptivo: La persona actúa ante los problemas con algunas nociones. El desempeño es muy operativo y mecánico.
- Nivel resolutorio: La persona actúa ante los problemas comprendiendo los procedimientos elementales. Se resuelven problemas sencillos del contexto.
- Nivel autónomo: La persona actúa con autonomía y criterio propio ante los problemas.
- Nivel estratégico: La persona actúa ante los problemas logrando impacto. Se consideran las consecuencias de diferentes opciones de resolución de problemas en el contexto.

2.1.3 Tipos de evaluación

Existen diversos tipos de evaluación (Rodríguez, Ibarra, & García, 2013), con denominaciones como: sumativa, formativa, procesual, inicial y final. En (Quellmalz & Pellegrino, 2009) se hace una distinción entre la evaluación de los resultados del aprendizaje, por lo general utilizados para fines de clasificación y rendición de cuentas (evaluación sumativa) y las evaluaciones para el aprendizaje, que se utiliza para diagnosticar y modificar las condiciones de aprendizaje y enseñanza (evaluación formativa). Estos dos tipos de evaluación son enfoques complementarios y necesarios de la evaluación de aprendizajes, que conducen a una concepción global de lo que debe ser la evaluación en la universidad como elemento de la formación por competencias (Villardón, 2006).

En diversos trabajos (McDonald et al., 2000), (Aguilar & Kaijiri, 2007), (Olmos, 2008), (Gikandi et al., 2011), (Barbosa, 2010), la evaluación de acuerdo a su propósito se puede clasificar en:

- Evaluación de diagnóstico: Su finalidad es predecir un rendimiento, determinar el nivel de aptitud durante un momento específico del proceso educativo y establecer las características propias del alumno. Su objetivo es clasificar y adecuar individualmente el nivel de partida del proceso educativo (Guzmán, 2005).
- Evaluación formativa: Se lleva a cabo durante el proceso de formación, está orientada a gestionar el aprendizaje de los estudiantes, proporcionando información y criterios para la autorregulación (Zabalza, 2007). Esta evaluación requiere de un proceso sistemático para la gestión de las evidencias durante el proceso formativo.
- Evaluación sumativa: Es la valoración formal que se realiza para determinar el grado de desarrollo de las competencias dentro de un proceso formativo, a partir de los aprendizajes esperados y las evidencias establecidas (Tobón, 2013b).

Otra forma de categorizar el proceso de evaluación es según los agentes o personas que realizan la evaluación, siendo estas formas: autoevaluación (Griffiee, 1995), (Hassmen, Sams, & Hunt, 1996), (Ćukušić et al., 2014), heteroevaluación (Tobón, 2013b), coevaluación (Barbosa, 2010), (Rodríguez et al., 2013). A continuación, se presenta la definición de los tipos de evaluación.

- Autoevaluación: el estudiante hace un juicio sobre el desarrollo de competencias, sus fortalezas y aspectos a mejorar, con base en unos indicadores o criterios de desempeño (Florián, Baldiris, & Fabregat, 2010).
- Heteroevaluación: consiste en la valoración de las competencias de los estudiantes por personas formadas para ello como los docentes.
- Coevaluación: es la valoración que realizan los pares a una persona para ayudarla a reconocer o acreditar sus logros, a identificar aspectos que requiere mejorar e implementar acciones correctivas siguiendo determinados criterios de referencia (Tobón, 2013a).

Dada la diversidad conceptual de los tipos de evaluación, en el trabajo de (Dochy et al., 1999a) se presenta una distinción de los conceptos de autoevaluación (self-assessment), evaluación entre iguales (peer assessment) y coevaluación (co-assessment), para estos autores los términos coevaluación y evaluación colaborativa son sinónimos. Los denominados tipos de evaluación tienen como características común hacer partícipes a los estudiantes de forma activa en el proceso de evaluación (Taras, 2002),(Sung et al., 2005), lo que estimula su aprendizaje profundo y autorregulado (Gessa, 2010). Estos nuevos tipos de evaluación intentan dar respuesta a las inquietudes que surgen de la evaluación tradicional y la cual no siempre logra estar acorde a los nuevos desafíos de la evaluación (McDonald et al., 2000).

En diversas investigaciones se reportan las ventajas e inconvenientes de los nuevos tipos de evaluación. Se destaca que la participación de los estudiantes en la evaluación contribuye a su proceso de aprendizaje, incrementa la motivación del estudiante, mejora la percepción acerca de la calidad de sus productos, aumenta la responsabilidad y satisfacción del aprendizaje (Topping, 1998), (Sahin, 2008), lo que conlleva a la autorregulación de la actividad cognoscitiva. Así mismo, los estudiantes consiguen una opinión más realista de sus propias capacidades y que pueden hacer juicios más racionales al evaluar los logros de sus compañeros de clase (Álvarez, 2008). Para (Álvarez, 2008), la coevaluación puede ser un instrumento fiable y efectivo para evaluar la calidad del aprendizaje y que contribuye a su mejora en la medida que estimula la autorregulación y el desarrollo de competencias profesionales.

En contraparte, en las investigaciones de (Van Den Berg, Admiraal, & Pilot, 2006), (Baartman, Bastiaens, Kirschner, & van der Vleuten, 2007), se presentan inconvenientes con los tipos de evaluación en los que el estudiante participa, como: falta de madurez de los estudiantes, actitudes negativas frente a la evaluación, considerarla como una carga adicional, dependencia de los estudiantes para tomar decisiones respecto a la forma en la que deben autoevaluarse (McDonald et al., 2000), temor de los profesores para compartir la responsabilidad de la evaluación con sus estudiantes (Álvarez, 2008), poca experiencia del profesor (Fiallos & Maradiaga, 2011), imprecisión de los estudiantes para autoevaluarse (Dochy et al., 1999a) y complejidad de compilar y analizar los resultados de aprendizaje para proporcionar una retroalimentación a los estudiantes (Sung et al., 2005). En (Villardón, 2006), se plantea que la evaluación se realiza de forma estereotipada y con instrumentos inadecuados.

2.1.4 Sistemas adaptativos educativos

En los últimos años se ha suscitado un creciente interés en comprender como los estudiantes acceden y adquieren nuevos conocimientos en ambientes virtuales. La diversidad de aspectos que se involucran en el proceso de aprendizaje ha motivado, el desarrollo de sistemas adaptativos educativos que proveen escenarios formativos individualizados, teniendo en cuenta las

capacidades (Noureddine El Faddouli et al., 2011), intereses, motivaciones, estilos de aprendizaje (Baker, Corbett, & Wagner, 2006) y necesidades formativas (Nussbaumer et al., 2010) de los estudiantes. Esto se constituye en una tendencia dentro del área de la tecnología como soporte a la formación, pues se pretende afrontar la complejidad inherente a la heterogeneidad de los estudiantes en el aprendizaje.

El principal objetivo de los sistemas adaptativos es mejorar la relación con el usuario (presentación del contenido, navegación, interfaces, etc.) de acuerdo con un modelo de estudiante que considera sus objetivos, preferencias, conocimientos y/o interacciones, entre otros (Brusilovsky, 2001). En (Paramythis & Loidl-reisinger, 2004), (Boticario, Santos, & Van Rosmalen, 2006), afirman que un sistema adaptativo debe ser capaz de: gestionar explícitamente rutas de aprendizaje adaptadas a cada estudiante, monitorear las actividades, inferir las necesidades y preferencias de los estudiantes y dinámicamente facilitar el proceso de aprendizaje (Boticario et al., 2006), de acuerdo al conocimiento disponible del estudiante y, a las suposiciones del sistema acerca de las necesidades de los usuarios (Oppermann, 1994).

Los elementos que se pueden adaptar en un proceso de aprendizaje han sido propuestos en diferentes investigaciones (Bontcheva, 2002), (De Bra et al., 2003), (Brusilovsky, 2001), (Brusilovsky, 2004), (Ahmad et al., 2004), (Popescu et al., 2007), siendo estos:

- Adaptación de la presentación: Los elementos de presentación de la interfaz gráfica son personalizados considerando aspectos como colores, tamaño de los componentes visuales, accesibilidad y usabilidad son tenidos en cuenta (Ahmad et al., 2004).
- Adaptación de contenido: El contenido es modificado de acuerdo a la profundidad de la información que se proporciona de acuerdo a las características del estudiante (Paramythis & Loidl-reisinger, 2004).
- Adaptación de la secuencia de aprendizaje: determina una secuencia de acciones o actividades formativas de acuerdo a un plan instruccional.

En (Burgos, Santos, & Fernández, 2007), se proponen otras forma de adaptación:

- Creación adaptativa de grupos de usuarios: se generan grupos de usuarios para la realización de procesos colaborativos (Popescu et al., 2007).
- Evaluación adaptativa: se realiza de acuerdo a un conjunto de reactivos, los cuales se adaptan dinámicamente al nivel de conocimiento del estudiante. Es aquella que presenta los ítems uno a uno, y la respuesta previa a un ítem es la variable que aportará información para decidir y mostrar el reactivo con la complejidad adecuada (Toledo et al., 2013).

La arquitectura se fundamentó parcialmente en la arquitectura de referencia propuesta por (De Bra et al., 2003), en la cual se plantean los modelos de la figura 2.

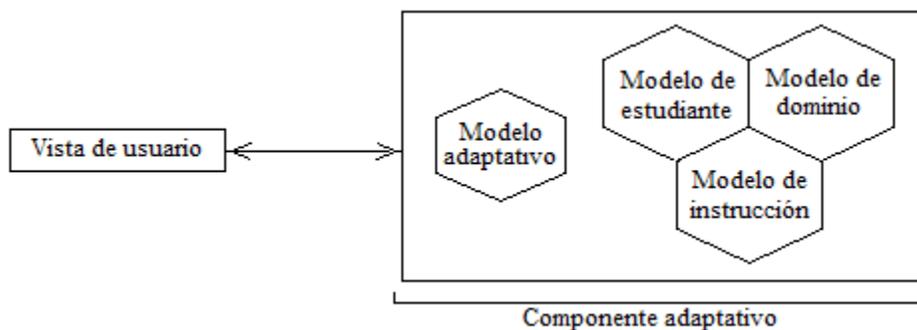


Figura 2. Arquitectura del sistema adaptativo

Los modelos son definidos en (Vélez, 2009), y se presentan a continuación:

- El modelo de estudiante guarda la información del usuario que un sistema adaptativo mantiene en un registro permanente.
- El modelo de dominio describe cómo se enlaza y estructura la información del dominio, en términos de fragmentos, páginas y conceptos los cuales pueden ser abstractos o no.
- El modelo de adaptación está compuesto por reglas que definen cómo se combinan el modelo del dominio y el modelo del estudiante para proveer de adaptación al sistema.
- El modelo de instrucción corresponde al modelo pedagógico, el cual contiene las secuencias didácticas de apoyo al proceso de aprendizaje del estudiante.

2.1.5 Modelo de estudiante

El modelo del estudiante en un sistema adaptativo, almacena el estado del alumno en relación a su conocimiento del dominio, itinerarios o recorrido de aprendizaje realizado (Woolf, 2010), entre otros. Para (Gaudioso, 2002), "es una representación explícita de las propiedades de un usuario y es utilizado para razonar acerca de las preferencias, necesidades y trabajo futuro del estudiante". Representa el conocimiento, metas, intereses, y otras características que permiten al sistema distinguir entre diferentes usuarios (Brusilovsky, 1994). El obtener toda la información posible acerca del alumno se convierte en el problema principal a la hora de diseñar un modelo de estudiante (Millan, 2000), pues ello determina la calidad de los servicios personalizados que se proporcionan al estudiante (Carmagnola, Cena, & Gena, 2011).

Un modelo de estudiante, puede ser utilizado para: promover la reflexión en los estudiantes en su proceso de aprendizaje, ayudar a los estudiantes a planear y monitorear su aprendizaje (Bull & McKay, 2004), determinar el nivel de conocimiento de un tema, adaptar recursos de aprendizaje, sugerir problemas y actividades individualizadas de acuerdo a su nivel de competencia, ofrecer recomendaciones cuando identifique errores, generar estudios de caso de acuerdo a su nivel de competencia y hacer recomendaciones de contenidos (Vélez, 2009), (Duque, 2009), (Mendoza, 2015). En (Millan, 2000), se destacan los propósitos del modelo de estudiante: determinar si el alumno está preparado para continuar con el siguiente tema del currículum, generar explicaciones que el alumno pueda entender (al nivel adecuado a sus conocimientos actuales) y seleccionar la estrategia tutorial más apropiada dado el nivel de conocimiento actual.

En un proceso de personalización se requiere definir los requerimientos de adaptación según las necesidades de aprendizajes y el propósito del sistema. Posteriormente, se establece la

información que se requiere, como se podría obtener, mantener, actualizar y representar. La definición de las características de los estudiantes, en un proceso de personalización, es la actividad inicial para la construcción del modelo del estudiante (Duque, 2009), (Héctor, 2009). Estas características pueden ser estáticas y dinámicas. Las estáticas hacen referencia a las que son capturados antes del proceso de aprendizaje y generalmente no se modifican durante las sesiones de aprendizaje. Las características dinámicas pueden modificarse durante la sesión de aprendizaje y están asociadas a la interacción de los estudiantes con el sistema y a características individuales y sociales de los estudiantes. Algunas de las características individuales están asociadas a aspectos: los estilos de aprendizaje (Graf, 2007) (Schiaffino et al., 2008), contextuales (Vélez, 2009), cognitivos (Clemente et al., 2011) (Lo et al., 2012), metacognitivos (Chrysafiadi & Virvou, 2013), psicológicos, motivacionales (Mislevy et al., 1999), emocionales (Muñoz et al., 2011) y de perfil académico, para representar y evaluar el nivel de conocimiento alcanzado por un estudiante (Chrysafiadi & Virvou, 2012), (Jeremić et al., 2012).

2.2 Marco de antecedentes

El marco de antecedentes se orientó a las herramientas de evaluación, trabajos relacionados con la implementación de sistemas adaptativos y trabajos relacionados con el uso de tipos de evaluación.

2.2.1 Trabajos de herramientas de evaluación

Son diversas las herramientas informáticas que han sido desarrolladas para soportar procesos de evaluación electrónica (Lazarinis et al., 2010). Existe un evidente interés de dar soporte a la evaluación en la formación, a nivel del diagnóstico del nivel de conocimiento (Gouli et al., 2001), (Aguilar & Kaijiri, 2007), (Chatzopoulou & Economides, 2010), de nivel competencia de los estudiantes (Nour-eddine El Faddouli et al., 2011), el seguimiento al estudiante (Vaca et al., 2013), clasificación (Badaracco & Martínez, 2011), (Badaracco, 2013), y la aplicación de nuevos tipos de evaluación (Sung et al., 2005). En (Gikandi et al., 2011) se presenta una revisión sistemática de la evaluación formativa en educación superior, el estudio concluyó que una evaluación formativa en línea puede fomentar el aprendizaje mediante una constante retroalimentación al estudiante.

En la tabla 2, se presentan algunas herramientas desarrolladas durante las últimas décadas en el ámbito de la evaluación electrónica. Los sistemas web se alojan sobre un servidor en internet y permiten el intercambio de información de forma dinámica para el usuario. Los sistemas de tutoría inteligente (STI), son herramientas para la enseñanza que aplican técnicas de inteligencia artificial para guiar al estudiante durante el proceso de instrucción (Guzmán, 2005). Los LMS son sistemas que permiten la gestión de contenidos para el aprendizaje, poseen mecanismos de comunicación entre profesor y estudiante, y dan soporte a las actividades de formación y evaluación. Se identifica que las herramientas están orientadas al diagnóstico y seguimiento del conocimiento en dominios específicos. Se evidencia una baja cantidad de trabajos orientados a la evaluación de competencias. Existe una creciente tendencia hacia la evaluación personalizada de competencias y al soporte de tecnológico de los nuevos tipos de evaluación (Badaracco, 2013), (Joosten-ten Brinke et al., 2007).

Tabla 2. Herramientas de evaluación

Autor	Momento evaluación			Tipo de evaluación				Qué evalúa		Otra	Tipo de Sistema			
	Diagnóstico	Continua	Sumativa	Autoevaluación	Coevaluación	Heteroevaluación	Evaluación entre pares	Conocimiento	Competencias	Retroalimentación	Sistema Web	STI	LMS	Sistema Adaptativo
(Bhalerao & Ward, 2001)	x						x	x		x	x			
SIETTE (Conejo, Guzmán, Millán, Trella, & Pérez-de-, 2004)	x		x					x						x
Web-SPA (Sung et al., 2005)		x		x			x				x			
DIAGNOSER (Minstrell & Kraus, 2005)		x								x	x			
OASIS (Smaill, 2006)			x			x		x			x			
Sistema Multiagente para evaluación personalizada (Duque & Agudelo, 2006)	x				x			x				x		
PARES (Marinagi, Kaburlasos, & Tsoukalas, 2007)	x			x				x						x
netUniversité (Popescu et al., 2007)			x			x		x					x	
SAW (Moura, Brandão, & Brandão, 2007)			x			x		x			x			
SPEBC (Aguilar & Kaijiri, 2007)	x	x	x					x			x			
TENCompetence (Petrov & Aleksieva-petrova, 2008)			x			x	x	x			x			
Flip (Barla et al., 2010)	x			x		x			x	x	x			
PAT (Chatzopoulou & Economides, 2010)	x		x			x			x			x		
Adaptive Testing (Lazarinis et al., 2010)	x		x			x		x			x			
ACAT (Essa, Dittrich, Dascalu, & Jr., 2010)			x	x				x			x			
UZWEBMAT (Ozyurt, Ozyurt, Baki, & Guven, 2012)	x					x		x				x		
(Llamas-Nistal, Fernández-Iglesias, González-Tato, & Mikic-Fonte, 2013)		x	x			x		x			x			
ITS-C (Badaracco, 2013)	x				x							x		
ePortfolio (Vaca et al., 2013)	x								x				x	
(Ćukušić et al., 2014)			x	x				X					x	

Estos trabajos evidencian la existencia de una comunidad científica enfocada en proponer soluciones tecnológicas orientadas al mejoramiento del proceso de evaluación. Sin embargo, se evidencia aún un vacío en cuanto al desarrollo de herramientas que permitan la evaluación de competencias, en sistemas de administración del aprendizaje y bajo un enfoque de competencias.

2.2.2 Trabajos sobre sistemas adaptativos

En diversos trabajos se presentan características que han sido consideradas en el modelo de estudiante en sistemas adaptativos. Se han realizado aportes significativos en cuanto a las características que debe contemplar el modelo de estudiante para que este tenga impacto en la formación (Zaitseva & Boule, 2003) (Duque, 2009) (Cataldi & Lage, 2010)(Chrysafiadi & Virvou, 2013). Según (Zaitseva & Boule, 2003), los aspectos que deben ser tenidos en cuenta para que el modelo de estudiante sea eficaz en el proceso de enseñanza y aprendizaje: nivel de conocimiento, características psicológicas, estilo de aprendizaje, tareas a realizar, habilidad de aprendizaje, nivel de habilidades, métodos de las estrategias de enseñanza. Para (Chrysafiadi & Virvou, 2013), los aspectos a ser considerados son: conocimiento, errores y conceptos erróneos, estilo de aprendizaje, aspectos cognitivos, características afectivas, motivaciones. En la tabla 3 se presenta un análisis de los trabajos relacionados con modelos de estudiante y las características que han sido modeladas.

Tabla 3. Trabajos de sistemas adaptativos

Autor	Característica	Conocimiento	Interacciones	Conceptos erróneos	Estilos de Aprendizaje	Rasgos de personalidad	Aspectos Emocionales	Características Metacognitivas	Características Psicológicas	Sociológicos	Aspectos didácticos	Tipo de Sistema			
												STI	Sistema Adaptativo	LMS	Sistema web
(Antal & Koncz, 2011)		x	x					X				X			
(Chrysafiadi & Virvou, 2012)		x													x
(Clemente, Ramírez, & de Antonio, 2014)		x										X			
(Clemente et al., 2011)		X										X			
(Conejo et al., 2001)		X							x						
(Dorça, Lima, Fernandes, & Lopes, 2013)					x							X			
(Colak, Sagiroglu, & Kahraman, 2008)		X											x		
(González et al., 2008)					x										x
(Grubiši, Stankov, & Žitko, 2013)		X													x
(Jeremić et al., 2012)		X	X									X			
(Kassim, Kazi, & Ranganath, 2004)		X										X			
(Jieun Kim, Lee, & Ryu, 2013)						X						X			

Autor	Característica	Conocimiento	Interacciones	Conceptos erróneos	Estilos de Aprendizaje	Rasgos de personalidad	Aspectos Emocionales	Características Metacognitivas	Características Psicológicas	Sociológicos	Aspectos didácticos	Tipo de Sistema				
												STI	Sistema Adaptativo	LMS	Sistema web	
(Lo et al., 2012)					x											x
(Millan & Pérez, 2002)		X							x			X				
(Muñoz et al., 2011)							x									
(Despotović-zrakić et al., 2012)		X			x										x	
Moodle_LS (Limongelli, Sciarrone, & Vaste, 2011)		X			x										x	
(Ozyurt et al., 2012)		X			x							X				
ITS-C (Badaracco, 2013)		x										X				
(Crespo, 2007)											X					

Con relación a las variables utilizadas en el modelo de estudiante, se puede afirmar que las más utilizadas son el nivel de conocimiento y los estilos de aprendizaje. Así mismo, a nivel de plataforma tecnológica, se evidencia una tendencia a la implementación de sistemas de tutoría inteligente. En (Chrysafiadi & Virvou, 2013), se presenta un trabajo orientado a definir las características más usadas en el modelo de estudiante, en ella se encuentran el nivel de conocimiento, los errores o ideas mal preconcebidas y los estilos de aprendizaje.

2.2.3 Trabajos sobre tipos de evaluación

Existen diversas investigaciones que reportan los resultados de la aplicación de tipos de evaluación en la educación, en la cual participan activamente los estudiantes. En los trabajos de (Dochy, Segers, & Sluijsmans, 1999b), (Álvarez, 2008), (Fiallos & Maradiaga, 2011), los estudiantes valoran positivamente su participación dentro de un proceso de evaluación. En la tabla 4 se presentan trabajos relacionados con la participación activa de los estudiantes en el proceso de evaluación.

Tabla 4. Trabajos de implementación de tipos de evaluación

Autor	Momento evaluación			Tipo de evaluación				Qué evalúa		Otra	Tipo de Sistema				
	Diagnóstico	Continua	Sumativa	Autoevaluación	Coevaluación	Heteroevaluación	Evaluación entre pares	Conocimiento	Competencias		Retroalimentación	Sistema Web	Sistema Tutoría Inteligente	LMS	Sistema Adaptativo
(Acedo & Ruiz-Cabestre, 2011)		X		x	x			x							
(Álvarez, 2008)		x		x		x	x	x							

Autor	Momento evaluación			Tipo de evaluación				Qué evalúa		Otra	Tipo de Sistema			
	Diagnóstico	Continua	Sumativa	Autoevaluación	Coevaluación	Heteroevaluación	Evaluación entre pares	Conocimiento	Competencias		Retroalimentación	Sistema Web	Sistema Tutoría Inteligente	LMS
(Fiallos & Maradiaga, 2011)		x		x	x			x						
(Ibarra Sáiz, Gómez Rodríguez, & Gómez Ruiz, 2012)		x	x	x	x			x			X			
(Rodríguez et al., 2013)		x		x			x	x			X			
(Sánchez, Ruiz, & Sánchez, 2011)		x		x	x		x	x		X	X			
(Crespo, 2007)		x			x			x	x	X	X			

Con relación a los tipos de evaluación, se determina que las investigaciones están muy orientadas a la participación activa de los estudiantes en el proceso de evaluación. Igualmente se identifica la tendencia a evaluación de conocimientos de los estudiantes.

2.3 Conclusiones del capítulo

La revisión del estado del arte permitió establecer una amplia motivación por realizar investigaciones y herramientas tecnológicas orientadas al apoyo de procesos de evaluación electrónica. Las soluciones informáticas analizadas, muestran un marcado interés en dar soporte a los procesos de diagnóstico y seguimiento al estudiante. Con relación a las herramientas de evaluación, se estableció que los desarrollos tecnológicos están muy orientados a la heteroevaluación, por lo que aún se identifican las limitantes con relación a la participación del estudiante en procesos de evaluación. Frente a lo que se evalúa, se estableció una inclinación por la evaluación de conocimientos en dominios específicos, lo cual se convierte en un área abierta para hacer un aporte a la evaluación de competencias sobre ambientes virtuales de aprendizaje. Los trabajos revisados permiten afirmar que se hace poco énfasis en la retroalimentación de los resultados de la evaluación. Finalmente, se determinó que los sistemas web son los que predominan en cuanto a las plataformas para el soporte a la evaluación. Se identifica también un área de oportunidad para la implementación de herramientas que permitan la evaluación de competencias sobre sistemas de gestión de aprendizaje.

Con relación al estado del arte en los sistemas adaptativos, se estableció una tendencia a realizar estudios orientados a modelar variables de perfil académico y de estilos de aprendizaje. Es por ello que se determina un área de oportunidad para aportar al modelado de estudiante al incorporar variables de perfil académico y de aspectos de evaluación, para hacer adaptación de recursos y actividades de aprendizaje.

Capítulo 3

Metodología para la evaluación de competencias en entornos de aprendizaje virtual adaptativo

3. Metodología para la evaluación de competencias

La especificación de la metodología para la formación y evaluación de competencias en entornos de aprendizaje virtual adaptativo (MOCA), se fundamentó en los lineamientos pedagógicos del enfoque de competencias socioformativo. Estos lineamientos orientaron el planteamiento de las actividades y las tareas de la metodología. La metodología de evaluación de competencias establece el conjunto de elementos estructurales y funcionales, a partir de los cuales fue posible definir el conjunto de actividades necesarias para orientar el diseño de cursos virtuales adaptativos basados en un enfoque de competencias. La metodología se presenta como una alternativa para entornos de aprendizaje virtual adaptativos, sin embargo, también puede ser utilizada con ausencia de soporte tecnológico.

La validación de la metodología de evaluación se realizó con profesores universitarios mediante un estudio de corte transversal. Se aplicó el método de investigación basado en encuesta, mediante el cual se recolectó información de una muestra de profesores para analizar su opinión sobre la metodología de evaluación.

La metodología se soportó bajo los fundamentos teóricos de la especificación de Software & Systems Process Engineering Metamodel (SPEM), la cual proporciona los elementos básicos de modelado de procesos, mediante los artefactos: roles, productos de trabajo y tareas, los cuales se explican a continuación, teniendo como referencia lo especificado en (Ruiz & Verdugo, 2008):

- Tarea: porción más pequeña de trabajo en la metodología. Describe una unidad de trabajo asignable y gestionable, es decir, es la unidad atómica de trabajo para definir procesos. Su granularidad es de unas pocas horas a unos pocos días, afectando a unos pocos productos de trabajo y vinculando a unos pocos roles (Ruiz & Verdugo, 2008).
- Roles: representan quien realiza una determinada tarea, a partir de entradas (productos de trabajo) para obtener unas salidas (producto de trabajo).
- Productos de trabajo: representan las entradas que se utilizan en las tareas y las salidas que se producen de dichas tareas.

A continuación, se representan las fases de la metodología.

3.1 Fases de la metodología

La metodología se estructuró en cuatro fases: planeación, ejecución, seguimiento y control, y cierre. En cada una de ellas se plantearon actividades y tareas, orientadas a la elaboración de un curso virtual adaptativo por competencias. En la figura 3, se presentan las fases de la metodología, las actividades y las tareas de la metodología.

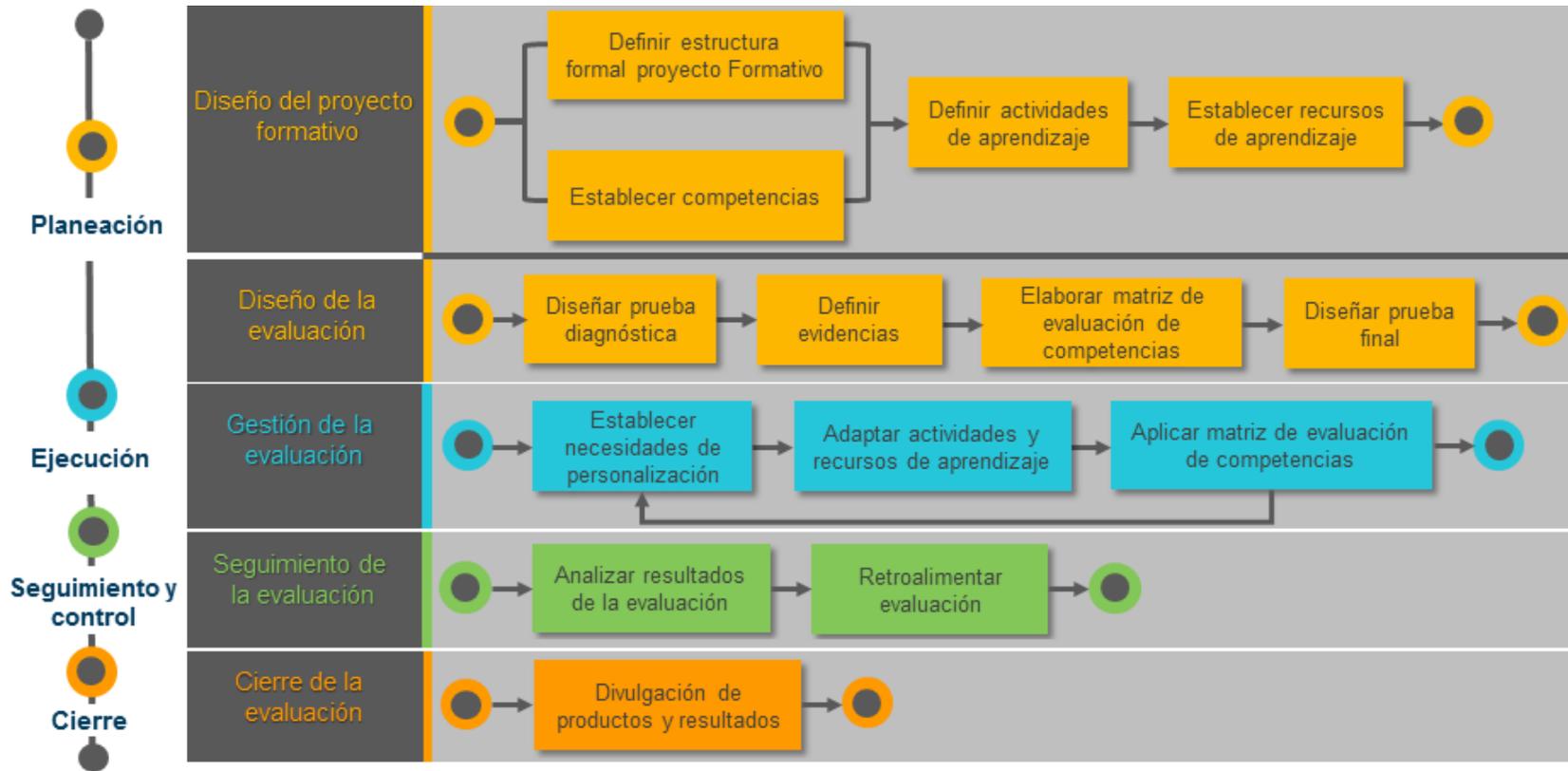


Figura 3. Metodología para la evaluación de competencias para entornos adaptativos

3.2 Representación de la metodología con la notación SPEM

En la tabla 5, se presenta la relación de las actividades con los artefactos de acuerdo a los artefactos de la metodología SPEM.

Tabla 5. Representación de la metodología con SPEM

Fase	Actividad	Tarea	Rol	Producto de trabajo
Planeación	Diseño del proyecto formativo	<ul style="list-style-type: none"> - Describir estructura formal del proyecto formativo - Establecer competencias - Definir actividades de aprendizaje - Definir recursos de aprendizaje 	Profesor Consejo de Currículo	Formato sintético del PF (Documento estructura PF) Documento con descripción de competencias. Documentos con recursos y actividades de aprendizaje.
	Diseño de la evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar prueba diagnóstica - Definir evidencias - Elaborar matriz de evaluación de competencias - Diseñar prueba final 	Profesor Estudiante	Documento para diseño de prueba diagnóstica y final. Documento de evidencias. Documento con matriz de evaluación
Ejecución	Gestión de la evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer necesidades de personalización - Adaptar actividades y recursos de aprendizaje - Aplicar matriz de evaluación de competencias 	Profesor Estudiante	Reporte prueba de competencia Plantilla para adaptación de recursos y actividades Reporte matriz de evaluación de competencias
Seguimiento	Seguimiento de la evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar resultados de evaluación - Retroalimentar evaluación 	Profesor Estudiante	Reporte evaluación Reporte retroalimentación
Cierre	Cierre de la evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Divulgación de productos y resultados. 	Profesor Estudiante Sociedad	Reporte divulgación de trabajos

Los roles denotan los actores que intervienen en las tareas definidas en la metodología y se describen a continuación:

- Consejo curricular: Unidad académica responsable de la gestión académica curricular.
- Profesor: Agente responsable del diseño e implementación del curso.
- Estudiante: Agente que participa activamente en las actividades de aprendizaje y de evaluación definidas en el curso virtual.

3.3 Explicación de las fases y representación con SPEM

3.3.1 Fase de planeación

En la fase de planeación se proponen dos actividades: diseño del proyecto formativo y diseño de la evaluación. En la actividad diseño del proyecto formativo, se establecieron las tareas clave para especificar la estructura de un proyecto formativo. Así mismo, en esta fase de planeación de la formación se estableció la definición de las competencias, las actividades y los recursos de aprendizaje. En la figura 4, se presentan las tareas y su flujo.

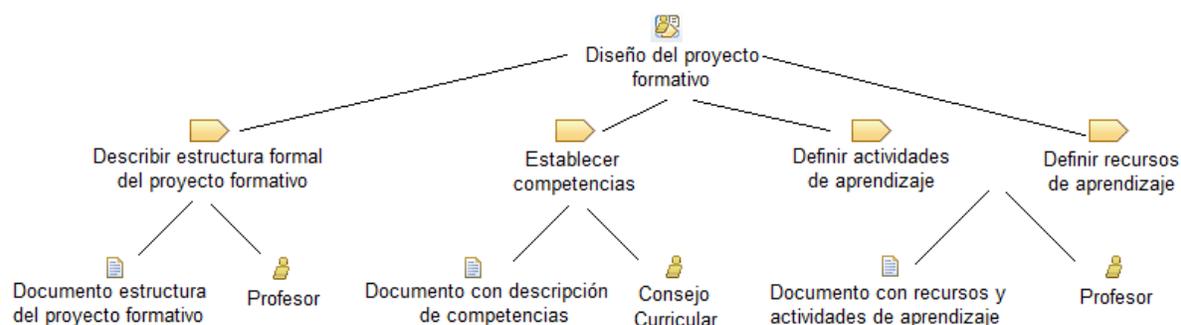


Figura 4. Actividad del diseño del proyecto formativo

En la fase de planeación están incluidas las tareas relacionadas con el diseño de la evaluación, las cuales contemplan: el diseño de la prueba diagnóstica y final, orientadas a identificar el nivel de competencia de los estudiantes durante diferentes momentos del proceso formativo. También se incluye: la definición de las evidencias a generar por parte de los estudiantes y la elaboración de la matriz de evaluación de competencias. En la figura 5, se presentan las tareas relacionadas con el diseño de la evaluación.

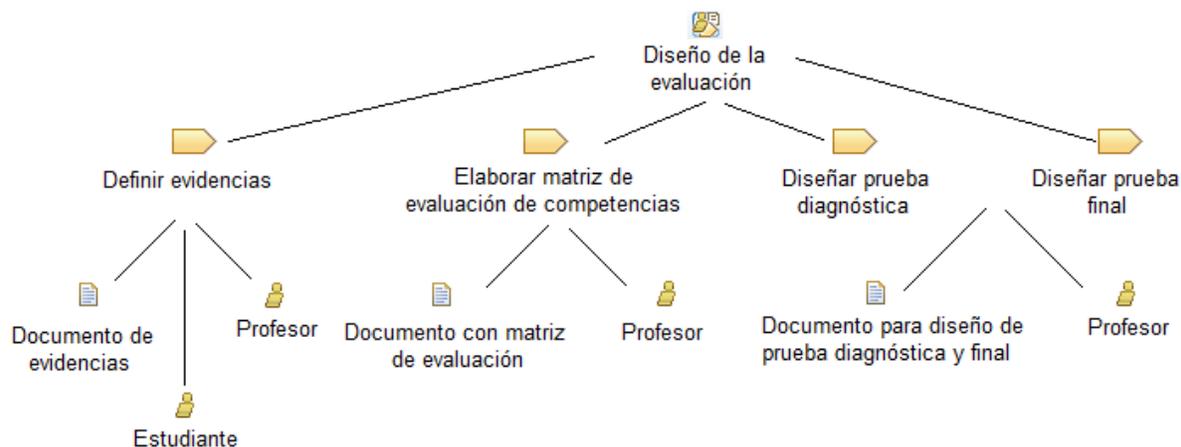


Figura 5. Actividad de diseño de la evaluación

3.3.2 Fase de ejecución

En la etapa de ejecución se materializan los elementos descritos en la fase de planeación, esta fase requiere de la gestión de actividades orientadas a establecer las necesidades de personalización de acuerdo a las características de los estudiantes, con base en los lineamientos metodológicos del enfoque socioformativo. El enfoque busca desarrollar competencias a partir de un nivel de entrada, con base en el cual establecen los recursos y las actividades de aprendizaje. Estas características se presentan en el modelo de estudiante del capítulo 4. Una vez identificadas las características de los estudiantes, se adaptan los recursos y las actividades de aprendizaje. Finalmente, se propone un procedimiento basado en una matriz que permite la evaluación de competencias. En la figura 6, se presentan las tareas asociadas a la ejecución de la evaluación.

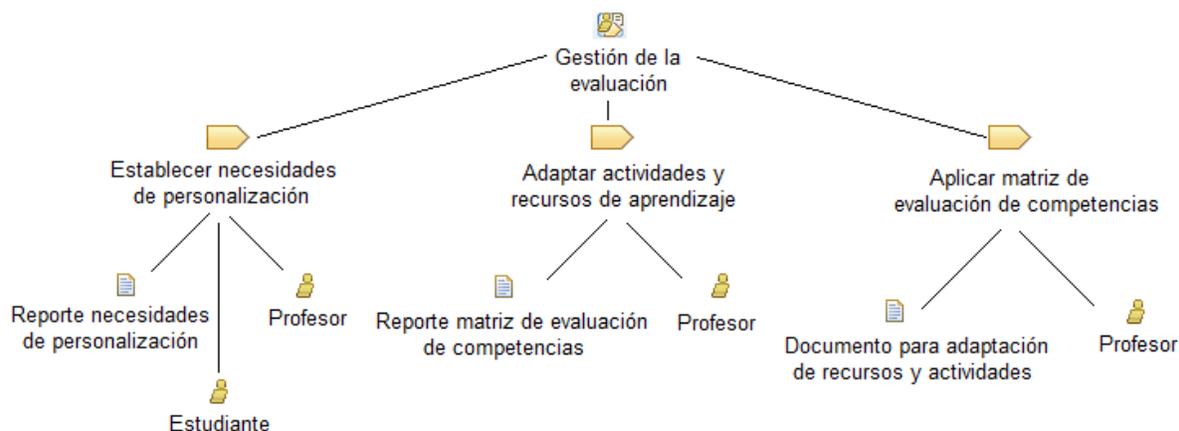


Figura 6. Actividad de ejecución de la evaluación

3.3.3 Fase de seguimiento

Esta fase tiene como propósito asegurar que la ejecución de las tareas de la fase de la ejecución se realice adecuadamente. Se proponen dos tareas para esta actividad: análisis de los resultados de la evaluación y retroalimentación. En figura 7, se presentan las tareas de seguimiento.

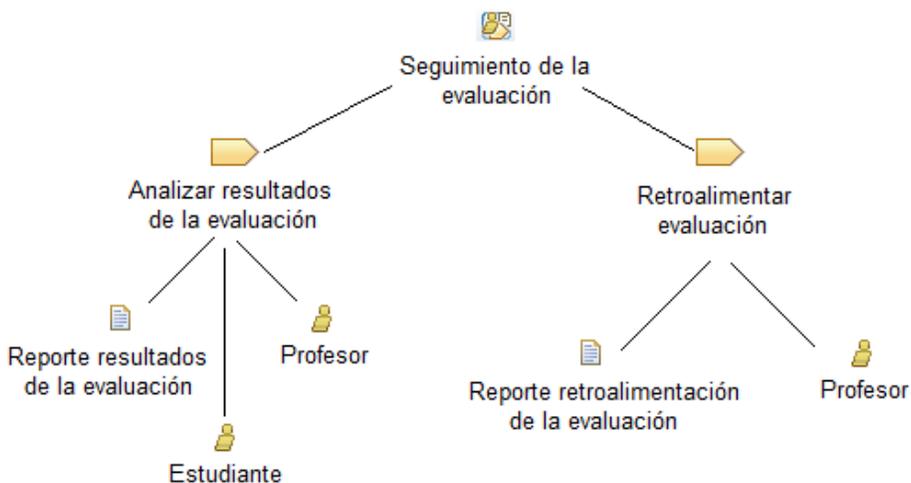


Figura 7. Actividad seguimiento de la evaluación

3.3.4 Cierre de la evaluación

El cierre de la evaluación consiste en la comunicación de los resultados de la evaluación. Se realiza una divulgación de los productos y resultados obtenidos en el proyecto formativo. En la divulgación participan todos los actores que hacen parte del proceso educativo.

3.4 Especificación de las actividades

Se presentan las tareas a desarrollar en cada una de las fases propuestas en la metodología. Se ha definido una estructura de tabla en la cual se detalla el nombre de la tarea, se realiza una descripción de la tarea, una secuencia de pasos para cumplir el objetivo de la tarea, los actores que intervienen y los productos de trabajo. En el anexo B, se presentan en detalle todas las tareas de la metodología.

3.4.1 Descripción actividades del diseño del proyecto formativo

Inicialmente se presenta la tarea de definición de la estructura formal del proyecto formativo, en la cual se establecen las principales características del proyecto y la cual se detalla en la tabla 6.

Tabla 6. Tarea de definición de la estructura formal del proyecto formativo

Propiedad	Descripción
<i>Nombre Tarea</i>	Definir estructura formal del proyecto formativo
<i>Descripción</i>	La estructura formal del proyecto formativo direcciona las actividades de aprendizaje con los estudiantes, con el propósito de resolver problemas del contexto y desarrollar las competencias esperadas.
<i>Pasos</i>	<ul style="list-style-type: none">- Describir la estructura formal del proyecto formativo: título del proyecto, duración, espacios académicos, número de créditos y perfil del profesor.- Describir las competencias previas necesarias para los estudiantes.- Identificar un problema significativo del contexto.- Definir el problema de contexto.
<i>Roles</i>	Profesor.
<i>Productos de trabajo</i>	Documento con estructura formal del proyecto formativo.

Una vez definida la estructura formal del proyecto formativo, se procede a establecer las competencias a formar en los estudiantes. La definición de competencias es una actividad de gestión académico curricular que tiene como propósito la especificación de las competencias en un determinado plan de estudio. Cuando las competencias están definidas, entonces se retoman del plan de estudio. En la tabla 7, se presenta la tarea de definición de competencias.

Tabla 7. Tarea de definición de competencias

Propiedad	Descripción
<i>Nombre Tarea</i>	Establecer competencias
<i>Descripción</i>	Esta tarea consiste en determinar las competencias que se esperan desarrollar durante un determinado ciclo académico.
<i>Pasos</i>	<ul style="list-style-type: none">- Definir el verbo de desempeño (acción principal a realizar)- Describir el objeto conceptual y la finalidad de la competencia (sobre quien recae la acción).- Establecer una condición de desempeño (referentes para evaluar la acción descrita).
<i>Roles</i>	Consejo curricular, profesor.
<i>Productos de trabajo</i>	Documento con listado de competencias.

La siguiente actividad es definir las actividades de aprendizaje, las cuales consisten en acciones concretas que se van a realizar con los estudiantes para implementar el proyecto formativo y contribuir al desarrollo de las competencias. En la tabla 8, se presenta la tarea de definición de las actividades de aprendizaje.

Tabla 8. Tarea de definición de actividades de aprendizaje

Propiedad	Descripción
<i>Nombre</i>	Definir actividades de aprendizaje
<i>Descripción principal</i>	Un proyecto formativo se estructura por medio de fases, las cuales son los escenarios en donde se establecen las actividades de aprendizaje necesarias para que los estudiantes alcancen las competencias definidas.
<i>Pasos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Definir las actividades del proyecto formativo - Asociar las actividades a las fases del proyecto formativo - Establecer el nivel de dominio para las actividades - Clasificar la actividad de aprendizaje según el modelo de estudiante considerado.
<i>Roles</i>	Profesor
<i>Productos de trabajo</i>	Documento con actividades del proyecto formativo.

Finalmente se establecen los recursos de aprendizaje, los cuales son un material que contribuye al desarrollo del aprendizaje del estudiante. Una vez definidos las tareas base para el diseño del proyecto formativo, se proponen las tareas para el diseño de la evaluación.

3.4.2 Definición de actividades del diseño de evaluación

Se propone el diseño de una prueba de diagnóstico, de la tabla 9. La cual contribuye a generar información sobre el nivel de competencia inicial del estudiante, para que, en consecuencia, se puedan conocer el nivel de competencia inicial del estudiante.

Tabla 9. Tarea de diseño de la prueba diagnóstica

Propiedad	Descripción
<i>Nombre</i>	Diseñar prueba diagnóstica
<i>Descripción</i>	Su finalidad es determinar el nivel de competencia al inicio del proceso educativo, para establecer el nivel de entrada del estudiante.
<i>Pasos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer las competencias a evaluar en la prueba diagnóstica. - Establecer los criterios de evaluación. - Describir el caso de estudio. - Redactar la batería de preguntas de la prueba de diagnóstico. - Asignar el nivel de dominio a cada pregunta. - Ingresar las opciones de respuesta para cada pregunta. - Redactar la retroalimentación de los resultados. - Definir la forma de presentación de la pregunta: por nivel de dominio o de forma aleatoria. - Presentar resultados de la prueba diagnóstica.
<i>Roles</i>	Profesor
<i>Productos de trabajo</i>	Plantilla para prueba de diagnóstico Prueba de diagnóstico

A continuación, se propone la tarea de definir evidencias, las cuales son los productos, elementos tangibles o pruebas necesarias tanto para demostrar que se ha cubierto un criterio de desempeño como para evaluar los resultados de aprendizaje establecidos en un determinado curso. En la tabla 10, se presenta la tarea de definición de evidencias.

Tabla 10. Tarea de definición de evidencias

Propiedad	Descripción
<i>Nombre</i>	Definir evidencias
<i>Descripción</i>	Mediante las evidencias se identifica el nivel de logro de una competencia o un aprendizaje esperado. Las evidencias son pruebas o productos que dan cuenta de las finalidades de la competencia evaluada (resultado inmediato) (Tobón, 2005).
<i>Pasos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Describir la evidencia de tal manera que permita verificar el desempeño del estudiante en relación a la(s) competencia(s) definidas. - Describir los criterios para la evaluación de la evidencia. - Describir el nivel de desempeño esperado de la evidencia.
<i>Roles</i>	Profesor
<i>Productos de trabajo</i>	Documento de evidencias

La evaluación en los proyectos formativos está basada en evidencias las cuales son valoradas mediante mapas de aprendizaje por niveles de dominio: receptivo, resolutivo, autónomo y estratégico. Los niveles de dominio son los grados que describen como se forman y desarrollan las competencias desde lo más sencillo a lo más complejo, y a partir de los cuales se unifican los criterios que orientan al docente y a los estudiantes en torno a la valoración de las competencias. En la tabla 11, se presenta la tarea de definición de evidencias.

Tabla 11. Tarea de elaboración de matriz de evaluación

Propiedad	Descripción
<i>Nombre</i>	Elaborar matriz de evaluación de competencias
<i>Descripción</i>	La matriz de evaluación de competencia es una tabla de doble entrada que relaciona criterios y evidencias de acuerdo a los niveles de dominio establecidos.
<i>Pasos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Especificar la competencia a evaluar. - Asociar los criterios de desempeño a evaluar. - Indicar la evidencia a evaluar. - Describir los niveles de desempeño. - Ponderar los niveles de desempeño.
<i>Roles</i>	Profesor
<i>Productos de trabajo</i>	Documento con matriz de competencia.

El diseño de la prueba final tiene la misma secuencia de acciones que la prueba de diagnóstico. Con los resultados de la prueba final se pueden realizar comparaciones entre la situación inicial y la situación esperada en el estudiante.

3.4.3 Gestión de la evaluación

La puesta en marcha de esta actividad, tiene el propósito de controlar la adecuada ejecución de las tareas, para obtener los resultados de la actividad de evaluación. Se determina el nivel de competencia del estudiante, a partir de lo cual se hace la adaptación de actividades y recursos, para posteriormente recompilar y evaluar las evidencias de desempeño de los estudiantes. En la tabla 12, se presenta la tarea para determinar el nivel de competencia del estudiante.

Tabla 12. Tarea para determinar el nivel de competencia

Propiedad	Descripción
<i>Nombre</i>	Establecer necesidades de personalización
<i>Descripción</i>	Se determinan las necesidades de personalización de los estudiantes. Mediante esas necesidades se identifican características de los estudiantes a partir de las cuales se pueden establecer rutas de aprendizaje individuales. Las características a considerar se presentan en el capítulo de modelo de estudiante.

<i>Pasos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar características individuales de los estudiantes. - Establecer los instrumentos para la recolección de las características individuales de los estudiantes. - Clasificar estudiantes de acuerdo sus características individuales. - Establecer las actividades y los recursos de aprendizaje de acuerdo a las características individuales de los estudiantes. - Establecer las necesidades de personalización.
<i>Roles</i>	Estudiante Profesor
<i>Productos de trabajo</i>	Reporte documento con necesidades de personalización

La tarea de adaptar las actividades y los recursos de aprendizaje se propone para que los profesores configuren los recursos de acuerdo al nivel inicial de los estudiantes y de esta manera lograr el nivel esperado en el proceso de formación. El diseño y oferta de recursos a utilizar por los estudiantes, contengan información adecuada a diversas formas de aprender. En la tabla 13, se presenta la tarea para adaptar actividades y recursos.

Tabla 13. Tarea para adaptar actividades y recursos de aprendizaje

Propiedad	Descripción
<i>Nombre</i>	Adaptar actividades y recursos de aprendizaje
<i>Descripción</i>	El propósito es presentar el conjunto de acciones necesarias para personalizar la ruta formativa de acuerdo al nivel de competencia del estudiante.
<i>Pasos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar las actividades y recursos de aprendizaje a adaptar. - Asociar las actividades y los recursos a las diferentes fases del proyecto formativo. - Clasificar las actividades y recursos de aprendizaje de acuerdo al modelo de estudiante definido. - Establecer el nivel de competencia del estudiante y volver al primer paso.
<i>Roles</i>	Profesor
<i>Productos de trabajo</i>	Documento con reporte para adaptación de recursos y actividades

La tarea de aplicar matriz de evaluación de competencias indica los pasos esenciales para consolidar el proceso de evaluación. En la tabla 14, se presenta la tarea para aplicar la matriz de evaluación de competencias.

Tabla 14. Tarea para aplicar matriz de evaluación de competencias

Propiedad	Descripción
<i>Nombre</i>	Aplicar matriz de evaluación de competencias
<i>Descripción</i>	Esta tarea tiene como propósito la valoración de las evidencias generadas por los estudiantes. Esta matriz es el instrumento de valoración que usan todos los agentes que intervienen en el proceso de evaluación.
<i>Pasos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar la competencia o competencias a evaluar. - Establecer los criterios a considerar en la evaluación de evidencias. - Indicar las evidencias a ser evaluadas. - Realizar coevaluación de evidencias - Realizar autoevaluación de evidencias - Realizar heteroevaluación de evidencias
<i>Roles</i>	Profesor, estudiantes
<i>Productos de trabajo</i>	Documento con reporte de matriz de evaluación de competencias

3.4.4 Seguimiento de la evaluación

El seguimiento consiste en la obtención y análisis de los datos relativos al proceso, a partir de los cuales se toman decisiones con relación a la evaluación. Esta actividad se puede realizar en paralelo con la ejecución del proyecto. Se pretende en este punto velar por el cumplimiento de las tareas previas de la metodología. En la tabla 15, se describe la tarea para analizar los resultados de la evaluación.

Tabla 15. Tarea para analizar los resultados de la evaluación

Propiedad	Descripción
<i>Nombre</i>	Analizar resultados de la evaluación
<i>Descripción principal</i>	Es la valoración formal que se realiza para determinar el grado de desarrollo de las competencias dentro de un proceso formativo, a partir de los aprendizajes esperados y las evidencias establecidas (Tobón, 2013b).
<i>Pasos</i>	<ul style="list-style-type: none">- Sistematizar los resultados obtenidos en el proceso de evaluación de competencias- Plantear pruebas de hipótesis orientadas al análisis de los resultados de la evaluación.- Validar pruebas de hipótesis con base en los resultados de la evaluación
<i>Roles</i>	Profesor, estudiantes
<i>Productos de trabajo</i>	Reporte resultados de la evaluación

La tarea de realizar la retroalimentación de la evaluación, contiene todas aquellas actividades que realizan los profesores y los estudiantes, para producir retroalimentación con el propósito de mejorar la enseñanza y el aprendizaje (Curtis, 2011). En la tabla 16, se presenta la tarea para retroalimentar los resultados de la evaluación.

Tabla 16. Tarea para retroalimentar los resultados de la evaluación

Propiedad	Descripción
<i>Nombre</i>	Retroalimentar evaluación
<i>Descripción</i>	Proceso que ayuda a proporcionar información sobre las competencias de las personas, sobre lo que sabe, sobre lo que hace y sobre la manera en cómo actúa. La retroalimentación de los profesores ayuda a los estudiantes a ser más conscientes de sus fortalezas y debilidades, permitiendo tomar acciones para hacer frente a las deficiencias en su aprendizaje.
<i>Pasos</i>	<ul style="list-style-type: none">- Informar sobre el logro de competencia alcanzado por el estudiante.- Indicar el nivel de competencia alcanzado.- Indicar los logros alcanzados y los aspectos a mejorar en el proceso de formación.- Indicar la valoración cuantitativa y cualitativa del proceso de formación.
<i>Roles</i>	Profesor
<i>Productos de trabajo</i>	Reporte retroalimentación de la evaluación

3.4.5 Cierre de la evaluación

Durante el cierre de la evaluación se presentan los resultados a la comunidad en general. El cierre de la evaluación implica un análisis del proceso de evaluación para establecer los logros alcanzados y los aspectos a mejorar del proceso.

3.5 Relación entre actividades, tareas y productos de trabajo

A continuación, se presenta como se relacionan las actividades con las tareas a realizar. Cada tarea tiene asociada un conjunto de productos de trabajo el cual es producido o modificado. Finalmente se presentan las guías que proporcionan información adicional para soportar las tareas de la metodología. En la tabla 17, se presenta la metodología de acuerdo a la notación SPEM.

Tabla 17. Metodología con productos de trabajo y guías

Actividad	Tarea	Producto de trabajo	Guías
Diseño del proyecto formativo	<ul style="list-style-type: none"> - Describir estructura formal del proyecto formativo - Establecer competencias - Definir actividades de aprendizaje - Definir recursos de aprendizaje 	<ul style="list-style-type: none"> Documento estructura PF Documento con descripción de competencias. Documentos con recursos y actividades de aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> Plantilla estructura PF Plantilla de definición de competencias Plantilla para definir recursos y actividades de aprendizaje
Diseño de la evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar prueba diagnóstica - Definir evidencias - Elaborar matriz de evaluación de competencias - Diseñar prueba final 	<ul style="list-style-type: none"> Documento de prueba diagnóstica y final. Documento de evidencias. Documento de matriz de evaluación de competencias 	<ul style="list-style-type: none"> Plantilla para diseño de prueba diagnóstica y final Plantilla para definición de evidencias Plantilla para elaborar matriz de evaluación de competencias
Gestión de la evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar nivel de competencia - Adaptar actividades y recursos de aprendizaje - Aplicar matriz de evaluación de competencias 	<ul style="list-style-type: none"> Reporte prueba de nivel de competencia Documento con reporte para adaptación de recursos y actividades Documento con reporte de matriz de evaluación de competencias 	<ul style="list-style-type: none"> Ejemplo prueba de competencia Plantilla para adaptación de recursos y actividades Plantilla para reporte de evaluación de competencias
Seguimiento de la evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar resultados de evaluación - Retroalimentar evaluación 	<ul style="list-style-type: none"> Reporte resultados de la evaluación Reporte retroalimentación de la evaluación 	<ul style="list-style-type: none"> Plantilla para reporte de resultados Plantilla para reporte de retroalimentación.
Cierre de la evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Divulgación de productos y resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> Reporte divulgación de productos y resultados 	<ul style="list-style-type: none"> Plantilla para divulgación de productos y resultados

Las guías son elementos relacionados a los procesos que proveen información adicional para relacionar con otros elementos. Con base en la especificación SPEM 2, las siguientes fueron las guías que se contemplaron para la metodología: concepto, término, guía de herramienta, documentación, ejemplo y plantilla. Cada uno de estas guías está definida en (Ruiz & Verdugo, 2008), (OMG, 2008).

3.6 Resultados de la implementación de la metodología de evaluación

3.6.1 Introducción

En esta sección se presentan los resultados de la implementación de la metodología de evaluación con profesores universitarios de México y Colombia. Se realizó un estudio de corte transversal, el cual como plantea (Martínez, 2007), es un estudio que se efectúa sobre una situación y población concreta en un momento determinado, recogiendo datos una sola vez de cada sujeto en estudio. Se aplicó el método de investigación basado en encuesta, mediante el cual se recolectó información de una muestra de profesores para conocer su opinión sobre la metodología de evaluación. Se presenta el contexto en el cual fue socializada la metodología, a continuación, las características de la muestra de profesores y la validez del instrumento. Finalmente, se realiza un análisis descriptivo de acuerdo a las respuestas obtenidas de los profesores.

3.6.2 Contexto

El proceso de socialización se realizó durante el segundo periodo académico de 2016, con una duración de 8 semanas. Los profesores recibieron la capacitación de acuerdo a las fases de la metodología de proyectos formativos. En el direccionamiento se presentaron los lineamientos teóricos de la metodología, con las fases y las actividades. En la planeación, cada profesor de acuerdo a su área de conocimiento, estructuró las actividades relacionadas con el diseño del proyecto formativo y el diseño de la evaluación. En la ejecución, los profesores especificaron las actividades relacionadas con la gestión de la evaluación. Finalmente, un grupo de profesores presentaron la implementación de la metodología de evaluación, de acuerdo a su área de conocimiento. El proceso de validación de la metodología se realizó en un contexto no adaptativo.

La metodología de evaluación se socializó de dos formas: presencial y virtual. Para ambas formas se usó el Eclipse Process Framework Composer (EPFC) (Eclipse, 2012). EL EPFC, (Eclipse, 2012), es un marco de ingeniería de procesos que proporciona una plataforma de herramientas para la gestión de procesos, ya sea para organizaciones o para desarrollos individuales. EPFC es una herramienta de Eclipse para la implementación de procesos que permite la edición de modelos de procesos sobre SPEM 2.0 para definir, gestionar y reutilizar repositorios de fragmentos de métodos y procesos (Villegas, Giraldo, Collazos, & Granollers, 2013). En la figura 8, se evidencia el flujo entre las actividades que se contemplan en cada una de las fases de la metodología.

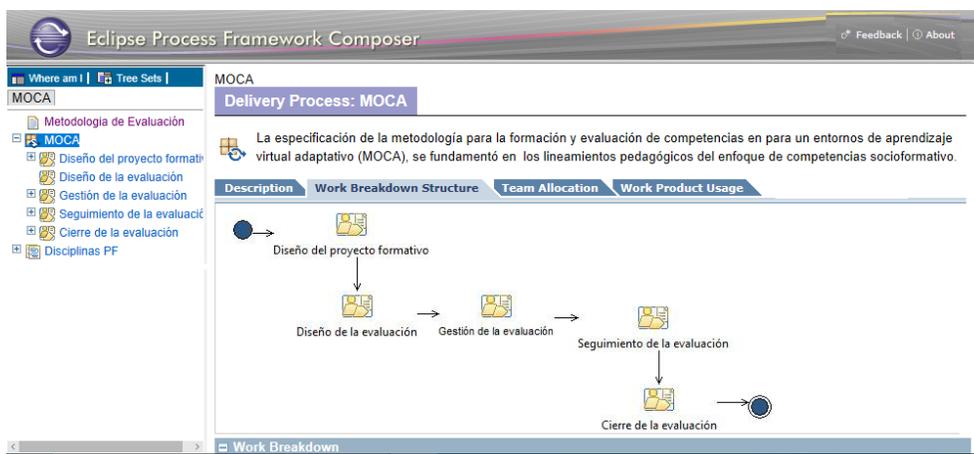


Figura 8. Soporte tecnológico de la metodología de evaluación

3.6.3 Muestra

La muestra corresponde a los 31 profesores que participaron voluntariamente en la validación de la metodología de evaluación. Con relación a las características de los profesores que participaron en la evaluación de la metodología, se observó que el 59.5% son hombres y el 40.5% son mujeres. Con relación a la edad se encuentra que los profesores están entre los 23 y los 48 años. El nivel de formación de los profesores mostró que el 9.7% tienen formación a nivel de doctorado, el 38.7% tienen título de maestría, el 32.3% especialización y el 19.3% tienen título de pregrado.

3.6.4 Instrumento de opinión sobre la metodología de evaluación

El instrumento para conocer la opinión de los profesores sobre la metodología de evaluación, se basó en una encuesta. La encuesta agrupa preguntas en dos categorías: (1) elementos esenciales de la metodología de proyectos formativos y (2) metodología de evaluación de los proyectos formativos. La primera categoría consta de 6 ítems en los cuales se pregunta la opinión sobre aspectos relacionados con los elementos estructurales de la metodología de proyectos formativos. La segunda categoría consta de 9 ítems relacionados con el proceso de evaluación. En el anexo B, se presenta la encuesta de metodología de evaluación y las propiedades psicométricas del instrumento.

Respecto de la validez de constructo, (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010) señalan que este tipo de validez se refiere al grado en que una medición se relaciona con otras mediciones, acorde con hipótesis derivadas teóricamente y que conciernen a los conceptos o constructos objeto de estudio. La validez del constructo se realizó con los datos obtenidos por medio de los profesores. La técnica para la validez se realizó mediante análisis factorial, el cual se utiliza para identificar propiedades homogéneas de las variables independientes que se están analizando. El objetivo fue establecer si los ítems del instrumento se agrupan en características comunes a ellos. Para el análisis factorial se verificaron los supuestos estadísticos y se analizaron los factores extraídos producto de la rotación de componentes. Los supuestos estadísticos para el análisis factorial fueron considerados con base en lo establecido en la tesis doctoral de (Olmos, 2008), en la cual se cita a (García Jiménez, Gil Flores, & Rodríguez Gómez, 2000):

- El coeficiente de correlación entre las variables independientes se encuentra en alto y muy alto. El coeficiente del determinante de la matriz de correlaciones fue 0.00000.
- La prueba de esfericidad Bartlett para probar la hipótesis de que la matriz de correlaciones es una matriz de identidad, indica que el nivel de significación obtenido es de p -valor = 0.000, con un chi cuadrado aproximado de 292.62. A partir de lo cual se puede afirmar que la matriz de correlaciones no es una matriz identidad.
- El valor KMO de 0.746, permite afirmar que es posible realizar el análisis factorial.
- El índice de adecuación muestral de la diagonal principal de la matriz de correlaciones anti-imagen, tiene coeficientes superiores a 0.65, a excepción de la variable ($p_{14}=0.576$), fuera de dicha diagonal los coeficientes son bajos. Por lo que se concluyó que la muestra es adecuada para aplicar el análisis factorial.

La matriz de componentes rotados que se presenta en la tabla 18, permitió verificar la validez de constructo para el instrumento. El método de extracción utilizado fue el análisis de componentes principales y generó 3 componentes o factores. El primer factor está constituido por variables asociadas a elementos esenciales de la metodología de proyectos formativos. Los factores 2 y 3, están constituidos por variables relacionadas con la metodología de evaluación. La estructura de los componentes del análisis factorial mostró que, a través de los tres primeros factores, se puede explicar el 64.5% de la variabilidad total.

Tabla 18. Matriz de componentes rotados de la metodología de evaluación

Variable	Componente		
	1	2	3
p1	.933		
p3	.925		
p5	.639		
P6	.448	.440	
p4	.423	.348	
p11		.864	
p10	.566	.667	
p2	.607	.657	
p9		.654	
p12	.346	.489	
p7		.454	.380
p13			.884
p14			.870
p15		.467	.680
p8		.379	.609

3.6.5 Opinión de los profesores frente a la metodología de evaluación

Se realizó un análisis descriptivo con base en los tres componentes obtenidos en el análisis factorial. Los descriptivos se basan en el instrumento aplicado a los profesores, el cual se presentó en una escala de 1 a 5, siendo 1 la menor valoración y 5 la mayor valoración.

Los resultados del primer factor se relacionaron con la metodología de proyectos formativos. Este factor se constituyó de los ítems p1, p3, p5, p6 y p4, los cuales se presentaron en este orden de acuerdo a la correlación del ítem con el factor. Los resultados mostraron que para estos ítems, los profesores valoran favorablemente por encima del 80.0% (rango de valores entre cuatro y cinco) la contribución de la metodología con relación a: permitir la definición de una propuesta de formación por competencias (p1), permitir la definición del problema de contexto acorde con el nivel de formación del estudiante (p3), favorecer la definición de los recursos de aprendizaje que apoyan el desarrollo del proyecto (p5), facilitar la definición de las evidencias esperadas (p6) y permitir la definición de las actividades de aprendizaje a realizar en cada una de las fases del proyecto (p4). La media de 4.2 para todas las preguntas, confirma la apreciación positiva de los profesores. En la figura 9, se presentan los porcentajes de respuesta para las preguntas del factor.

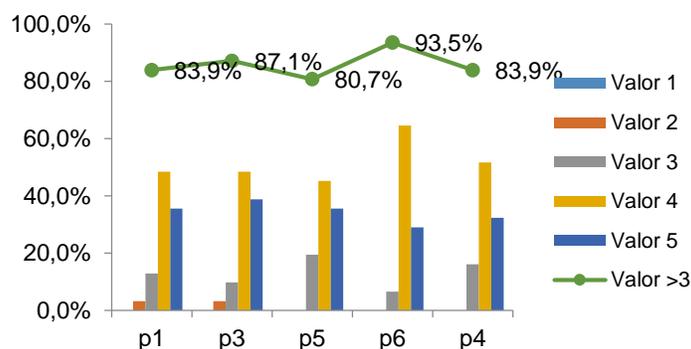


Figura 9. Porcentaje de respuesta para el factor proyectos formativos

Los resultados del segundo factor se relacionaron con la metodología de evaluación de los proyectos formativos y se presentan en la figura 10. Este factor se constituyó de los ítems p11, p10, p9, p12 y p7, y se presentaron en este orden de acuerdo a la correlación del ítem con el

factor. Los resultados mostraron que un 90.3% de los profesores consideran que la metodología permite que la heteroevaluación (p11) y la coevaluación (p10) de evidencias, se realice con base en los criterios definidos en la rúbrica. En este mismo sentido, el 93.5% consideraron que la autoevaluación de evidencias se puede realizar con base en los criterios definidos en el mapa de aprendizaje (p9). Con un porcentaje 83.9%, los profesores afirmaron que la metodología permite que el profesor realice retroalimentación de las evidencias definidas en el proyecto formativo (p12). El 87.1% afirmaron que la metodología permitió definir los criterios para la evaluación de las evidencias del proyecto formativo (p7).

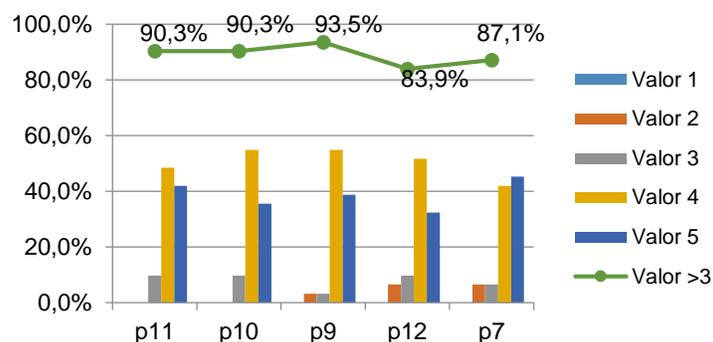


Figura 10. Porcentaje de respuesta para el factor proyectos formativos

Los resultados del tercer factor también están relacionados con la metodología de evaluación de proyectos formativos y se presentan en la figura 13. Este factor se constituyó de los ítems p13, p14, p15 y p8. Se identificó que un 77.5% de los profesores, consideran que la metodología favorece que los estudiantes realicen retroalimentación de las evidencias definidas en el proyecto formativo (p13). El 80.7% consideran que la evaluación permite determinar el nivel de competencia del estudiante (p14). Se estableció que el 83.9% de los profesores consideran que la metodología, favorece el uso de diferentes instrumentos para la valoración de evidencias (p15) y permite formular los indicadores de nivel de dominio para cada uno de los criterios considerados en las evidencias (p8).

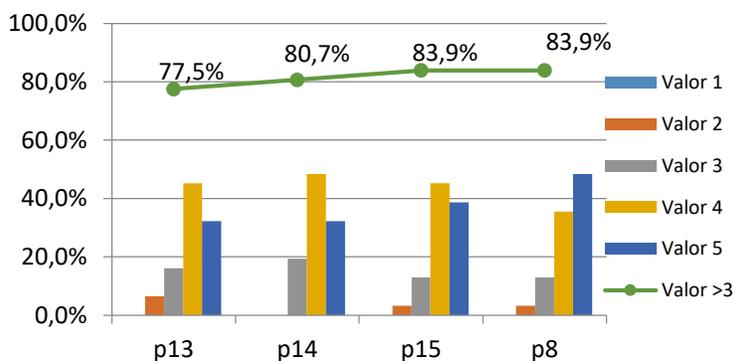


Figura 11. Porcentaje de respuesta para el factor metodología de evaluación

3.7 Conclusiones del capítulo

Considerando que la evaluación se constituye en un proceso fundamental en la formación de los estudiantes, se ha identificado en las últimas décadas una cantidad significativa de investigaciones y desarrollos tecnológicos, referidos a procesos de evaluación sobre entornos de aprendizaje en línea. Son evidentes los avances orientados al mejoramiento de la calidad en la evaluación,

mediante la incorporación de nuevos tipos y estrategias didácticas para la evaluación, sin embargo, se evidencia la necesidad de proponer metodologías que orienten el diseño y la implementación de cursos que permitan la formación y evaluación de competencias en entornos de aprendizaje en línea. En la metodología de evaluación se presentaron las actividades para que los profesores puedan estructurar y ejecutar un proceso de evaluación de competencias, mediante el cual se pueda diagnosticar y hacer seguimiento al desempeño académico del estudiante.

La metodología de evaluación estableció el conjunto de elementos estructurales y funcionales que pueden intervenir en un proceso de evaluación sobre un entorno de aprendizaje en línea. Los propósitos fundamentales de la metodología se resumen en:

- Definir estructura formal del proyecto formativo y las competencias a evaluar.
- Adaptar las actividades y recursos de aprendizaje de acuerdo a variables establecidas en el modelo de estudiante.
- Diagnosticar el nivel de competencia del estudiante, durante diferentes momentos del proceso de formación.
- Estructurar la evaluación mediante una matriz en la cual se relacionan criterios, evidencias y niveles de dominio.

Capítulo 4

Modelo de Estudiante

4. Modelo de estudiante

El modelo de estudiante, en la estructura de un sistema adaptativo, es un elemento que mantiene las características del estudiante, necesarias para que el sistema pueda proporcionar la adecuada función adaptativa, de acuerdo a las necesidades y particularidades de los estudiantes. En este capítulo se presenta inicialmente una propuesta de proceso de modelado de estudiante, mediante el cual se representa al estudiante en el sistema adaptativo. Para la construcción del modelo de estudiante se estableció la metodología propuesta en (Duque, 2009): (1) definir las características del estudiante que afecten el proceso de formación, (2) establecer las técnicas para realizar la captura inicial de cada una de las características definidas para el modelo, (3) seleccionar la forma de actualizar los valores de cada una de las características definidas en el modelo y (4) definir la técnica para implementar el modelo de estudiante en un sistema de aprendizaje virtual adaptativo. A continuación, se presenta una propuesta de soporte tecnológico mediante la extensión de funcionalidades para Moodle, y a través de la cual se brinda soporte al proceso de formación personalizado.

En este capítulo se presentan los resultados del análisis de las características: aspectos personales, perfil académico y aspectos de evaluación. Se utilizó una metodología de investigación con alcance descriptivo, correlacional e inferencial. El método de investigación fue basado en encuesta, a través del cual se recolectaron datos de una muestra de estudiantes, y cuyo propósito fue conocer, describir y comprender sus opiniones relacionadas con algunas características del modelo de estudiante.

4.1 Características del modelo de estudiante

El modelo del estudiante en un sistema de educación virtual se puede entender como aquellas características del alumno que son relevantes en el proceso educativo, y la interrelación entre éstas (González et al., 2008). Estas características representan propiedades que permiten crear un perfil el cual se espera estar acorde con las necesidades de aprendizaje del estudiante. Desde el punto de vista computacional, es un módulo que se encarga de proporcionar a los otros módulos del sistema adaptativo, la información del estudiante que resulta clave para que el sistema desarrolle su funcionalidad.

Las características propuestas en el modelo de estudiante se dividieron en cuatro dimensiones: aspectos de evaluación, perfil académico, datos personales y estilos de aprendizaje. En la figura 12, se plantean las características que se consideraron para el modelo de estudiante. Los valores de las variables sean completados y actualizados de forma automática. Cuando no se contaba con plataforma, las variables se completaban de forma manual.

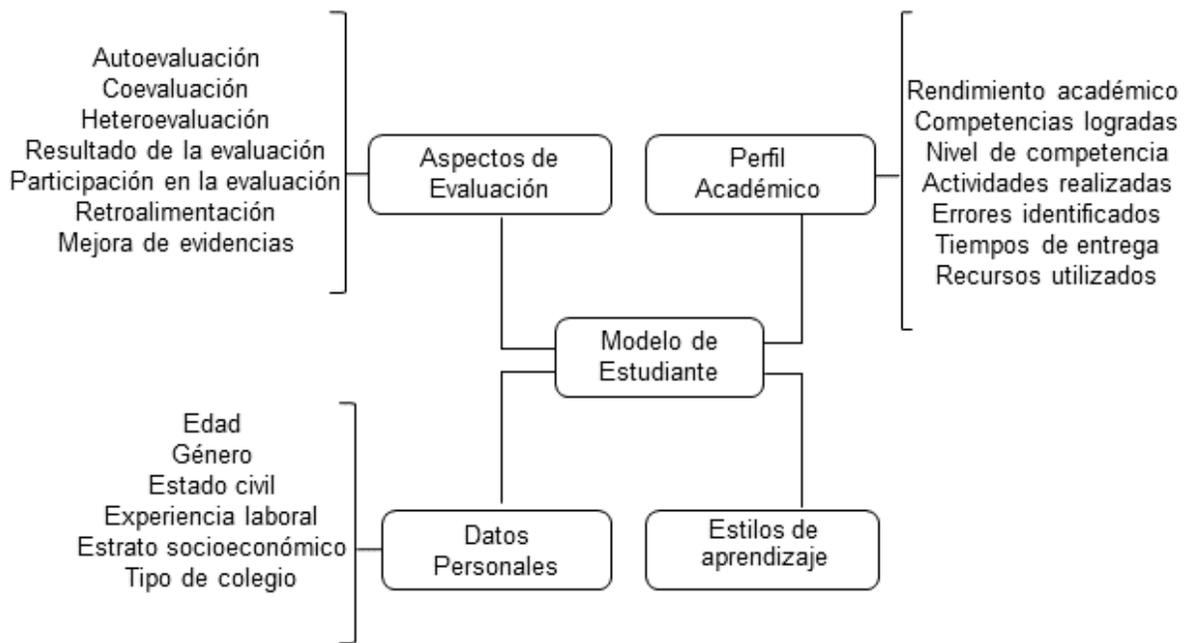


Figura 12. Características del modelo de estudiante

- Los datos personales corresponden a la información personal asociada al estudiante. El propósito de esta información es identificar información relacionada con los datos personales y con datos sociodemográficos que pueden tener influencia en el proceso de instrucción.
- Los estilos de aprendizaje se centran principalmente en la cognición, la personalidad y el aprendizaje del estudiante. Son preferencias y tendencias altamente individualizadas de una persona que influyen en su aprendizaje. es la forma de clasificar el comportamiento de un estudiante de acuerdo a la manera en que toma la información, forma las estrategias para aprender, cómo entiende y cómo le gusta analizar la información que está utilizando para llegar a un conocimiento determinado (Cataldi & Lage, 2010). Existen estudios con compilaciones sobre modelos de estilos de aprendizaje para su implementación en sistemas adaptativos (Akbulut & Cardak, 2012) y sobre sistemas de gestión de aprendizaje (Despotović-zrakić et al., 2012), (Limongelli et al., 2011). El modelo de Felder-Silverman (FSLSM) (Felder & Brent, 2001), se usa en sistemas adaptativos educativos, clasifica los estudiantes en cuatro dimensiones: activo / reflexivo, detección / intuitivo, visual / verbal, y secuencial / global.
- El perfil académico es una dimensión que contiene la información relacionada con el estado de las competencias y los aprendizajes en que se encuentra el estudiante con respecto a un determinado dominio de conocimiento. Relaciona información de las actividades realizadas, errores identificados, historial de logros y los recursos utilizados en el proceso formativo.

Una característica clave a considerar en esta investigación, está relacionada con la variable rendimiento académico. El rendimiento académico puede ser conceptualizado como la valoración cuantitativa y cualitativa del logro de competencia alcanzado en el proceso de enseñanza-aprendizaje, dentro de un contexto de desempeño específico. Al

rendimiento académico se asocian diversos factores que pueden tener influencia en él, generalmente se asocian factores demográficos, factores socioeconómicos, aspectos de personalidad del estudiante, formación previa del estudiante, metodologías de enseñanza, sistema de evaluación, motivación escolar, entre otros. Son diversas las investigaciones que analizan los factores que inciden en el rendimiento académico (Acevedo, 2011), (Suárez, Fernández, & Muñiz, 2014), (Villegas, 2015), (Arribas, 2012), (Garbanzo, 2013).

- Los aspectos de evaluación permiten identificar los elementos relacionados con el proceso de valoración del logro de desarrollo de competencias por parte del estudiante. Las características de la evaluación permiten identificar aspectos relacionados con la participación del estudiante en actividades de valoración de evidencias.

4.2 Inicialización de las características del modelo

La inicialización del modelo de estudiante es la actividad de partida de la integración del modelo al sistema de aprendizaje, de modo que se hace necesario obtener por primera vez la información (inicializar) para cada uno de sus elementos constituyentes (Mendoza, 2015). La inicialización establece el punto de inicio del modelo de estudiante, previo al desarrollo de los elementos instruccionales de aprendizaje.

- Los datos personales se capturan usando uno o varios formularios que se proporcionan a los estudiantes en la plataforma virtual de aprendizaje. Las características se inicializan cuando el estudiante diligencie cada uno de los campos del formulario.
- El estilo de aprendizaje posee su propia escala para la clasificación de los estudiantes, de acuerdo a la forma como estos reciben y procesan la información. La inicialización de los estilos de aprendizaje se realiza por medio del test de Felder-Silverman, en la cual se presenta al estudiante preguntas de elección única dicotómicas. Una vez el estudiante responde el test, los valores se inicializan en alguna de las cuatro clasificaciones: activo / reflexivo, detección / intuitivo, visual / verbal, y secuencial / global.
- Las características relacionadas con el perfil académico se inicializan vacías, esto teniendo en cuenta que solo a través de la interacción del estudiante con las actividades de aprendizaje y los recursos propuestos en la instrucción pedagógica, se irán almacenando los valores asociados a cada característica. Inicialmente el estudiante presenta una prueba de diagnóstico para identificar su nivel inicial de competencia.
- Las características asociadas a la dimensión de evaluación, se inicializan vacías. En la medida en que el estudiante participe en las actividades de evaluación propuestas en la instrucción pedagógica, se almacenarán los valores de cada característica. Los diferentes tipos de evaluación: autoevaluación y coevaluación, se inicializan cuando los estudiantes entran su primera evidencia de desempeño.

4.3 Actualización de las características del modelo

La actualización tiene como propósito conservar la consistencia de la información caracterizada en el modelo, tomando en consideración que para el estudiante su aprendizaje avanza, mientras que su comportamiento, habilidades y preferencias cambian (Mendoza, 2015).

- Las características de datos personales: estrato, género, experiencia laboral y estado civil, pueden ser actualizadas por el estudiante, mediante opciones de edición disponibles en la plataforma virtual. La edad es actualizada dinámicamente por la plataforma virtual.
- Para la actualización de los estilos de aprendizaje se tienen dos opciones no excluyentes: realizar periódicamente los tests o seguir el comportamiento del estudiante, pudiendo notar los cambios en su estilo, que es una característica cambiante en el tiempo (Duque, 2009).
- La actualización de las variables de perfil académico se realiza en la medida que el estudiante desarrolla las actividades de aprendizaje y genera las evidencias de desempeño. La característica rendimiento académico se actualiza cuando se realizan valoraciones cualitativas y cuantitativas, que representan el logro de competencia y el nivel de dominio alcanzado durante el proceso de aprendizaje.
- La actualización de los aspectos de evaluación, se realiza a través de formularios en los cuales se establecerá el resultado cuantitativo y cualitativo de acuerdo a los diferentes tipos de evaluación.

4.4 Técnica para implementar el modelo

El tipo de modelo de estudiante que se estableció como referencia, es el modelo de superposición, el cual considera que el conocimiento del alumno es un subconjunto propio del conocimiento del experto, así mismo, supone que las diferencias entre el alumno y el experto se explican como una falta de conocimiento del alumno (Millan, 2000). En este trabajo el conocimiento del experto queda explícito a partir del dominio de competencias en un dominio de conocimiento concreto.

4.5 Soporte tecnológico en Moodle

Durante los últimos años se han desarrollado propuestas para proporcionar extensiones de adaptatividad (Graf, 2007), evaluar conocimientos en Moodle (Vaca et al., 2013), y se han desarrollado componentes para la gestión de estilos de aprendizaje en Moodle (Mendoza, 2015). Con base en las limitantes identificadas en el marco de referencia, a través de la extensión de funcionalidades para Moodle, se desarrolló un bloque adicional que permite el diagnóstico de los estilos de aprendizaje y del nivel de competencia de los estudiantes, a partir de los cuales se estructura el proceso de adaptación de recursos y actividades de aprendizaje. En la implementación solo se contemplan algunas características del modelo de estudiante. En la figura 13, se presenta el bloque en extensión para un curso virtual por competencias, con las funcionalidades descritas.

Para la extensión en Moodle se definió una arquitectura de referencia a partir de la cual se implementaron componentes independientes que se integran a un nuevo bloque en Moodle. Estos componentes se desarrollaron utilizando la plataforma WAMP (Windows, Apache 5.6.3, MySQL 5.6.21 y PHP (PHP: Hypertext Preprocessor 5.6.3). La versión de Moodle utilizada es la 2.8.3.

En la arquitectura de la figura 14, se evidencia la extensión de un bloque a nivel de lógica de negocio y la extensión a nivel de la estructura de la base de datos. El bloque de lógica de negocio se comunica mediante un controlador AJAX a la base de datos de Moodle. Para la extensión a nivel de los datos se usó un servidor PHP el cual permite el almacenamiento de los resultados del diagnóstico y del test de competencia, para cada uno de los estudiantes.

Página Principal ► Mis cursos ► Cursos 201520 ► Lógica

Presentación Fundamentos de Lógica Cálculo Proposicional

Reglas de Inferencia Lógica de Predicados Prolog Proyecto Formativo

La lógica matemática contribuye significativamente en la formación de los Ingenieros de sistemas y afines. La lógica matemática posee una estrecha relación con áreas como las matemáticas discretas, la programación de computadores, las estructuras de datos, la teoría de grafos, las bases de datos y la inteligencia artificial.

El curso de Lógica Matemática para informáticos tiene como propósito fundamental, contribuir a la formación de los futuros profesionales de la Ingeniería de Sistemas y afines. El curso presenta los conceptos fundamentales de la lógica matemática con una aplicación hacia las ciencias computacionales. El curso se estructura bajo los siguientes ejes conceptuales:

- Fundamentos de la lógica matemática.
- Cálculo Proposicional.
- Reglas de Inferencia.
- Lógica de Predicados
- Programación Lógica

Activar edición

Bloque Proyecto Formativo

- Competencias y Criterios
- Proyecto Formativo
- Evidencias
- Prueba
- Test de Felder

Buscar en los foros

Últimas noticias

Eventos próximos

Figura 13. Bloque de extensión para nivel de competencia y estilos de aprendizaje

En la figura 14, se presenta la extensión de la arquitectura de Moodle para el diseño y ejecución el diagnóstico de estilos de aprendizaje y de prueba de competencia.

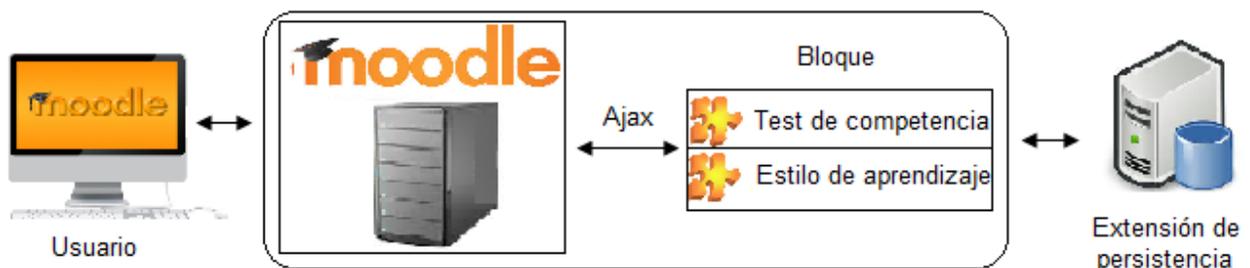


Figura 14. Arquitectura de extensión para el modelo de estudiante

Mediante el bloque de test de competencias es posible: estructurar pruebas de competencia, definir y generar diferentes tipos de preguntas en la prueba y mostrar una retroalimentación al estudiante con los resultados de la evaluación. El bloque de estilos de aprendizaje permite la gestión del diagnóstico de acuerdo al test de Felder-Silverman. Adicional a los componentes mencionados, se cuenta con funcionalidades que permiten la gestión de competencias y de evidencias, las cuales se detallan en (Cardona, Vélez, & Tobón, 2014).

4.6 Resultados

En esta sección se analiza la información obtenida en un proceso de formación en línea, con soporte de un ambiente de aprendizaje virtual. Se adquirieron datos relacionados a las características del modelo de estudiante: datos personales, perfil académico y aspectos de evaluación. Para complementar al análisis de los resultados, se aplicó un instrumento para conocer la opinión de los estudiantes con relación a la estrategia de evaluación en la plataforma en línea, y el cual también permitió obtener datos relacionados con características asociadas a la evaluación. El propósito de este estudio consiste en analizar la incidencia que tienen las características del modelo de estudiante: datos personales, perfil académico y aspectos de evaluación, en un proceso de formación de estudiantes, a nivel de pregrado universitario.

Se utilizó una metodología de investigación de corte transversal, con alcance descriptivo, correlacional e inferencial. El método de investigación es el basado en encuesta, a través del cual se recolectaron datos de una muestra de sujetos y cuyo propósito es conocer, describir y comprender a fondo sus opiniones de acuerdo a un contexto de intervención pedagógico.

4.6.1 Muestra

La muestra correspondió a estudiantes de pregrado de ingeniería de sistemas y computación, en un curso de lógica matemática. La selección de los sujetos se realizó por medio de un muestreo aleatorio simple, mediante una función en una hoja electrónica. Cada miembro de la población tuvo igual probabilidad de ser seleccionado de forma independiente de los otros miembros de la población. Se tuvo en cuenta como criterio de inclusión para la selección, que el estudiante no fuera repitente del curso. Para el cálculo del tamaño de la muestra se tuvo en cuenta que el nivel de confianza fue del 95%. El error máximo aceptado del 3%, la proporción p del 0.5 y q del 0.5.

El tamaño de muestra fue de 126 estudiantes, sobre una población de 180. En la muestra el 59.5% son hombres y el 40.5% son mujeres. El estrato socioeconómico de los estudiantes mostró que el 12.7% son de estrato muy bajo, el 28.6% de estrato bajo, el 30.2% corresponde al estrato medio, un 19% al estrato medio alto y el 9.5% al estrato alto. Con relación a la edad se encontró que los estudiantes de la muestra están entre los 18 y los 23 años. El 47.6% están entre los 18 y 19 años, e 29.3% están entre los 20 y 21 años, y el 23% entre los 22 y 23 años. La edad promedio de los estudiantes es de 20.4 años. La moda muestra que la edad que más se repite es 19 años. La desviación del 1.65, muestra poca variabilidad en la edad de los estudiantes.

4.6.2 Instrumentos

- Instrumento para conocer la opinión de los estudiantes con relación a la estrategia de evaluación basada en proyectos formativos, dividido en tres secciones: utilidad de la lógica matemática, utilidad de la metodología de proyectos formativos y opinión frente a la metodología de evaluación. El instrumento se presenta en el anexo C.
- Rubricas de evaluación: Instrumentos en los que profesor y estudiante valoran las evidencias. Son utilizadas para la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación.

4.6.3 Propiedades del instrumento de opinión de los estudiantes

La validez de constructo del instrumento, se analizó con los datos obtenidos con la muestra de estudiantes. Se realizó un análisis factorial, cuyos supuestos estadísticos fueron considerados con base en la secuencia establecida en la tesis doctoral de (Olmos, 2008), en la cual se cita a (García Jiménez et al., 2000). Los supuestos estadísticos indicaron: (1) las correlaciones entre las variables independientes son altas, (2) la prueba de esfericidad Bartlett indica que el nivel de significación obtenido es de p -valor = 0.000, con un chi cuadrado de 409.50, a partir de lo cual se puede afirmar que la matriz de correlaciones no es una matriz identidad, (3) el valor KMO de 0.789, permite afirmar que es posible realizar el análisis factorial y (4) el índice de adecuación muestral de la diagonal principal de la matriz de correlaciones anti-imagen, tiene coeficientes en la mayoría de los casos, superiores a 0.7 y por tanto, la muestra es adecuada para aplicar el análisis factorial.

Los resultados permiten afirmar que los supuestos estadísticos se cumplen para la extracción de los factores. El método de extracción generó 5 factores. El primer factor, constituido por variables asociadas al proceso de evaluación. El segundo factor, constituido por variables relacionadas con la metodología de proyectos formativos. El tercer factor agrupó variables asociadas a la utilidad de

la lógica matemática. La agrupación de los tres primeros factores, confirman que existe validez de constructo. La tabla 19, muestra la matriz de componentes rotados.

Tabla 19. Matriz de componentes rotados (modelo de estudiante)

Var	Componente				
	1	2	3	4	5
p10	.748				
p9	.702		.353		
p13	.670			-.368	
p14	.623				
p8	.601		.567		
p11	.513	.320		.488	
p12	.362		.317		
p6		.746			
p7		.708	.302		
p5		.652		.306	
p3			.732		
p1			.698		-.300
p2				.860	
p4					.941

La estructura de los componentes del análisis factorial muestra que, a través de los tres primeros, se puede explicar el 45.4% de la variabilidad total. Los dos componentes adicionales que no han sido agrupados, explican aproximadamente un 15% de la variabilidad total.

4.6.4 Análisis de características del modelo de estudiante

En esta sección se analizan los resultados de características relacionadas con aspectos de evaluación y se estudia la posible relación entre características de perfil personal y la evaluación. Finalmente, se presentan los resultados de un modelo de regresión lineal múltiple, en el cual se determina la posible incidencia de un conjunto de características sobre el factor evaluación.

- **Resultados de características relacionadas con aspectos de evaluación**

Se presentan los resultados descriptivos de acuerdo a los agentes que intervienen en la evaluación. Los estadísticos se obtuvieron con la información generada entre los periodos 2014–1, 2014–2, 2015–1 y 2015–2. La media de la autoevaluación fue 3.96, de la coevaluación fue 4.18 y la heteroevaluación fue 3.33. Se identificó que la heteroevaluación tiene la mayor varianza con relación a las otras evaluaciones.

Otros de los propósitos del estudio fue comparar los resultados de la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación, en los cuatro periodos académicos. La hipótesis que orientó el estudio fue: H_0 : “Existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación”.

Para determinar si existe diferencia estadísticamente significativa entre los tipos de evaluación, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. El p -valor <0.05 para el conjunto de datos (autoevaluación, heteroevaluación y coevaluación), mostró que la muestra no proviene de una distribución normal. Como este supuesto no se cumplió, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. El resultado de la prueba de hipótesis tiene un p -valor=0.000, a partir de lo cual se rechaza la hipótesis nula y se puede afirmar que existe diferencia estadísticamente significativa en los resultados de los tipos de evaluación. La prueba de hipótesis de la prueba de rangos múltiples entre parejas, mostró que existe diferencia entre la heteroevaluación y la autoevaluación (p -valor = 0.000). Existe diferencia entre la heteroevaluación y la coevaluación (p -valor=0.000) y diferencia

significativa entre la heteroevaluación y los tipos de evaluación donde interviene el estudiante. No existe diferencia entre la autoevaluación y la coevaluación (p-valor=0.063)

Para complementar los resultados descriptivos, se realizó un análisis correlacional que involucra los ítems relacionados con la metodología de proyectos formativos y de evaluación. El propósito fue identificar la posible relación entre estos ítems con los resultados de la autoevaluación y la coevaluación. Para las correlaciones, se aplicó la prueba no paramétrica de Rho de Spearman, debido a que el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad para algunas de las variables. En la tabla 20, se presenta la matriz de correlaciones.

Tabla 20. Matriz de correlaciones para características del modelo de estudiante

	p7	p9	p10	p11	p12	p14	Auto	Co
p7	1.00	.155	.061	.624**	.778**	.830**	.810**	.722*
p9	.155	1.00	.795**	.771**	.681**	.367**	.333**	-.082
p10	.061	.795**	1.00	.296**	.161	.311**	.367**	-.060
p11	.624**	.771**	.296**	1.00	.370**	.325**	.315**	-.041
p12	.778**	.681**	.161	.370**	1.00	.175*	.325**	-.143
p14	.830**	.367**	.311**	.325**	.175*	1.00	.381**	.088
Auto	.810**	.333**	.367**	.315**	.325**	.381**	1.00	.341**
Co	.722*	-.082	-.060	-.041	-.143	.088	.341**	1.00

De las 12 variables se identificó que las variables p5, p6, p8 y p13, no tiene relación con las otras variables. A continuación, se destacan las correlaciones más relevantes: (1) Existe correlación positiva entre realizar autoevaluación de las evidencias (p9) con considerar que la autoevaluación de evidencias es de utilidad para el proceso de formación (12). Así mismo, se encuentra que la autoevaluación tiene correlación positiva moderada con considerar que las rúbricas son instrumentos adecuados para la evaluación de evidencias (p14) y (2) se identificó correlación positiva moderada entre la autoevaluación y la coevaluación.

- **Resultados para características de perfil personal y de aspectos de evaluación**

Se analizaron otras variables que pudieran tener incidencia en los resultados de la evaluación, en la cual participa activamente el estudiante. Inicialmente se plantean las hipótesis:

- *H₀: "Existe diferencia estadísticamente significativa de los resultados de la autoevaluación y la coevaluación, en función del estrato socioeconómico".*

Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, para verificar la posible diferencia estadística de la autoevaluación y la coevaluación, en función del estrato socioeconómico. Para la autoevaluación se obtuvo un p-valor = 0.121 y para la coevaluación se obtuvo un p-valor=0.461. Para ambos casos se retiene la hipótesis nula y se puede afirmar que no existe diferencia significativa de los resultados de la autoevaluación y la coevaluación, en función del estrato. Los diagramas de medias de la autoevaluación y la coevaluación con relación al estrato se presentan en la figura 15.

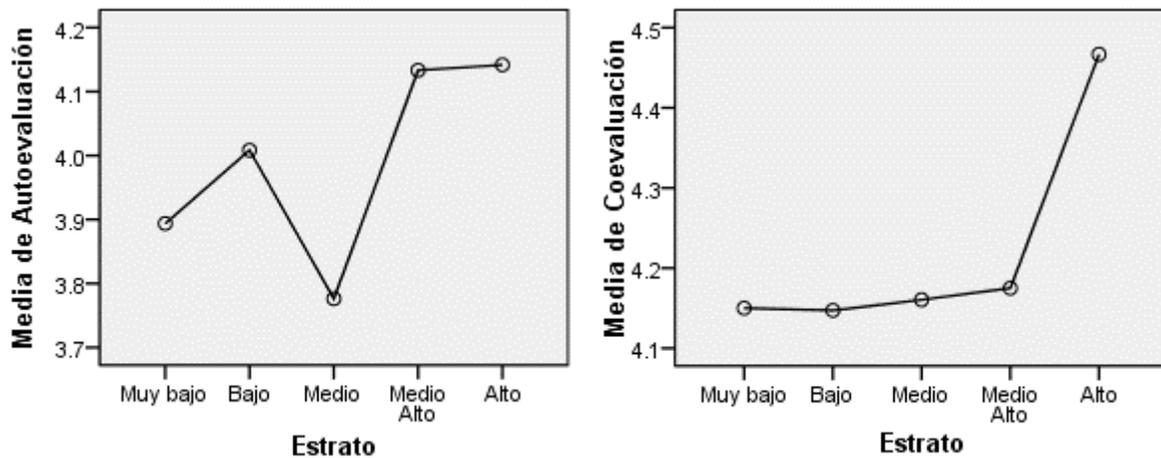


Figura 15. Media de autoevaluación y coevaluación con relación al estrato

La gráfica de medias para la autoevaluación mostró que los estudiantes de estrato alto y medio alto son los que mejor se autoevalúan. Los estudiantes de estrato alto son los que mejor coevalúan las evidencias de sus compañeros.

La siguiente hipótesis a estudiar fue: H_0 : “Existe diferencia estadísticamente significativa de los resultados de la autoevaluación y la coevaluación, en función del género”.

Con relación al género se aplicó la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. Respecto a la autoevaluación, se obtuvo un p-valor = 0.176, y por tanto, no existe diferencia estadísticamente significativa por género. Los resultados del rango promedio en hombres de 59.91 y en mujeres de 68.77, da un indicio de que las mujeres tienden a hacer una autoevaluación con notas más altas que los hombres. En los resultados de la coevaluación, se obtuvo un p-valor = 0.165, por tanto, no existe diferencia significativa. La prueba de rango promedio en hombres 59.82 y en mujeres 68.91, indican que las mujeres en la coevaluación, asignan una nota superior a los hombres.

La siguiente hipótesis que se analizó fue: H_0 : “Existe diferencia estadísticamente significativa de los resultados de la autoevaluación y la coevaluación, en función de la edad de los estudiantes”.

Con relación a la variable edad se definieron dos agrupaciones para clasificar a los estudiantes. La primera contiene los estudiantes con 20 años o menos, la segunda a los estudiantes mayores de 20 años. El 57.9% de los estudiantes están en la primera agrupación y el 42.1% en la segunda agrupación. Se verificó si existía diferencia estadísticamente significativa de los resultados de la autoevaluación, en función de la edad. El p-valor = 0.082, mostró que la hipótesis nula se retiene y por tanto no existe diferencia de acuerdo al rango de edad. Idéntica situación se presentó con la coevaluación, en la cual el p-valor fue de 0.349.

- **Análisis de características derivadas del análisis factorial**

Con base en los resultados de la extracción de los factores de la sección 4.6.3, en la tabla 21, se presenta la posible incidencia que algunas de las características del modelo de estudiante con los factores derivados del análisis factorial. Las variables: género, estrato socioeconómico, edad, número de mejoras de evidencias, cantidad de veces de retroalimentación, tienen un nivel de significancia p-valor > 0.05, a partir de lo cual se puede afirmar que estas variables no tienen incidencia sobre los factores evaluación, metodología de proyectos formativos y gusto por la lógica.

Tabla 21. Relación entre factor y características (modelo de estudiante)

Variable	Factor		
	EVALUACION	METO_PROYECT	GUSTO_LOGICA
Género	p-valor 0.607	p-valor 0.228	p-valor 0.557
Estrato Socioeconómico	0.335	0.140	0.603
Edad (2 rangos)	0.723	0.530	0.486
Número de mejora de evidencias	0.802	0.400	0.433
Cantidad de veces de retroalimentación	0.612	0.816	0.015
Rendimiento académico (definitiva agrupada)	0.088*	0.090*	0.890
Participación en autoevaluación (p9)	0.000**	0.074*	0.014**
Participación en la coevaluación (p10)	0.000**	0.068*	0.088*
Utilidad de la coevaluación (p11)	0.000**	0.035**	0.024**
Utilidad de la autoevaluación (p12)	0.000**	0.200	0.003**

*Nivel de significancia p-valor < 0,05

**Nivel de significancia p-valor < 0,09

Para la variable rendimiento académico (agrupada en 3 rangos) existen indicios de la posible relación de esta variable con el factor evaluación y la metodología de proyectos formativos.

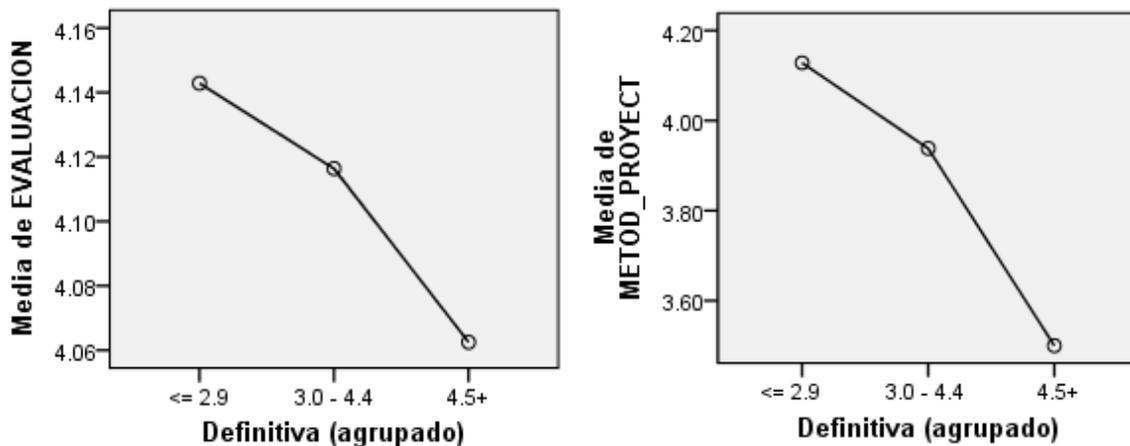


Figura 16. Factores evaluación y metodología de proyectos, con rendimiento académico

La figura 16, mostró que los estudiantes con menor rendimiento académico (nota definitiva) son los que tienden a valorar favorablemente el factor de evaluación y metodología de proyectos formativos. Los estudiantes con mejor rendimiento académico los valoran de forma menos favorable. Los estudiantes que valoraron favorablemente la participación en la autoevaluación en su proceso de formación (p9), también tienen una buena percepción sobre los factores metodología de proyectos formativos y metodología de evaluación. Con relación a la participación de los estudiantes en la coevaluación (p10), se identificó que aquellos que valoran favorablemente a los compañeros, tienen una opinión también favorable sobre el factor evaluación. Sin embargo, los estudiantes con las valoraciones más altas, son los que tienen una percepción menos favorable con relación a la metodología de proyectos formativos. Respecto a las variables utilidad en la coevaluación (p11) y utilidad en la autoevaluación (p12), se estableció que los que valoran favorablemente estas variables, tienen una buena percepción sobre el factor evaluación y de metodología de proyectos formativos.

- **Resultados del modelo de regresión lineal múltiple**

Se presenta un análisis de regresión múltiple el cual tuvo como propósito determinar la posible incidencia de un conjunto de características sobre el factor evaluación. El análisis se basa en

(Olmos, 2008). El análisis determinó como la variable dependiente está incida por variables independientes. La variable dependiente corresponde a la evaluación y las variables independientes fueron: participación en autoevaluación (p9), participación en la coevaluación (p10), utilidad de la coevaluación (p11), utilidad de la autoevaluación (p12), instrumentos de evaluación (p13) y uso de la rúbrica (p14). La tabla 22, presenta el modelo.

Tabla 22. Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	Variables Predictoras
1	0.791	0.626	(Constante), p9
2	0.887	0.787	(Constante), p9, p14
3	0.928	0.862	(Constante), p9, p14, p12
4	0.955	0.912	(Constante), p9, p14, p12, p10
5	0.975	0.950	(Constante), p9, p14, p12, p10, p13
6	0.984	0.968	(Constante), p9, p14, p12, p10, p13, p11

El modelo muestra un R cuadrado con el cual se puede explicar el 96.8% de la varianza. Los resultados del modelo de regresión lineal múltiple, se presentan en la siguiente ecuación:

$$Evaluación = 0.111 + 0.204 * p9 + 0.184 * p14 + 0.150 * p12 + 0.153 * p10 + 0.167 * p13 + 0.112 * p11$$

Los resultados de la ANOVA del modelo de regresión con 6 variables, muestran un p-valor < 0.05, a partir de lo cual se puede afirmar que el modelo mejora la predicción de la variable dependiente y permite predecir comportamientos de las variables con una confiabilidad del 93.1%.

4.7 Conclusiones del capítulo

El área de los sistemas adaptativos educativos tiene como uno de sus propósitos, propiciar escenarios virtuales personalizados, orientados a favorecer la efectividad del proceso formativo de los estudiantes. En ese sentido, se ha suscitado un interés en identificar y modelar las características de los estudiantes para adaptar recursos, actividades y rutas de aprendizaje individualizadas, considerando aspectos emocionales, psicológicos, contextuales, de estilos de aprendizaje, de nivel de conocimiento y de perfil académico, entre otros. La definición de las características del estudiante se convierte en una de las primeras actividades a realizar dentro del proceso de modelar al alumno, una vez se ha establecido la necesidad de personalización que podría contribuir a mejorar el proceso de formación de los estudiantes. Se presentó una propuesta de modelo de estudiante basado en características de perfil académico y estilos de aprendizaje para adaptar recursos y actividades de aprendizaje. En diversas investigaciones (Vélez, 2009), (Duque, 2009), (Grubiši et al., 2013), se han realizado aportes en cuanto a las características que se debe considerar el modelo de estudiante para que este tenga impacto en un proceso de formación. En la revisión sistemática de (Cardona, Vélez, & Navarro, 2015), se identificó que las características más usadas en el modelo de estudiante, están asociadas al nivel de conocimiento y los estilos de aprendizaje.

En este capítulo se analizó la posible incidencia que algunas características del modelo de estudiante, puedan tener sobre el proceso de formación de los estudiantes. Se identificó que existe diferencia estadísticamente significativa entre la heteroevaluación y los tipos de evaluación donde interviene el estudiante. Se evidenció que los estudiantes tienden a sobrevalorar el trabajo de sus compañeros y su propio trabajo, en relación con la valoración que realiza el profesor. Las pruebas de hipótesis no paramétricas mostraron que no existe diferencia significativa de los resultados de la autoevaluación y coevaluación, en función de las variables: estrato socioeconómico, género y la edad.

Capítulo 5

Sistema de aprendizaje virtual adaptativo

5. Sistema de aprendizaje virtual adaptativo

En este capítulo se presentan los aspectos relacionados con el diseño e implementación del sistema de aprendizaje adaptativo. Inicialmente se presenta el modelado de dominio con la especificación de las entidades que componen el espacio del dominio del problema; este modelado de dominio corresponde a un artefacto que contribuye al proceso de identificación de requerimientos en el desarrollo de software. A continuación, se presenta la arquitectura del sistema, la cual proporcionó el marco de referencia para guiar la implementación de diferentes componentes de software. Con base en los fundamentos teóricos del enfoque socioformativo, se orientó la especificación de la arquitectura y los componentes para el sistema adaptativo, considerando aspectos como la representación del modelo del estudiante, el modelo del dominio y el modelo de instrucción. Finalmente, se presentan los principales componentes de software del sistema de aprendizaje virtual adaptativo.

5.1 Modelo de dominio

El modelado de dominio describe y relaciona, entidades que derivan de una abstracción de la realidad, y las cuales denotan en conjunto, el espacio del dominio de problema. El modelado de dominio proporciona una solución como un conjunto de objetos de dominio que colaboran entre ellos para cumplir con los requisitos del sistema. Así mismo, refleja la comprensión de las entidades del mundo real y sus responsabilidades para cubrir el dominio del problema. El modelo contiene los elementos estructurales para el diseño de un proyecto formativo y su esquema de evaluación. En la figura 17, se presenta el modelo del dominio.

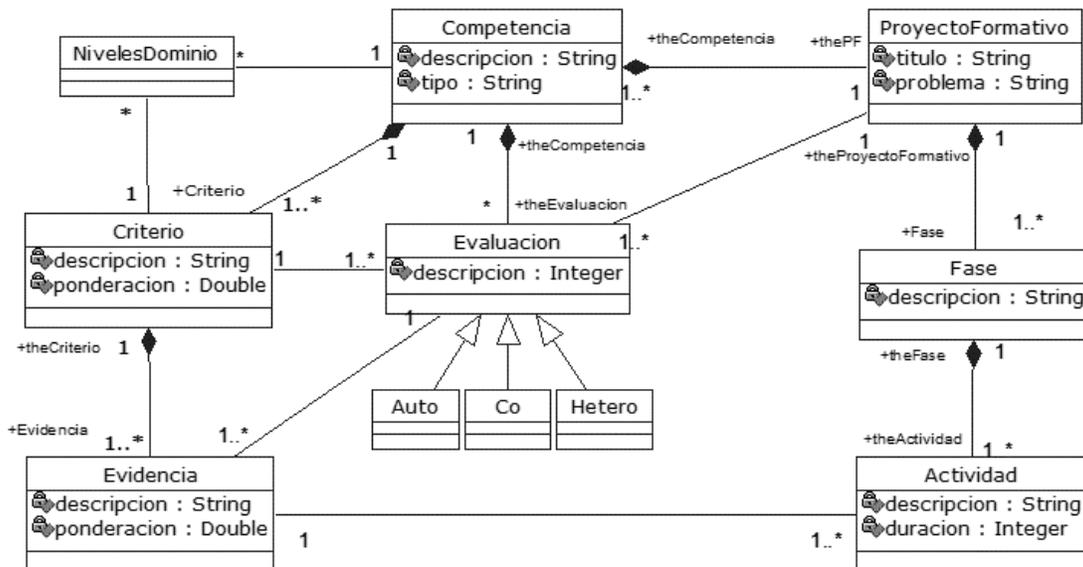


Figura 17. Modelo de dominio del sistema

En la figura 17, se definió el modelo de dominio para el contexto de la formación por competencias. Un proyecto formativo se compone de: fases, actividades de aprendizaje, sistema de evaluación y

las competencias a formar en los estudiantes. La evaluación tiene una relación de generalización con los tipos de evaluación (autoevaluación, Heteroevaluación y coevaluación). La competencia contiene la descripción de los desempeños que deben desarrollar los estudiantes con la realización del proyecto formativo. La evidencia es la descripción del producto que se evaluará de acuerdo a unos determinados criterios que orientan los objetivos de aprendizaje. El nivel de dominio contiene la descripción del logro de aprendizaje basado en los niveles de dominio. En la actividad se describe la acción de aprendizaje concreta a realizar en las diferentes fases del proyecto formativo.

5.1.1 Validación del modelo

La validación del modelo permitió determinar si el diseño del modelo de dominio responde a la abstracción del dominio objeto de estudio. En este contexto, se diseñaron dos modelos (proyectos formativos y evaluación) que describen los elementos más relevantes para la formación y evaluación de competencias. Inicialmente se modeló el contexto para la formación y evaluación de competencias y posteriormente se adicionó el componente adaptativo. Para validar el modelo, se consideró un subconjunto de los elementos del modelo de dominio, pues en ellos se fundamentan los aspectos estructurales de los proyectos formativos.

Existen marcos de trabajo que dan soporte a las actividades de modelado con diversas tecnologías, dentro de esto se encuentran el Eclipse Modeling Framework (EMF) y el Graphical Modeling Framework (GMF). Los cuales son marcos de modelado y de generación de código, para construcción de aplicaciones basadas en un modelo de datos estructurado (Eclipse, 2013), estas herramientas garantizan la interoperabilidad entre diferentes tipos de plataformas tecnológicas. Mediante la creación de un proyecto EMF, se importaron todas las propiedades del modelo de la figura 18 y se transformó a un lenguaje de definición de modelos denominado ecore, que valida su estructura semántica. El entorno de eclipse despliega el modelo ecore, mediante una estructura jerárquica con clases, atributos y sus relaciones.

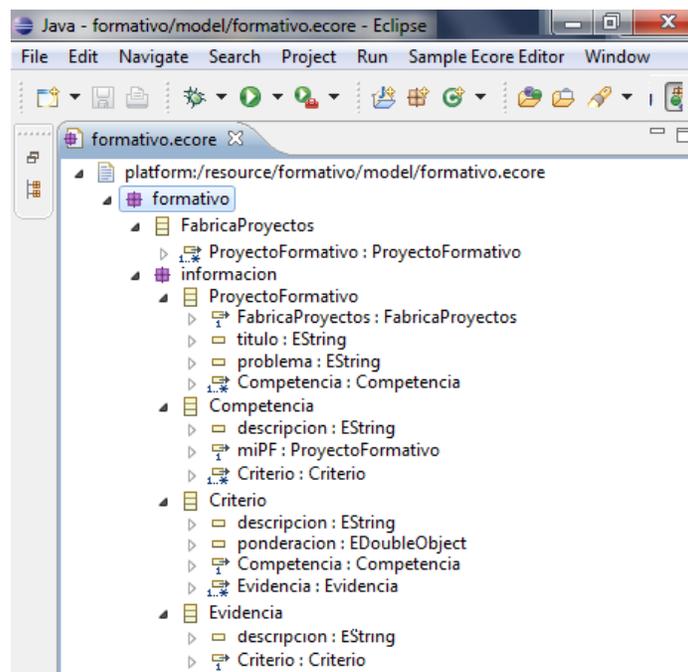


Figura 18. Modelo ecore

Partiendo del modelo ecore y usando el editor de GMF, es posible generar diversas producciones o instancias del modelo. En esta producción se evidencia la composición del proyecto formativo mediante una estructura jerárquica, a partir del cual es posible expresar el correspondiente eXtensible Markup Language (XML) por sus siglas en inglés, del modelo ecore. En la tabla 23, se muestra el XML de la producción del modelo.

Tabla 23. Estructura XML del proyecto formativo

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<formativo:FabricaCompetencias xmi:version="2.0">
  <ProyectoFormativo>
    <Competencia>
      <Criterio>
        <Evaluacion/>
        <NivelesDominio/>
        <Evidencia/>
      </Criterio>
    </Competencia>
  </ProyectoFormativo>
</formativo:FabricaCompetencias>
```

5.2 Arquitectura de extensión para el LMS - MOODLE

En esta sección se abordan las limitaciones identificadas en el marco referencial respecto a la formación y evaluación de competencias en un LMS, en particular la ausencia de un soporte tecnológico que permitan al profesor el diseño y ejecución de un curso virtual por competencias.

Los LMS (Learning Management System) son los ambientes que más se utilizan en procesos de formación virtual. Estos sistemas permiten la gestión de contenidos para el aprendizaje, poseen mecanismos de comunicación entre profesor y estudiante, y dan soporte a la evaluación de los estudiantes. Diversas investigaciones reportan problemas con relación a la adaptación en los LMS (Despotović-zrakić et al., 2012) (Brusilovsky, 2004) (Graf & Kinshuk, 2009), en donde se destaca que generalmente no se ofrecen servicios personalizados y a los estudiantes se les da acceso al mismo conjunto de recursos educativos, ignorando diferencias individuales de los alumnos tales como: nivel de competencias, intereses, necesidades, características y motivaciones (Cardona et al., 2013). El LMS Moodle es a nivel mundial una de las plataformas que más se utiliza dentro de las instituciones académicas para la gestión de cursos virtuales (Cardona et al., 2013). Sin embargo, en Moodle es poco el abordaje para la formación por competencias, los procesos de aprendizaje siguen siendo orientados a contenidos y temas.

Se definió una arquitectura de referencia a partir de la cual se guio la implementación y se han desarrollado una serie de componentes de software que se integran a un nuevo bloque en Moodle. Todos estos componentes se desarrollaron utilizando la plataforma WAMP (Windows, Apache 5.6.3, MySQL 5.6.21 and PHP 5.6.3). La versión de Moodle utilizada fue la 2.8.3.

En la arquitectura se evidencia la extensión de un bloque a nivel de lógica de negocio y la extensión a nivel de la estructura de la base de datos. El bloque de lógica de negocio se comunica mediante un controlador AJAX a la base de datos de Moodle. AJAX es una forma de desarrollo web para crear aplicaciones interactivas, mantiene comunicación asíncrona con el servidor en un segundo plano. La extensión a nivel de los datos permite el almacenamiento de colecciones de proyectos formativos, competencias y evidencias, las cuales se asocian a un curso específico de

Moodle. En la figura 19, se presenta la extensión de la arquitectura de Moodle para el diseño y ejecución de un curso por competencias.

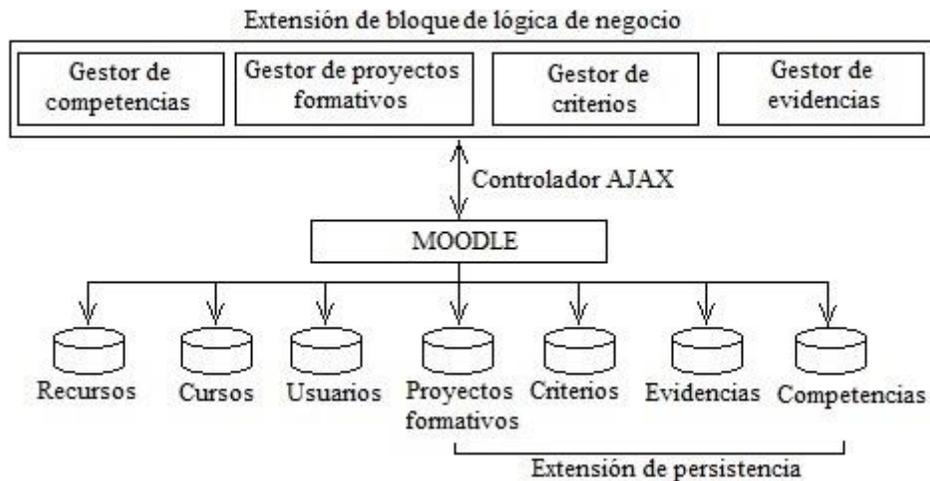


Figura 19. Arquitectura de extensión para MOODLE

En el bloque de lógica de negocio se tienen definidos cuatro componentes independientes que permiten la administración de: competencias, proyectos formativos, criterios y evidencias, los cuales tienen las siguientes características:

- Los gestores de competencias y criterios permiten la administración de las competencias y criterios, a nivel de un programa académico o proyecto formativo.
- El gestor de proyectos formativos soporta la estructura formal de un proyecto formativo, la cual permite la definición del problema a resolver, las competencias y las actividades de aprendizaje a realizar.
- El gestor de evidencias permite la definición de los entregables o productos esperados del proyecto formativo, así mismo, la especificación de la evaluación mediante rúbricas.

A nivel del bloque de lógica de negocio, se definieron cuatro roles de usuario: administrador, gestor, profesor y estudiante. El administrador es el encargado de la creación de cursos, usuarios y en general del soporte técnico de la plataforma. El usuario gestor puede administrar competencias y criterios, para asociarlas a un programa o curso. El profesor puede crear un proyecto formativo, asociar competencias y criterios de evaluación, así mismo puede agregar recursos, actividades y evidencias. El estudiante puede ver y realizar las actividades, evidencias y recursos creados por los profesores en la configuración de cada proyecto formativo.

5.3 Arquitectura de extensión para MOODLE y el sistema adaptativo

En esta sección se presenta la arquitectura que orientó los procesos de diseño e implementación de un curso virtual por competencias con propiedades de adaptación, las cuales se fundamentan en características de estilos de aprendizaje y perfil académico.

En la arquitectura de la figura 20, se evidencia la extensión de un bloque a nivel de lógica de negocio (componentes de gestión) y la extensión a nivel de la estructura de la base de datos (persistencia). El bloque de lógica de negocio se comunica mediante un controlador AJAX a la base de datos de Moodle. Para la extensión a nivel de los datos se usó un servidor PHP el cual permite el almacenamiento de todos los datos que se generan.

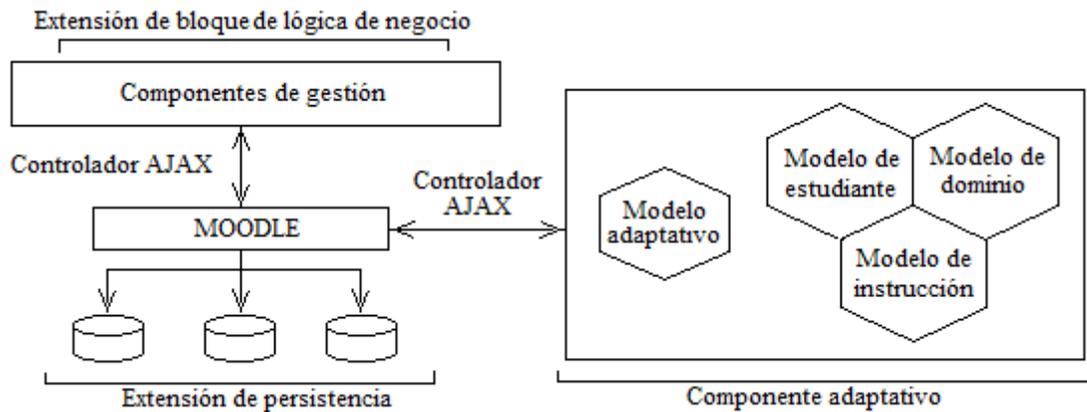


Figura 20. Arquitectura de extensión para MOODLE y sistema adaptativo

La arquitectura del componente adaptativo, se fundamentó en la arquitectura de referencia de (De Bra et al., 2003), en la cual se plantean cuatro modelos: modelo de estudiante, modelo de dominio, modelo de instrucción y modelo de adaptación. Los cuales son definidos en (Vélez, 2009):

- El modelo de estudiante contiene la información que representa el estado del estudiante a partir de la cual se establece la instrucción adecuada a sus necesidades de aprendizaje.
- El modelo de dominio contiene todos los elementos cognitivos que son expresados en competencias. El modelo de dominio es obtenido por medio de expertos en determinada área del conocimiento.
- El modelo de adaptación está compuesto por reglas que definen cómo se combinan el modelo del dominio y el modelo del estudiante para proveer de adaptación al sistema.
- El modelo de instrucción corresponde al modelo pedagógico, el cual contiene las secuencias didácticas de apoyo al proceso de aprendizaje del estudiante.

5.3.1 Representación del modelo dominio

La representación del modelo de dominio se fundamenta en el perfil de egreso de un dominio de conocimiento específico (curso, asignatura), el cual está guiado por un conjunto de competencias. Este conjunto determina un perfil de experto, el cual se expresa mediante una red jerárquica de nodos que incluye: perfil de egreso, competencias, criterios y evidencias, con sus respectivas relaciones. En la figura 21, se hace una representación del modelo de dominio.

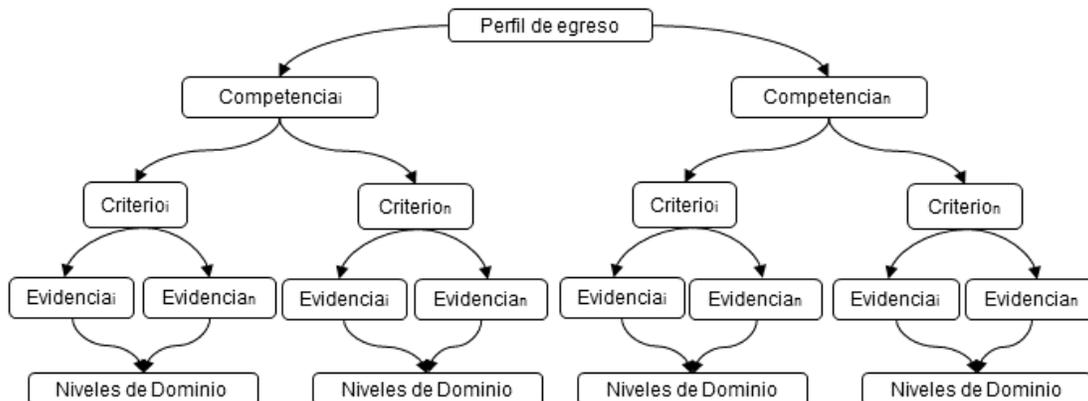


Figura 21. Representación del modelo de dominio

Para (Badaracco, 2013) este modelo es la representación explícita por parte del experto del conocimiento existente sobre el dominio. La investigación reportada en (Badaracco, 2013), ha sido tomada como punto de referencia para la representación del modelo de dominio de la presente tesis.

5.3.2 Representación del modelo de instrucción o pedagógico

El modelo de instrucción corresponde al modelo pedagógico, el cual contiene las secuencias didácticas de apoyo al proceso de aprendizaje del estudiante. El diseño instruccional del curso se basó en la metodología de proyectos formativos (Tobón, 2013a), mediante la cual se establecieron los lineamientos del proceso de evaluación de los estudiantes y a partir del cual se adaptaron recursos y actividades de aprendizaje.

Un proyecto formativo es un conjunto articulado de actividades que se van desplegando en el tiempo para resolver un problema contextualizado y contribuir a formar competencias en los estudiantes, con base en criterios y evidencias. La organización de las actividades de aprendizaje en un proyecto formativo se realiza mediante las fases de: direccionamiento, planeación, ejecución y socialización (Tobón, 2010). En la figura 22, se hace una representación del modelo de instrucción o pedagógico.

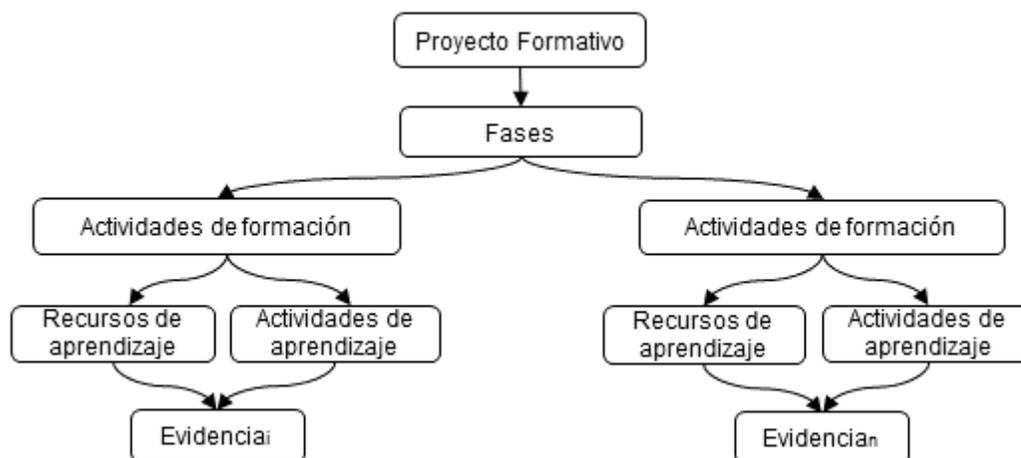


Figura 22. Representación del modelo de instrucción

La evaluación en los proyectos formativos se basa en niveles de dominio. Los niveles de dominio orientan al profesor y estudiantes en torno a la valoración de las competencias, desde lo más sencillo a lo más complejo, unificando los criterios de evaluación. Los niveles de dominio para valorar los proyectos formativos se describieron en la sección 2.1.3.

5.3.3 Representación del modelo de adaptación

El modelo de adaptación está compuesto por reglas que definen cómo se combinan el modelo del dominio y el modelo del estudiante para proveer de adaptación al sistema. El modelo de adaptación considera el perfil del estudiante, el cual se actualiza de forma dinámica teniendo en cuenta las características definidas en el modelo de estudiante.

La adaptación proporciona recursos y actividades de aprendizaje. El recurso de aprendizaje es un medio que facilita y contribuye a la formación del estudiante; el cual tiene representación a nivel de formato de contenido y formato de presentación. La actividad de aprendizaje corresponde a la acción concreta a realizar en determinada fase del proyecto formativo y de acuerdo a los niveles de

dominio: receptivo, resolutivo, autónomo y estratégico. En la figura 23, se presenta el esquema del curso con la clasificación de los recursos y las actividades de aprendizaje.

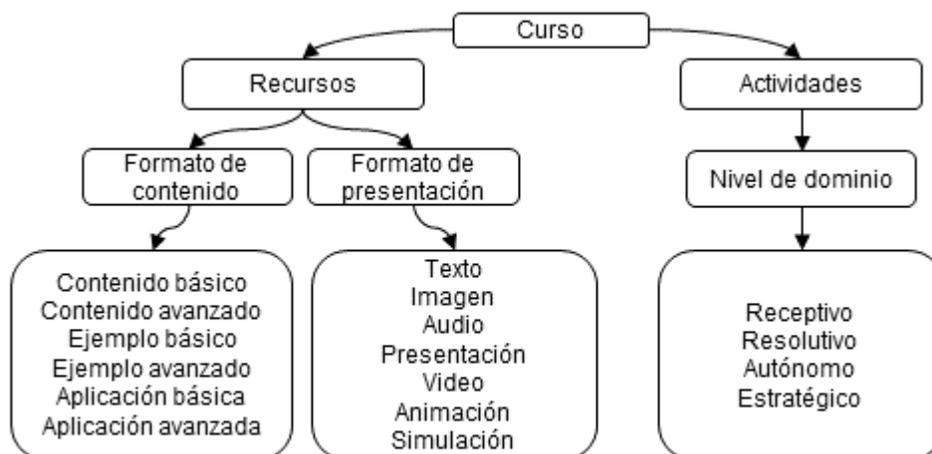


Figura 23. Clasificación de recursos y actividades de aprendizaje

Se especificó un sistema de reglas para realizar la adaptación de recursos y actividades, considerando las características: estilo de aprendizaje y nivel de competencia del estudiante. El nivel de competencia define el contenido del recurso y el grado de reto de la actividad. El estilo de aprendizaje detalla el formato de presentación del recurso que será presentado al estudiante. En la tabla 24, se presenta las reglas de decisión para realizar la adaptación.

El sistema, con base en un conjunto de reglas define la relación entre el modelo de Felder-Silverman y el nivel de competencia. Con base en ello se establecen las actividades y los recursos. Se cruzaron los niveles de competencia y los estilos de aprendizaje, y a partir de ello, se definieron las reglas. El análisis entre el nivel de competencia y lo que se espera que el estudiante demuestre, contra el modelo de Felder-Silverman, es lo que define los tipos de contenido que se asocian de acuerdo a estilo de aprendizaje.

Tabla 24. Reglas de adaptación

Nivel	Estilo	Recursos	Actividades
Receptivo	Intuitivo Sensitivo	Concepto básico Ejemplo básico	Receptivo
Resolutivo	Intuitivo Sensitivo	Concepto básico Ejemplo avanzado	Resolutivo
Autónomo	Intuitivo Sensitivo	Concepto avanzado Aplicación básica	Autónomo
Estratégico	Intuitivo Sensitivo	Aplicación avanzada	Estratégico

La integración del modelo de adaptación, con los demás modelos del sistema adaptativo se presenta en la figura 24. El módulo de adaptación contiene las reglas para realizar la adaptación de los recursos y las actividades de aprendizaje. Estas reglas son alimentadas por el modelo de estudiante el cual inicializa y actualiza las variables estilos de aprendizaje y nivel de competencia del estudiante. El modelo de dominio, proporciona el nivel de logro de competencia que el estudiante obtiene en el proceso de instrucción.

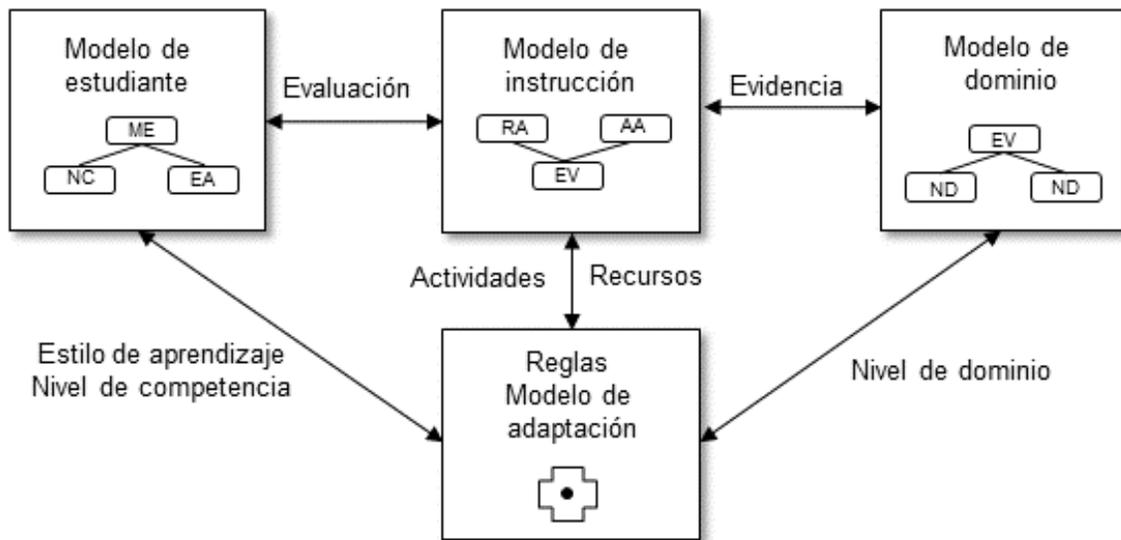


Figura 24. Clasificación de recursos y actividades de aprendizaje

5.3.4 Representación del modelo de estudiante

La propuesta de modelo del estudiante se presenta en detalle en el capítulo 3. El modelo del estudiante se representa mediante una instancia en la figura 25. El modelo de datos que soporta la información del estudiante se presenta en el anexo D.

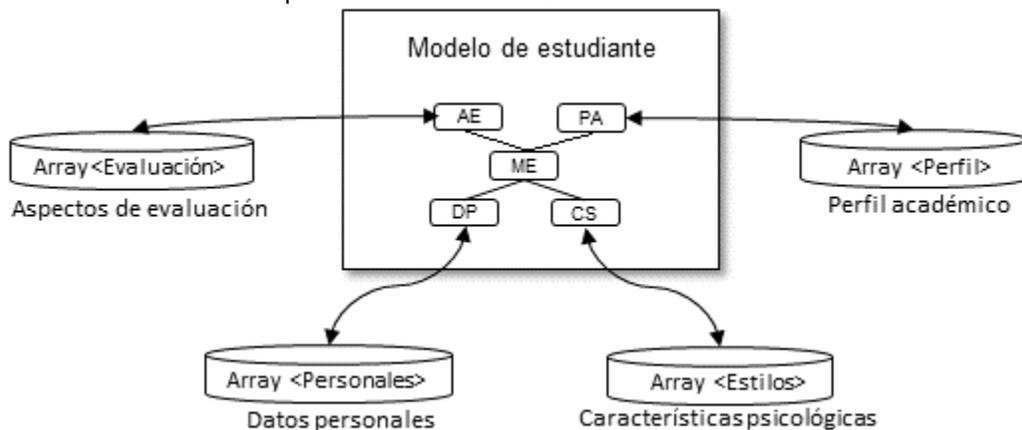


Figura 25. Representación del modelo de estudiante

El modelo de estudiante a nivel de persistencia de datos, se representa mediante una colección de objetos que son almacenados de acuerdo a la naturaleza de los datos.

5.4 Componentes de software

En esta sección se detallan los principales componentes de software desarrollados, a nivel de presentación. En la figura 26, se muestra la ventana principal de un curso en línea desde el rol del profesor. La implementación del bloque se evidencia en la parte derecha, con los diferentes gestores. Así mismo, se presentan las diferentes fases en que ha sido estructurado el curso.



Figura 26. Ventana principal curso adaptativo

Para configurar un proyecto formativo se proporcionaron los formularios que permiten ingresar la información del proyecto, los cuales se presentan en la figura 27.

Actualizar Proyecto Formativo:		Aplicación Servicio Militar	
▼ Información del proyecto formativo			
Nombre del proyecto:	Aplicación Servicio Militar		
Descripción del problema:	De acuerdo con el artículo 216 de la Constitución Política de 1991, la prestación del servicio militar en Colombia es una obligación en cabeza de todos los hombres mayores de edad (Defensoría del Pueblo, 2014). El Congreso de la República de Colombia a través de la ley 48 de 1993, establece la normatividad relacionada con la definición de la situación militar de los Colombianos. Las autoridades del servicio de reclutamiento y movilización, tienen como una de sus funciones, el definir la situación militar de cada ciudadano varón. Los encargados de definir la situación militar, deben considerar las exenciones establecidas en el Título III (Exenciones y aplazamientos). Las exenciones están asociadas a aspectos de raza, religión, condición física, familiares, entre otros.		
Universidad:	EAM	Ciudad:	Armenia
Versión del proyecto:	1.0	Porcentaje asignado al proyecto:	100
Fecha de inicio:	2018-03-16 17:00:00	Fecha final:	2018-07-15 17:00:00
Nivel educativo:	Técnico	Tiempo del proyecto:	121 Dias
▶ Información del docente asociado al proyecto formativo: Aplicación Servicio Militar			
▶ Niveles de porcentaje asignado al proyecto formativo: Aplicación Servicio Militar			

Figura 27. Ventana configuración proyecto formativo

Otro componente desarrollado es la evaluación de la evidencia mediante criterios. En la figura 28, se presenta el componente que describe el criterio y permite una valoración cuantitativa del mismo. En la parte inferior el profesor puede ingresar las observaciones y los aspectos a mejorar en la evidencia. Finalmente, el componente presenta la nota definitiva de la evidencia y el nivel de dominio alcanzado. El resto de componentes de software se presentan en el anexo D.

Evaluar criterios			
Criterio	Descripción	Evaluación	Nivel
Calidad y completitud de la información.	Presenta claridad y completitud en la información presentada.	5	Estratégico
Calidad en la información	Elabora presentaciones con información de calidad para comunicar claramente los principales o resultados obtenidos en relación al tema o proyecto desarrollado.	4.5	Autónomo
Soluciona problemas en un contexto específico.	Soluciona problemas de su contexto implementando las herramientas establecidas.	4.5	Autónomo

Observaciones - Aspectos por mejorar			
Observaciones	Aspectos por mejorar		
La elaboración del diagrama de flujo se presenta de forma jerárquica. La notación empleada es adecuada y los símbolos son utilizados correctamente. Se utilizó una herramienta informática para presentar el diagrama. Se presentan 2 errores de ortografía en el diagrama. El estudiante demuestra comprensión total de los procesos para resolver el problema del contexto. Presenta algunos errores relacionados con el uso de las expresiones.	Se debe mejorar el uso de expresiones dentro del diagrama de flujo. Se recomienda simplificar algunas actividades de decisión para determinar cuando la persona debe prestar servicio militar.		
Nota Final			
	Nota:	4.6	Nivel: Estratégico

Figura 28. Ventana para la evaluación de evidencias

5.5 Conclusiones del capítulo

El modelo de dominio del sistema, responde a los lineamientos metodológicos para el desarrollo y evaluación de competencias, que propone el enfoque socioformativo. La validación de los modelos se realizó mediante los marcos de trabajo EMF y GMF, los cuales están soportados por herramientas tecnológicas generadoras de código que garantizan la correctitud semántica y sintáctica; así mismo, esta validación permite afirmar que el modelo responde a la abstracción del dominio, y la cual se refleja en diferentes cursos virtuales, en los cuales las fases, actividades, los proyectos formativos y la evaluación de competencias están definidos. La validación del modelo no incluyó la parte adaptativa.

La arquitectura de extensión para MOODLE y el sistema adaptativo, soporta los módulos de lógica de negocio y de persistencia, los cuales integrados, permiten la estructuración de cursos por competencias en línea. Uno de los aspectos más relevantes de la arquitectura es que permite la implementación de una metodología de formación y evaluación, genérica y para cualquier dominio de conocimiento. El bloque de Moodle para soportar la metodología de proyectos formativos, se presenta como un aporte a la comunidad académica, pues no se contaba con funcionalidades que permitieran el diseño y ejecución de cursos virtuales en Moodle, bajo los principios de un enfoque explícito por competencias

La arquitectura de extensión para Moodle y el sistema adaptativo, permite el diseño e implementación de un curso en línea con características de personalización. Para ello se propuso una arquitectura con cuatro modelos: modelo de estudiante, modelo de dominio, modelo de instrucción y modelo de adaptación. Cada uno de los cuales se presenta de acuerdo a los lineamientos metodológicos y pedagógicos, para la formación y evaluación de competencias.

Capítulo 6

Implementación de una metodología de evaluación en un sistema de aprendizaje virtual adaptativo

6. Estudio empírico

El estudio empírico tiene como propósito presentar dos investigaciones: la primera de carácter exploratorio y la segunda de carácter confirmatorio. Los objetivos de este estudio empírico fueron:

1. Conocer la opinión de los estudiantes con respecto a la implementación de una metodología de evaluación de competencias soportada en un ambiente de aprendizaje virtual adaptativo.
2. Analizar los resultados de un proceso de evaluación de competencias soportado en un ambiente de aprendizaje virtual adaptativo.
3. Analizar la posible incidencia que puede tener la implementación de una metodología de evaluación en el rendimiento académico de los estudiantes.

6.1 Diseño del estudio exploratorio

Se utilizó una metodología de investigación de corte cuasi-experimental, con alcance descriptivo, correlacional e inferencial. El método de investigación es el basado en encuesta, a través del cual se recopiló información de los estudiantes que participaron en la investigación. El análisis descriptivo permitió comprender y sintetizar la estructura de la información, a partir de la cual se detectaron propiedades de opinión general de los estudiantes. El alcance correlacional, permitió analizar las relaciones existentes entre las variables objeto de investigación. El análisis inferencial se utilizó para las generalizaciones de los resultados obtenidos.

Para validar la hipótesis se definieron las variables independientes, dependientes e intervinientes, en torno a las cuales se recolectó información mediante diferentes instrumentos. Se describen las actividades del diseño de investigación, las cuales tienen como referencia a (Olmos, 2008).

- Definición y operacionalización de las variables.
- Diseño del instrumento de recolección de información
- Selección de la muestra
- Aplicación del instrumento
- Análisis estadístico de resultados

La investigación cuasi-experimental estuvo soportada en un diseño intergrupos con grupo control y experimental, con medida pretest – posttest. El diseño intergrupos, corresponde a la tipología de (Campbell & Stanley, 1966).

6.1.1 Hipótesis

La prueba de hipótesis permitió la generalización de los resultados de la presente investigación. Las hipótesis que se plantearon para el estudio fueron:

- H_0 : “Los estudiantes que reciben actividades de aprendizaje personalizadas en un ambiente de aprendizaje virtual adaptativo, mostrarán un mayor rendimiento académico que aquellos que no reciben actividades de aprendizaje personalizadas”.

6.1.2 Variables de investigación

Los tipos de variables consideradas fueron: independientes, dependientes e intervinientes. Las variables dependientes son las que determinan el objeto de estudio, se definen como aquellas características en los sujetos que se verán modificadas por efecto de la variable independiente (Barbosa, 2010). Las variables independientes son aquellas que son manipuladas por el investigador y producen un efecto sobre las variables dependientes. Las variables extrañas o intervinientes deben ser controladas para evitar su posible incidencia sobre las variables dependientes. Las variables dependientes fueron: (1) rendimiento académico, que corresponde al logro del nivel de competencia, el cual se obtuvo a partir de los resultados de un proceso de evaluación, y (2) opinión del estudiante, con respecto a la metodología de evaluación de competencias.

La variable independiente fue la estrategia de personalización del proceso de aprendizaje, en la cual se contempló: un grupo con estrategia de aprendizaje personalizado (p_1) y un grupo sin estrategia de aprendizaje personalizado (p_2). Se definieron dos variables intervinientes: (1) estilo de aprendizaje de los estudiantes, medido a través de un test, el cual permitió comprobar si los grupos presentan distribución uniforme entre los diferentes estilos de aprendizaje, y (2) nivel de competencia inicial, medido a través de una prueba de conocimientos, la cual permitió identificar la homogeneidad de los grupos control y experimental, con relación al nivel de competencia de entrada de los estudiantes. Se presenta en la tabla 25, el diseño metodológico empleado.

Tabla 25. Diseño metodológico de investigación

Grupo de Sujetos	Asignación de sujetos	Variables Dependientes	Intervención (Variable Independiente)	Variables Dependientes
G ₁ (Experimental)	Aleatoria	O ₁	p_1	O ₂
G ₂ (Control)	Aleatoria	O ₁	p_2	O ₂

Con base en las variables de investigación, se realiza la operacionalización, basada en (Olmos, 2008). En la tabla 26, se muestran las variables independientes y dependientes con un indicador de medida, los indicadores/valores permiten la medición de las variables. La operacionalización de la variable independiente consistió en trasladar el concepto teórico a un estímulo experimental.

Tabla 26. Variables de investigación con indicador de medida

Variable Dependiente	Operacionalización
Rendimiento Académico	Resultado ítems de cuestionario de nivel de competencia final. Proceso de evaluación.
Satisfacción del estudiante	Resultados ítems del cuestionario de satisfacción.
Variable Independiente	Operacionalización
Estrategia de personalización basada en competencias	- Grupo con personalización (p_1) - Grupo sin personalización (p_2) Se aplicó una metodología de personalización basada en los resultados de la evaluación.
Variable Interviniente	Operacionalización
Estilos de aprendizaje	Estilo de aprendizaje de acuerdo al test de Felder. Nominal – ordinal (sensitivo, intuitivo, visual o verbal).
Nivel de competencia inicial	Nivel de competencia logrado en la prueba inicial.

Se definieron otras variables independientes para ampliar, a nivel inferencial, el alcance de los resultados. Estas variables están asociadas a aspectos de perfil sociodemográfico y académico.

6.1.3 Muestra

Para la conformación del grupo control y el experimental se consideró el 50% de la población para el grupo experimental y 50% para el grupo control. La selección de los sujetos se realizó por medio de un muestreo aleatorio simple, en el cual cada miembro de la población tuvo igual probabilidad de ser seleccionado como sujeto y de forma independiente de los otros miembros de la población. Se realizó una selección aleatoria para cada grupo, mediante una función programada en Excel. Los números generados de forma aleatoria se usaron para seleccionar a los estudiantes de acuerdo al número de lista en que aparece cada estudiante. Se consideró, como criterio de selección de los estudiantes, que no fuera repitente del curso, caso en el cual fue ubicado en el grupo control. La investigación se realizó en la institución Escuela de Administración y Mercadotecnia (EAM) de Armenia - Colombia, en el programa profesional de Ingeniería de Software, en un curso de fundamentos de programación.

Como parámetros en la selección de la muestra, se estableció que el nivel de confianza es del 95%. El error máximo aceptado fue del 3%. La proporción p es del 0.5 y q es de 0.5. El tamaño de muestra establecido fue de 21 estudiantes para el grupo experimental y 22 para el grupo control.

6.1.4 Instrumentos

Para el estudio de las variables de investigación se usaron los siguientes instrumentos para la recolección de la información:

- Prueba de competencia inicial y final: cuestionario para determinar el nivel de competencia inicial y final de los estudiantes. El resultado es un valor ordinal de acuerdo a los niveles de competencia. Este resultado del nivel de competencia, también tiene asociado un valor de tipo numérico.
- Cuestionario para conocer la opinión de los estudiantes con relación a la implementación de una estrategia de evaluación basada en la personalización de recursos y actividades de aprendizaje. Se utilizan ítems de preguntas de carácter cuantitativo. Se solicitó información personal y demográfica (edad, género, estrato socioeconómico, estado civil, situación laboral, número de personas a cargo, promedio), con la cual se caracteriza la población
- Test de estilos de aprendizaje basado en el test de Felder-Silverman. El resultado está basado en una sumatoria de ítems de acuerdo a los estilos de aprendizaje. Se aplicó el test a cada estudiante para identificar el estilo de aprendizaje.
- Rubricas de evaluación: Instrumentos a partir de los cuales se establece el rendimiento académico de los estudiantes, con base en evidencias.

Adicional a los instrumentos descritos, también se recopiló la información proveniente del Log de registro de actividades de evaluación y de interacción en la plataforma Moodle, en el cual se almacenaron los resultados de los estudiantes que están registrados en la plataforma.

6.1.5 Propiedades de los instrumentos

Para los instrumentos de recogida de información se establecieron las propiedades psicométricas de validez y fiabilidad. Con relación a la validez se estableció a nivel de contenido, criterio y constructo. El detalle de las propiedades de los instrumentos se presenta en el anexo E.

- **Cuestionario de implementación de una estrategia pedagógica basada en personalización**

En esta sección se presentan las propiedades del cuestionario que fue usado para recolectar la opinión de los estudiantes. Las propiedades del instrumento se presentan en detalle en el anexo E. El diseño del cuestionario se basó en indicadores, cada uno de los cuales se compone de una agrupación de ítems. Los indicadores del instrumento fueron:

- Cumplimiento de los elementos de la metodología de proyectos formativos.
- Comprensión y participación en las actividades del proceso de evaluación.
- Contribución de las actividades del proceso de evaluación a la formación.
- Utilidad de los recursos y las actividades de aprendizaje, ofrecidas en la plataforma Moodle.
- Opinión sobre el diseño del curso en la Plataforma Moodle
- Opinión del estudiante sobre el proceso de aprendizaje.

Para la validez de constructo, se realizó un análisis factorial con la información de la muestra de estudiantes. Para el análisis factorial se realizaron los siguientes pasos (Olmos, 2008): (1) verificar los supuestos estadísticos que requiere el análisis factorial, (2) analizar los factores extraídos producto de la rotación de componentes y (3) analizar las propiedades de cada uno de los factores.

Los supuestos estadísticos basados en la secuencia de (Olmos, 2008), indicaron que las correlaciones entre las variables independientes son altas. La prueba de esfericidad Bartlett mostró que el nivel de significación de $p\text{-valor}=0.000$, permite afirmar que se existen relaciones significativas entre ítems del instrumento. El índice de adecuación muestral KMO, mostró un valor KM de 0.692, a partir de lo cual se puede aplicar el análisis factorial. La diagonal principal de la matriz de correlaciones, tiene coeficientes cercanos a 1.0, a excepción de las variables (p14=0.351 y p26=0.385) y los coeficientes fuera de esa diagonal son bajos. Los resultados obtenidos permiten afirmar que los supuestos estadísticos se cumplen para la extracción de los factores.

El método de extracción de los componentes se realizó mediante el análisis de componentes principales. El método de extracción generó 10 factores. Se utilizaron los primeros cinco factores que explican el 63.2% de la variabilidad total. La matriz de componentes rotados de la tabla 27, permitió validar que la agrupación de los ítems está acorde con los constructos teóricos de la investigación.

Tabla 27. Matriz de componentes rotados estudio exploratorio

Var	Componente				
	1	2	3	4	5
p16	.839				
p13	.823				
p14	.762				
p15	.621				.381
p1		.832			
p3		.798			
p2		.765			
p10		.687			
p31	.358	.418			
p25			.830		
p28	.326		.814		
p27			.784		
p26			.706		
p29			.686		

p23			.858	
p22			.835	
p21			.813	
p24			.647	.325
p20		.412	.500	
p32	.355			.770
p34				.695
p35				.658
p30	.363			.472

- El factor 1 está constituido por variables asociadas al proceso de evaluación, este factor contiene los ítems (p16, p13, p14 y p15).
- El factor 2 asoció los ítems (p1, p3, p2, p10, p31), los cuales están relacionados con la metodología de proyectos formativos.
- El factor 3 asoció los ítems (p25, p28, p27, p26, p29), los cuales están relacionados con el diseño de la plataforma Moodle.
- El factor 4 asoció los ítems (p23, p22, p21, p24, p20), los cuales están relacionados con la utilidad de los recursos y las actividades de aprendizaje, ofrecidas en Moodle.
- El factor 5 asoció los ítems (p32, p34, p35, p30), los cuales se asocian con la opinión del estudiante sobre el proceso de aprendizaje y el rendimiento académico.

- **Cuestionario para prueba de competencia inicial y final**

El cuestionario para aplicar la prueba de competencia inicial se constituyó de 12 ítems. Los ítems estaban asociados a indicadores que se relacionan con conceptos de programación de computadores. Cada indicador está asociado a los niveles de competencia: receptivo, resolutivo, autónomo y estratégico. En la tabla 28, se presenta la relación entre el ítem, el indicador y el nivel de competencia asociado.

Tabla 28. Estructura del cuestionario para la prueba de competencia

Ítem	Indicador	Nivel
1 2 3	(A). Comprende los elementos básicos de la programación orientada a objetos.	Receptivo
4 5 6	(B). Resuelve problemas de nivel medio mediante la comprensión de conceptos de programación esenciales.	Resolutivo
7 8 9	(C). Aplica adecuadamente los conceptos de estructuras condicionales para la solución de problemas.	Autónomo
10 11 12	(D) Aplica las estructuras repetitivas y los contenedores de tamaño fijo para la resolución de problemas de una forma pertinente.	Estratégico

- **Test de estilos de aprendizaje**

La validez de contenido se refiere a la representatividad de lo que se desea medir, es decir, hasta dónde los ítems o reactivos del instrumento son representativos del contenido de la característica o rasgo que se quiere medir (Corral, 2009). Son diversas las investigaciones fundamentadas en el modelo de estilo de aprendizaje de Felder y Silverman (Felder & Silverman, 1988). Con base en los estudios realizados (Ocampo, Guzmán, Camarena, & de Luna, 2014), se asume la validez de contenido, ya que es un instrumento estandarizado a nivel mundial.

6.2 Resultados estudio exploratorio

6.2.1 Características de la muestra

La muestra se constituyó de 43 estudiantes, el 76.7% hombres y el 23.3% mujeres. Con relación al estrato socioeconómico, el 9.1% pertenecen al estrato muy bajo, el 36.35% al estrato bajo, el 36.35% al estrato medio, el 9.1% al estrato alto y el 9.1% al estrato muy alto. La edad promedio de los estudiantes es 17.9 años. En cuanto a los estilos de aprendizaje el 44.2% pertenecen al Visual-Sensitivo, un 37.2% al Visual-Intuitivo, el 9.3% al Verbal-sensitivo. Un 9.3% no resolvió la prueba de estilos de aprendizaje. Con relación a la experiencia en programación de computadores, el 48.8% tiene experiencia previa y el 51.2% no ha tenido estudios previos en programación.

La distribución por género del grupo experimental se constituyó de un 77.3% de hombres y 22.7% de mujeres. La distribución por género del grupo control fue 76.2% hombres y 23.8% mujeres.

6.2.2 Resultados de opinión de los estudiantes del grupo experimental

En la tabla 29, se muestra la distribución de porcentajes de la primera parte del cuestionario (Anexo E). En el instrumento se consultó a los estudiantes sobre el cumplimiento de los elementos de la metodología de proyectos formativos.

El 86.4% de los estudiantes respondió que la metodología de proyectos formativos permite comprender (p1) y desarrollar (p2) las competencias esperadas en el curso. Con relación a la opinión de la pertinencia del problema del contexto (p3), el 86.4% de los estudiantes consideró que su nivel de reto está acorde con el nivel de su formación. El 77.3% de los estudiantes valoraron favorablemente su participación en la definición del problema del contexto (p4) y también afirman que realizaron todas las actividades correspondientes a las fases del proyecto formativo (p5). Respecto a la contribución de la metodología de proyectos formativos al trabajo colaborativo (p6) y a la interacción entre profesor y estudiantes (p7), mostró que un 90.9% de los estudiantes lo valoraron positivamente.

Tabla 29. Cumplimiento de los elementos de la metodología de proyectos formativos

Cumplimiento de los elementos de la metodología de proyectos formativos	%					desv	Media
	1	2	3	4	5		
1. Las competencias a desarrollar en el proyecto formativo son claras a partir de las evidencias definidas.	0.0	0.0	13.6	68.2	18.2	.575	4.04
2. La metodología de proyectos formativos contribuye al desarrollo de las competencias del curso.	0.0	0.0	13.6	68.2	18.2	.575	4.04
3. El proyecto formativo se enfoca en la solución de un problema del contexto y su nivel de reto está acorde con la formación de los estudiantes.	0.0	0.0	13.6	63.6	22.7	.610	4.09
4. Participo en la definición del problema del contexto y de las actividades para resolverlo durante el proyecto formativo.	0.0	0.0	22.7	59.1	18.2	.653	3.95
5. Realizo las actividades correspondientes a cada una de las fases de un proyecto formativo.	0.0	0.0	22.7	50.0	27.3	.722	4.04
6. La metodología de proyectos formativos propicia la interacción entre profesor y estudiantes.	0.0	0.0	9.1	81.8	9.1	.436	4.00
7. La metodología de proyectos formativos promueve el trabajo colaborativo y la autogestión.	0.0	0.0	9.1	50.0	40.9	.646	4.31

Con relación a la categoría comprensión y participación en las actividades del proceso de evaluación, en la tabla 30, se muestran los porcentajes de respuesta para cada ítem. El 95.4% de los estudiantes afirmó favorablemente que comprende las evidencias que debe presentar durante el desarrollo del proyecto formativo (p9). Con relación a la definición de los criterios definidos en las rúbricas, el 86.4% de los estudiantes, consideró que estos facilitan (p10) y orientan (p11) la elaboración de las evidencias definidas en el proyecto formativo. El 90.9% de los estudiantes participó en la definición de las evidencias y de los criterios de evaluación (p12). En cuanto al uso de la autoevaluación como mecanismo para la mejora de evidencias (p13), el 77.3% de los estudiantes respondieron favorablemente a esta pregunta. El 81.8% de los estudiantes afirmó realizar la coevaluación y la autoevaluación (p14).

Tabla 30. Comprensión y participación en las actividades del proceso de evaluación

Comprensión y participación en las actividades del proceso de evaluación.	%					desv	Media
	1	2	3	4	5		
8. Las evidencias permiten demostrar el desarrollo de las competencias del proyecto formativo.	0.0	0.0	18.2	40.9	40.9	.751	4.22
9. Comprendo las evidencias a presentar en las fases del proyecto formativo.	0.0	0.0	4.6	81.8	13.6	.426	4.09
10. Los criterios de las rúbricas facilitan la evaluación de las evidencias del proyecto.	0.0	0.0	13.6	68.2	18.2	.575	4.04
11. Los criterios definidos en las rúbricas orientan la elaboración de las evidencias del proyecto formativo.	0.0	0.0	13.6	59.1	27.3	.639	4.13
12. Participo en la definición de las evidencias y sus criterios de evaluación.	0.0	0.0	9.1	72.7	18.2	.526	4.09
13. Utilizo la autoevaluación para la mejora continua de mis evidencias.	0.0	0.0	22.7	59.1	18.2	.653	3.95
14. Realizo coevaluación y autoevaluación de las evidencias, con base en los criterios de evaluación definidos en la rúbrica.	0.0	0.0	18.2	59.1	22.7	.653	4.04

Los resultados estadísticos de la contribución de las actividades del proceso de evaluación a la formación se presentan en la tabla 31. Con relación a la contribución de la autoevaluación (p15), la coevaluación (p16) y la heteroevaluación (p17), se obtuvo que más del 81.0% de los estudiantes, valoraron favorablemente la contribución de estos tipos de evaluación al rendimiento académico. El 77.3% de los estudiantes consideran de forma significativa, que la retroalimentación promueve la reflexión sobre los logros y los aspectos por mejorar en la formación (p18). Finalmente, el 72.7% consideró que la metodología de evaluación contribuye al rendimiento académico (p19), sin embargo, es en donde se evidencia mayor variabilidad de respuesta de los estudiantes.

Tabla 31. Contribución del proceso de evaluación al rendimiento académico

Contribución del proceso de evaluación a la formación	%					desv	Media
	1	2	3	4	5		
15. La autoevaluación de evidencias contribuye al rendimiento académico.	0.0	0.0	18.2	54.5	27.3	.683	4.09
16. La coevaluación de evidencias contribuye al rendimiento académico.	0.0	0.0	22.7	54.5	22.7	.690	4.00
17. La heteroevaluación de evidencias contribuye al rendimiento académico.	0.0	0.0	22.7	63.6	13.6	.610	3.90
18. La retroalimentación promueve la reflexión sobre las competencias desarrolladas, los logros y los aspectos por mejorar.	0.0	0.0	22.7	36.4	40.9	.745	4.18
19. La metodología de evaluación de las evidencias contribuye a mejorar mi rendimiento académico.	0.0	0.0	27.3	40.9	31.8	.785	4.04

Los resultados sobre la utilidad de los recursos y las actividades de aprendizaje en la plataforma Moodle, se presentan en la tabla 32. Con relación a los recursos de aprendizaje ofrecidos en Moodle, un 63.6% consideró que estos son útiles para la solución del proyecto formativo (p20), el 86.4% opinó de forma favorable que los recursos ofrecidos en la plataforma están en coherencia con las actividades de aprendizaje propuestas en el proyecto formativo (p21) y un 63.3% valoró de forma positiva la consonancia de los recursos y sus necesidades de aprendizaje (p22). La opinión de los estudiantes frente a las actividades de aprendizaje en Moodle, mostraron que el 68.2% consideraron que están acorde con las necesidades de aprendizaje (p23) y un 72.7% opinaron favorablemente frente a la coherencia de las actividades de aprendizaje en relación a su nivel de competencia (p24).

Tabla 32. Utilidad de los recursos y actividades de aprendizaje en Moodle

Utilidad de los recursos y las actividades de aprendizaje en la plataforma Moodle.	%					desv	Media
	1	2	3	4	5		
20. Los recursos de aprendizaje ofrecidos en Moodle son útiles para la solución del proyecto formativo.	0.0	0.0	36.4	50.0	13.6	.685	3.77
21. Los recursos de aprendizaje ofrecidos en Moodle son coherentes con las actividades de aprendizaje del proyecto formativo.	0.0	0.0	13.6	72.7	13.6	.534	4.00
22. Los recursos de aprendizaje ofrecidos en Moodle están acorde con mis necesidades de aprendizaje.	0.0	0.0	36.4	45.5	18.2	.732	3.81
23. Las actividades de aprendizaje ofrecidas en Moodle están acorde con mis necesidades de aprendizaje.	0.0	0.0	31.8	54.5	13.6	.664	3.81
24. Las actividades de aprendizaje ofrecidas en Moodle son coherentes mi nivel de competencia.	0.0	0.0	27.3	45.5	27.3	.755	4.00

Los resultados de opinión de los estudiantes con relación al diseño del curso en la plataforma Moodle, se presentan en la tabla 33. La opinión de los estudiantes respecto al diseño gráfico del curso en Moodle, muestra que un 81.8% consideraron que este permite una navegación adecuada (p25), el 68.2% valoran favorablemente la estética del curso (p26) y se sienten a gusto con el diseño del curso en la plataforma (p27). Finalmente se identificó que un 63.6% de los estudiantes ven de manera favorable el diseño de los recursos y las actividades de aprendizaje (p29).

Tabla 33. Opinión sobre el diseño del curso en Moodle

Opinión sobre el diseño del curso en la Plataforma Moodle	%					desv	Media
	1	2	3	4	5		
25. El diseño gráfico del curso en Moodle permite una navegación adecuada.	0.0	0.0	18.2	63.6	18.2	.617	4.00
26. El diseño gráfico del curso en Moodle es estético.	0.0	0.0	31.8	54.5	13.6	.664	3.81
27. Me siento a gusto con el diseño del curso en la plataforma Moodle.	0.0	0.0	31.8	59.1	9.1	.611	3.77
28. La interfaz del curso facilita la comprensión de los elementos del proyecto formativo.	0.0	0.0	18.2	54.5	27.3	.683	4.09
29. El diseño de los recursos y las actividades es estéticamente agradable.	0.0	0.0	36.4	54.5	9.1	.631	3.72

En la tabla 34, se muestran los resultados de la opinión de los estudiantes frente al proceso de aprendizaje. Con relación a la metodología de proyectos formativos se identificó que un 90.9% considera que esta incentiva a mejorar el rendimiento académico (p30). Un 77.3% de los estudiantes manifestaron su gusto con la metodología de proyectos formativos (p31). Un 72.7% afirmó que la metodología de proyectos formativos aumentó su motivación para trabajar de forma

colaborativa (p34). En cuanto a la metodología de evaluación, el 63.4% consideró que esta incentiva a mejorar el rendimiento académico (p32) y que el 81.8% se sintió satisfecho con la metodología de evaluación (p33). Un 72.7% consideró que la autoevaluación incentiva a mejorar el rendimiento académico (p35). El 73.0% de los estudiantes considera que los compañeros muestran objetividad al momento de valorar las evidencias (p36). Finalmente, el 77.3% de los estudiantes se sintió satisfecho con los recursos de aprendizajes proporcionados en el proyecto formativo (p37).

Tabla 34. Opinión del estudiante con relación al proceso de aprendizaje

Opinión del estudiante en el proceso de aprendizaje	%					desv	Media
	1	2	3	4	5		
30. La metodología de proyectos formativos incentiva a mejorar el rendimiento académico.	0.0	0.0	9.1	63.6	27.3	.588	4.18
31. Me siento a gusto con la metodología de proyectos formativos.	0.0	0.0	22.7	50.0	27.3	.722	4.04
32. La metodología de evaluación incentiva a mejorar mi rendimiento académico.	0.0	0.0	36.4	31.8	31.8	.843	3.95
33. Me siento satisfecho con la metodología de evaluación empleada en el curso.	0.0	4.5	18.2	59.1	18.2	.750	3.90
34. La metodología de proyectos aumenta mi motivación para trabajar de forma colaborativa.	0.0	0.0	27.3	59.1	13.6	.639	3.86
35. La autoevaluación me incentiva a mejorar mi rendimiento académico.	0.0	0.0	27.3	36.4	36.4	.811	4.09
36. La retroalimentación de los compañeros muestra objetividad en la valoración de las evidencias.	0.0	0.0	27.0	45.5	27.3	.755	4.00
37. Estoy satisfecho con los recursos de aprendizaje del proyecto formativo.	0.0	0.0	22.7	50.0	27.3	.722	4.04

Para complementar el análisis descriptivo, se realizó un análisis de correlaciones con los ítems del instrumento relacionados al proceso de evaluación, el cual se presenta en la tabla 35. Para establecer las correlaciones entre las variables de estudio, se aplicó la prueba no paramétrica de Rho de Spearman, debido a que el conjunto de datos no cumple con el supuesto de normalidad. De las 12 variables, se identificó que las variables p9, p10, p11 y p12, tienen un coeficiente de correlación bajo con relación a otras variables.

Tabla 35. Matriz de correlaciones estudio exploratorio

	p8	P13	p14	p15	p16	p17	p18	p19
P8	1.000	.299	.268	.297	.355	.582**	-.217	-.271
	.	.176	.227	.179	.104	.004	.332	.222
P13	.299	1.000	.897**	.540**	.952**	.457*	.000	.465*
	.176	.	.000	.010	.000	.033	.999	.029
p14	.268	.897**	1.000	.548**	.952**	.482*	.057	.380
	.227	.000	.	.008	.000	.023	.800	.081
p15	.297	.540**	.548**	1.000	.613**	.466*	.318	.524*
	.179	.010	.008	.	.002	.029	.149	.012
p16	.355	.952**	.952**	.613**	1.000	.554**	.074	.442*
	.104	.000	.000	.002	.	.008	.744	.040
p17	.582**	.457*	.482*	.466*	.554**	1.000	.582**	.408
	.004	.033	.023	.029	.008	.	.004	.060
p18	-.217	.000	.057	.318	.074	.582**	1.000	.423
	.332	.999	.800	.149	.744	.004	.	.050
p19	-.271	.465*	.380	.524*	.442*	.408	.423	1.000
	.222	.029	.081	.012	.040	.060	.050	.

Se presentan algunas correlaciones, relacionadas con las categorías: comprensión y participación en las actividades del proceso de evaluación y contribución del proceso de evaluación a la formación.

- Se identificó que la autoevaluación utilizada para la mejora continua de evidencias (p13), tiene una correlación positiva muy alta con realizar coevaluación y autoevaluación de las evidencias (p14). También se estableció una relación positiva alta con considerar que la autoevaluación contribuye al rendimiento académico (p15).
- Existe correlación positiva entre afirmar que la autoevaluación contribuye al rendimiento académico (p15) y considerar que la coevaluación contribuye al rendimiento académico (p16). Se determinó correlación positiva alta entre la contribución de la autoevaluación (p15) y la metodología de evaluación (p19).
- Se identificó correlación positiva entre la contribución de la heteroevaluación de evidencias al rendimiento académico (p17) y considerar que la retroalimentación promueve la reflexión sobre las competencias desarrolladas, los logros y los aspectos por mejorar (p18).

6.2.3 Análisis de los resultados de la evaluación de acuerdo al agente

En esta sección se realiza un análisis de los resultados de los tipos de evaluación de acuerdo al agente. Se comparan los resultados de la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación, en cuanto a la valoración del proyecto formativo. La hipótesis que orienta el estudio es la siguiente:

- H_0 : “Existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación, en el grupo experimental”.

Dado el no cumplimiento del supuesto de normalidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Los resultados del análisis no paramétrico, mostraron un nivel de significancia de 0.001, a partir de lo cual retiene la hipótesis alterna y se afirma que existe diferencia estadísticamente significativa en los resultados de los tipos evaluación. En la figura 29, se presenta un diagrama de cajas y bigotes, con las medias de los tipos de evaluación.

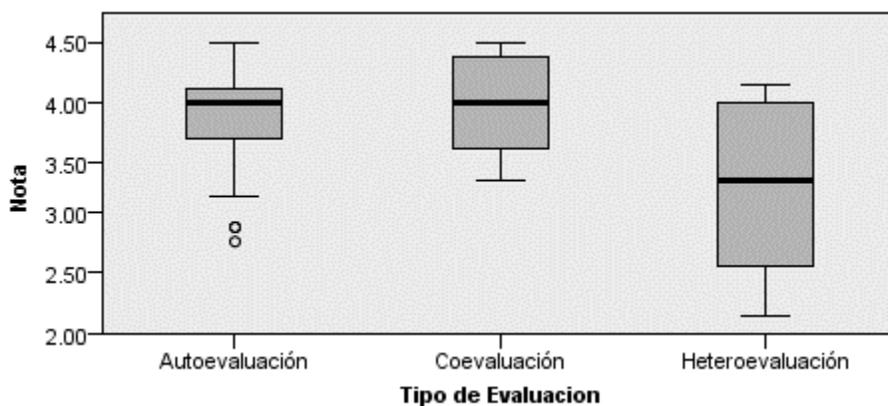


Figura 29. Resultados de los tipos de evaluación

El rango promedio de la heteroevaluación es 21.64, el de la autoevaluación 36.84 y el de la coevaluación es 42.02. No existe diferencia significativa entre la nota promedio de la heteroevaluación y la coevaluación. El mayor promedio de calificación lo tiene la coevaluación. La media de la autoevaluación es 3.8, la media de la coevaluación es 4.0 y la media de la heteroevaluación es 3.3. Con base en los resultados se puede afirmar que la evaluación en la cual participa activamente el estudiante, es superior a la evaluación en donde participa el profesor.

6.2.4 Análisis de variables que intervienen en la evaluación

En esta sección se presenta la posible relación de la autoevaluación y la coevaluación, con las variables independientes: estrato socioeconómico, tipo de colegio de egreso, género y edad del estudiante. Las siguientes fueron las hipótesis objeto de estudio:

- H_0 : "Existe diferencia estadísticamente significativa de los resultados de la autoevaluación y de la coevaluación, en función del estrato socioeconómico, genero, tipo de colegio de egreso y edad de los estudiantes".

En la tabla 36, de acuerdo a la prueba de Shapiro-Wilk, se identificó que los datos de la variable autoevaluación con respecto a las variables (estrato socioeconómico, colegio, género, edad agrupada), no provienen de una distribución normal. Por lo tanto, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, para verificar la posible diferencia estadística de la autoevaluación con las variables.

Tabla 36. Nivel de significancia entre la autoevaluación y las variables categóricas

Variable	Variable	Categoría	Shapiro-Wilk		Kruskal-Wallis
			Estadístico	Sig.	Sig.
Autoevaluación	Estrato Socioeconómico	Muy bajo			
		Bajo	.728	.005	0.076*
		Medio	.899	.285	
		Medio alto			
		Alto			
	Colegio	Público	.839	.016	
	Privado	.897	.274		
	Género	Hombre	.866	.019	0.446
	Mujer	.768	.043		
	Edad agrupada	<=18	.856	.015	0.590
>18		.838	.125		

*Nivel de significancia p-valor < 0,09

La prueba de hipótesis mostró que existe diferencia estadística de la autoevaluación con relación al tipo de colegio del estudiante y al estrato socioeconómico. No se evidenció diferencia estadística de acuerdo al género o a la edad (agrupada) de los estudiantes. Los estudiantes de estrato alto y medio alto son los que mejor se autoevalúan. En el estrato medio es en donde existe la mayor variabilidad con relación a la autoevaluación. En la figura 30, se muestra el diagrama de medias y de cajas y bigotes, con la relación entre la autoevaluación y el estrato.

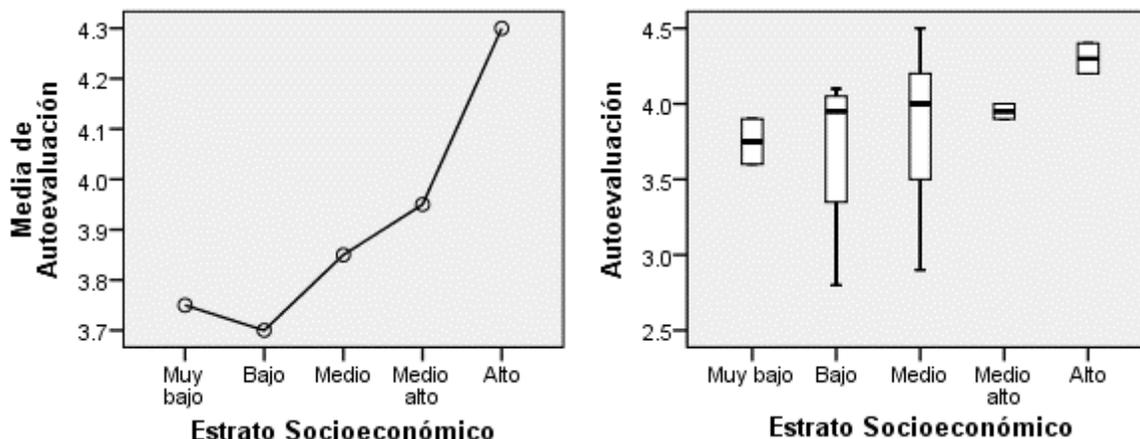


Figura 30. Media de autoevaluación con relación al estrato socioeconómico

Se identificó diferencia significativa en la autoevaluación con relación al tipo de colegio. Los estudiantes de colegios privados se autoevalúan por encima de los estudiantes de colegio público. En la figura 31, se muestra que existe mayor homogeneidad en los resultados de la autoevaluación de los estudiantes de colegio privado.

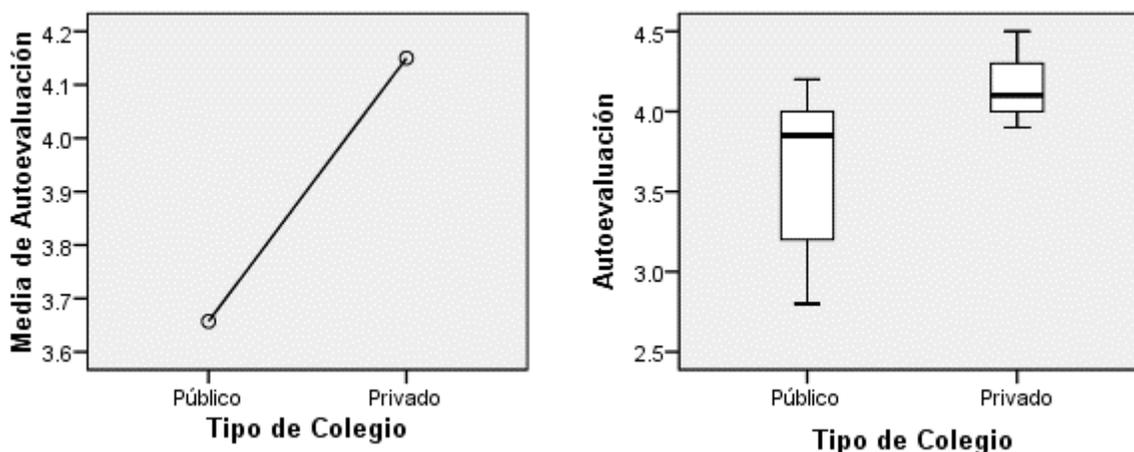


Figura 31. Media de autoevaluación con relación al tipo de colegio

Con relación a la coevaluación, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de los datos. En la tabla 37, se observa que la variable coevaluación, con respecto a las variables (estrato socioeconómico, colegio, género, edad agrupada), provienen de una distribución normal. El análisis de varianza ANOVA, a través del estadístico de Levene, mostró un nivel de significancia de p-valor > 0.05, que confirma que las varianzas son homogéneas para las variables. La prueba de hipótesis mostró que solo existe diferencia estadísticamente significativa de la coevaluación con respecto al estrato. No se identificó diferencia en la coevaluación para el género y edad. En la tabla 40, se presenta el nivel de significancia de la coevaluación con las variables objeto de estudio.

Tabla 37. Nivel de significancia entre la coevaluación y las variables categóricas

Categoría	Variable	Categoría	Shapiro-Wilk		Levene	ANOVA
			Estadístico	Sig.		
Coevaluación	Estrato Socioeconómico	Muy bajo			0.075	0.078*
		Bajo	.981	.966		
		Medio	.908	.341		
		Medio alto				
	Colegio	Público	.965	.799	0.423	0.457
		Privado	.839	.073		
	Genero	Hombre	.896	.058	0.063	0.588
		Mujer	.894	.376		
	Edad agrupada	<=18	.895	.067	0.075	0.240
		>18	.904	.398		

*Nivel de significancia p-valor < 0,08

El p-valor=0.078 de la ANOVA de un factor, permitió afirmar que existe indicio de una diferencia estadísticamente significativa de la coevaluación en función del estrato socioeconómico. Con relación a la coevaluación, se observó que los estudiantes de estrato alto son los que mejor coevalúan las evidencias de sus compañeros. Se observó la variabilidad de la coevaluación en los estratos bajo, medio y medio alto. En la figura 32, se observa la relación entre la media de la autoevaluación y coevaluación, con relación al estrato.

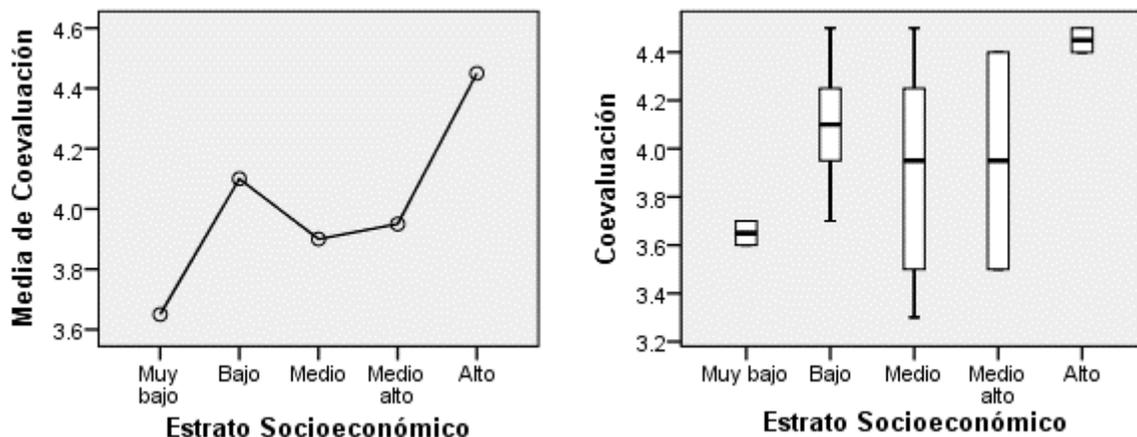


Figura 32. Media de autoevaluación y coevaluación con relación al estrato

6.2.5 Relación de variables independientes con el rendimiento académico

Se realizó el análisis de variables que pueden tener incidencia en el rendimiento académico de los estudiantes. En la tabla 38, se presentan los estadísticos con la prueba de hipótesis de cada una de las variables. Mediante la prueba de Shapiro-Wilk, se verificó la normalidad del conjunto de datos de la variable rendimiento académico con las variables relacionadas. El $p\text{-valor} > 0.05$ para todos los casos, permitió confirmar la normalidad del conjunto de datos. Se aplicó un análisis de varianza ANOVA, en la cual a través del estadístico de Levene, mostró un nivel de significancia de $p\text{-valor} > 0.05$ para todos los casos, lo cual confirma que las varianzas son homogéneas.

Tabla 38. Estadísticos de variables con relación al rendimiento académico

Variable	Categoría	Estadístico de Levene		Shapiro-Wilk		ANOVA
		Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.	Sig.
Estrato Socioeconómico	Muy bajo	1.415217	0.571	.889	.229	0.091
	Bajo					
	Medio					
	Medio alto					
	Alto					
Colegio	Público	1.098778	.307	.914	.183	0.027
	Privado					
Genero	Hombre	4.134	.056	.907	.088	0.521
	Mujer					
Estilo de aprendizaje	Visual-Intuitivo	.852	.442	.200	.255	0.115
	Visual-Sensitivo					
	Verbal-sensitivo					

Inicialmente se planteó inicialmente la hipótesis: H_0 : "Existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico, en función del estrato socioeconómico".

El $p\text{-valor} = 0.091$ de la ANOVA de un factor, permitió afirmar que no existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico en función del estrato socioeconómico, sin embargo, el análisis de la gráfica de medias da un indicio en el cual se identifica que los estudiantes de estrato alto tienen un mayor rendimiento académico que los estudiantes de los estratos más bajos. Los estudiantes del estrato bajo son los que presentan la mayor variabilidad con relación al rendimiento académico.

La siguiente hipótesis fue: H_0 : "Existe diferencia estadística en el rendimiento académico, en función del colegio de egreso"

El p-valor= 0.027 de la ANOVA de un factor, permitió afirmar que existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico de acuerdo al tipo de colegio de egreso del estudiante. El diagrama de medias y de cajas y bigotes, presenta la relación entre el rendimiento académico y el tipo de colegio, se presentan en la figura 33.

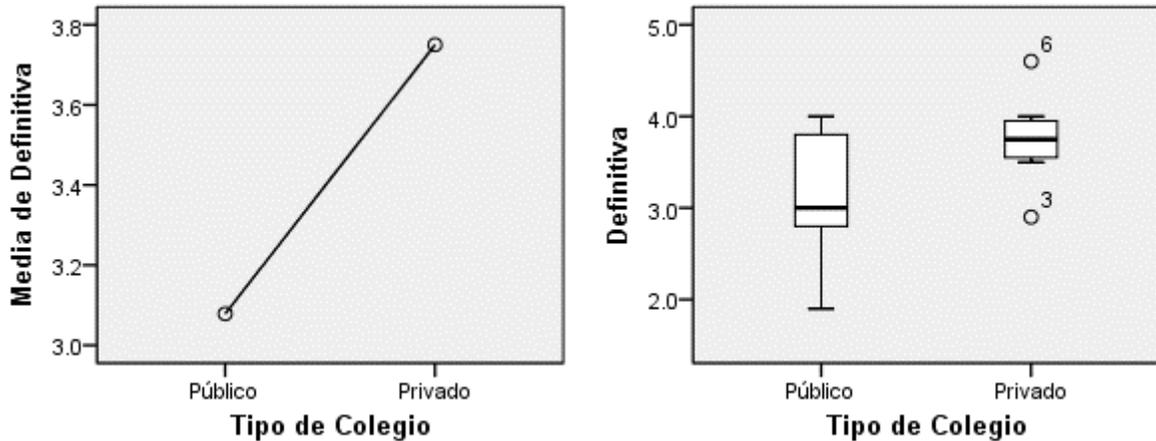


Figura 33. Comparación del rendimiento en función del tipo de colegio del estudiante

La gráfica de medias, mostró que los estudiantes de colegio privado tienen mejor rendimiento con relación a los del colegio público. Los estudiantes de colegio público tienen mucha dispersión de resultados en el rendimiento académico. Algunos de ellos tienen un buen desempeño académico.

La siguiente hipótesis que se analizó fue: H_0 : "Existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico, en función del estilo de aprendizaje"

El p-valor= 0.115, generado de la prueba ANOVA de un factor, permite afirmar que no existe diferencia significativa en el rendimiento académico en función del estilo de aprendizaje. La gráfica de medias de la figura 34, da un indicio que los estudiantes con estilo de aprendizaje visual-intuitivo, muestran mejor desempeño académico que los estudiantes con otros estilos de aprendizaje.

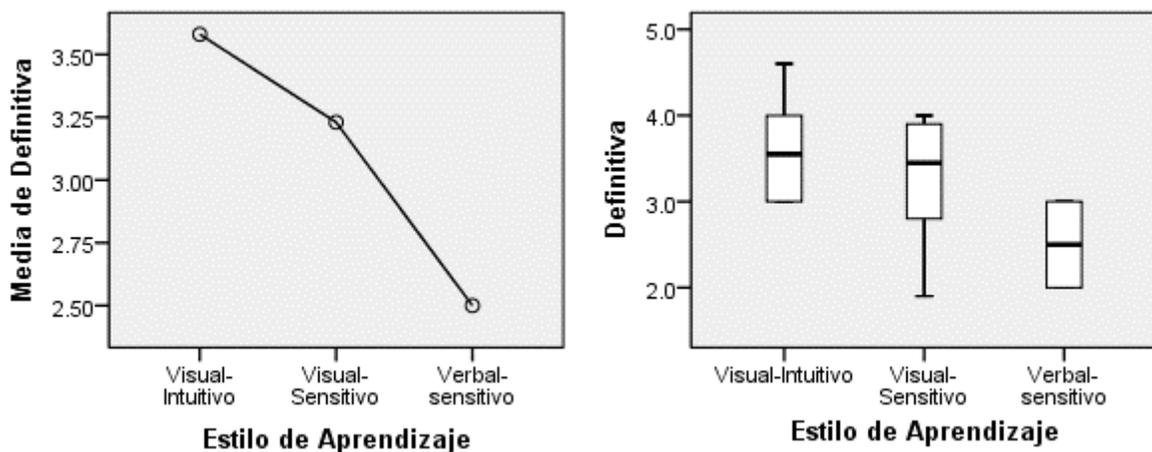


Figura 34. Rendimiento académico en función del estilo de aprendizaje

La siguiente hipótesis a analizar fue: H_0 : “Existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico, en función del género”.

El p-valor= 0.521 de la prueba ANOVA de un factor, permitió afirmar que no existe diferencia significativa en el rendimiento académico en función del género.

6.2.6 Estudio de los componentes del análisis factorial

El estudio se basó en los cinco componentes del análisis factorial: proceso de evaluación, metodología de proyectos formativos, uso de la plataforma, adaptación en la plataforma Moodle y rendimiento académico. En la tabla 39, se presenta el nivel de significancia entre los factores evaluación, proyecto y rendimiento, con relación a diferentes variables independientes.

Tabla 39. Significancia entre factor y variables independientes

Variable	Factor		
	EVALUACION	PROYECTO	RENDIMIENTO
	p-valor	p-valor	p-valor
Género	.603	.308	.170
Estrato Socioeconómico	.607	.148	.128
Tipo de colegio	.062*	.168	.905
Edad (2 rangos)	.137	.115	.560
Trabaja	.495	.215	.706
Experiencia en programación	.492	.086	.113
Rendimiento académico (2 rangos)	.259	.242	.452
Rendimiento académico (3 rangos)	.078*	.077*	.670

*Nivel de significancia p-valor < 0,08

Con base en el nivel de significancia (p-valor < 0.05) para las variables: estrato, género, edad, trabajo actual y rendimiento académico (agrupado en 2 rangos), se puede afirmar que los diferentes factores no difieren en cada una de las variables independientes. Para la variable tipo de colegio se evidenció que existe diferencia significativa con relación al factor evaluación. Los estudiantes egresados de colegio privado tienden a valorar de forma más alta el factor evaluación con respecto a los estudiantes de colegio público. Para el rendimiento académico (agrupada en 3 rangos), se observó diferencia significativa para los factores evaluación y proyecto. Los diagramas de medias de la figura 35, muestran que los estudiantes que tienen mejor rendimiento académico, son los que tienen la opinión menos favorable con relación a la metodología de evaluación y de proyectos formativos.

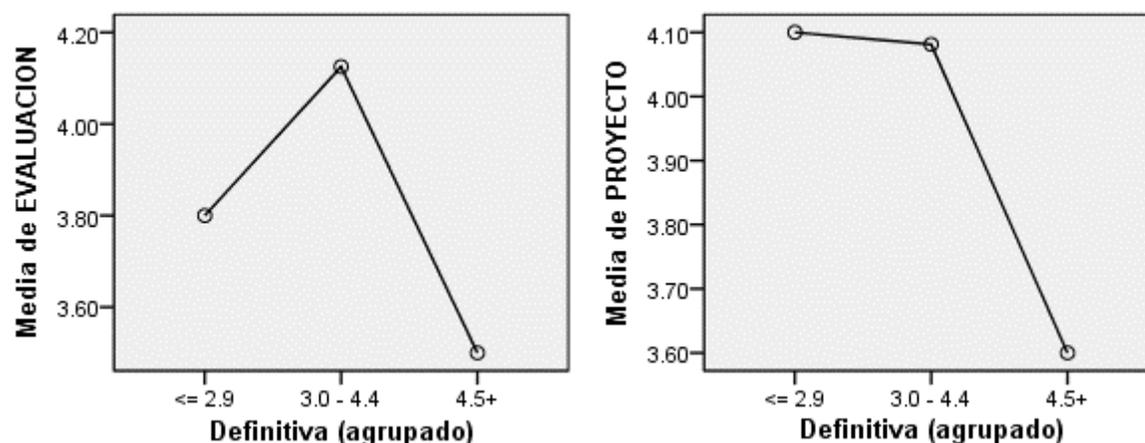


Figura 35. Media de nota definitiva agrupada con relación a los factores evaluación y proyecto

En la tabla 40, se presenta el nivel de significancia entre los factores plataforma y adaptación, con relación a diferentes variables independientes.

Tabla 40. Significancia entre factor (plataforma y adaptación) con variables independientes

Variable	Factor	
	PLATAFORMA	ADAPTACION
	p-valor	p-valor
Género	.864	.992
Estrato Socioeconómico	.532	.566
Tipo de colegio	.373	.509
Edad (2 rangos)	.510	.092
Trabaja	.350	.828
Experiencia en programación	.831	.629
Rendimiento académico (2 rangos)	.493	.481
Rendimiento académico (3 rangos)	.607	.084
Estilo de aprendizaje	.642	.076*

*Nivel de significancia p-valor < 0,09

Las variables independientes: género, estrato socioeconómico, tipo de colegio, edad (agrupada en 2 rangos), trabaja, experiencia en programación, opinión sobre el sistema de evaluación y rendimiento académico (2 rangos), tienen nivel de significancia de p-valor > 0.05, a partir de lo cual se puede afirmar que estas variables no difieren sobre los factores plataforma y adaptación.

En el caso de la variable rendimiento académico (definitiva agrupada en 3 rangos) existen indicios de la posible relación de esta variable con el factor adaptación. Así mismo, existe indicio que la variable estilo de aprendizaje tiene relación con el factor adaptación.

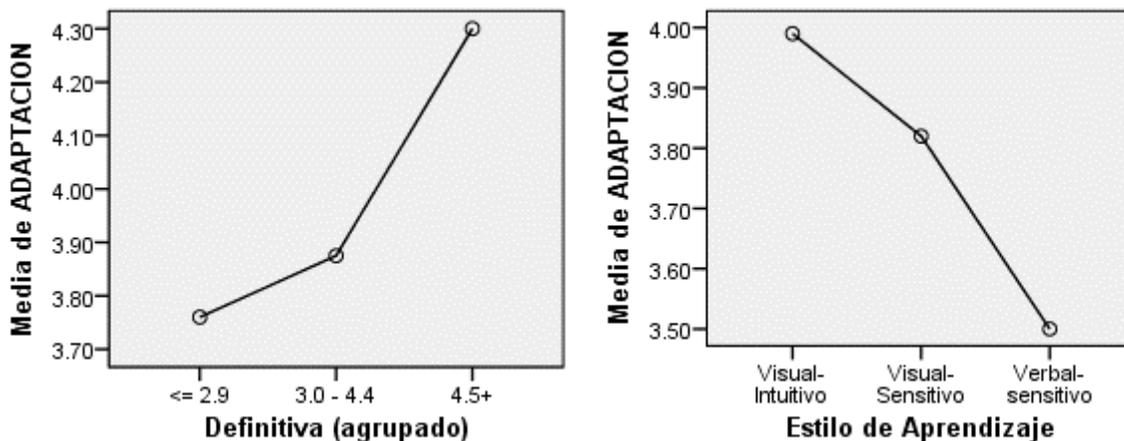


Figura 36. Factores evaluación y metodología de proyectos, con el rendimiento académico

El diagrama de medias de la figura 36, muestra que los estudiantes con mayor rendimiento académico, son los que tienen mejor percepción con relación al factor adaptación. También se observa que los estudiantes con estilo de aprendizaje visual-intuitivo son los que mejor valoran los ítems relacionados con el factor de adaptación.

6.2.7 Resultados del modelo de regresión múltiple por factor

En esta sección se presentan dos análisis de regresión múltiple, ambos tuvieron como propósito determinar la posible incidencia de un conjunto de variables independientes sobre los factores: plataforma Moodle y metodología de evaluación. Para determinar la validez del modelo se verificaron los supuestos: no correlación de las variables independientes, la normalidad de los residuos y no dependencia de los residuales, así mismo se basó en el trabajo de (Olmos, 2008).

El primer análisis de regresión se relacionó con la percepción de la plataforma Moodle, por parte de los estudiantes. La variable dependiente es la percepción de plataforma y las independientes son los ítems relacionados con los componentes 3 y 4 del análisis factorial. La variable dependiente es una combinación lineal de los ítems de los componentes enunciados. La tabla 41, muestra el resumen del modelo, el cual muestra un R cuadrado con el cual se puede explicar el 97.7% de la varianza. El modelo incorporó el 70% de las variables independientes. Se eliminaron las variables: p22, p20, p28; a pesar de ello, la varianza que se explica de la variable dependiente es muy alta, y por tanto, permite una buena predicción.

Tabla 41. Resumen del modelo de regresión para la percepción de la plataforma

Modelo	R	R cuadrado	Variables predictoras
1	.792	.608	(Constante), p9
2	.868	.728	(Constante), p29, p21
3	.927	.836	(Constante), p29, p21, p27
4	.955	.891	(Constante), p29, p21, p27, p26
5	.970	.923	(Constante), p29, p21, p27, p26, p24
6	.985	.958	(Constante), p29, p21, p27, p26, p24, p25
7	.992	.977	(Constante), p29, p21, p27, p26, p24, p25, p23

El p-valor < 0,05, para cada variable independiente, determinó que tanto el coeficiente está afectando la variable dependiente. El valor t y el p-valor, hacen referencia a que tanto se puede generalizar los valores de los coeficientes, es decir, que tanto se debe tener en cuenta ese valor para la ecuación. Los coeficientes del modelo se presentan en la tabla 42.

Tabla 42. Coeficientes del modelo para el estudio exploratorio

Modelo	Coeficientes	t	Sig.
(Constante)	.164	1.126	.279
p29	.110	3.194	.006
p21	.072	2.280	.039
p27	.212	8.088	.000
p26	.140	7.741	.000
p24	.172	6.250	.000
p25	.163	6.120	.000
p23	.092	3.648	.003

La variable p27 es la que tiene la mayor incidencia en el modelo. Los resultados de la ANOVA del modelo de regresión con 5 variables, muestran un p-valor < 0.05, a partir de lo cual se puede afirmar que el modelo mejora la predicción de la variable dependiente y permite predecir comportamientos de las variables. El modelo tiene una confiabilidad del 97.7% para hacer predicciones. Los resultados del modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre la variable dependiente y las 7 variables independientes, se presentan en la siguiente ecuación:

$$plataforma = .164 + .110 * p29 + .072 * p21 + .212 * p27 + .140 * p26 + .172 * p24 + .163 * p25 + .092 * p23$$

La variable percepción depende directamente de 7 variables independientes del estudio, cada una acompañada de un coeficiente que indica el peso relativo de esa variable en la ecuación.

El segundo análisis de regresión estuvo relacionado con la opinión de la metodología de evaluación de los proyectos formativos por parte de los estudiantes. La variable dependiente es una combinación lineal de los ítems relacionados con la participación y contribución de la metodología de evaluación a la formación de los estudiantes. Las variables independientes fueron doce ítems relacionados con la metodología de evaluación. La tabla 43, muestra el resumen del modelo, el cual muestra un R cuadrado con el cual se puede explicar el 98.4% de la varianza del mismo.

Tabla 43. Resumen del modelo de regresión para la variable metodología de evaluación

Modelo	R	R cuadrado	Variabes predictoras
1	.823	.677	(Constante), p16
2	.908	.824	(Constante), p16, p15
3	.957	.916	(Constante), p16, p15, p17
4	.974	.949	(Constante), p16, p15, p17, p12
5	.984	.968	(Constante), p16, p15, p17, p12, p18
6	.992	.984	(Constante), p16, p15, p17, p12, p18, p11

El modelo eliminó el 50 % de las variables independientes: p8, p9, p10, p13, p14 y p19, sin embargo, el porcentaje de la varianza que se explica de la variable dependiente es muy alto y permite una buena predicción. La variable p17 es la que tiene la mayor incidencia en el modelo, seguida de la variable p16. Los resultados de la ANOVA del modelo de regresión con 6 variables, muestran un p-valor < 0.05, a partir de lo cual se puede afirmar que el modelo mejora la predicción de la variable dependiente y es significativo para la población. El modelo tiene una confiabilidad del 98.4% para hacer predicciones. Los resultados del modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre la variable dependiente y las 6 variables independientes con el coeficiente de peso relativo de la variable, se presentan en la ecuación:

$$\text{Metodología_Evaluación} = .769 + .202 * p16 + .123 * p15 + .219 * p17 + .125 * p12 + .066 * p18 + .084 * p11$$

6.2.8 Análisis de resultados estudio cuasi-experimental

Para el estudio comparativo entre los grupos control y experimental, inicialmente se verificó la posible homogeneidad de los grupos al inicio del estudio cuasiexperimental, con base propiedades de perfil académico y sociodemográfico. A continuación, se analizó el desempeño académico de los estudiantes de ambos grupos. Finalmente, se verificó la posible homogeneidad de los grupos con base en una prueba de competencia.

- **Condiciones iniciales entre grupo experimental y control**

Para verificar la homogeneidad en los grupos control y experimental, se planteó la hipótesis:

- *H₁: Existe diferencia estadísticamente significativa entre el promedio de calificaciones de la prueba diagnóstica del grupo experimental y el promedio de calificaciones de la prueba diagnóstica del grupo control.*

Se compararon los grupos control y experimental mediante los resultados de la prueba inicial de competencia. Se verificaron los supuestos (normalidad e igualdad de varianzas), para los promedios de calificación en cada grupo. A continuación, se presentan los estadísticos de la prueba inicial.

Para verificar si la variable prueba inicial se comporta normalmente frente al grupo control y experimental, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. El nivel de significancia para ambos grupos es p-valor < 0.05, por tanto, los datos no provienen de una distribución normal. Se aplicó la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. La prueba de hipótesis generó un p-valor = 0.607, por lo que se retiene la hipótesis nula y por tanto, se puede afirmar que no existe diferencia estadísticamente significativa entre el promedio de calificaciones entre ambos grupos. La media de calificaciones del grupo experimental fue 0.417 y la del grupo control 0.356.

El criterio para determinar el nivel de competencia de los estudiantes, fue la cantidad de aciertos por nivel. Si el estudiante resolvió más de dos ítems de forma correcta por nivel, entonces se ubicó

en ese nivel de competencia. El análisis descriptivo de los resultados de la prueba inicial, mostró que los tres ítems del indicador A, son lo que presentan el mayor porcentaje de acierto por parte de los estudiantes. Para la prueba de competencia, el 100% de los estudiantes de ambos grupos se ubicó en el nivel de competencia receptivo.

La segunda hipótesis para verificar la homogeneidad de los grupos fue: H_2 : *Existe diferencia estadísticamente significativa entre el/los estilos de aprendizaje del grupo experimental y control.*

Se compararon los grupos control y experimental mediante el diagnóstico de los estilos de aprendizaje. La prueba de Kolmogorov-Smirnov, generó un p-valor <0.05 (ambos grupos), por tanto, los datos no provienen de una distribución normal. Se aplicó la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, para muestras independientes, la cual generó un p-valor=0.530, por tanto, no existe diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos de acuerdo al estilo de aprendizaje.

- **Comparación desempeño en la prueba de competencia final entre grupos**

Se realizó una nueva medición para verificar la posible homogeneidad entre los grupos control y experimental, basados en los resultados de la prueba de competencia final. La hipótesis fue: H_1 : *Existe diferencia estadísticamente significativa entre el promedio de calificaciones de la prueba final del grupo experimental y el grupo control.*

Se verificó el cumplimiento de los supuestos (normalidad e igualdad de varianzas), para los promedios de calificación en cada grupo. Los estadísticos de la prueba final mostraron que los estudiantes del grupo experimental alcanzaron una media de 3.31 y los del grupo control una media de 3.16. La mediana para ambos grupos fue 3.33.

El resumen de la prueba de hipótesis generó un p-valor = 0.447, por lo que se retiene la hipótesis nula, por tanto, se puede afirmar que no existe diferencia estadísticamente significativa entre el promedio de calificaciones del grupo experimental y el promedio de calificaciones del grupo control. Los resultados muestran que la media del grupo experimental es superior a la del grupo control. La cantidad de estudiantes que presentó la prueba final en el grupo experimental fue de 19 y en el grupo control de 17. Para el grupo experimental se identificó que el 36.8% de los estudiantes se ubicó en el nivel receptivo, el 31.6% en el nivel resolutivo y el 31.6% en el nivel autónomo. Para el grupo control se encontró que el 41.2% de los estudiantes está en el nivel receptivo, el 35.3% en el nivel resolutivo y el 23.5% en el nivel autónomo. Ningún estudiante alcanzó el nivel estratégico. En la figura 37, se presenta la media de la prueba final entre grupo experimental y control.

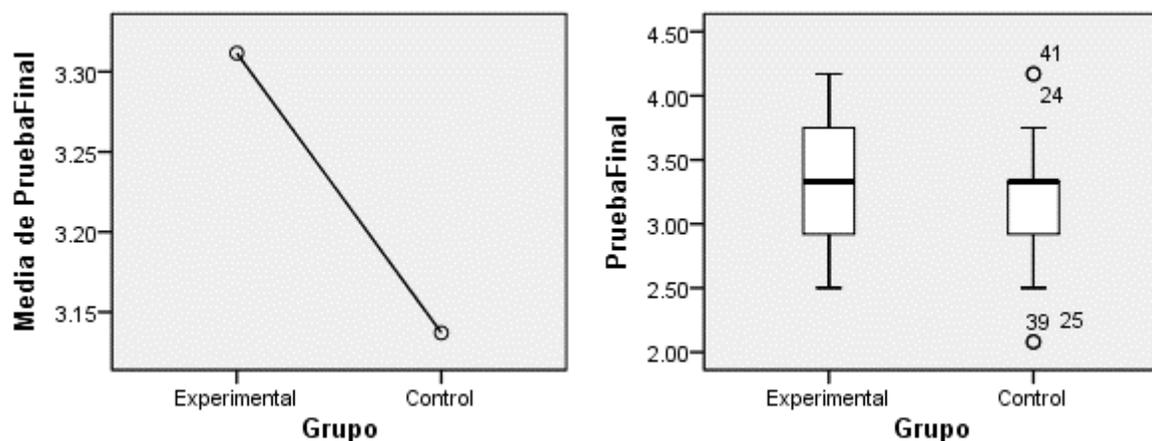


Figura 37. Media de la prueba final entre grupo experimental y control

El análisis de los resultados de la prueba final mostró que el porcentaje de acierto, de todos los ítems del instrumento, están por encima en relación con la prueba inicial. Los ítems relacionados con el indicador D, son los que más bajo porcentaje de acierto presentan. Los resultados permiten afirmar que algunos estudiantes comprenden elementos básicos de la programación orientada a objetos, lo cual se explica con la experiencia previa en programación, que algunos manifestaron.

Para complementar, con los resultados de la prueba intergrupos se realizó una comparación entre los resultados del grupo experimental de la prueba inicial y la final. Para ello se aplicó la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, la cual generó un p-valor = 0.000, por tanto, existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de la prueba inicial y final del grupo experimental. La figura 38, muestra el rango promedio de los resultados para el grupo experimental. Idéntica diferencia estadística se encontró con el grupo control.

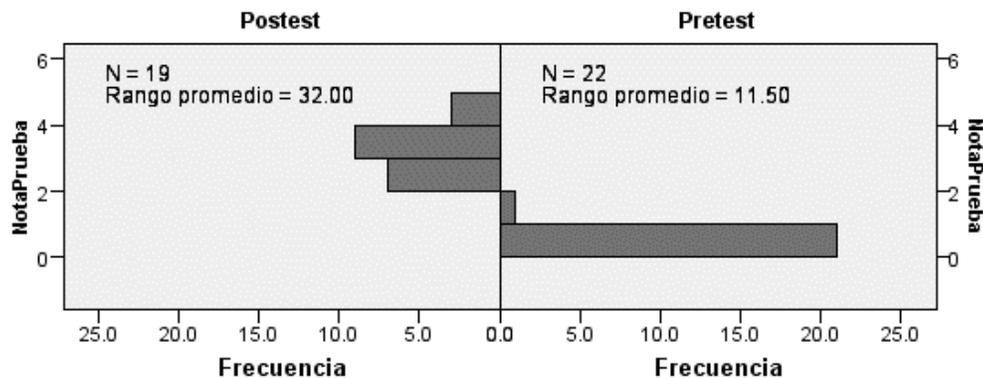


Figura 38. Resultados rango promedio entre grupo control y experimental

6.3 Diseño del estudio confirmatorio

El propósito del estudio confirmatorio fue confirmar o rechazar la hipótesis general de la investigación. La técnica de investigación empleada fue basada en encuesta y la cual según (Anguita et al., 2003) es ampliamente utilizada como procedimiento de investigación, ya que permite obtener y elaborar datos de modo rápido y eficaz. Se realizó un estudio de corte transversal con alcance descriptivo, correlacional e inferencial.

6.3.1 Variables de investigación

Las variables dependientes fueron: (1) rendimiento académico, obtenido a partir de los resultados de un proceso de evaluación, y (2) opinión del estudiante, respecto a la metodología de evaluación de competencias. La variable independiente fue la estrategia de personalización del proceso de aprendizaje. La variable interviniente fue el estilo de aprendizaje de los estudiantes, medido a través del test de Felder-Silverman.

6.3.2 Muestra

La selección de los sujetos se realizó bajo los mismos criterios establecidos en el estudio exploratorio. La investigación se realizó en la institución Escuela de Administración y Mercadotecnia (EAM).

Como parámetros en la selección de la muestra, se estableció que el nivel de confianza es del 95%. El error máximo aceptado fue del 3%. La proporción p es del 0.5 y q es de 0.5. El tamaño de muestra establecido fue de 109 estudiantes para el grupo objeto de estudio.

6.3.3 Propiedades de los instrumentos

Los instrumentos que se aplicaron para el estudio confirmatorio y las propiedades de los instrumentos, son las mismas que fueron usadas para el estudio exploratorio.

- **Cuestionario de la estrategia pedagógica basada en personalización.**

En esta sección se presentan las propiedades del cuestionario usado para recolectar la opinión de los estudiantes de la muestra, en relación a la implementación de una estrategia pedagógica basada en personalización. El instrumento de recolección se presentó en la sección 6.1.4.

Para la validez de constructo, se realizó un análisis factorial, mediante: (1) verificación de los supuestos estadísticos (2) análisis de los factores extraídos de la rotación de componentes y (3) realizar las características de los factores. Los supuestos estadísticos para el análisis factorial fueron considerados con base en lo establecido en la tesis doctoral de (Olmos, 2008), en la cual se cita a (García Jiménez et al., 2000). La verificación mostró:

- El índice de las correlaciones entre las variables independientes es alto.
- La prueba de esfericidad Bartlett mostró un p-valor = 0.000, por tanto, se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre ítems del instrumento.
- El índice de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), mostró un valor KM de 0.692, a partir de lo cual se puede aplicar el análisis factorial.
- La diagonal principal de la matriz de correlaciones, tiene coeficientes cercanos a 1.0, a excepción de las variables (p14=0.351 y p26=0.385) y los coeficientes fuera de esa diagonal son bajos.

Con base en los resultados anteriores, los supuestos estadísticos se cumplen para la extracción de los factores mediante el análisis factorial.

La extracción de comunalidades mostró que los ítems del instrumento se explican con una variabilidad superior al 70.5%. El método de extracción de los componentes se realizó mediante el análisis de componentes principales. El método de extracción generó 10 factores. Para el estudio confirmatorio, se hizo un análisis de los primeros cinco factores que explican el 63.2% de la variabilidad total. Los factores agrupados son: (1) metodología de proyectos formativos, (2) proceso de evaluación, (3) diseño del curso en Moodle, (4) adaptación de recursos y actividades de aprendizaje y (5) proceso de aprendizaje. La matriz de componentes rotados de la tabla 44, permite ver que los ítems agrupados estuvieron acordes con el constructo de la investigación.

Tabla 44. Matriz de componentes rotados estudio confirmatorio

Var	Componente				
	1	2	3	4	5
p1	.921				
p3	.878				
p2	.644				
p8	.624				
p5	.562				
p31	.441				
p13		.886			
p16		.827			

p14	.765		
p15	.725		
p28		.808	
p25		.797	
p27		.789	
p26		.786	
p29		.701	
p23			.841
p21			.820
p22			.816
p24			.750
p20			.494
p34			.751
p32			.709
p9			.639
p37			.564
p35			.551
p30			.487

- El factor 1 está constituido por las variables (p1, p3, p2, p8, p5, p31), asociadas a la metodología de proyectos formativos.
- El factor 2 asocia los ítems (p36, p16, p14, p15), relacionados con la metodología de evaluación.
- El factor 3 asocia los ítems (p28, p25, p27, p26, p29), los cuales están relacionados con el diseño de la plataforma Moodle.
- El factor 4 asocia los ítems (p23, p21, p22, p24, p20), relacionados con la utilidad de los recursos y las actividades de aprendizaje, ofrecidas en Moodle.
- El factor 5 asocia los ítems (p32, p34, p35, p30), relacionados con la opinión del estudiante en el proceso de aprendizaje y el rendimiento académico.

6.4 Resultados del estudio confirmatorio

6.4.1 Características de la muestra

La muestra se constituyó de 109 estudiantes, 62.4% hombres y el 37.6% mujeres. Con relación al estrato socioeconómico, el 14.7% pertenecen al estrato muy bajo, el 25.7% al estrato bajo, el 36.7% al estrato medio, el 10.1% al estrato alto y el 12.8% al estrato muy alto. La edad promedio de los estudiantes es 19.1 años. En cuanto a los estilos de aprendizaje el 46.8% pertenecen al Visual-Sensitivo, un 40.4% al Visual-Intuitivo, el 12.8% al Verbal-sensitivo.

6.4.2 Resultados de opinión de los estudiantes de la muestra

Para conocer la opinión de los estudiantes con relación a la metodología de proyectos formativos, se aplicó una encuesta la última semana del semestre académico. La encuesta se presenta en el anexo E. En la figura 39, se presenta lo opinión de los estudiantes con relación a la metodología de proyectos formativos. El 94.4% de los estudiantes respondió que la metodología de proyectos formativos permite comprender (p1) las competencias a formar en el curso. El 91.8% afirman que la metodología les permite desarrollar las competencias esperadas del curso. Con relación a la opinión de la pertinencia del problema del contexto (p3), el 94.5% de los estudiantes consideró que su nivel de reto está acorde con el nivel de su formación. El 80.8% de los estudiantes valoraron favorablemente su participación en la definición del problema del contexto (p4). El 89.0% afirmó realizar todas las actividades de las fases del proyecto formativo (p5). Con relación a aporte de la metodología al trabajo colaborativo, el 90.8% lo valoraron favorablemente. El 91.8% consideran

que la metodología de proyectos formativos contribuye a la interacción entre profesor y estudiantes (p7).

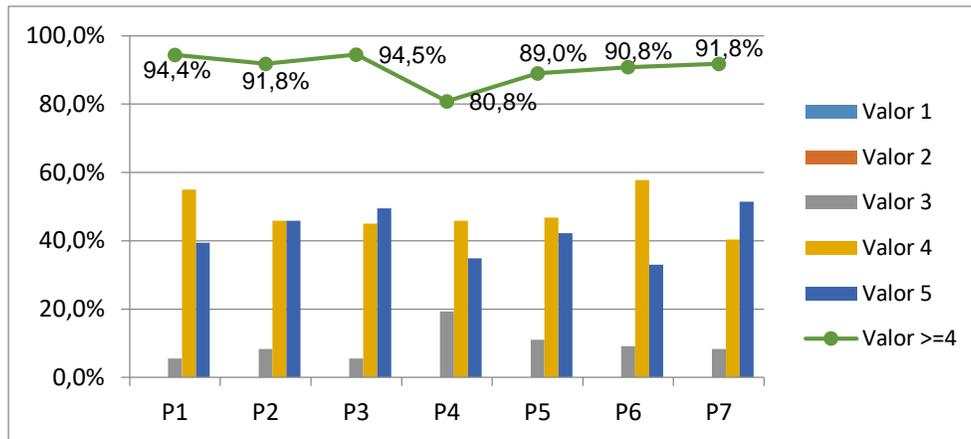


Figura 39. Opinión de los estudiantes frente a la metodología de proyectos formativos

Con relación a la categoría comprensión y participación en las actividades del proceso de evaluación, en la figura 40, se muestran los porcentajes de respuesta para cada ítem. El 94.4% de los estudiantes afirmó que comprende las evidencias que debe presentar durante el desarrollo del proyecto formativo (p9). Con relación a la definición de los criterios definidos en las rubricas, el 91.8%, consideró que estos facilitan (p10) y orientan (p11) la elaboración de las evidencias definidas en el proyecto formativo. El 87.2% de los estudiantes participó en la definición de las evidencias y de los criterios de evaluación (p12). En cuanto al uso de la autoevaluación como mecanismo para la mejora de evidencias (p13), el 84.4% de los estudiantes respondieron favorablemente. El 76.2% de los estudiantes afirmó participar activamente en la coevaluación y en la autoevaluación (p14).

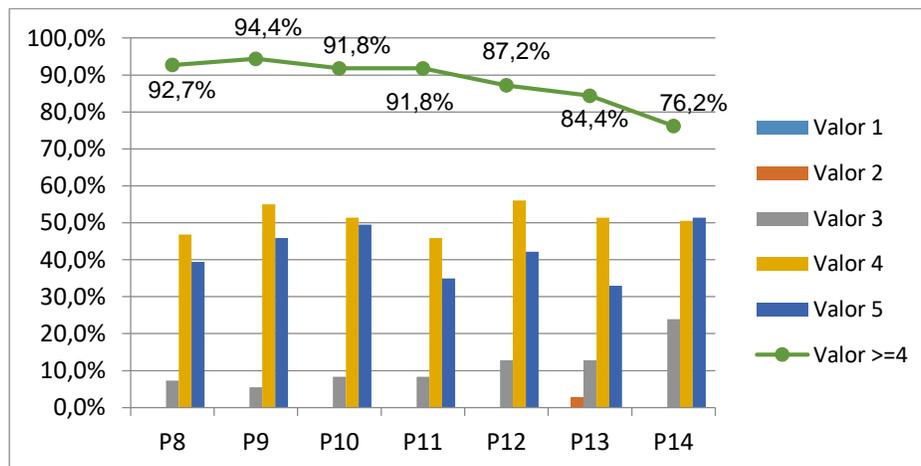


Figura 40. Opinión de los estudiantes frente a las actividades del proceso de evaluación

Los resultados de la contribución de las actividades del proceso de evaluación a la formación se presentan en la figura 41. Con relación a la contribución de la autoevaluación (p15), la coevaluación (p16) y la heteroevaluación (p17), se obtuvo que más del 84.0%, valoraron favorablemente la contribución de estos tipos de evaluación al rendimiento académico. El 85.4% de los estudiantes consideran que la retroalimentación promueve la reflexión sobre los logros y los

aspectos por mejorar en la formación (p18). Finalmente, el 81.6% consideró que la metodología de evaluación contribuye al rendimiento académico (p19).

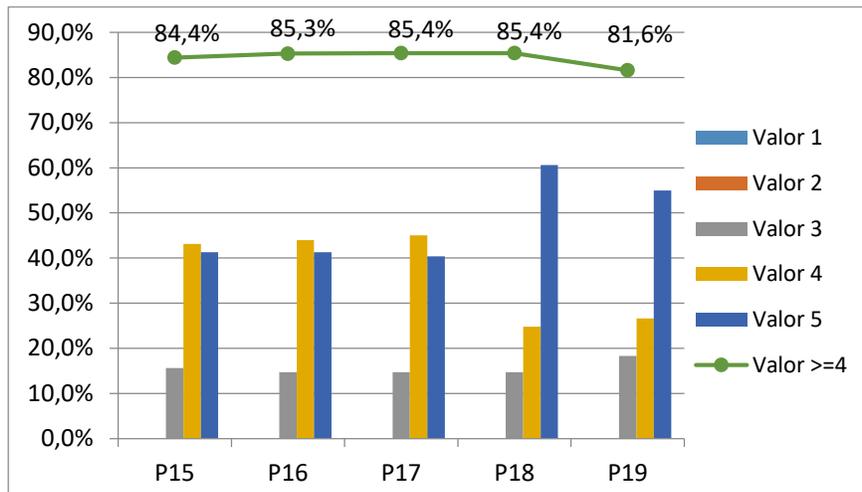


Figura 41. Opinión de los estudiantes frente a la contribución de la evaluación a la formación

Los resultados sobre la utilidad de los recursos y las actividades de aprendizaje en la plataforma Moodle, se presentan en la figura 42. Con relación a los recursos de aprendizaje ofrecidos en Moodle, un 67.9% consideró que estos son útiles para la solución del proyecto formativo (p20). El 83.4% favorablemente sobre los recursos ofrecidos en la plataforma y la coherencia con las actividades de aprendizaje del proyecto formativo (p21). Un 64.3% valoró de forma positiva la consonancia de los recursos y sus necesidades de aprendizaje (p22). La opinión de los estudiantes frente a las actividades de aprendizaje en Moodle, mostraron que el 63.3% consideraron que están acorde con las necesidades de aprendizaje (p23). El 78.9% opinaron favorablemente frente a la coherencia de las actividades de aprendizaje en relación a su nivel de competencia (p24).

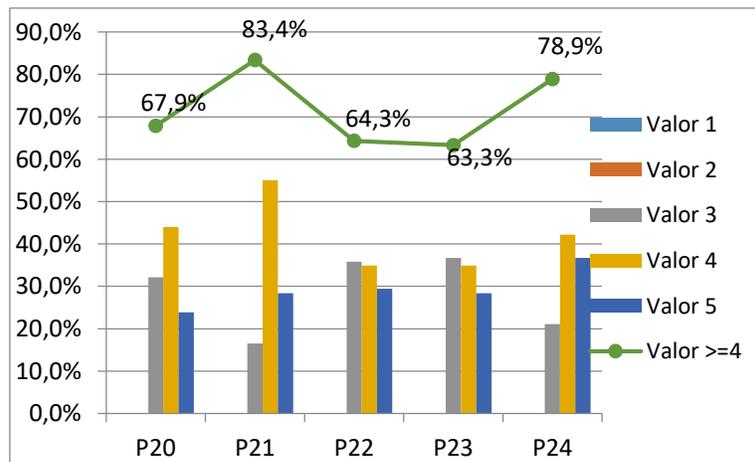


Figura 42. Utilidad de los recursos y las actividades de aprendizaje en Moodle

Los resultados sobre la opinión de los estudiantes con relación al diseño del curso en la Plataforma Moodle, se presentan en la figura 43. Con relación al diseño gráfico del curso en Moodle, un 84.4% consideraron la navegación en el curso es adecuada (p25). El 62.3% valoraron favorablemente la estética del curso (p26). El 62.45 se sintió a gusto con el diseño del curso en la plataforma (p27). Finalmente se identificó que un 63.6% de los estudiantes valoraron favorablemente el diseño de los recursos y las actividades de aprendizaje (p29).

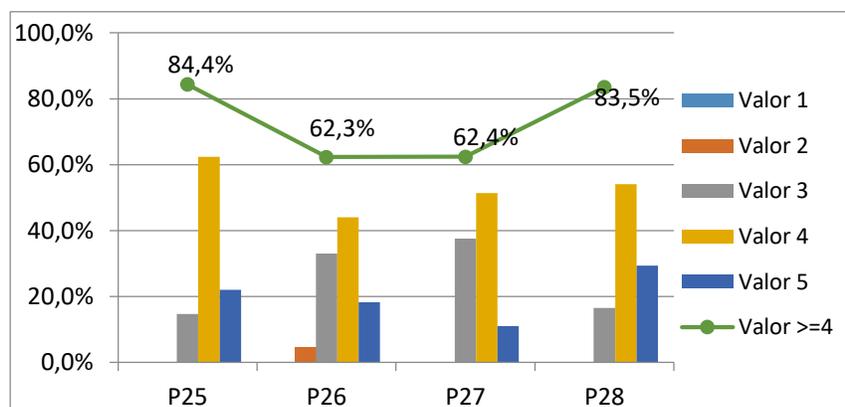


Figura 43. Opinión del diseño del curso en la plataforma Moodle

En la figura 44, se muestran los resultados de la opinión de los estudiantes frente al proceso de aprendizaje. Se identificó que un 90.9% considera que la metodología de proyectos formativos, incentiva a mejorar el rendimiento académico (p30) y un 77.3% se siente a gusto con la metodología (p31). Un 72.7% afirmó que la metodología de proyectos formativos aumenta la motivación para trabajar de forma colaborativa (p34). El 79.8% consideró que la metodología de evaluación incentiva a mejorar el rendimiento académico. El 86.3% se sintió satisfecho con la metodología de evaluación (p33). Un 81.7% consideró que la autoevaluación incentiva a mejorar el rendimiento académico (p35). El 79.8% de los estudiantes consideraron que la objetividad de los compañeros para retroalimentar la calidad de sus evidencias. Finalmente, el 77.3% de los estudiantes se sintió satisfecho con los recursos de aprendizajes del proyecto formativo (p37).

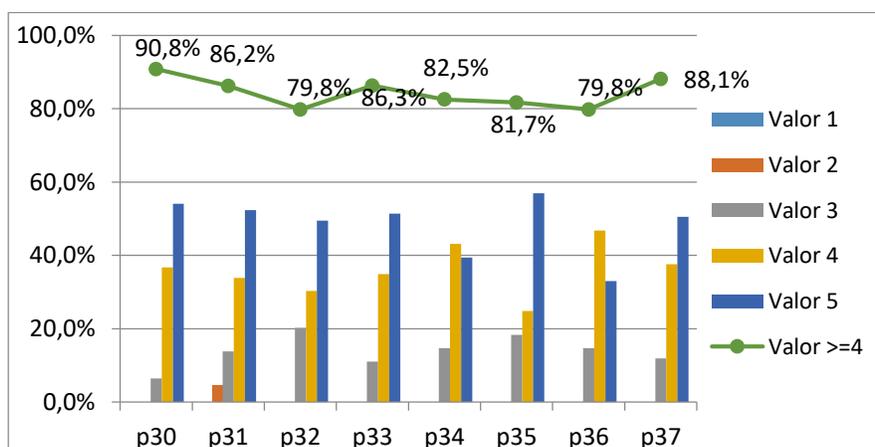


Figura 44. Opinión frente a la categoría proceso de aprendizaje

Para complementar el análisis descriptivo, se realizó un análisis de correlaciones. En la tabla 45, se presenta la matriz de correlaciones en la cual se analizó la correlación entre las variables relacionadas con el proceso de evaluación. Para establecer las correlaciones entre las variables, se aplicó la prueba no paramétrica de Rho de Spearman.

Tabla 45. Matriz de correlaciones estudio confirmatorio

	p8	p9	p10	p11	p12	p13	p14	p15	p16	p17	p18	p19
p8	1.00	.390**	.355**	.281**	.401**	.204*	.242*	.255**	.292**	.387**	.045	.091
p9	.390**	1.00	.435**	.422**	.339**	.248**	.060	.337**	.351**	.622**	.250**	.400**
	.000	.000	.000	.003	.000	.034	.011	.007	.002	.000	.646	.346
	.000	.000	.000	.000	.000	.009	.534	.000	.000	.000	.009	.000

p10	.355** .000	.435** .000	1.00 .000	.423** .000	.420** .000	-.005 .956	-.223* .020	.101 .298	.078 .419	.480** .000	.037 .704	.137 .157
p11	.281** .003	.422** .000	.423** .000	1.00 .000	.342** .000	.202* .036	.011 .911	.389** .000	.284** .003	.546** .000	.422** .000	.295** .002
p12	.401** .000	.339** .000	.420** .000	.342** .000	1.00 .000	.266** .005	.180 .061	.293** .002	.248** .009	.303** .001	.161 .095	.277** .004
p13	.204* .034	.248** .009	-.005 .956	.202* .036	.266** .005	1.00 .000	.646** .000	.663** .000	.812** .000	.512** .000	.221* .021	.554** .000
p14	.242* .011	.060 .534	-.223* .020	.011 .911	.180 .061	.646** .000	1.00 .000	.409** .000	.583** .000	.188 .050	-.039 .691	.298** .002
p15	.255** .007	.337** .000	.101 .298	.389** .000	.293** .002	.663** .000	.409** .000	1.00 .000	.848** .000	.659** .000	.355** .000	.499** .000
p16	.292** .002	.351** .000	.078 .419	.284** .003	.248** .009	.812** .000	.583** .000	.848** .000	1.00 .000	.683** .000	.239* .012	.533** .000
p17	.387** .000	.622** .000	.480** .000	.546** .000	.303** .001	.512** .000	.188 .050	.659** .000	.683** .000	1.00 .000	.352** .000	.449** .000
p18	.045 .646	.250** .009	.037 .704	.422** .000	.161 .095	.221* .021	-.039 .691	.355** .000	.239* .012	.352** .000	1.00 .000	.507** .000
p19	.091 .346	.400** .000	.137 .157	.295** .002	.277** .004	.554** .000	.298** .002	.499** .000	.533** .000	.449** .000	.507** .000	1.00 .000

A continuación, se describen algunas correlaciones entre variables, relacionadas con las categorías: comprensión y participación en las actividades del proceso de evaluación y contribución del proceso de evaluación al rendimiento académico.

- La autoevaluación utilizada para la mejora continua de evidencias (p13), tiene una correlación positiva muy alta con realizar coevaluación y autoevaluación de las evidencias (p14). Existe relación positiva alta entre (p13) y considerar que la autoevaluación contribuye al rendimiento académico (p15).
- Existe correlación positiva entre afirmar que la autoevaluación contribuye al rendimiento académico (p15) y considerar que la coevaluación contribuye al rendimiento académico (p16). Se identifica correlación positiva alta entre (p15) y afirmar que la heteroevaluación de evidencias contribuye al rendimiento académico (p17).
- Existe correlación positiva entre afirmar que la heteroevaluación de evidencias contribuye al rendimiento académico (p17) y comprender las evidencias a presentar en cada una de las fases del proyecto formativo (p9).

6.4.3 Análisis de los resultados de la evaluación de acuerdo al agente

En esta sección se realiza un análisis de los resultados de los tipos de evaluación de acuerdo al agente interviniente. Se comparan los resultados de la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación, en cuanto a la valoración del proyecto formativo. La hipótesis que se planteó:

- H_0 : “Existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación, en el grupo experimental”.

El p-valor < 0.05 de las variables autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación, permite afirmar que la muestra no proviene de una distribución normal. Los resultados de la prueba de hipótesis de la prueba de Kruskal-Wallis, mostraron p-valor = 0.001, a partir de lo cual rechaza la hipótesis nula y se puede afirmar que existe diferencia estadísticamente significativa en los tipos evaluación. En la figura 45, se presenta un diagrama de cajas y bigotes, con las medias y la dispersión de los tipos de evaluación.

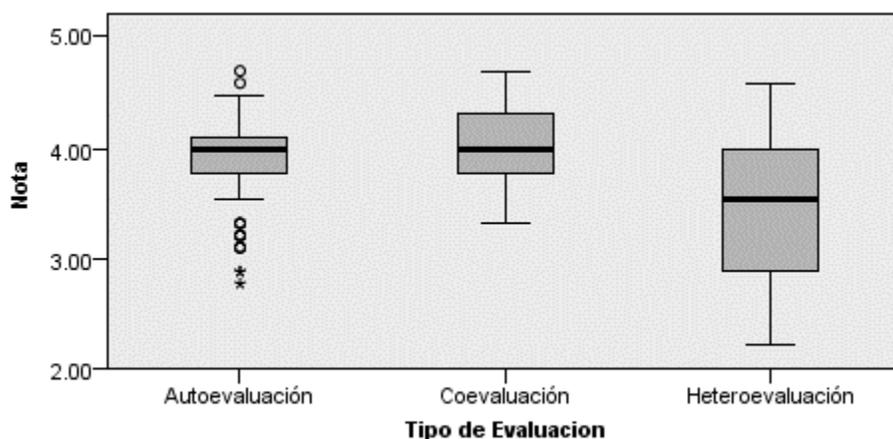


Figura 45. Comparación de los tipos de evaluación

El resultado de la prueba de hipótesis de la prueba de rangos múltiples entre parejas, mostró que existe diferencia entre la heteroevaluación y la coevaluación (p -valor=0.000). Existe diferencia entre heteroevaluación con la autoevaluación (p -valor=0.000). No existe diferencia entre la autoevaluación y la coevaluación (p -valor=0.583). Existe diferencia estadísticamente significativa entre la heteroevaluación y los tipos de evaluación donde interviene el estudiante. No existe diferencia significativa entre la nota promedio de la heteroevaluación y la coevaluación.

6.4.4 Análisis de variables relacionadas con la autoevaluación y la coevaluación

En esta sección se presenta la posible relación de la autoevaluación y la coevaluación, con variables las independientes: estrato, de colegio, género y edad del estudiante. Las hipótesis son:

- H_0 : "Existe diferencia estadísticamente significativa de los resultados de la autoevaluación y de la coevaluación, en función del estrato socioeconómico, del tipo de colegio de egreso, del género y la edad de los estudiantes".

En la tabla 46, la prueba de Kolmogorov-Smirnov, mostró que los datos de la variable autoevaluación con respecto a las variables descritas, no provienen de una distribución normal. Se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, para verificar la posible diferencia estadística de la autoevaluación con estas variables.

Tabla 46. Nivel de significancia entre la autoevaluación y las variables categóricas

Variable	Variable	Categoría	Kolmogorov-Smirnov		Kruskal-Wallis
			Estadístico	Sig.	Sig.
Autoevaluación	Estrato Socioeconómico	Muy bajo	.185	.144	0.262
		Bajo	.208	.003	
		Medio	.192	.001	
		Medio alto	.221	.141	
		Alto	.223	.056	
	Colegio	Público	.197	.000	0.036*
		Privado	.213	.000	
	Género	Hombre	.182	.000	0.294
		Mujer	.197	.000	
	Edad agrupada	<=18	.245	.000	0.680
>18		.168	.000		

*Nivel de significancia p -valor < 0,05

La prueba de hipótesis mostró que no existe diferencia estadística de la autoevaluación con relación al estrato socioeconómico, el género y a la edad. Se identificó diferencia significativa en la autoevaluación con relación al tipo de colegio. Los estudiantes de colegios privados se evalúan por encima de los estudiantes de colegio público. En la figura 46, se un diagrama de medias y de cajas y bigotes con la relación entre la autoevaluación y el tipo de colegio.

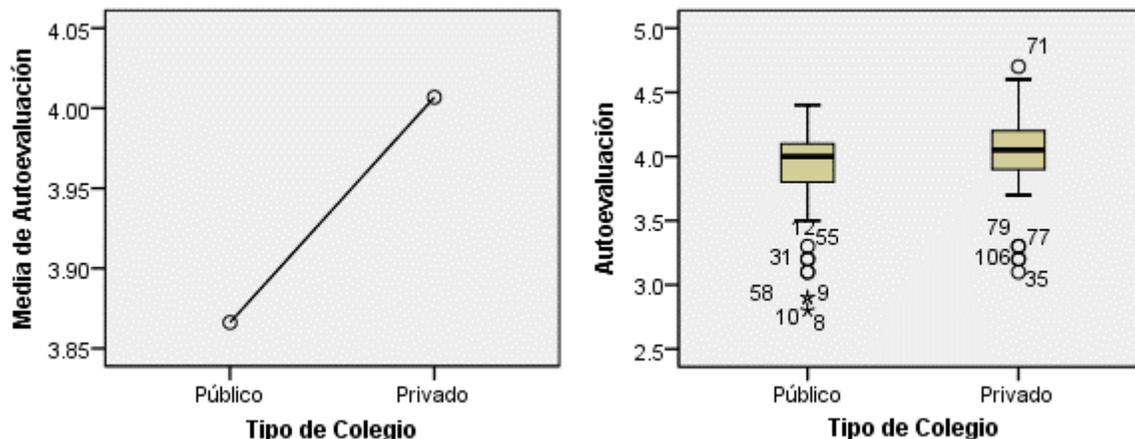


Figura 46. Media de autoevaluación con relación al tipo de colegio

En la tabla 47, se muestra los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, para verificar la posible diferencia estadística de la coevaluación con las variables (estrato, colegio, género, edad). La prueba de Kolmogorov-Smirnov, mostró que los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 47. Nivel de significancia entre la coevaluación y las variables categóricas

Categoría	Variable	Categoría	Kolmogorov-Smirnov		Kruskal-Wallis
			Estadístico	Sig.	
Coevaluación	Estrato Socioeconómico	Muy bajo	.119	.200	0.334
		Bajo	.134	.200	
		Medio	.146	.031	
		Medio alto	.307	.005	
		Alto	.164	.200	
	Colegio	Público	.118	.025	0.022*
		Privado	.095	.003	
	Genero	Hombre	.092	.200	0.359
		Mujer	.147	.025	
	Edad agrupada	<=18	.144	.103	0.510
>18		.121	.007		

Existe diferencia estadísticamente significativa de la coevaluación con relación al tipo de colegio. No se identificó diferencia en la coevaluación para las variables: estrato socioeconómico, género y edad.

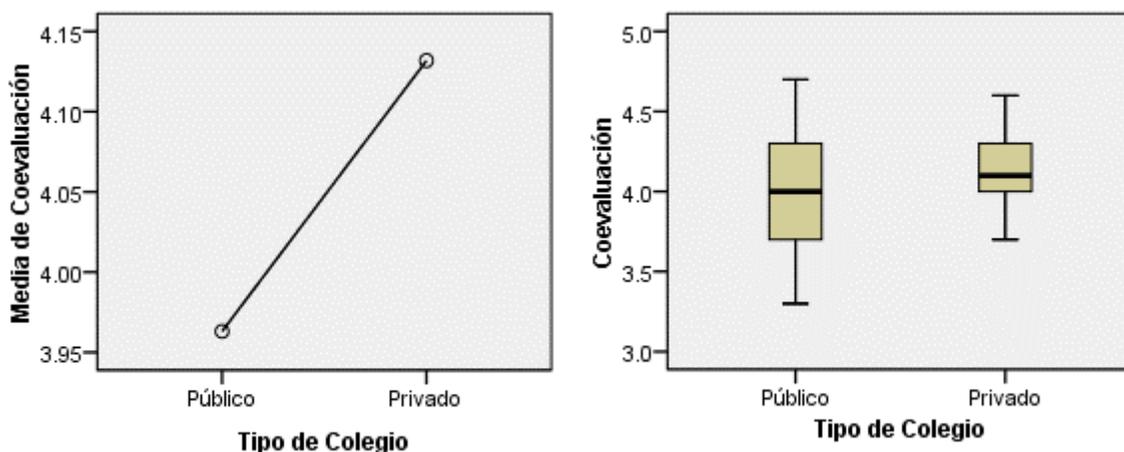


Figura 47. Media de coevaluación con relación al tipo de colegio

Los estudiantes de colegios privados coevalúan por encima de los estudiantes de los colegios públicos. En la figura 47, se un diagrama de medias y de cajas y bigotes con la relación entre la coevaluación y el tipo de colegio.

6.4.5 Relación de variables independientes con el rendimiento académico

Se presenta un análisis de variables que pueden tener incidencia en el rendimiento académico de los estudiantes. En la tabla 48, se presenta la prueba de hipótesis de Kolmogorov-Smirnov, para la normalidad del conjunto de datos de la variable rendimiento académico con las variables relacionadas. El análisis de varianza ANOVA, mediante el estadístico de Levene, mostró un nivel de significancia $p\text{-valor} > 0.05$ para todos los casos, lo cual confirma que las varianzas son homogéneas.

Tabla 48. Estadísticos de variables con relación al rendimiento académico

Variable	Categoría	Estadístico de Levene		Kolmogorov-Smirnov		ANOVA
		Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.	Sig.
Estrato Socioeconómico	Muy bajo			.098	.200	
	Bajo			.149	.111	
	Medio	0.677	0.609	.100	.200	0.109
	Medio alto			.182	.200	
	Alto			.164	.200	
Colegio	Público	0.108	0.742	.097	.200	0.773
	Privado			.134	.067	
Género	Hombre	3.567	0.061	.111	.056	0.663
	Mujer			.097	.200	
Estilo de aprendizaje	Visual-Intuitivo			.073	.200	
	Visual-Sensitivo	1.958	0.146	.121	.059	0.126
	Verbal-sensitivo			.126	.200	

Inicialmente se planteó las hipótesis: H_0 : "Existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico, en función del estrato socioeconómico".

El $p\text{-valor} = 0.109$ de la prueba de hipótesis de la ANOVA de un factor, permitió afirmar que no existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico en función del estrato socioeconómico, sin embargo, la gráfica de medias da un indicio que indica que los estudiantes de estrato alto tienen un mayor rendimiento académico.

La siguiente hipótesis formulada: H_0 : “Existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico, en función del colegio de egreso”. El p-valor= 0.773 generado de la prueba ANOVA de un factor, permitió afirmar que no existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico en función de acuerdo al tipo de colegio de egreso del estudiante.

La siguiente hipótesis fue: H_0 : “Existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico, en función del género”. El p-valor= 0.663 generado de la prueba ANOVA de un factor, permitió afirmar que no existe diferencia en el rendimiento académico en función del género.

La última hipótesis formulada: H_0 : “Existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico, en función del estilo de aprendizaje”. El p-valor= 0.126, de la prueba ANOVA de un factor, permite afirmar que no existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico en función del estilo de aprendizaje. La gráfica de medias de la figura 48, da un indicio que los estudiantes con estilo de aprendizaje visual-intuitivo y visual-sensitivo, tienen mejor desempeño académico que los estudiantes con otros estilos.

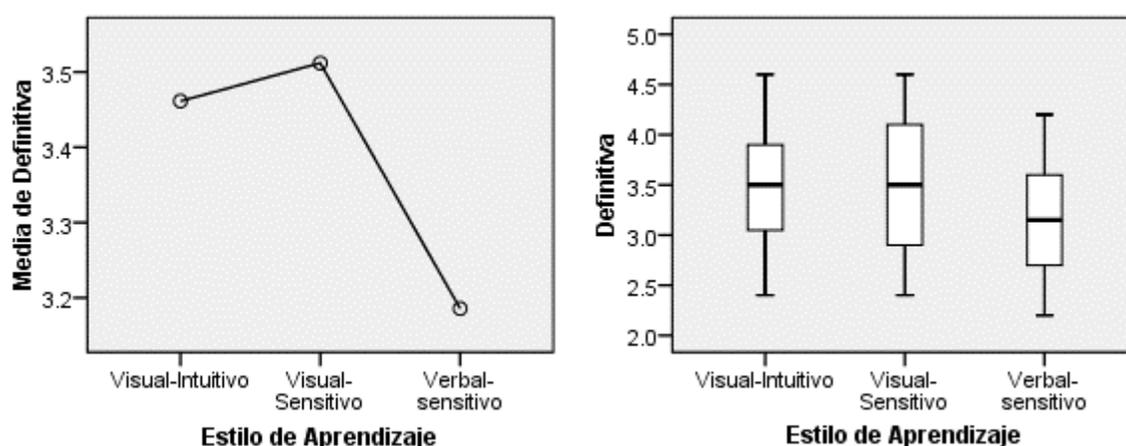


Figura 48. Comparación del rendimiento académico en función del estilo de aprendizaje

6.4.6 Análisis de los componentes del análisis factorial

Se presentan el análisis de los componentes generados mediante el análisis factorial de la sección 6.3.3. El estudio se basó en los principales cinco componentes del factorial: Metodología de proyectos formativos, proceso de evaluación, diseño del curso en la plataforma Moodle, adaptación de los recursos y las actividades de aprendizaje y proceso de aprendizaje y rendimiento académico. En la tabla 49, se presenta el nivel de significancia entre los factores proyecto, evaluación y rendimiento, con relación a diferentes variables independientes. La prueba de hipótesis se realizó mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Tabla 49. Nivel de significancia entre factor con variables independientes

Variable	Factor		
	PROYECTO	EVALUACIÓN	RENDIMIENTO
	p-valor	p-valor	p-valor
Género	.267	.050*	.367
Estrato Socioeconómico	.943	.652	.713
Tipo de colegio	.393	.000*	.095
Edad (2 rangos)	.785	.962	.027*
Trabaja	.329	.096	.252
Rendimiento académico (2 rangos)	.785	.517	.520
Rendimiento académico (3 rangos)	.047*	.088*	.808

Con base en el p-valor > 0.05, obtenido para las variables: estrato socioeconómico, edad (agrupada en 2 rangos), trabajo actual y rendimiento académico (agrupado en dos rangos), se puede afirmar que los diferentes factores no difieren en cada una de estas variables independientes.

Para la variable género, se evidenció que existe diferencia significativa con relación al factor evaluación. Los estudiantes de género femenino tienden a evaluar de formas más alta con relación a los estudiantes de género masculino. En cuanto a la variable rendimiento académico (agrupada en 3 rangos), se observó diferencia estadísticamente significativa en los factores proyecto y evaluación. La gráfica de medias de la figura 49, muestra que los estudiantes con mayor rendimiento académico (expresado en la nota definitiva) valoran por debajo los factores evaluación y proyecto, en relación a los estudiantes que tienen un menor rendimiento académico.

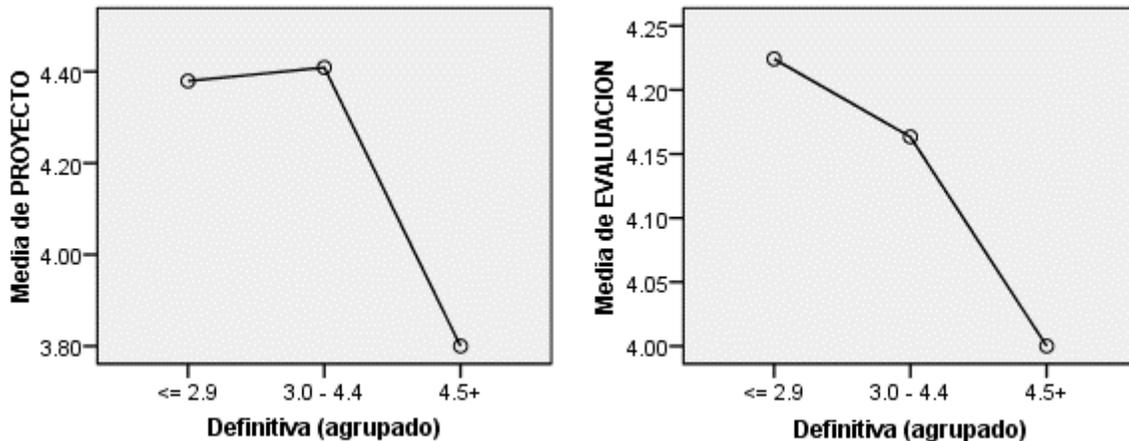


Figura 49. Media de definitiva agrupada con relación a los factores evaluación y proyecto

En la tabla 50, se presenta el nivel de significancia entre los factores plataforma y adaptación.

Tabla 50. Significancia entre factor (plataforma y adaptación) con variables independientes

Variable	Factor	
	PLATAFORMA	ADAPTACION
	p-valor	p-valor
Género	.040*	.975
Estrato Socioeconómico	.031*	.661
Tipo de colegio	.100	.416
Edad (2 rangos)	.187	.131
Trabaja	.551	.075
Rendimiento académico (2 rangos)	.691	.306
Estilo de aprendizaje	.537	.003*

Las variables: tipo de colegio, edad (2 rangos), trabaja y rendimiento académico (2 rangos), tienen nivel de significancia p-valor > 0.05, a partir de lo cual se puede afirmar que estas no difieren sobre los factores plataforma y adaptación. Se identificó que los estudiantes de estrato muy bajo son los que mejor valoran la funcionalidad de la plataforma y los de estrato más alto son los que peor la evalúan. La variable estilos de aprendizaje tiene relación con el factor adaptación. Los estudiantes con estilo de aprendizaje visual-intuitivo son los que mejor valoran los ítems relacionados con la adaptación. En la figura 50, se presenta la relación entre el factor adaptación y estilo de aprendizaje.

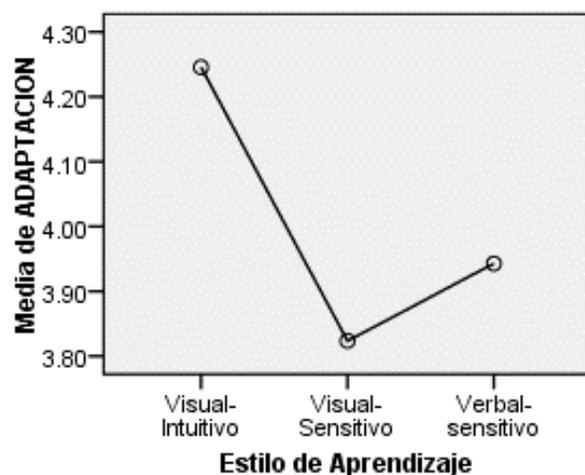


Figura 50. Relación del factor adaptación y el estilo de aprendizaje

6.4.7 Resultados del modelo de regresión múltiple por factor

En esta sección se presentan dos análisis de regresión múltiple, con referencia de (Olmos, 2008). El primer análisis de regresión está relacionado con la percepción de la plataforma Moodle. Para este caso, la variable dependiente es la percepción de plataforma y las variables independientes son todos los ítems relacionados con el componente 3 y el 4, del análisis factorial. La variable dependiente es una combinación lineal de los ítems de estos componentes. La tabla 51, muestra el resumen del modelo, el cual muestra un R cuadrado con el cual se puede explicar el 93.8% de la varianza del modelo. El modelo final incorporó el 90.0% de las variables independientes.

Tabla 51. Resumen del modelo de regresión para la variable plataforma Moodle

Modelo	R	R cuadrado	Variables Predictoras
1	.786	.618	(Constante), p29
2	.883	.780	(Constante), p29, p21
3	.918	.843	(Constante), p29, p21, p20
4	.938	.880	(Constante), p29, p21, p20, p27
5	.948	.899	(Constante), p29, p21, p20, p27, p24
6	.959	.919	(Constante), p29, p21, p20, p27, p24, p25
7	.963	.928	(Constante), p29, p21, p20, p27, p24, p25, p23
8	.966	.934	(Constante), p29, p21, p20, p27, p24, p25, p23, p26
9	.969	.938	(Constante), p29, p21, p20, p27, p24, p25, p23, p26, p22

El modelo eliminó la variable p28. La variable p29 es la que tiene la mayor incidencia en el modelo, seguida de la variable p25. Los resultados de la ANOVA del modelo de regresión con 9 variables, mostraron un p-valor < 0.05, lo que permite afirmar que el modelo mejora la predicción de la variable dependiente, es significativo para la población y permite predecir comportamientos de las variables.

Los resultados del modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre la variable dependiente y las 9 variables independientes, se presentan en la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{Plataforma} = & .390 + .171 * p29 + .097 * p21 + .089 * p20 + .076 * p27 + .115 * p24 \\
 & + .151 * p25 + .059 * p23 + .063 * p26 + .069 * p22
 \end{aligned}$$

La variable plataforma depende directamente de 9 variables independientes, cada una acompañada de un coeficiente que indica el peso relativo de esa variable en la ecuación.

El segundo análisis de regresión estuvo relacionado con la opinión de la metodología de evaluación de los proyectos formativos. La variable dependiente es una combinación lineal de los ítems relacionados con la contribución de la metodología de evaluación a la formación. La tabla 52, muestra el resumen del modelo, el cual muestra un R cuadrado con el cual se puede explicar el 97.6% de la varianza del mismo. El modelo final incorporó el 50% de las variables independientes.

Tabla 52. Resumen del modelo de regresión para la variable metodología de evaluación

Modelo	R	R cuadrado	Variables Predictoras
1	.797	.636	(Constante), p17
2	.878	.772	(Constante), p17, p13,
3	.912	.833	(Constante), p17, p13, p11
4	.929	.864	(Constante), p17, p13, p11, p19
5	.948	.899	(Constante), p17, p13, p11, p19, p8
6	.957	.915	(Constante), p17, p13, p11, p19, p8, p15
7	.962	.925	(Constante), p17, p13, p11, p19, p8, p15, p12

El modelo eliminó las variables independientes: p9, p10, p14, p16 y p19. El porcentaje de la varianza que se explica de la variable dependiente es muy alto y permite una buena predicción. La variable p19 es la que tiene la mayor incidencia en el modelo, seguida de la variable p16. Los resultados del modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre la variable dependiente y las 7 variables independientes, se presentan en la siguiente ecuación:

$$\text{Metodología_Evaluación} = .769 + .202 * p16 + .123 * p15 + .219 * p17 + .125 * p12 + .066 * p18 + .084 * p11$$

Los resultados de la ANOVA del modelo de regresión con 7 variables, muestran un p-valor < 0.05, a partir de lo cual se puede afirmar que el modelo mejora la predicción de la variable dependiente y permite predecir comportamientos de las variables.

6.5 Conclusiones del capítulo

El desarrollo de este estudio empírico se realizó en dos investigaciones: de carácter exploratorio y de carácter confirmatorio. En ambas se busca identificar la incidencia que la implementación de una metodología para la formación y evaluación de competencias, en un ambiente de aprendizaje virtual adaptativo, pueda tener sobre el rendimiento académico de los estudiantes. El análisis descriptivo para ambos estudios, mostró que los estudiantes respondieron favorablemente a los aspectos: comprensión y participación en las actividades del proceso de evaluación, contribución del proceso de evaluación al rendimiento académico, utilidad de los recursos y actividades de aprendizaje en Moodle y opinión sobre el diseño del curso en Moodle. Con relación al análisis de los resultados de la evaluación de acuerdo al agente que interviene, para ambos estudios, se identificó que existe diferencia estadísticamente significativa entre la heteroevaluación y la evaluación donde participa activamente el estudiante.

Capítulo 7

Conclusiones, discusión y trabajo futuro

7. Conclusiones, discusión y trabajo futuro

En este capítulo se presentan las conclusiones generales de la investigación. Se realiza una discusión basada en tres aspectos fundamentales: análisis de los resultados de la metodología de evaluación, análisis de los resultados sobre la metodología de proyectos formativos e incidencia de la personalización sobre el rendimiento académico de los estudiantes. Finalmente se proponen los trabajos futuros.

7.1 Conclusiones

En esta investigación se propuso como principal objetivo implementar una metodología para la evaluación de competencias, que contribuya a soportar los procesos de formación y evaluación en un ambiente de aprendizaje virtual adaptativo. Con base en las limitantes identificadas en el marco de referencia respecto a la evaluación de competencias en ambientes en línea, en particular, se propuso una metodología de evaluación con los componentes pedagógicos y tecnológicos, a partir de los cuales se puede orientar el diseño de cursos virtuales adaptativos basados en un enfoque explícito de competencias. Con el ánimo de contribuir a mejorar la educación a través de desarrollos tecnológicos pertinentes, en esta investigación se presentó la conceptualización, funcionalidades técnicas y casos de validación de una tecnología que permite el soporte a la gestión una metodología de evaluación, en una de las plataformas de gestión de cursos en línea de mayor uso a nivel mundial, el sistema de gestión de aprendizaje Moodle.

Con la revisión del estado del arte, se evidenció que en la actualidad existen diversas metodologías para la formación y evaluación de competencias (Miller, 1990), (Mislevy et al., 1999), (Hermans et al., 2005), (Brahim et al., 2010). En estas metodologías se identificó un interés de evaluar el desempeño de las personas mediante evidencias, así mismo, se constata la evolución de los modelos de acuerdo a reformas en la educación y a nuevas estrategias de evaluación. Durante los últimos años se confirman los esfuerzos orientados al mejoramiento de la calidad en la evaluación y a la incorporación de nuevos tipos y prácticas de evaluación. Sin embargo, en estos trabajos se evidencia la ausencia del uso de la tecnología, con la cual se podría hacer un mejor aprovechamiento de los elementos metodológicos que en ellas se plantean. Partiendo de esa limitante, en esta tesis de Doctorado se propuso una metodología que se fundamenta en un enfoque explícito de competencias; la metodología está basada en problemas del contexto, evidencias, criterios y niveles de dominio, en la cual pueden participar diversos actores que intervienen en el proceso educativo. El proceso de estructuración de la metodología se fundamentó en una secuencia de actividades soportadas en tareas, roles y productos de trabajo, a partir de los cuales se puede estructurar un curso virtual por competencias. Cada uno de estos elementos esta soportado por componentes tecnológicos que permiten configurar todos los aspectos de la acción educativa, partiendo de la planificación de los propósitos de formación y las competencias a formar, hasta la planificación de las actividades de aprendizaje, los recursos necesarios y la instrumentación del proceso de evaluación.

Los sistemas adaptativos educativos tienen como uno de los propósitos proporcionar a los estudiantes los elementos de instrucción necesarios para ajustar la ruta de aprendizaje de acuerdo a sus necesidades e intereses de aprendizaje. Para ello es necesario obtener la mayor información posible del estudiante, pues de ello depende la adecuada y pertinente calidad de los servicios que a este se le puede proporcionar. En la revisión del estado del arte se identificó que las propiedades más comúnmente definidas están referidas a aspectos cognitivos (Mislevy et al., 1999), (Lo et al., 2012), características de perfil académico (Chrysafiadi & Virvou, 2012), (Jeremić et al., 2012) y estilos de aprendizaje (Schiaffino et al., 2008), (Vélez, 2009), (Mendoza, 2015). El marco de referencia también permitió determinar que las características relacionadas con aspectos didácticos de evaluación no siempre son consideradas para realizar adaptación y no necesariamente consideran el nivel de dominio de una competencia para personalizar actividades y recursos de aprendizaje. En esta tesis se propuso un modelo de estudiante compuesto de cuatro dimensiones: aspectos de evaluación, perfil académico, datos personales y estilos de aprendizaje, cada una de las cuales posee diferentes características. En esta tesis se hace un aporte al modelado de estudiante, teniendo en cuenta que se hace un análisis formal de la posible incidencia de algunas características del modelo en el desempeño académico del estudiante. A nivel tecnológico, se hace un aporte a la comunidad académica, teniendo en cuenta que se desarrolló un componente adicional para Moodle, el cual permite el diagnóstico de los estilos de aprendizaje y del nivel de competencia de los estudiantes; variables a partir de las cuales es posible adaptar recursos y actividades de aprendizaje.

Con relación al estado del arte sobre el desarrollo de herramientas informáticas para procesos de evaluación electrónica, se estableció que las soluciones están muy orientadas a actividades de diagnóstico (Gouli et al., 2001), (Aguilar & Kaijiri, 2007), (Chatzopoulou & Economides, 2010), (Nour-eddine El Faddouli et al., 2011), (Badaracco, 2013) y seguimiento al estudiante (Lazarinis et al., 2010), (Vaca et al., 2013). Se identificaron cuatro plataformas tecnológicas predominantes para la implementación de estas herramientas: sistemas web, sistemas de tutoría inteligente, sistemas adaptativos y sistemas de gestión del aprendizaje. En esta tesis doctoral se hace un aporte a la implementación de componentes de software que soportan un proceso de evaluación de competencias sobre el LMS Moodle. Estos componentes de software permiten a un profesor el diseño y ejecución de un curso virtual por competencias bajo los lineamientos pedagógicos del enfoque socioformativo. También se determinó que los desarrollos tecnológicos están muy orientados a procesos centrados en el profesor, por tanto, aún siguen existiendo limitantes relacionadas con herramientas tecnológicas que permitan la participación activa del estudiante en procesos de evaluación electrónica.

En esta tesis también se hace una contribución desde la integración tecnológica, mediante la representación de una arquitectura de extensión para Moodle y la integración con los componentes de un sistema adaptativo educativo. El sistema adaptativo se estructuró sobre cuatro modelos: instrucción, dominio, estudiante y de adaptación. El modelo de instrucción se fundamentó en los lineamientos pedagógicos del enfoque socioformativo, el cual se presenta como un conjunto de competencias. Cada competencia tiene asociado un conjunto de evidencias que deben ser elaboradas y a partir de las cuales se establece un nivel de dominio, con el cual se realiza la adaptación de recursos y actividades de aprendizaje. El modelo de dominio se basó en un perfil de experto, el cual se representa mediante una jerarquía de nodos en los cuales queda explícito: perfil de egreso, competencias, criterios y evidencias, con sus respectivas relaciones. El modelo de estudiante contiene la integración de las características estilos de aprendizaje y nivel de competencia, con el propósito de constituir la función adaptativa del sistema.

7.2 Discusión

Se plantearon tres elementos para la discusión: análisis de los resultados sobre la metodología de evaluación, análisis de los resultados con relación a la metodología de proyectos formativos y la posible incidencia de la estrategia de personalización sobre el rendimiento académico.

1. Análisis de los resultados sobre la metodología de evaluación.

El análisis de los resultados de la metodología de evaluación se enfoca desde dos perspectivas: la validación con profesores universitarios y la implementación de la metodología en el estudio exploratorio y el estudio confirmatorio.

La validación con los profesores universitarios fue realizada por medio de un proceso de socialización y puesta en práctica de los lineamientos pedagógicos de la metodología. Al final de la puesta en práctica, se consultó a los profesores su opinión de la metodología con un cuestionario, al cual se le realizó un análisis de fiabilidad basado en el coeficiente alfa de Cronbach, que arrojó un coeficiente de 0.887 de discriminación positiva y por tanto un alto grado de consistencia interna. En el análisis factorial se verificó el cumplimiento de los supuestos estadísticos y se validó la validez de constructo, con base en los tres factores extraídos y generados por la matriz de componentes rotados. A partir de esos factores, se identificó que los profesores valoraron favorablemente el aporte de la metodología con respecto a la especificación de: el problema de contexto, la definición de los recursos y las actividades de aprendizaje, y la definición de las evidencias. Los profesores también valoraron positivamente el aporte de la metodología para la participación activa de los estudiantes en el proceso de evaluación.

El desarrollo de esta investigación evidenció algunas de las dificultades manifestadas en la incorporación de nuevas formas de evaluación (Van den Bergh et al., 2006), (Curtis, 2011). Una de estas dificultades radica en que los estudiantes se autoevalúan y coevalúan sin objetividad (Dochy et al., 1999a), (McDonald et al., 2000), (Sánchez et al., 2011). Los resultados del estudio exploratorio y confirmatorio, con relación a las evaluaciones realizadas por los estudiantes, apoyan las afirmaciones sobre la poca objetividad de estos, cuando realizan la autoevaluación y la coevaluación. Para ambos estudios, se identificó que existe diferencia estadísticamente significativa en la autoevaluación y la coevaluación, con relación a la heteroevaluación. En ambos estudios los resultados de las evaluaciones realizadas por los estudiantes, están por encima de la nota asignada por el profesor, a partir de lo cual se valida que los estudiantes no son objetivos y carecen de madurez al momento de realizar la autoevaluación y la coevaluación, lo cual está en correspondencia por lo planteado en (McDonald et al., 2000), (Dochy et al., 1999a). Con relación a la dependencia de los estudiantes para afrontar el proceso de autoevaluación y coevaluación, no se notó dependencia de los estudiantes para la toma de decisiones, esto podría deberse a que los estudiantes durante la elaboración del proyecto formativo desarrollaron autonomía en su proceso de aprendizaje.

Los resultados de ambos estudios están en correspondencia con reportes previos (Dochy et al., 1999b), (Álvarez, 2008), en los cuales los estudiantes valoran favorablemente su rol activo en el proceso de evaluación. En el trabajo de (Fiallos & Maradiaga, 2011) se encontró que un alto porcentaje de los estudiantes no les gusta asumir la responsabilidad en su propia evaluación o en la de sus compañeros. Lo que es opuesto a los resultados obtenidos en el estudio exploratorio y confirmatorio, en los cuales se identificó una actitud favorable por parte de los estudiantes para evaluar sus propias evidencias y las de sus compañeros; también se determinó que un alto

porcentaje de los estudiantes participaron de forma voluntaria en la evaluación de sus evidencias y la de sus compañeros.

En diversas investigaciones (Boud & Falchikov, 1989), (Dochy et al., 1999a), (Sung et al., 2005), (Van den Bergh et al., 2006), (Gessa, 2010), se constataron las ventajas de la implementación de la coevaluación en el proceso educativo. Para el estudio exploratorio y confirmatorio, el proceso de coevaluación involucró a los estudiantes y se les instó a participar en decisiones frente a la evaluación. Se permitió que los estudiantes definieran algunos criterios para la evaluación de las evidencias, lo cual está en consonancia con lo planteado en el trabajo de (Álvarez, 2008), en el cual se expresa que profesores y estudiantes, conjuntamente, clarifican los objetivos del aprendizaje y definen los criterios para su calificación. Así mismo, (Álvarez, 2008), plantea que los estudiantes que pueden hacer juicios más racionales al evaluar los logros de sus compañeros de clase, sin embargo, los resultados de las valoraciones de las evidencias en el estudio exploratorio y confirmatorio, mostraron una alta desviación de los resultados frente a las valoraciones realizadas por los profesores.

Los casos de estudio permitieron una reflexión continua entre profesores y estudiantes, lo cual se valida en el trabajo desarrollado en (Hall, 1995), en donde se destaca que la coevaluación proporciona reflexiones acerca del proceso de evaluación, el cual se considera muy útil para el proceso de evaluación para sus estudiantes. Por otro lado, en el trabajo de (Crespo, 2007), se presenta que los problemas más frecuentes que aparecen en la coevaluación son: abandono y desviaciones en las evaluaciones. Con respecto a esos problemas y como situación opuesta, se notó a lo largo de los casos de estudio, un alto porcentaje de participación de los estudiantes en el proceso de coevaluación y se constatan problemas en la puntuación de la evaluación por falta de objetividad por parte de los estudiantes. Así mismo, un porcentaje muy alto de los estudiantes consideraron que la coevaluación contribuye de forma positiva a su proceso de formación.

La experiencia pedagógica mostró que mediante la autoevaluación los estudiantes asumieron un papel proactivo y participaron activamente en la toma de decisiones sobre los criterios de evaluación, así mismo, fueron capaces de hacer juicios confiables acerca de lo que saben y lo que no, y de lo que pueden y no pueden hacer. También se eliminaron ciertas barreras y dependencias entre profesor y estudiante. La experiencia con la autoevaluación permite afirmar que los estudiantes desarrollaron capacidades de autorregulación, lo cual está en consonancia con los trabajos de (Corcoran, Dershimer, Tichenor, & Tichenor, 2004) (Curtis, 2011), (Nicol & Milligan, 2006), en los cuales se conoció qué competencias es necesario desarrollar y, cuál es la mejor manera de hacerlo, de forma sistemática y deliberada.

Se evidenció que pese a que las matrices de evaluación de competencias son consideradas un instrumento válido para la valoración de las evidencias, todavía es necesario seguir mejorando el proceso de evaluación para lograr una mayor objetividad tanto en la autoevaluación como en la coevaluación, lo cual está acorde con lo planteado por (Dochy et al., 1999b). El uso de las rúbricas como instrumento valoración de las evidencias, permitió unificar los criterios de evaluación entre profesor y estudiante, lo cual está en correspondencia con los reportes de (Torres & Perera, 2010), (Panadero & Jonsson, 2013). Por lo anterior, es evidente la necesidad trabajar en aspectos de autorregulación, con el propósito de generar mayor compromiso y objetividad en las evaluaciones en donde este es agente activo.

El análisis correlacional para el estudio exploratorio y confirmatorio, mostró que en ambos casos se identifican relaciones entre las variables que pertenecen a las categorías: comprensión y participación en las actividades del proceso de evaluación y contribución del proceso de evaluación

al rendimiento académico. Se determinó correlación significativa muy alta en considerar que la participación en la autoevaluación y la coevaluación, contribuyen al rendimiento académico de los estudiantes. Así mismo, se estableció correlación positiva entre realizar autoevaluación de las evidencias y considerar que la autoevaluación de evidencias es de utilidad para el proceso de formación. Para ambos estudios, se encontró que la autoevaluación tiene correlación positiva moderada con considerar que las rúbricas son instrumentos adecuados para la evaluación de evidencias.

Para el estudio exploratorio y confirmatorio, se realizó un análisis inferencial en el cual se presentó la posible relación de la autoevaluación y la coevaluación, con las variables independientes: estrato socioeconómico, tipo de colegio de egreso, género y edad del estudiante. Los resultados de las pruebas de hipótesis no paramétricas, mostraron que para ambos estudios no existe diferencia estadística significativa de la autoevaluación y la coevaluación, con relación al género y a la edad de los estudiantes. Para el estudio exploratorio se evidencia diferencia de la autoevaluación con el estrato socioeconómico, en donde se estableció que los estudiantes de estrato alto y medio alto son los que mejor se autoevalúan. Para ambos estudios se determinó diferencia significativa en la autoevaluación con relación al tipo de colegio. Los estudiantes de colegios privados se autoevalúan por encima de los estudiantes de colegio público. Con base en lo anterior, se puede inferir que el estrato alto y el colegio privado, denotan características que inciden en la alta valoración del desempeño en el proceso de autoevaluación. Frente a la coevaluación, en el estudio confirmatorio se identifica que existe diferencia significativa con relación al tipo de colegio, en el cual el p-valor = 0.022 ratifica que los estudiantes de colegio privado son los que más alto coevalúan a sus compañeros.

Finalmente se realizó un análisis de regresión múltiple, con el propósito de determinar la posible incidencia de un conjunto de variables sobre el factor metodología de investigación. Para ambos estudios (exploratorio y confirmatorio), se generaron modelos de regresión con una confiabilidad superior al 97.0% para hacer predicciones. Ambos modelos incorporaron comúnmente el 41.6% de las variables objetos de estudio. Se identifica que las variables: heteroevaluación, coevaluación y autoevaluación contribuyen al rendimiento académico.

2. Análisis de los resultados con relación a la metodología de proyectos formativos.

Los proyectos formativos son una metodología para el desarrollo y evaluación de competencias. La metodología tiene sus antecedentes en el método de proyectos de Kilpatrick (Kilpatrick, 1918), quien la abordó como un proceso dinámico de organizar la enseñanza mediante fases (propuesta, planificación, ejecución y evaluación) y actividades formativas articuladas, en las cuales se involucra de forma activa a los estudiantes en contextos de desempeño. El enfoque socioformativo retoma estos antecedentes y da origen a la estrategia de los proyectos formativos integrándole nuevos elementos metodológicos como el énfasis en el abordaje de problemas del contexto, el trabajo colaborativo y la gestión del conocimiento. Desde este enfoque, los proyectos formativos se conceptualizan como un conjunto de acciones articuladas para resolver un problema del contexto buscando un beneficio o servicio, con base en la colaboración y co-creación de saberes (Cardona, Vélez, & Tobón, 2015).

Debido a que Moodle no contaba con una estructura que soportara la metodología de proyectos formativos, se realizó un módulo extra para soportar este proceso con los estudiantes. Para orientar el desarrollo e integración de los componentes desarrollados se definió una arquitectura de

alto nivel, la cual se compuso de tres capas: capa de presentación, capa de componentes de lógica de negocio y la capa de datos. En la arquitectura se evidencia la extensión de un bloque a nivel de lógica de negocio y la extensión a nivel de los datos. La extensión a nivel de los datos permite el almacenamiento de colecciones de proyectos formativos, competencias y evidencias, las cuales se asocian a un curso específico de Moodle.

Los resultados de la opinión de los estudiantes con relación a la metodología de proyectos formativos, para el estudio exploratorio y confirmatorio, mostraron que un alto porcentaje de los estudiantes comprenden los aspectos pedagógicos básicos de la metodología. Así mismo, un porcentaje alto consideraron que la metodología contribuye e incide en los resultados de aprendizaje. Se determina en ambos estudios que los proyectos formativos propician la interacción entre profesores y estudiantes durante el proceso de formación, así mismo, destacan que estos promueven el trabajo colaborativo y la autogestión.

Los resultados del análisis correlacional para ambos estudios, mostraron que los lineamientos de la metodología de proyectos formativos tienen correlación positiva alta con la participación activa del estudiante en la evaluación y con su contribución al proceso de formación. También se identificó que la metodología de proyectos formativos contribuye al desarrollo de competencias, lo cual tiene relación directa con la participación activa de profesores y estudiantes en la definición de los criterios de evaluación del curso.

Otro análisis realizado en esta investigación, se derivó de los componentes generados mediante la técnica de análisis factorial, específicamente en lo relacionado con el factor metodología de proyectos formativos. La prueba de hipótesis mediante análisis no paramétricas para ambos estudios, mostró un p-valor > 0.05 para las variables: estrato socioeconómico, género, edad, trabajo actual, a partir de lo cual se puede afirmar que estas variables no tienen incidencia en la opinión de los estudiantes sobre la metodología de proyectos formativos. Sin embargo, se identifica que para la variable rendimiento académico el p-valor < 0.05 , permite afirmar que existe diferencia significativa frente al factor de proyectos formativos. Se determinó que los estudiantes con mayor rendimiento académico (expresado en la media de la nota definitiva) valoran por debajo el factor de proyectos formativos, frente a los estudiantes que tienen un menor rendimiento académico. Con base en lo anterior, se puede afirmar que la metodología es una estrategia que puede contribuir a la formación de los estudiantes con menor rendimiento.

3. Incidencia de la estrategia de personalización sobre el rendimiento académico.

La discusión en este punto se orienta a analizar la posible incidencia que puede tener un proceso de personalización en un ambiente virtual adaptativo, sobre el rendimiento académico de los estudiantes.

En la investigación educativa se reconoce la complejidad conceptual en torno al rendimiento académico y se identifica que no existe una acepción consensuada alrededor de su definición. En la revisión conceptual del constructo rendimiento académico, es común encontrar términos como desempeño académico, capacidad académica, sin embargo, tal como lo plantea (Edel, 2003) “las diferencias de concepto sólo se explican por cuestiones semánticas, ya que generalmente en la vida escolar y la experiencia docente, son utilizadas como sinónimos”. El concepto es casi definido de forma arbitraria, probablemente asociado a la variedad y tipo de datos que tenga en un momento dado para construir la variable dependiente, que es el rendimiento académico (Villegas, 2015). En esta tesis se hace un aporte al constructo de rendimiento académico, conceptualizándolo como la valoración cuantitativa y cualitativa del logro de competencia

alcanzado en el proceso de enseñanza-aprendizaje, dentro de un contexto de desempeño específico. Son diversas las investigaciones identificadas, en las cuales que analizan los factores que inciden pueden tener incidencia en el rendimiento académico del estudiante (Acevedo, 2011), (Suárez et al., 2014), (Villegas, 2015), (Arribas, 2012). Con los resultados obtenidos en esta investigación, se confirma lo planteado en (Garbanzo, 2013), en donde se afirma que el rendimiento académico es multicausal y es el producto de la interacción de múltiples factores sociales, personales e institucionales.

El análisis descriptivo de la opinión de los estudiantes con relación al aporte de la metodología de evaluación al rendimiento académico, mostró para el estudio exploratorio y confirmatorio, que los estudiantes valoran muy positivamente la contribución de la autoevaluación, coevaluación, heteroevaluación y la metodología de proyectos, en su rendimiento académico. Los resultados de ambos estudios también permitieron establecer que existe correlación positiva alta entre el rendimiento académico y le metodología de evaluación de los proyectos formativos. El alto porcentaje de estudiantes que lograron el nivel de competencia mínimo esperado para aprobar el proyecto formativo, así lo sugiere. Además, los resultados sugieren que la participación activa de los estudiantes en el proceso de evaluación incidió en el rendimiento académico de los estudiantes, esto teniendo en cuenta que un alto porcentaje los estudiantes alcanzó una alta valoración en su nivel de competencia. A pesar de ello, para la implementación de la presente investigación en algunos casos de estudio, se identificaron dificultades en cuanto a la implementación del proceso de evaluación con los estudiantes, debido a la naturaleza misma del sistema de evaluación institucional, en el cual no se contempla la participación activa del estudiante en la evaluación.

Para el estudio exploratorio y confirmatorio, se realizó un análisis inferencial en el cual se presentó la posible relación del rendimiento académico con las variables independientes: estrato socioeconómico, tipo de colegio de egreso, género y estilo de aprendizaje. Los resultados de las pruebas de hipótesis, mostraron que para ambos estudios no existe diferencia estadística significativa del rendimiento académico de acuerdo a las variables descritas anteriormente. Como un aspecto a resaltar en ambos estudios, el resultado de las medias aritméticas da indicio de que los estudiantes de estrato alto tienen un mayor rendimiento académico que los estudiantes de los estratos más bajos, para el total de estudiantes de la muestra.

Otro análisis realizado en esta investigación, se derivó de los componentes generados mediante la técnica de análisis factorial, específicamente derivado del análisis del rendimiento académico. La prueba de hipótesis mediante análisis no paramétricas para el estudio exploratorio, generó en todos los casos un p-valor > 0.05 , para las variables: estrato socioeconómico, género, edad, trabajo actual, experiencia en programación, a partir de lo cual se puede afirmar que estas variables no tienen incidencia en la opinión de los estudiantes sobre el rendimiento académico. Para el estudio confirmatorio la única variable en la cual se determinó diferencia estadísticamente significativa es la edad, en la cual se identifica que los estudiantes con menor edad tienen a valorar de forma menos favorable la contribución de la metodología de evaluación a su rendimiento académico.

Con base en los resultados de esta investigación, el estudio de la variable rendimiento académico en función de un proceso de evaluación, confirman lo reportado en el estudio realizado por (Arribas, 2012), en el cual se estableció que la evaluación continua propicia los mejores resultados en cuanto a la tasa de rendimiento y a las calificaciones obtenidas. En la investigación realizada por (Acevedo, 2011), se estableció una correlación significativa entre el rendimiento académico y

los estilos de aprendizaje, la cual no es confirmada en la investigación realizadas, teniendo en cuenta que en las pruebas de hipótesis no se identificó relación de los estilos de aprendizaje y el rendimiento académico. En la investigación realizada en (Suárez et al., 2014), se analizó la relación del rendimiento académico con la variable género, y se determinó que esta presenta una alta y significativa correlación con el desempeño académico. Para la presente investigación, no se encontró diferencia de rendimiento académico en función del género de los estudiantes.

7.3 Trabajo futuro

Como trabajos futuros se espera poder seguir validando el componente para Moodle con personas familiarizadas con la metodología que trabajen en diferentes contextos y que puedan enriquecer el desarrollo hasta la fecha realizado. Además, otras funcionalidades podrían ser adicionadas para satisfacer las necesidades de la comunidad de usuarios de la metodología. El desarrollo del componente y el trabajo colaborativo con la comunidad usuaria de la metodología, constituyen una oportunidad para el desarrollo de tecnologías pertinente, sencillas y que contribuyan la solución de problemas relacionados a la calidad y pertinencia educativa mundial.

Es necesario realizar investigaciones empíricas en las cuales se implementen actividades para apoyar a los estudiantes en la autoevaluación y coevaluación a partir de las rúbricas, buscando que sigan con mayor precisión los indicadores para establecer los logros, los aspectos por mejorar y el nivel de desempeño alcanzado en una determinada evidencia. Es evidente la necesidad trabajar en aspectos de autorregulación, con el propósito de generar mayor compromiso y objetividad en las evaluaciones en donde este es agente activo.

Otro trabajo futuro está relacionado con la implementación de bloques adicionales para Moodle, que permitan adaptaciones. Se plantea un componente para la evaluación adaptativa, mediante las técnicas de la teoría de respuesta al Ítem y las redes bayesianas, con los cuales se podría garantizar la validez, fiabilidad y objetividad de los resultados de evaluación. Implementar un componente para analíticas de aprendizaje que contenga técnicas estadísticas y modelos para la predicción que permitan realizar adaptaciones de acuerdos a sus intereses y necesidades de aprendizaje.

Especificar y analizar otras características en el modelo de estudiante, a partir de las cuales se puedan otras analizar variables que puedan ser significativas para el aprendizaje y que puedan aportar a un mejoramiento del perfilamiento del estudiante en entornos de aprendizaje virtuales adaptativos. Así mismo, la validación de otras características que se adicionen al modelo de estudiante según las necesidades identificadas y su aporte a la personalización.

8. Bibliografía

- Acedo, M. Á., & Ruiz-Cabestre, F. J. (2011). Una experiencia sobre la evaluación autónoma o participativa: autoevaluación y evaluación por los compañeros. *Arbor. Ciencia, Pensamiento Y Cultura*, 187(Extra_3), 183–188. <https://doi.org/10.3989/arbor.2011.Extra-3n3142>
- Acevedo, C. (2011). Estilos de aprendizaje, género y rendimiento académico. *Revista Estilos de Aprendizaje*, 4, 71–84.
- Aguilar, G., & Kaijiri, K. (2007). Design Overview of an Adaptive Computer-based Assessment System. *Interactive Educational Multimedia*, 14, 116–130.
- Ahmad, A., Basir, O., & Hassanein, K. (2004). Adaptive user interfaces for intelligent e-learning : issues and trends. In *Proceedings of The fourth international conference on electronic business* (pp. 925–934). Beijing.
- Akbulut, Y., & Cardak, C. S. (2012). Adaptive educational hypermedia accommodating learning styles: A content analysis of publications from 2000 to 2011. *Computers & Education*, 58(2), 835–842. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.008>
- Almond, R., Steinberg, L., & Mislevy, R. (2002). *A four-process architecture for assessment delivery, with connections to assessment design* (Vol. 2002). Princeton.
- Álvarez, I. (2008). La coevaluación como alternativa para mejorar la calidad del aprendizaje de los estudiantes universitarios. *Revista Universitaria Para La Formación Del Profesorado*, 22(3), 127–140.
- Anguita, J. C., Labrador, J. R. R., Campos, J. D., Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J., & Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 527–538. <https://doi.org/10.1157/13047738>
- Antal, M., & Koncz, S. (2011). Student modeling for a web-based self-assessment system. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 6492–6497. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.11.096>
- Arguelles, A., & Gonczi, A. (2000). *Competency based education training: a world perspective. Journal of Workplace Learning* (Vol. 16). Mexico: Editorial Limusa.
- Arribas, J. (2012). El rendimiento académico en función del sistema de evaluación empleado. *Revista Electrónica de Investigación Y Evaluación Educativa*, 18(1), 1–15. Retrieved from http://www.uv.es/RELIEVE/v18n1/RELIEVEv18n1_3.htm
- Baartman, L. K. J., Bastiaens, T. J., Kirschner, P. a., & van der Vleuten, C. P. M. (2007). Evaluating assessment quality in competence-based education: A qualitative comparison of two frameworks. *Educational Research Review*, 2(2), 114–129. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.06.001>
- Badaracco, M. (2013). *Sistema Tutor Inteligente basado en Competencias (STI-C). Propuesta de Arquitectura y Diagnóstico*. Universidad de Málaga.
- Badaracco, M., & Martínez, L. (2011). An Intelligent Tutoring System Architecture for Competency-Based Learning. In König et al (Ed.), *Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems* (Springer-V, pp. 124–133). Kaiserslautern: Springer Berlin / Heidelberg.
- Baker, R. S. J., Corbett, A. T., & Wagner, A. Z. (2006). Human Classification of Low-Fidelity Replays of Student Actions. In *Proceedings of the Educational Data Mining Workshop at the 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (pp. 29–36).
- Barbosa, H. (2010). *Generador de pruebas objetivas adaptadas a las preferencias de presentación de los usuarios*. Universidad de Salamanca.
- Barla, M., Bieliková, M., Ezzeddinne, A. B., Kramár, T., Šimko, M., & Vozár, O. (2010). On the impact of adaptive test question selection for learning efficiency. *Computers & Education*, 55(2), 846–857. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.03.016>
- Bhalerao, A., & Ward, A. (2001). Towards electronically assisted peer assessment: a case study. *Research in Learning Technology*, 9(1), 26–37. <https://doi.org/10.1080/09687760108656773>
- Biemans, H., Nieuwenhuis, L., Poell, R., Mulder, M., & Wesselink, R. (2005). Competence-based VET in the Netherlands : background and pitfalls. *Vocational Education and Training*, 56(4),

523–538.

- Bontcheva, K. (2002). Adaptivity, adaptability, and reading behaviour: some results from the evaluation of a dynamic hypertext system. *Lecture Notes in Computer Science*, 2347, 69–78.
- Boticario, J., Santos, O., & Van Rosmalen, P. (2006). Issues in developing adaptive learning management systems for higher education institutions. In *ADALE Workshop. Adaptive hypermedia 2006 conference* (pp. 55–71). Dublin.
- Boud, D., & Falchikov, N. (1989). Quantitative studies of self-assessment in higher education: a critical analysis of findings. *Higher Education*, 18(5), 529–549.
- Brahim, E. F., Mohammed, K. I., & Samir, B. (2010). A formative assessment model within the competency-based-approach for an individualized e-learning path. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 40, 208–212.
- Brusilovsky, P. (1994). The Construction and Application of Student Models in Intelligent Tutoring Systems. *The Construction and Application of Student Models in Intelligent Tutoring Systems*, 32(1), 70–89.
- Brusilovsky, P. (2001). Adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11, 87–110.
- Brusilovsky, P. (2004). KnowledgeTree : A distributed architecture for adaptive e-learning. In *Proceedings of the 13th international world wide web conference* (pp. 104–113). New York, New York, USA.
- Bull, S., & McKay, M. (2004). An Open Learner Model for Children and Teachers: Inspecting Knowledge Level of Individuals and Peers. In J. C. Lester, R. M. Vicari, & F. Paraguacu (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems: 7th International Conference, ITS 2004* (pp. 646–655). Maceió: Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bunk, G. (1994). La transmisión de las competencias en la formación y perfeccionamiento profesionales de la RFA. *Revista Europea*, 1, 8–14.
- Burgos, D., Santos, J., & Fernández, D. (2007). Proyecto Suma - Modelo de aprendizaje adaptativo.
- Campbell, D., & Stanley, J. (1966). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Cano, M. (2008). La evaluación por competencias en la educación superior. *Revista de Curriculum Y Formación Del Profesorado*, 12(3), 1–16.
- Cardona, S., Vélez, J., & Navarro, Y. (2015). Hacia un modelo de estudiante para un entorno de aprendizaje virtual adaptativo. In *IX Congreso Internacional de Innovación Educativa*. Veracruz.
- Cardona, S., Vélez, J., & Tobón, S. (2013). Towards an adaptive system based on competences. In *6th COLCOM - IEEE Colombian Conference on Communications and Computer* (pp. 1–6). Medellín: IEEE.
- Cardona, S., Vélez, J., & Tobón, S. (2014). Proceso de evaluación de competencias basado en proyectos formativo. *Ingeniería E Innovación*, 2(1), 9–18.
- Cardona, S., Vélez, J., & Tobón, S. (2015). Proyectos Formativos y Evaluación con Rúbricas. *Revista Paradigma*, 36(2), 74–98.
- Carmagnola, F., Cena, F., & Gena, C. (2011). User model interoperability: a survey. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 21(3), 285–331. <https://doi.org/10.1007/s11257-011-9097-5>
- Cataldi, Z., & Lage, F. J. (2010). Modelado del Estudiante en Sistemas Tutores Inteligentes. *Revista Iberoamericana de Tecnología En Educación Y Educación En Tecnología*, 5, 29–38.
- Chatzopoulou, D. I., & Economides, A. A. (2010). Adaptive assessment of student 's knowledge in programming courses. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(4), 258–269. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2010.00363.x>
- Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2012). Evaluating the integration of fuzzy logic into the student model of a web-based learning environment. *Expert Systems with Applications*, 39(18), 13127–13134. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.089>
- Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2013). Student modeling approaches: A literature review for the last decade. *Expert Systems with Applications*, 40(11), 4715–4729. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.02.007>
- Clemente, J., Ramírez, J., & de Antonio, A. (2011). A proposal for student modeling based on ontologies and diagnosis rules. *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8066–8078.

- <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.12.146>
- Clemente, J., Ramírez, J., & de Antonio, A. (2014). Applying a student modeling with non-monotonic diagnosis to Intelligent Virtual Environment for Training/Instruction. *Expert Systems with Applications*, 41(2), 508–520. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.07.077>
- Colak, I., Sagiroglu, S., & Kahraman, H. T. (2008). A User Modeling Approach to Web Based Adaptive Educational Hypermedia Systems. In *2008 Seventh International Conference on Machine Learning and Applications* (pp. 694–699). San Diego: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICMLA.2008.66>
- Conejo, R., Guzmán, E., Millán, E., Trella, M., & Pérez-de-, J. L. (2004). SIETTE : A web – based tool for adaptive testing. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 14, 1–33.
- Conejo, R., Millán, E., Pérez, J., & Trella, M. (2001). Modelado del alumno : un enfoque bayesiano. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 12, 50–58.
- Corcoran, C. A., Dershimer, E. L., Tichenor, M. S., & Tichenor, S. (2004). to Alternative Teacher Assessment Taking the First. *The Clearing House*, 77(5), 213–216.
- Corral. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de La Educación*, 19(33), 228–247.
- Crespo, R. (2007). *Metodología adaptativa para procesos colaborativos de evaluación en entornos de aprendizaje*. Universidad Carlos III de Madrid.
- Ćukušić, M., Garača, Ž., & Jadrić, M. (2014). Online self-assessment and students' success in higher education institutions. *Computers & Education*, 72, 100–109. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.018>
- Curtis, S. M. (2011). Formative assessment in accounting education and some initial evidence on its use for instructional sequencing. *Journal of Accounting Education*, 29(4), 191–211. <https://doi.org/10.1016/j.jaccedu.2012.06.002>
- De Bra, P., Aerts, A., Berden, B., De Lange, B., Rousseau, B., Santic, T., ... Stash, N. (2003). AHA! The adaptive hypermedia architecture. In *HYPERTEXT 03 Proceedings of the fourteenth ACM conference on hypertext and hypermedia* (pp. 81–84). New York, New York, USA: ACM.
- De Coi, J., Herder, E., Koesling, A., Lofi, C., Olmedilla, D., Papapetrou, O., & Siberski, W. (2007). A model for competence gap analysis. In *International Conference on Web Information Systems and Technologies*.
- De la Orden, A. (2011). Reflections on competency based assessment in education. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(2), 1–21.
- Despotović-zrakić, M., Marković, A., Bogdanović, Z., Barać, D., & Ilića, J. (2012). Providing adaptivity in Moodle LMS courses ddaptive e-learning systems. *Educational Technology & Society*, 15(1), 326–338.
- Díaz-barriga, Á. (2006). El enfoque de competencias en la educación. ¿Una alternativa o un disfraz de cambio? *Perfiles Educativos*, XXVIII(111), 7–36.
- Díaz-barriga, Á. (2011). Competencias en educación . Corrientes de pensamiento e implicaciones para el currículo y el trabajo en el aula. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 2(5), 3–24.
- Dochy, F., Segers, M., & Sluijsmans, D. (1999a). The use of self-, peer and co-assessment in higher education: A review. *Studies in Higher Education*, 24(3), 331–350. <https://doi.org/10.1080/03075079912331379935>
- Dochy, F., Segers, M., & Sluijsmans, D. (1999b). The use of self-, peer and co-assessment in higher education: A review. *Studies in Higher Education*, 24(3), 331–350. <https://doi.org/10.1080/03075079912331379935>
- Dorça, F. a., Lima, L. V., Fernandes, M. a., & Lopes, C. R. (2013). Comparing strategies for modeling students learning styles through reinforcement learning in adaptive and intelligent educational systems: An experimental analysis. *Expert Systems with Applications*, 40(6), 2092–2101. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.10.014>
- Duque, N. (2009). *Modelo Adaptativo Multi-Agente para la Planificación y Ejecución de Cursos Virtuales Personalizados*. Universidad Nacional de Colombia.
- Duque, N., & Agudelo, A. (2006). Sistema Multiagente para la Evaluación Personalizada en Cursos Virtuales. *Revista Avances En Sistemas E Informática*, 3(2), 7–12.
- Eclipse. (2012). Eclipse Process Framework Composer. Ontario. Retrieved from

- <http://www.eclipse.org/org/>
Eclipse. (2013). Eclipse Modeling Framework Project. Retrieved April 12, 2013, from <http://www.eclipse.org/modeling/emf/>
- Edel, R. (2003). El rendimiento académico: concepto, investigación y desarrollo. *Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia Y Cambios En Educación*, 1(2), 1–16.
- El Faddouli, N., El Falaki, B., Idrissi, M. K., & Bennani, S. (2011). Towards an adaptive competency-based learning system using assessment. *International Journal of Computer Science*, 8(1), 265–274.
- Epstein, R. M., & Hundert, E. M. (2002). Defining and assessing professional competence. *American Medical Association*, 287(2), 226–235.
- Essa, E., Dittrich, A., Dascalu, S., & Jr., F. C. H. (2010). ACAT: A web-based software tool to facilitate course assessment for ABET accreditation. In *2010 Seventh international conference on Information technology* (pp. 88–93). Las Vegas: Ieee. <https://doi.org/10.1109/ITNG.2010.224>
- Faddouli, N. El, Falaki, B. El, & Idrissi, M. K. (2011). Design an Adaptive Competency-Based Learning Web Service According to IMS-LD Standard. In *Innovative Computing Technology: First International Conference* (pp. 37–47). Theran: Springer.
- Felder, R., & Brent, R. (2001). Effective strategies for cooperative learning. *Cooperation & Collaboration in College Teaching*, 10(2), 69–75.
- Felder, R., & Silverman, L. (1988). Learning and teaching styles. *Engineering Education*, 78(7), 674–681.
- Fiallos, Z., & Maradiaga, N. (2011). La incorporación del estudiante a su evaluación ; la situación en la UPN. *Paradigma : Revista de Investigación Educativa*, 20(30), 65–75.
- Florián, B. (2013). *Technology-enhanced support for lifelong competence development in higher*. University of Girona.
- Florián, B., Baldiris, S., & Fabregat, R. (2010). A new competency-based e-assessment data model. In *Education Engineering (EDUCON)* (pp. 473–480). Madrid: IEEE.
- Garbanzo, G. (2013). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios desde el nivel socioeconómico: Un estudio en la Universidad de Costa Rica. *Revista Electrónica Educare*, 17(3), 57–87. Retrieved from <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/EDUCARE/article/view/5258/5448>
- García, M. (2010). *Diseño y validación de un modelo de evaluación por competencias en la universidad*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- García Jiménez, E., Gil Flores, J., & Rodríguez Gómez, G. (2000). *Análisis Factorial*. Madrid: La muralla.
- Gaudioso, E. (2002). *Contribuciones al Modelado del Usuario en Entornos Adaptativos de Aprendizaje y Colaboración a través de Internet mediante técnicas de Aprendizaje Automático*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Gessa, P. (2010). Co-assessment as a complementary alternative to learning assessment . Analysis and reflection in university classrooms. *Revista de Educación*, 354, 749–764.
- Gibbs, G. (2006). How Assessment frames student learning. In C. Bryan & K. Clegg (Eds.), *Innovative Assessment in Higher Education* (pp. 23–36). Lon.
- Gikandi, J. W., Morrow, D., & Davis, N. E. (2011). Online formative assessment in higher education: A review of the literature. *Computers and Education*, 57(4), 2333–2351. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.06.004>
- Gómez, I. (2005). Competencias profesionales: una propuesta de evaluación para Las facultades de ciencias administrativas. *Educación Y Educadores*, 8, 45–66.
- Gonczy, A., & Athanasou, J. (1996). *Instrumentación de la educación basada en competencias. Perspectiva de la teoría y la práctica en Australia* (Limusa). Mexico.
- González, G., Héctor, M., Duque, M., Nestor, D., Ovalle, C., & Demetrio, A. (2008). Modelo del Estudiante para Sistemas Adaptativos de Educación Virtual. *Avances En Sistemas E Informática*, 5(1), 199–206.
- Gouli, E., Kornilakis, H., Papanikolaou, K., & Grigoriadou, M. (2001). Adaptive Assessment Improving Interaction in an Educational Hypermedia System. In *Proceedings of the PanHellenic Conference with International Participation in Human-Computer Interaction* (pp. 1–7). Patra.

- Graf, S. (2007). *Adaptivity in Learning Management Systems Focussing on Learning Styles* by. Vienna University of Technology.
- Graf, S., & Kinshuk. (2009). Advanced Adaptivity in Learning Management Systems by Considering Learning Styles. *2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology*, 235–238. <https://doi.org/10.1109/WI-IAT.2009.271>
- Grant, G., Elbow, P., Ewens, T., Gamson, Z., Kohli, W., Neumann, W., ... Riesman, D. (1979). *On competence: a critical analysis of competence-based reforms in higher education*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Griffiee, D. (1995). *A Longitudinal Study of Student Feedback: self-assessment*.
- Grubiši, A., Stankov, S., & Žitko, B. (2013). Stereotype Student Model for an Adaptive e-Learning System. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 76, 20–27.
- Guzmán, E. (2005). *Un modelo de evaluación cognitiva basado en Tests Adaptativos para el diagnóstico en Sistemas Tutores Inteligentes*. Universidad de Málaga.
- Hagan, C., Konopaske, R., Bernardin, J., & Tyler, C. (2006). Predicting assessment center performance with 360-degree, top-down, and customer-based competency assessments. *Human Resource Management*, 45(3), 357–390. <https://doi.org/10.1002/hrm>
- Hall, K. (1995). Co-assessment: participation of students with staff in the assessment process. In *2nd European Electronic Conference on Assessment and Evaluation*. European Academic & Research Network (EARN).
- Hassmen, P., Sams, M., & Hunt, D. (1996). Self-assessment responding and testing methods: effects on performers and observers. *Perceptual and Motor Skills*, 83, 1091–1104.
- Héctor, G. (2009). *Modelo dinámico del estudiante en cursos virtuales adaptativos utilizando técnicas de inteligencia artificial*. Universidad Nacional de Colombia.
- Hermans, H., Burgers, J., Latour, I., Joosten-ten Brinke, D., Giesbers, B., & van Bruggen, J. (2005). *Educational model for assessment*. Heerlen.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw Hill.
- Herrington, J., & Herrington, A. (2006). Authentic conditions for authentic assessment: Aligning task and assessment. In *Proceedings of the 29th HERDSA Annual Conference* (pp. 146–151). Perth: Higher Education Research and Development Society of Australasia. Retrieved from http://search.proquest.com/professional/docview/764304471?accountid=14719%5Cnhttp://ope.nurl.quebec.ca:9003/uqam?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:book&genre=conference&sid=ProQ:Australian+Education+Index&atitle=&title=Authentic+condition
- Ibarra Sáiz, M. S., Gómez Rodríguez, G., & Gómez Ruiz, M. Á. (2012). La evaluación entre iguales: beneficios y estrategias para su práctica en la universidad. *Revista de Educación*, (359), 206–231. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2011-359-092>
- Jeremić, Z., Jovanović, J., & Gašević, D. (2012). Student modeling and assessment in intelligent tutoring of software patterns. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 210–222. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.07.010>
- Joosten-ten Brinke, D., van Bruggen, J., Hermans, H., Burgers, J., Giesbers, B., Koper, R., & Latour, I. (2007). Modeling assessment for re-use of traditional and new types of assessment. *Computers in Human Behavior*, 23(6), 2721–2741. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2006.08.009>
- Kassim, A. A., Kazi, S. A., & Ranganath, S. (2004). A Web-based Intelligent Learning Environment for Digital Systems. *International Journal of Engineering Education*, 20(1), 13–23.
- Keppell, M., Au, E., Ma, A., & Chan, C. (2007). Peer learning and learning-oriented assessment in technology-enhanced environments. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 31(4), 453–464. <https://doi.org/10.1080/02602930600679159>
- Kilpatrick, W. H. (1918). The Project Method. *Teachers College*, 19, 319–335.
- Kim, J. (2004). Education reform policies and classroom teaching in South Korea. *International Studies in Sociology of Education*, 14, 125–145.
- Kim, J., Lee, A., & Ryu, H. (2013). Personality and its effects on learning performance : Design guidelines for an adaptive e-learning system based on a user model. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 43(5), 450–461. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2013.03.001>
- Lam, S., Cheng, R. W., & Choy, H. C. (2010). School support and teacher motivation to implement project-based learning. *Learning and Instruction*, 20(6), 487–497.

- <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.07.003>
- Lazarinis, F., Green, S., & Pearson, E. (2010). Creating personalized assessments based on learner knowledge and objectives in a hypermedia Web testing application. *Computers & Education*, 55(4), 1732–1743. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.019>
- Limongelli, C., Sciarrone, F., & Vaste, G. (2011). Personalized e-learning in Moodle : the Moodle _LS system. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 7(1), 49–58.
- Llamas-Nistal, M., Fernández-Iglesias, M. J., González-Tato, J., & Mikic-Fonte, F. a. (2013). Blended e-assessment: Migrating classical exams to the digital world. *Computers & Education*, 62, 72–87. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.021>
- Lo, J.-J., Chan, Y.-C., & Yeh, S.-W. (2012). Designing an adaptive web-based learning system based on students' cognitive styles identified online. *Computers & Education*, 58(1), 209–222. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.018>
- Marinagi, C. C., Kaburlasos, V. G., & Tsoukalas, V. T. (2007). An architecture for an adaptive assessment tool. In *37th annual frontiers in education conference* (pp. 11–16). Milwaukee,: Ieee. <https://doi.org/10.1109/FIE.2007.4417979>
- Martínez, R. A. (2007). *La investigación en la práctica educativa: Guía metodológica de la investigación para el diagnóstico y evaluación en los centros docentes* (Centro de). Madrid.
- Mcclelland, D. (1973). Testing for competence rather than for “intelligence.” *American Psychologist*, 28(1), 1–14.
- Mcdonald, R., Boud, D., Francis, J., & Gonnczi, A. (2000). Nuevas perspectivas sobre la evaluación. *Boletín de Cinterfor*, 149, 41–72.
- Mendoza, M. (2015). *Marco de referencia para la elaboración de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje miguel angel mendoza moreno*. Universidad del Cauca.
- Millan, E. (2000). *Sistema bayesiano para modelado del alumno*. Universidad de Málaga.
- Millan, E., & Pérez, J. (2002). A Bayesian Diagnostic Algorithm for Student Modeling and its Evaluation. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 12, 281–330.
- Miller, G. (1990). The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic Medicine : Journal of the Association of American Medical Colleges*, 65(9), 63–69.
- Minstrell, J., & Kraus, P. (2005). Guided inquiry in the science classroom. In S. Donovan & J. Bransford (Eds.), *How students learn: history, mathematics, and science in the classroom* (pp. 475–513). Washington.
- Mislevy, R. J., Steinberg, L. S., Breyer, F. J., Almond, R. G., & Johnson, L. (1999). Making sense of data from complex assessments. Princeton.
- Moura, J. G., Brandão, L. O., & Brandão, A. A. F. (2007). A web-based learning management system with automatic assessment resources. In *Frontiers in education conference - Global engineering* (pp. 1–6). Milwaukee.
- Mulder, M., Weigel, T., & Collins, K. (2006). The concept of competence in the development of vocational education and training in selected EU member states – a critical analysis. *Journal of Vocational Education and Training*, 59(1), 65–85.
- Muñoz, K., Kevitt, P. M., Lunney, T., Noguez, J., & Neri, L. (2011). An emotional student model for game-play adaptation. *Entertainment Computing*, 2(2), 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2010.12.006>
- Nicol, D., & Milligan, C. (2006). Rethinking technology-supported assessment practices in relation to the seven principles of good feedback practice. *Innovative Assessment in Higher Education*, 1–14. Retrieved from http://www.reap.ac.uk/reap/public/Papers/Nicol_Milligan_150905.pdf
- Nussbaumer, A., Gütl, C., & Neuper, W. (2010). A Methodology for Adaptive Competence Assessment and Learning Path Creation in ISAC. In *13th International conference on interactive computer aided learning* (pp. 1136–1139). Hasselt.
- Ocampo, F., Guzmán, A., Camarena, P., & de Luna, R. (2014). Identificación de estilos de aprendizaje en estudiantes de ingeniería. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(61), 401–429. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662014000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- OCDE. (2005). *Definition and Selection of Competencies (DeSeCo) Project*. Retrieved from <http://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/definitionandselectionofcompetenciesdeseco.htm>

- Olmos, S. (2008). *Evaluación Formativa y Sumativa de estudiantes universitarios: Aplicación de las Tecnologías a la Evaluación Educativa*. Universidad de Salamanca.
- OMG. (2008). Software & Systems Process Engineering Meta-Model Specification V2.0. <https://doi.org/formal/2008-04-01>
- Oppermann, R. (1994). *Adaptive user support* (Lawrence E). Hillsdale, New Jersey.
- Ouellet, A. (2000). La evaluación informativa al servicio de las competencias. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 41, 30–42.
- Ozyurt, H., Ozyurt, O., Baki, A., & Guven, B. (2012). An Application of Individualized Assessment in Educational Hypermedia: Design of Computerized Adaptive Testing System and its Integration Into UZWEBMAT. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 3191–3196. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.035>
- Panadero, E., & Jonsson, A. (2013). The use of scoring rubrics for formative assessment purposes revisited: A review. *Educational Research Review*, 9, 129–144. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.002>
- Paramythis, A., & Loidl-reisinger, S. (2004). Adaptive learning environments and e-learning standards. *Electronic Journal on E-Learning*, 2(1), 181–194.
- Pellegrino, J. (2002). Knowing what student knows. *Issues in Science and Technology*, 2, 48–52.
- Perrenoud, P. (2004). *Diez nuevas competencias para enseñar* (GRAO). Barcelona.
- Petrov, M., & Aleksieva-petrova, A. (2008). Developing a software tools for nontraditional methods of assessment. *International Scientific Conference Computer Science*, 490–495.
- Popescu, E., Trigano, P., & Badica, C. (2007). Evaluation of a learning management system for adaptivity purposes. *2007 International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology (ICCGI'07)*, 9–9. <https://doi.org/10.1109/ICCGI.2007.24>
- Quellmalz, E., & Pellegrino, J. (2009). Technology and testing. *Science*, 323, 75–79. <https://doi.org/10.1126/science.1168046>
- Reeves, T. (2000). Alternative Assessment Approaches for Online Learning Environments in Higher Education. *Journal of Educational Computing Research*, 23(1), 101–111.
- Rodríguez, G., Ibarra, S., & García, E. (2013). Autoevaluación , evaluación entre iguales y coevaluación : conceptualización y práctica en las universidades españolas. *Revista de Investigación En Educación*, 11(2), 198–210.
- Ruiz, F., & Verdugo, J. (2008). Guía de Uso de SPEM 2 con EPF Composer. Ciudad Real. Retrieved from <http://alarcos.esi.uclm.es/ipsw/docs.htm>
- Sahin, S. (2008). An application of peer assessment in higher education. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 7(2), 5–10.
- Sánchez, J., Ruiz, J., & Sánchez, E. (2011). Análisis comparativo de evaluación entre pares con la del profesorado. Un caso práctico. *Docencia E Investigación*, 36(21), 11–24.
- Schiaffino, S., Garcia, P., & Amandi, A. (2008). eTeacher: Providing personalized assistance to e-learning students. *Computers & Education*, 51(4), 1744–1754. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.05.008>
- Small, C. (2006). The Implementation and Evaluation of OASIS, a Web-Based Learning and Assessment Tool. In *Proceedings. Frontiers in education. 36th Annual Conference* (pp. 1–6). San Diego: IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2006.322482>
- Suárez, J., Fernández, R., & Muñoz, J. (2014). Self-concept , motivation , expectations , and socioeconomic level as predictors of academic performance in mathematics. *Learning and Individual Differences*, 30, 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.10.019>
- Sung, Y., Chang, K.-E., Chiou, S.-K., & Hou, H.-T. (2005). The design and application of a web-based self- and peer-assessment system. *Computers & Education*, 45, 187–202. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.07.002>
- Taras, M. (2002). Using assessment for learning and learning from assessment. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 27(6), 501–510.
- Tardif, J. (2008). Desarrollo de un programa por competencias: De la intención a su implementación. *Revista de Curriculum Y Formación Del Profesorado*, 16(3), 36–45.
- Tobón, S. (2005). *Formación basada en competencias* (ECOEd). Bogotá.
- Tobón, S. (2010). *Formación integral y competencias* (Tercera Ed). Bogotá: ECOEd Ediciones.
- Tobón, S. (2013a). *Formación integral y competencias* (Tercera Ed). Bogotá: ECOEd Ediciones.
- Tobón, S. (2013b). *La evaluación de las competencias en la educación básica* (Segunda ed).

- México: Editorial Santillana.
- Tobón, S. (2013c). *Metodología de gestión curricular. Una perspectiva socioformativa*. México: Editorial Trillas.
- Toledo, G., Mezura, C., & Cruz, N. (2013). Modelo de evaluación adaptativa y personalizada mediante razonamiento probabilista. In *Octava Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje* (pp. 1–12). Valdivia.
- Topping, K. (1998). Peer Assessment Between Students in Colleges and Universities. *Review of Educational Research*, 68, 249–276.
- Torres, J., & Perera, V. (2010). La rúbrica como instrumento pedagógico para la evaluación de los aprendizajes. *Revista de Medios Y Educación*, 36, 141–149.
- Tuning. (2007). *Reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina*. Bilbao: Publicaciones de la Universidad de Deusto.
- Tuning, E. (2006). *Tuning educational structures in Europe*. Bilbao.
- Urquiza, A. (2009). *Creación de un marco de competencias para la evaluación del rendimiento de los gestores de sistemas de información en las grandes organizaciones*. Universidad de Alcalá.
- Vaca, J. M., Agudo, J. E., & Rico, M. (2013). Evaluando competencias en ingeniería : un eportfolio basado en Moodle. In *XV Simposio Internacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE 2013)* (pp. 67–74). Madrid.
- Van Den Berg, U., Admiraal, W., & Pilot, A. (2006). Design Principles and Outcomes of Peer Assessment in Higher Education. *Studies in Higher Education*, 31(3), 341–356.
- Van den Bergh, V., Mortelmans, D., Spooren, P., Van Petegem, P., Gijbels, D., & Vanthournout, G. (2006). New assessment modes within project-based education - the stakeholders. *Studies in Educational Evaluation*, 32(4), 345–368. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2006.10.005>
- Vélez, J. (2009). *Entorno de aprendizaje virtual adaptativo soportado por un modelo de usuario integral*. Universidad de Girona.
- Villardón, L. (2006). Evaluación del aprendizaje para promover el desarrollo de competencias. *Educatio Siglo XXI*, 24, 57–76.
- Villegas. (2015). *Factores que influyen en el rendimiento académico de estudiantes universitarios a distancia . Visión multivariante basada en BIPLLOT y STATIS*. Universidad de Salamanca. Retrieved from <http://bit.ly/1KOqhbs>
- Villegas, M. L., Giraldo, W. J., Collazos, C. A., & Granollers, T. (2013). Software process implementation method with eclipse process framework composer: MPIu+a case. *2013 8th Computing Colombian Conference, 8CCC 2013*, (March 2015). <https://doi.org/10.1109/ColombianCC.2013.6637532>
- Woolf, B. (2010). Student Modeling. In R. Nkambou, J. Bourdeau, & R. Mizoguchi (Eds.), *Studies in Computational Intelligence* (Vol. 308, pp. 267–280). Chennai: Springer Berlin / Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14363-2_19
- Zabalza, M. (2007). *Competencias docentes del profesorado universitario*. Madrid: Editorial Narcea.
- Zaitseva, L., & Boule, C. (2003). Student models in computer-based education. In *ICALT 03. 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*. (pp. 1–6). Athens.

Anexo A

Publicaciones

Publicaciones en Revistas

1. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2013). Hacia un modelo para la evaluación de competencias. *Revista Paradigma en Construcción de Software*, 7(3), 1–10.
2. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2014a). Proceso de evaluación de competencias basado en proyectos formativos. *Ingeniería e Innovación*, 2(1), 9–18.
3. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2014b). Towards a model for the development and assessment of competences through formative projects. *Clei Journal*, 17(3), 1–16.
4. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2015). Formación por competencias en Moodle: un caso de Estudio. *Revista Colombiana de computación*, 14 (2), 38-58
5. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2015). Proyectos formativos y evaluación con rúbricas. *Revista Paradigma*, 36(2), 74–98.
6. Tobón, S., Guzmán, C., Hernández, J., & **Cardona, S.** (2015). Sociedad del conocimiento estudio documental desde una perspectiva humanista y compleja. *Revista Paradigma*, 36(2), 7–36.
7. Tobón, S., **Cardona, S.**, Vélez, J., & López, J. (2015). Proyectos formativos y desarrollo del talento humano para la sociedad del conocimiento. *Revista Acción Pedagógica*, 24(1), 20–31.
8. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2016). Contribución de la evaluación socioformativa al rendimiento académico en pregrado. *Educar*, 52(2), 423-447.
9. **Cardona, S.**, Jaramillo, S., & Navarro, Y. (2016). Evaluación de competencias con apoyo de un sistema de gestión de aprendizaje. *Revista Praxis y Saber*, 7(14), 193 - 218.

Publicaciones en Eventos

1. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2013a). Metodología de proyectos formativos aplicada a un curso de Lógica Matemática. In *8th Latin American Conference on Learning Objects and Technologies LACLO* (Vol. 4, pp. 1–12). Valdivia – Chile.
2. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2013b). Towards a model for assessing competencies. In *Computing Colombian Conference (8CCC)* (pp. 109–114). Armenia: IEEE.
3. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2013c). Towards a model for the development and assessment of competencies through formative projects. In *XXI Iberoamerican Congress on Higher Education in Computing (CIESC-2013)* (pp. 1–10). Vargas - Venezuela: IEEE.
4. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2013d). Towards an adaptive system based on competences. In *6th COLCOM - IEEE Colombian Conference on Communications and Computer* (pp. 1–6). Medellín: IEEE.
5. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2013). Proyectos formativos para la valoración de competencias. In *XII Foro Internacional de Investigadores en Informática Educativa - RIBIE* (pp. 1–10). Medellín.
6. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2014a). A Tool for competence testing in Moodle. In *Computing Colombian Conference (9CCC)* (pp. 35–41). Pereira: IEEE.
7. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2014b). Diseño de pruebas de competencia en moodle caso: curso de lógica formal. In *Congreso Internacional de Matemáticas y TICS (CIMATIC)* (pp. 1–6). Armenia.

8. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2014). Metodología de proyectos formativos: Estudio de caso en un curso de fundamentos de programación. *In 9th Latin American Conference on Learning Objects and Technologies (LACLO)* (pp. 1–10). Manizales.
9. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Navarro, Y. (2015). Hacia un modelo de estudiante para un entorno de aprendizaje virtual adaptativo. *In IX Congreso Internacional de Innovación Educativa*. Veracruz, México.
10. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2015). Modelo para la evaluación de competencias en Moodle. *In V Congreso Internacional de Formación y gestión del Talento Humano (CIFCOM)*. Cancún, México.
11. De la Serna, A., **Cardona, S.**, & Pacheco, M. (2015). La evaluación del aprendizaje en ambientes virtuales. *In III Congreso Científico Internacional. Tecnología, Universidad y Sociedad*. Guayaquil, Ecuador.
12. Vélez, J., **Cardona, S.**, & Tobón, S. (2015). Soporte tecnológico para la gestión de proyectos formativos en Moodle. *In V Congreso Internacional de Formación y gestión del Talento Humano (CIFCOM)*. Cancún, México.
13. **Cardona, S.**, Quintero, J., & Vélez, J. (2016). Contribución de la metodología de evaluación al rendimiento académico de los estudiantes. *In VIII Conferencia conjunta Internacional sobre Tecnologías y Aprendizaje CcITA*. Ciudad de México, México.
14. **Cardona, S.**, Navarro, Y., Soriano, V., & Fueyo, E. (2016). Contribución de la evaluación formativa al desempeño académico de los estudiantes. Estudio de caso para un curso en línea de la BUAP. *In VII Encuentro internacional Virtual Educa*. San Juan, Puerto Rico.
15. **Cardona, S.**, Quintero, J., & Jaramillo, S. (2016). Contribución de la metodología de proyectos formativos al desempeño académico de los estudiantes. *In Encuentro internacional de educación en Ingeniería, ACOFI*. Cartagena, Colombia.

Capítulo de Libro

1. Tobón, S., Guzmán, C., Parra, A., Vélez, J., & **Cardona, S.** (2013). Socioformación: ejes claves para transformar la educación en Latinoamérica. *In Aplicación de las competencias en la docencia, la sociedad y las organizaciones* (pp. 9–18). Florida: CIFE Corp.
2. **Cardona, S.**, Vélez, J., & Tobón, S. (2013). Hacia un modelo de formación de competencias en línea basado en la Socioformación. *In Aplicación de las competencias en la docencia, la sociedad y las organizaciones*. (pp. 425–441). Florida: CIFE Corp.

Libro de texto

1. **Cardona, S.**, García, J., & Pulgarín, A. (2014). *Lógica matemática para informáticos*, Armenia, Colombia. Editorial: Elizcom.

Conferencista invitado

1. **Cardona, S.** & Vélez, J. (2016). Procesos adaptativos en la formación en línea. *Congreso de investigación en gestión del talento humano*. México.
2. Vélez, J. & **Cardona, S.** (2016). *Ciencia y tecnología en la educación para la sociedad del conocimiento*. Cuernavaca, México.