

## RAE

**1. TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de grado para optar por el título de *Especialista En Docencia Mediada Por Las Tic*.

**2. TÍTULO:** Sistema de evaluación y retroalimentación adaptativa computarizado como alternativa para la evaluación particular del aprendizaje: Diseño del modelo.

**3. AUTOR (ES):** Esther Patricia María Buelvas

**4. LUGAR:** Bogotá D. C.

**5. FECHA:** Junio de 2019

**6. PALABRAS CLAVES:** Evaluación adaptativa, evaluación alternativa, evaluación particular del aprendizaje, modelo.

**7. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:** El principal objetivo del presente proyecto es proponer un medio alternativo de evaluación en el cual se contemple la diversidad del aprendizaje de los estudiantes y se particularice su evaluación a través de un sistema de evaluación y retroalimentación adaptativa computarizado.

**8. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Educación virtual.

**9. METODOLOGÍA:** El presente proyecto se desarrolla con el enfoque metodológico cualitativo y dentro de un paradigma interpretativo, esto debido a que el objetivo principal es establecer una propuesta de un medio alternativo de evaluación del aprendizaje. Por lo anterior, se establecen tres etapas fundamentales para el desarrollo del proyecto, a saber: análisis, caracterización y diseño.

### **10. CONCLUSIONES:**

- Los sistemas CAT responden a las problemáticas de seguridad y dificultad, es decir, los problemas relacionados con el manejo de la información obtenida a partir de la prueba y los problemas que surgen por la generalización de un cuestionario para todos los estudiantes que bien pueden aprender de diferentes maneras y a diferentes ritmos.
- A través de una estrategia de valoración del nivel de logro del estudiante basado en su individualidad y su propio nivel de conocimiento, los sistemas CAT dejan a un lado el carácter físico (hojas de papel) característico de la evaluación tradicional del aprendizaje, pero implementando herramientas tecnológicas para su desarrollo para respetar los estilos de aprendizaje del estudiante. Sin embargo, se ha comprobado que el éxito de este tipo de valoraciones se encuentra completamente ligado a la calidad de los cuestionarios ofrecidos.
- La caracterización se ha considerado en el presente proyecto una etapa primordial, pues ha afirmado la necesidad de acceder a estos sistemas CAT no solo por sus facilidades técnicas, sino también, por las implicaciones pedagógicas que se requieren. Entre estas implicaciones, se cuenta con la correcta fundamentación de las preguntas del cuestionario presentado a los estudiantes a partir del recorrido pedagógico desde el plan de estudios del curso.
- En el desarrollo de un sistema CAT los aspectos técnicos que se pueden distinguir como aquellos funcionales y no funcionales respetando los roles tanto de docente como de estudiante, son el resultado del análisis que se ha realizado a lo largo del proyecto, sin embargo, se tiene conciencia de que a lo largo de la continuación de este proyecto en futuras investigaciones se detectarán nuevas necesidades y por lo tanto se incorporarán nuevos requerimientos.
- Es de destacar que la alimentación de los bancos del sistema, a saber, de competencias, criterios de evaluación y preguntas, no debe tomarse por menos, ya que contiene la esencia del objetivo del sistema CAT. De lo contrario, la negligencia en este procedimiento puede influenciar de forma negativa en la implementación, así como se revela en las desventajas del sistema, puesto que de la calidad de los bancos depende la confiabilidad, precisión y validez de la prueba. Por lo tanto, se recomienda que antes de implementar un sistema de evaluación adaptativa computarizada, se haga un estudio y un análisis riguroso a los elementos curriculares implicados en la prueba e igualmente a las preguntas planteadas.



**Sistema de evaluación y retroalimentación adaptativa computarizado como alternativa para la evaluación particular del aprendizaje: Diseño del modelo**

**Esther Patricia María Buelvas**

**Universidad de San Buenaventura  
Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación  
Especialización en Docencia Mediada por las TIC**

**Bogotá, D.C.**

**2018**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. Identificación Del Proyecto.....</b>	<b>4</b>
1.1. Título del Proyecto .....	4
1.2. Facultad y Programa en los que se inscribe el Proyecto .....	4
1.3. Grupo y Línea de Investigación.....	4
1.4. Temática de estudio .....	4
1.5. Director del proyecto .....	4
1.6. Estudiante investigador.....	4
<b>2. Presentación Del Proyecto.....</b>	<b>5</b>
2.1. Planteamiento del Problema .....	5
2.2. Formulación de la Pregunta de Investigación.....	7
2.3. Objetivos.....	7
<b>3. Alcance.....</b>	<b>9</b>
<b>4. Justificación .....</b>	<b>9</b>
<b>5. Marco Teórico.....</b>	<b>11</b>
5.1. Evaluación del aprendizaje .....	11
5.2. Importancia de la retroalimentación .....	14
5.3. Evaluación tradicional y sus problemáticas.....	15
5.4. Evaluaciones alternativas .....	18
5.4.1. Evaluación adaptativa .....	18
5.4.2. Evaluación adaptativa computarizada (CAT) .....	19
5.4.3. Técnicas para evaluación adaptativa .....	22
5.4.4. Antecedentes .....	30
<b>6. Metodología .....</b>	<b>32</b>
<b>7. Resultados y Discusión .....</b>	<b>37</b>
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>57</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>64</b>

## **1. Identificación Del Proyecto**

### **1.1. Título del Proyecto**

Sistema de evaluación y retroalimentación adaptativa computarizado como alternativa para la evaluación particular del aprendizaje: Diseño del modelo

### **1.2. Facultad y Programa en los que se inscribe el Proyecto**

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación

Programa de Especialización en Docencia Mediada por las TIC.

### **1.3. Grupo y Línea de Investigación**

Grupo de Investigación: Tendencias Actuales en Educación y Pedagogía - TAEPE.

Línea de Investigación: Educación virtual.

### **1.4. Temática de estudio**

Enfoque de evaluación alternativa apoyada por las TIC.

### **1.5. Director del proyecto**

Martha Bibiana González Quiroga

### **1.6. Estudiante investigador**

Esther Patricia María Buelvas

## **2. Presentación Del Proyecto**

### **2.1. Planteamiento del Problema**

El programa de Ingeniería de sonido en la Universidad de San Buenaventura Bogotá, tiene como objetivo formar profesionales integrales, emprendedores y competentes en el campo de sonido, específicamente en las áreas de Acústica, Producción de Audio y Diseño de Sistemas de Sonido, que a su vez son las líneas de investigación del programa.

El núcleo problémico de Producción de audio comienza con el curso Fundamentos de Audio, considerado prerrequisito para los cursos del resto de la línea. En este se presenta un primer encuentro con conceptos básicos y propios de la Ingeniería de Sonido en el campo, por lo tanto, es fundamental que los estudiantes los interioricen de manera adecuada para lograr un desarrollo académico adecuado a lo largo de la línea de estudio.

La última versión del microcurrículo revisada en el periodo académico 2019-1, establece como objetivo general, desarrollar en los estudiantes las competencias para correlacionar eficientemente los conceptos que involucran el fenómeno físico del sonido, con el procesamiento de la señal de audio una vez se ha pasado por un transductor electroacústico. Para ello, los estudiantes deben tener la capacidad de identificar los fenómenos físicos que involucran el sonido, comprender el fenómeno de transducción e identificar y comprender las partes y parámetros de funcionamiento de los elementos que hacen parte de un sistema de audio.

Ahora bien, el curso se encuentra dividido en tres cortes, el primero de ellos es teórico y los siguientes dos, teórico-prácticos. De la interiorización de los conceptos dependerá el desarrollo de las actividades prácticas del curso, por esta razón es importante conocer el nivel alcanzado por el estudiante en el primer corte de Fundamentos de Audio de forma particular para que el docente que dicta el curso pueda intervenir de forma adecuada, según las necesidades y nociones de los estudiantes, para el resto del periodo académico.

A lo largo del curso el proceso de evaluación es constante sobre las habilidades conceptuales e ingenieriles de los estudiantes para evidenciar el manejo claro de la señal de audio y el flujo de ésta. Las actividades evaluativas que se llevan a cabo y que ayudan a alcanzar los objetivos del curso son: parciales, talleres, quices y laboratorios. Empleando el sistema de evaluación tradicional, cada estudiante es evaluado con los mismos ejercicios y elementos. Por un lado, los talleres y laboratorios son empleados para reforzar conceptos y la aplicación de los mismos. Por otro lado, los parciales permiten conocer el nivel de logro de cada unidad a través de cada corte.

Sin embargo, se han visto inconvenientes con los niveles de logro alcanzados por los estudiantes que al llegar a los cursos superiores presentan debilidades en estos conceptos. Esto provoca una demora en el desarrollo de las clases y en la culminación de temas programados.

Esta situación descrita en el curso de Fundamentos de Audio también ha sido expuesta genéricamente por Jürgen Klaric en su último trabajo “un crimen llamado educación”, presentando la educación de hoy en día como aquella que no considera que todos los seres humanos somos diferentes, por lo tanto, se enseña y se evalúa a todos por igual. No se tiene en cuenta que el proceso de aprendizaje de cada persona es diferente, la forma de razonar e interiorizar los conceptos también son diferentes, al igual que los procesos creativos del individuo.

En dicho documental, también se resalta la influencia negativa sobre los estudiantes, debido a la presión generada con el sistema de calificación que determina el valor del estudiante con dos dígitos, donde todo va a estar bien si se obtiene el número más alto (Klaric, 2017).

En contraste con la evaluación tradicional empleada en el sistema de educación actual, se han realizado investigaciones acerca de evaluaciones alternativas que pueden aportar al proceso de enseñanza-aprendizaje y mitigar las problemáticas arraigadas en esta generación, debido a las presiones generadas por una calificación que probablemente llega a estar alejada del verdadero desempeño de un estudiante.

Dentro del conjunto de evaluaciones alternativas se han realizado estudios acerca de los sistemas adaptativos, los cuales se basan en el conocimiento propio del estudiante,

respetando su individualidad. La funcionalidad del sistema depende de la interacción directa que se tiene con el estudiante logrando una adaptación automática a partir de rasgos que presenta el usuario y sus necesidades.

En función de este tipo de sistemas, se han creado sistemas de evaluación adaptativa computarizada que han sido eje de investigación en entidades como la Universidad Nacional de Colombia (Medellín) en múltiples ocasiones. Estos tienen el objetivo de contribuir a los primeros acercamientos y la profundización en el tema, a través de la propuesta de un modelo más consciente de la realidad del estudiante y más preciso a la hora de presentar resultados. Como consecuencia, esta universidad ha desarrollado un software denominado Doctus para el diseño y la implementación de cursos en línea adaptativos, y continúan ahondando en la materia.

Ahora, el presente proyecto tiene como presupuesto aportar al tema de adaptatividad en los sistemas de evaluación y, de esta manera, dirigirse a la presentación de una retroalimentación adecuada sobre las fortalezas y las debilidades en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## **2.2. Formulación de la Pregunta de Investigación**

¿Cómo apoyar la evaluación del aprendizaje de tal forma que se tenga en cuenta la diversidad del aprendizaje de los estudiantes y se particularice su evaluación a partir de un sistema de evaluación y retroalimentación adaptativa computarizada?

## **2.3. Objetivos**

### **2.3.1. Objetivo General**

Proponer un medio alternativo de evaluación en el cual se contemple la diversidad del aprendizaje de los estudiantes y se particularice la misma a través de un Sistema de Evaluación y Retroalimentación Adaptativa Computarizado.

### **2.3.2. Objetivos Específicos**

- Identificar aspectos principales de los sistemas de evaluación adaptativa computarizada.

- Comparar el sistema de evaluación adaptativa y el sistema de evaluación tradicional del aprendizaje.
- Determinar los pasos de desarrollo e implementación de un sistema de evaluación adaptativo computarizado.
- Distinguir posibles herramientas para el desarrollo y la implementación de sistemas de evaluación adaptativo computarizado.
- Desarrollar el modelo de un sistema de evaluación adaptativo computarizado a partir de las herramientas encontradas para el desarrollo del mismo.

### **3. Alcance**

El modelo para el desarrollo y la aplicación del sistema de evaluación y retroalimentación adaptativa computarizado del presente proyecto se dejará planteado, teniendo en cuenta el contenido del primer corte del curso de Fundamentos de Audio del programa de Ingeniería de Sonido de la Universidad de San Buenaventura. De esta manera se deja abierta la oportunidad para la implementación y experimentación en el mismo curso en una siguiente etapa del proyecto.

### **4. Justificación**

La evaluación y la retroalimentación son elementos fundamentales en el proceso de aprendizaje. Dentro de la academia, la evaluación se considera una herramienta educativa poderosa que al ser aplicada de la manera adecuada puede promover el mismo. Una evaluación implica establecer metas de aprendizaje para los estudiantes, apuntando a que sepan o reconozcan conceptos según un proceso determinado. Luego, la retroalimentación, es el acompañamiento en el proceso enseñanza-aprendizaje que permite informar al estudiante sobre su desempeño con el fin de realizar correcciones pertinentes para mejorar sus competencias. La retroalimentación no está restringida a corregir los errores y omisiones del estudiante, también puede tratar los aciertos y aspectos positivos en el progreso.

A pesar de que las herramientas anteriormente nombradas tienen el propósito de considerar resultados para adaptar la enseñanza, fomentar la participación de los estudiantes y valorar el desarrollo de competencias de estos, a lo largo de los últimos años se ha venido presentando una problemática profunda en la academia.

Las consecuencias no se quedan en la formación básica en bachillerato, sino que trasciende a la universidad, pues los estudiantes presentan las más grandes dificultades en la adquisición de conceptos, el análisis y resolución de problemas dispuestos para el aprendizaje.

Si bien las instituciones no pueden tener un profesor y un currículo asignado para cada estudiante matriculado, sí pueden implementar sistemas de evaluación y retroalimentación adaptativa dentro de su proyecto pedagógico institucional que

aporten al contenido propuesto para el desarrollo de las competencias de los alumnos dentro del currículo común y dentro del mismo curso respecto a los demás compañeros.

Una de las ventajas más importantes de la integración de las TIC en el proceso educativo es la capacidad de adaptación de varios elementos virtuales de aprendizajes, por medio de los cuales se busca que los procesos de enseñanza-aprendizaje sean desarrollados de acuerdo con las características de cada estudiante y con su ritmo de estudio.

Así como una evaluación implica establecer metas de aprendizaje y niveles de logro de los conceptos adquiridos dentro de un curso, se debe verificar el desarrollo de las competencias dentro de este proceso teniendo en cuenta las particularidades de los estudiantes, también ofreciendo una retroalimentación que invite a tratar deficiencias y fortalezas. Este tipo de proceso adaptativo está catalogado como positivo porque realmente está midiendo o estimando el conocimiento adquirido por el estudiante y no su desempeño respecto a otros (Flórez Ochoa, 2001).

Por esta razón, el presente proyecto busca aportar en la exploración de la implementación de sistemas adaptativos computarizados para que, de esta manera, las instituciones consideren la inclusión de este tipo de procesos evaluativos alternativos en su Proyecto Educativo Institucional, respetando las particularidades de cada estudiante en su ritmo de aprendizaje y que se le brinde una retroalimentación de fortalezas y debilidades para dar lugar a una motivación mayor hacia el aprendizaje.

## **5. Marco Teórico**

### **5.1. Evaluación del aprendizaje**

Uno de los temas más estudiados y discutidos en el ámbito de la psicología es el tema del aprendizaje, que bien puede conocerse como el proceso de adquisición de un conocimiento a través de una experiencia. Jeanne Ellis Ormrod es una de las mayores especialistas en el área del aprendizaje humano y habla específicamente de dos perspectivas en las que se puede delimitar este concepto; una de ellas describe el aprendizaje como “un cambio relativamente permanente en la conducta como resultado de la experiencia” y el otro como “un cambio relativamente permanente en las asociaciones o representaciones mentales como resultado de la experiencia” (Ellis Ormrod, 2005). En ambos casos se describen los posibles cambios que se pueden presentar, en un caso sobre lo observable, es decir, la conducta, y otro sobre los cambios internos de un individuo, como son las representaciones mentales. A partir de estas concepciones se pueden explicar los diferentes enfoques ya existentes sobre los procesos de selección, adquisición, asimilación y sistematización de la información que posteriormente se convertirá en conocimiento.

Ahora bien, siendo el aprendizaje uno de los puntos de partida en muchos temas educativos, también se ha puesto sobre la mesa la necesidad de valorar el aprendizaje de tal manera que se evidencien los resultados obtenidos dentro del proceso enseñanza-aprendizaje. Una de las herramientas que ha dado respuesta a esta necesidad ha sido la denominada evaluación del aprendizaje, esta se considera como una actividad genérica que permite definir la valoración del proceso los estudiantes, dando de esta manera la información para determinar acciones de ajuste y mejoras en la práctica docente, al generar un contraste entre las metas propuestas y las metas alcanzadas (Moreno, 2005).

El proceso de enseñanza-aprendizaje está compuesto por instrumentos que le brindan al docente la posibilidad de contribuir a la construcción e implementación de un currículo y el desarrollo de las competencias de los estudiantes. Cada una de las actividades didácticas planeadas y aplicadas incluye un inicio, desarrollo y cierre (Pimienta Prieto, 2012). El objetivo de dichas actividades no termina al completar la

totalidad de éstas, sino que desde un inicio busca trascender la impartición de conceptos y conocimientos que permanezcan en los estudiantes para experiencias futuras. Por tal motivo, una de las herramientas que permite la inspección cuidadosa y precisa de los niveles de logro los estudiantes, es la evaluación.

Los niveles de logro son descripciones de los conocimientos y habilidades que se espera que alcancen los estudiantes en el manejo de conceptos y conocimientos. En el artículo llamado “Los niveles de desempeño en un proceso de evaluación” por (Díaz, 2015), se definen los denominados niveles de desempeño o los niveles de logro, como aquellos que dan cuenta sobre el proceso escolar de los alumnos evaluados, nombrando la existencia de tres niveles posibles: bajo, medio y alto, y a partir del dinamismo de los aprendizajes, éstos permiten que cada nivel reconozca los saberes adquiridos por los estudiantes (2015).

Sin embargo, para lograr la identificación de niveles de logro es necesario el proceso evaluativo, esto con el fin de examinar cada una de las partes implicadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje que pueden ser posteriormente mejoradas, reestructuradas e incluso suspendidas, según sea el caso. Por lo tanto, la evaluación es una de las herramientas planteadas desde el currículo que les permite a los docentes realizar una búsqueda o investigación cuidadosa, para descubrir el estado real de la situación de los alumnos a lo largo del desarrollo del plan curricular y, por lo tanto, el nivel de logro.

Evaluar no es una acción esporádica o circunstancial, sino algo que está muy presente en la práctica educativa, en función de los objetivos y competencias del plan curricular. Al establecer criterios, tipos y grados de aprendizaje se espera que éstos sean alcanzados por los alumnos, convirtiéndose en referentes puntuales de evaluación, mientras que la exploración de las capacidades por sí mismas no es claramente evaluable (González Halcones & Pérez González, 2004).

Según González y Cabero (2009), la valoración del nivel de logro parte de las competencias establecidas dentro del plan curricular del curso, estas competencias se consideran el norte hacia el que cada estudiante se dirige en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, el papel del docente como evaluador se rige bajo la

capacidad de establecer en qué grado el estudiante posee la competencia a partir de criterios de evaluación, y estos a partir de la definición de los niveles de logro, los cuales consisten en la valoración de los conocimientos y habilidades que integran la competencia.

Por su parte, Gonzales y Pérez (2004) en el documento *la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje*, indican que para que los criterios de evaluación puedan cumplir su función formativa es necesario disponer de referentes, como se mencionó anteriormente, los cuales deben estar presentes desde el inicio del proceso, para identificar posibles dificultades de aprendizaje antes de que se acumulen retrasos importantes.

Estos criterios de evaluación registrados en el currículo incluyen el tipo y el grado de aprendizaje que se espera que los estudiantes alcancen; éstos no reflejan la totalidad de lo que un educando puede aprender, más bien reflejan aquellos aprendizajes relevantes sin los cuales el estudiante difícilmente puede proseguir de forma satisfactoria su proceso de aprendizaje. Por lo anterior, los criterios de evaluación definen las capacidades básicas y aquellos contenidos específicos que se consideran importantes para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Una vez se han determinado los criterios de evaluación, ésta debe presentarse en tres momentos distintos: inicial, continua y final. El primero permite realizar un diagnóstico y, por lo tanto, examinar las intenciones del curso en caso de encontrarse con diferentes necesidades en los estudiantes como reforzar los conocimientos previos. El segundo, permite ajustar el proceso educativo a partir de la información que se vaya recuperando, en este caso la evaluación formativa permitirá detectar dificultades, problemáticas y de esta manera la panorámica de necesidades para actuar sobre las mismas. Por último, la evaluación final, permite conocer el nivel de aprendizaje que ha alcanzado cada estudiante (González Halcones & Pérez González, 2004).

Dentro de las funciones evaluativas existentes sobresalen dos, la primera ha sido enunciada anteriormente y es definida como, la evaluación formativa, que contribuye al desarrollo del estudiante al permitir detectar las dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje e indicar hasta dónde ha llegado y hasta dónde puede llegar

este. Mientras que la segunda herramienta, la evaluación calificativa, permite medir los conocimientos adquiridos por los estudiantes y de esta manera calificar el progreso hasta el final del curso para emitir un juicio al final de la unidad de enseñanza (Pérez Pino, Osvaldo Enrique Clavero, Eugenio Carbó Ayala, & González Falcón, 2017). Los datos obtenidos en ambos casos, en especial el formativo, permiten generar una apreciación del nivel de logro alcanzado durante el proceso, el cual no debe archivarse, sino ser un elemento que sustente la retroalimentación.

## **5.2. Importancia de la retroalimentación**

La Oficina de Medición de la Calidad de los Aprendizajes de Perú, en su artículo “La importancia de la retroalimentación en el proceso de evaluación” reconoce el valor de una evaluación que le permite al estudiante conocer lo que está logrando y lo que no ha logrado aún. A partir de dicha enunciación establece el rol de un docente que debe conducir al estudiante a que supere las dificultades que presentaba y al mismo tiempo desarrolle autónomamente su aprendizaje, este proceso de construcción lo denominan retroalimentación. Partiendo de que toda evaluación que solo comunique la calificación no retroalimenta, se determina que la retroalimentación brinda la posibilidad de expresar juicios cimentados sobre el proceso de aprendizaje, con los aciertos y desaciertos, fortalezas y debilidades de los estudiantes (2014).

La retroalimentación se define como aquella corrección que se ejerce después de que se ha evaluado el aprendizaje e implica verificar que el resultado vaya acorde con los objetivos curriculares planteados. Para ello es necesario el análisis de calificaciones de evaluación y los resultados de aprendizaje en contraste con la revisión del plan de estudios, permitiendo informar tanto al docente como al estudiante sobre el estado de la situación (Ramaprasad, 1983). La retroalimentación es considerada como la clave para lograr que la evaluación de los aprendizajes sea formativa (Stobonart, 2013).

El funcionamiento de la retroalimentación, es explicado por Hattie y Timperley (2007), quienes indican que esta está dirigida hacia la reducción de la discordancia entre el aprendizaje actual y el deseado. Ellos exponen la existencia de diferentes maneras a través de las cuales los estudiantes pueden reducir la brecha adquisicional entre las concepciones actuales y las planteadas, a pesar de no ser siempre efectivas. Los

casos de efectividad se caracterizan por la estimulación de los esfuerzos de los estudiantes para abordar tareas más desafiantes y con mayor calidad, desarrollando consecuentemente habilidades para identificar errores y la capacidad de auto-retroalimentarse para alcanzar nuevas metas.

Lo anterior parte del constante auto-cuestionamiento sobre cuáles son las metas, cuál es el estado actual y cuáles son los pasos a seguir. Cada una de estas preguntas funciona en cuatro niveles:

- Nivel de tarea: qué tan bien se entienden y se realizan las tareas.
- Nivel de proceso: el proceso principal necesario para comprender y realizar las tareas.
- Nivel de autorregulación: autocontrol, dirección y regulación de acciones.
- Nivel propio: evaluaciones personales y efecto (generalmente positivo) sobre el alumno.

En conjunción, el auto-cuestionamiento y los niveles de retroalimentación en los que este funciona, pueden ayudar a los estudiantes a comprender, participar o desarrollar estrategias efectivas para procesar la información que se procura aprender. Para que la retroalimentación sea eficaz, debe compartirse de forma clara, determinada, significativa y compatible hacia los estudiantes y proporcionar afirmaciones lógicas.

### **5.3. Evaluación tradicional y sus problemáticas**

Una evaluación tradicional es aquella que es respaldada por parámetros previamente establecidos por el docente. Ahora bien, Tobón (2006) en su documento *Competencias, calidad y educación superior* enlista las características principales de la evaluación tradicional:

- 1) los parámetros tienden a ser establecidos por el docente sin tener en cuenta criterios académicos y profesionales;
- 2) se brindan notas cuantitativas sin criterios claros que las justifiquen;
- 3) generalmente se hace con el fin de determinar quiénes aprueban o reprueban una asignatura;
- 4) tiende a centrarse más en las debilidades y errores que en los logros;
- 5) es establecida por el

docente, sin tener en cuenta la propia valoración y participación de los estudiantes; 6) tiende a castigar los errores y no se asumen estos como motores esenciales del aprendizaje; 7) son escasas las oportunidades para el auto-mejoramiento, pues los resultados de las pruebas de evaluación son definitivos, sin posibilidades de corrección o mejora; 8) se asume como un instrumento de control y de selección externo; 9) se considera como un fin de sí misma, limitada a la constatación de resultados; y 10) se centra en los estudiantes de manera individual sin tener en cuenta el proyecto docente (p. 133).

Debido a las características vinculadas con este tipo de evaluación, un aula de clases que desarrolle un proceso evaluativo tradicional no da lugar al auto-cuestionamiento o el auto-mejoramiento pues la última palabra la tiene la calificación entregada por el docente. La ausencia de análisis de los resultados no permite la revisión del contraste entre el nivel de logro de un estudiante y el nivel inicial del mismo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En pocas palabras no se da espacio a la retroalimentación y por lo tanto se debilita el proceso de formación del educando que cuenta con un perfil generalizado como punto de referencia para la evaluación.

Lo anterior se ve reflejado en el documento de *Nuevas perspectivas sobre la evaluación*, el cual expone que la prioridad de la evaluación en el sistema tradicional ha estado basada en la comparación de unos educandos con otros. Dicho informe, también exhibe las problemáticas que se presentan alrededor de este tipo de evaluación, afirmando que esta se concentra en asignaturas fáciles de evaluar produciendo un énfasis en la memorización; faculta a los estudiantes a generar mayor importancia en tareas cuya evaluación representa un mayor porcentaje en la nota final; los estudiantes sobresalientes ignoran información importante por el hecho de no ser evaluable; entre otras problemáticas. Por lo anterior, los métodos de evaluación tradicionales pueden tener efectos negativos y completamente opuestos a aquellos que se proponen (Rod McDonald, David Boud, John Francis, & Andrew Gonczi, 2000).

Muchos de los efectos negativos respecto a los factores que intervienen en la evaluación tradicional, se presentan por no contemplar los elementos que interactúan en el proceso de aprendizaje. De estos, en primer lugar, las características particulares

de los estudiantes (dimensiones afectivo-motivacional, cognitiva, meta cognitiva y conductual) y en segundo lugar, las orientaciones pedagógicas que el docente utiliza dentro del aula de clases, junto con los elementos vinculados a las características del contexto socio-cultural y económico (Urquijo, 2002).

Dentro del conjunto de características particulares de los estudiantes se encuentran los diferentes estilos cognitivos de aprendizaje, los cuales hacen alusión a las distintas maneras de recibir, recordar y pensar, así como las diferentes formas de descubrir, almacenar, transformar y utilizar la información, a partir de las experiencias individuales de cada estudiante (Vélez García, 2013). Los estilos cognitivos indican que cada individuo desarrolla diferentes procesos cognitivos para la percepción del entorno.

En su documento *Estilos cognitivos y estilos de aprendizaje, una aproximación a su comprensión*, Vélez ha enlistado diferentes dimensiones en términos de polaridades como: reflexividad-impulsividad que describen el proceso de toma de decisión; dependencia-independencia de campo indicando los medios de confrontación que se utilizan para recoger información y acomodarla; convergencia-divergencia que evidencia cómo la persona enfrenta un problema; holismo-serialismo, que es como la persona tiende a responder una tarea de aprendizaje; adaptación-innovación que muestra cómo se da respuesta a un problema; visualización-verbalización que depende de la forma como se representan ideas y conceptos en la mente; centración-barrido la forma temporal para la solución de tareas; concreción-abstracción: experiencias de aprendizaje; entre otras. Cabe resaltar que todas estas dimensiones precisan procesos intelectuales que facilitan la interacción entre saberes y la forma en que se adquieren como base del proceso de aprendizaje de una persona (Vélez García, 2013).

Los estilos cognitivos, los rasgos afectivos, expectativas, la disposición al aprendizaje, motivaciones, el contexto socio-cultural y económico, están completamente involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje y afectan contundentemente los resultados académicos. Entonces, si cada estudiante evidencia cada uno de estos elementos de forma particular, en esta medida presentará una forma de aprendizaje particular.

La solución no es que se disponga de un profesor y un currículo para cada estudiante en una institución, sin embargo, los sistemas de evaluación tradicional no desarrollan las competencias de los alumnos partiendo de las necesidades y el ritmo de cada estudiante, sino de un general supuesto que puede llegar a ser cambiante en función de las condiciones mencionadas anteriormente.

#### **5.4. Evaluaciones alternativas**

Como consecuencia de la problemática generada en el proceso de enseñanza-aprendizaje por la evaluación tradicional, se han desarrollado nuevas discusiones alrededor de la misma abriendo espacio a lo que se viene denominando evaluación alternativa. Esta última se refiere a los nuevos procedimientos y técnicas que pueden ser incluidos en las actividades cotidianas dentro del salón de clases.

Esta nueva forma conocida de evaluación centra su accionamiento en facilitar la observación directa del trabajo de los alumnos y de sus habilidades, brindando juicio evaluativo basado en la observación, la subjetividad y en el juicio académico; brindando una valoración de manera individualizada sobre los alumnos en función de sus propios aprendizajes; suministrando información para facilitar la acción curricular y permitiendo a los estudiantes participar en su propia evaluación (Andrés & Martínez Olmo, 2008).

##### **5.4.1. Evaluación adaptativa**

Una de las alternativas en los procesos de evaluación del aprendizaje es la evaluación a través de un sistema adaptativo, el cual es aquel que “basado en el conocimiento, altera automáticamente aspectos de funcionalidad e interacción para lograr acomodar las distintas preferencias y requerimientos de sus distintos usuarios” (Benyon, 1993). Con respecto a esta definición, cabe aclarar que, aunque se pueden confundir los términos “adaptabilidad” y “adaptatividad”, el primero se refiere a la posibilidad de permitir al usuario modificar los parámetros del sistema para adaptarlo así a su comportamiento, mientras que por “adaptatividad” se entiende la capacidad del sistema de adaptarse automáticamente al usuario, basado en suposiciones sobre el mismo (Girardi, 2005).

Previo a todo tipo de evaluación, se requieren metas de aprendizaje y niveles de logros que partan de los conceptos y conocimientos que serán impartidos a lo largo de un plan de estudios, de esta manera se consigue verificar el desarrollo de las competencias académicas teniendo en cuenta la individualidad de cada estudiante, ofreciendo una retroalimentación puntual sobre sus fortalezas y debilidades. Por esta razón, este tipo de proceso adaptativo está catalogado positivamente, debido a que realmente permite medir y estimar el conocimiento adquirido por el estudiante y no su desempeño respecto a otros (Flórez Ochoa, 2001).

#### **5.4.2. Evaluación adaptativa computarizada (CAT)**

La prueba adaptativa computarizada (CAT) es una forma sofisticada y eficaz para realizar exámenes por computador. En el CAT, las preguntas implementadas en un sistema tradicional de evaluación son conocidas como los ítems que para cada estudiante se seleccionan de un banco de ítems con base en las respuestas que el estudiante a los mismos. De esta forma, el nivel de dificultad de la prueba se ajusta en función del nivel de habilidad del examinado (Kan, 2012).

##### **5.4.2.1. Funcionamiento**

Cada una de las pruebas de este tipo, obedece a un algoritmo que depende del desarrollo de estas. Existen un conjunto de reglas que orquestan las preguntas que se van presentando al estudiante que va a ser evaluado. Este consta de tres etapas distintas (Superior, Dobber, Gómez, Ponente, & Santini, 2017):

- a.) Como empezar: ¿Cómo elegimos el primer ítem del examen?
- b.) Como seguir: Después de haber visto la respuesta del evaluado a la pregunta actual, ¿cómo elegimos el siguiente ítem que se va a administrar?
- c.) Como parar: ¿Cómo sabemos cuándo parar el examen?

Por un lado, los exámenes en el sistema tradicional son el mismo compendio de preguntas para todos los estudiantes y una vez seleccionados dentro del temario del curso, se mantienen constantes a lo largo de la prueba. Sin embargo, las pruebas tipo CAT se caracterizan por presentar exámenes individuales a cada estudiante,

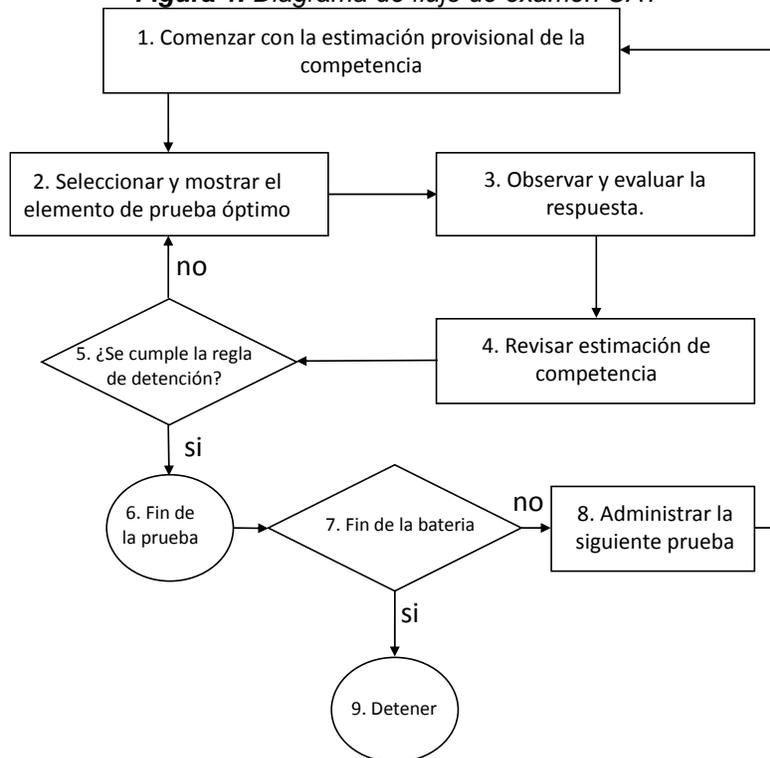
compuestos por ítems especificados dentro de un gran banco de ítems. Por lo general se consideran tres niveles de clasificación de estos, donde el nivel 1, contiene preguntas básicas que evalúan la memorización de la materia; el nivel 2, abarca preguntas que evalúan la comprensión de la materia y el nivel 3 posee las preguntas avanzadas para evaluar la capacidad de aplicación de la materia (Superior et al., 2017).

El objetivo de un examen CAT es optimizar la precisión de una prueba, basándose en las preguntas respondidas previamente por el estudiante, es decir, las preguntas se van ajustando a su conocimiento en el curso.

El funcionamiento básico de CAT es un algoritmo iterativo descrito por Superior, Dobber, Gómez, Ponente, & Santini en su documento *modelos de test adaptativos para evaluación automática* (2017) con los siguientes pasos:

- 1) Se busca entre el conjunto de ítems el más óptimo en base a la estimación de la habilidad del estudiante.
- 2) Se presenta el ítem escogido al estudiante, el cual lo responderá de manera correcta o incorrecta.
- 3) Se actualiza la habilidad del estudiante en base a todas sus respuestas anteriores.
- 4) Se repiten los pasos 1-3 hasta que se cumpla el criterio de finalización del examen.

El algoritmo anterior puede ser representado mediante el siguiente diagrama.

**Figura 1. Diagrama de flujo de examen CAT**

*Fuente: Propia basado en (2017).*

#### 5.4.2.2. Ventajas de la evaluación adaptativa computarizada

Dentro de las ventajas que ofrece el sistema de evaluación tipo CAT, se puede destacar el alcance de preguntas que este tiene para disponer en la distintas posibilidades de respuesta de cada uno de los alumnos, así como cada uno de ellos puede responder a su ritmo, ya que el tiempo que tarda una persona en responder brinda información útil para el resultado final, pueden generar una retroalimentación inmediata al alumno dando paso a la autoevaluación, el banco de preguntas es susceptible a actualizaciones y más (Weiss & Kingsbury, 1984).

#### 5.4.2.3. Desventajas de la evaluación adaptativa computarizada

Por otro lado, los exámenes de tipo CAT así como tienen como ventaja el amplio banco de preguntas, este también puede ser una desventaja debido a la complejidad de configuración y entrelazamiento de un ítem con otro. En el caso de que no se entrelacen correctamente las preguntas entre sí, la prueba pierde el sentido. También, existen muchos algoritmos para dar inicio, continuación y finalización en CAT y la

mínima desviación en cualquiera de ellos genera una resolución del examen muy distinta independiente de que se hable del mismo sistema. Cada pequeño cambio que se realice debe ser comprobado exhaustivamente para asegurar su correcto funcionamiento (Weiss & Kingsbury, 1984).

### **5.4.3. Técnicas para evaluación adaptativa**

Una de las técnicas más representativas de evaluación adaptativa se denomina TAI (Test Adaptativo Informatizado) y es frecuentemente usada en el campo académico. Un TAI debe ser necesariamente empleado a través de un computador y su funcionamiento se basa en un algoritmo que realiza una estimación del nivel de conocimiento del estudiante a partir de una pregunta introductoria y según la respuesta escoge la siguiente pregunta, este proceso continúa hasta que se cumpla un criterio de finalización preestablecido (Millán, 2000).

Por lo tanto, esta técnica permite la estimación de niveles de conocimiento mucho más precisos, en tiempos más cortos y puede almacenar un banco de preguntas extenso. El funcionamiento de esta se basa en el nivel estimado del conocimiento del estudiante, tanto en evaluaciones pasadas como en las respuestas a las preguntas previamente suministradas a lo largo de la prueba.

Para llevar a cabo el procedimiento general de la realización del Test Adaptativo Informatizado, se pueden emplear distintos modelos de test adaptativo, los cuales se pueden definir a partir de los componentes básicos del mismo, estos pueden ser, como lo ha expuesto Jiménez Sánchez:

El modelo de respuesta asociado a cada pregunta: el cual es la descripción de cómo el estudiante contesta la pregunta, dependiendo del nivel en el que se encuentre. Es un modelo que no depende de las cualidades del grupo al que se le está suministrando la prueba, por lo general las pruebas adaptativas suelen utilizar el modelo TRI, denominado Teoría de Respuesta al Ítem.

- Banco de preguntas: este es un elemento muy importante en un TAI. Por lo general, la disposición de un gran número de ítems en este tipo de pruebas permite calibrar de forma más adecuada los niveles de desempeño de los

estudiantes. El éxito de la prueba es directamente proporcional a la calidad del banco de preguntas.

- El nivel inicial: los conocimientos previos expresados en el nivel del estudiante pueden ser una herramienta fundamental durante el desarrollo de las pruebas TAI, sin embargo, en caso de no tener un punto de origen, existen formas de determinarlo a través de la misma prueba.
- Selección de preguntas: las pruebas adaptativas necesitan de un método de selección apropiado para mejorar la precisión en la estimación final del nivel de desempeño de los estudiantes y reducir en gran manera la incertidumbre del resultado
- Criterios de parada: es necesario especificar los criterios pertinentes para definir el momento en el que se debe finalizar la prueba. Estos pueden ser cuando se llegue a determinada precisión en la estimación, se haya presentado cierto número de ítems o cuando se haya terminado el tiempo, etc.

Las pruebas TAI, son ligadas en alto grado con la producción de estimaciones más precisas del nivel de conocimiento del estudiante e incluso por producir gran motivación en el mismo (Jiménez Sánchez, 2009).

#### **5.4.3.1. Técnica de Respuesta al Ítem (TRI)**

El funcionamiento adaptativo de las CAT consiste en un algoritmo basado en ciclos, bien conocido como algoritmo iterativo. Estos algoritmos resultan útiles para realizar tareas repetitivas a través de funciones. Dentro de las CAT, se trabajan cuatro etapas: 1) búsqueda de ítems o preguntas según el nivel estimado del estudiante, 2) el ítem seleccionado es respondido por el estudiante, 3) la estimación del nivel de logro se actualiza a partir de dicha respuesta y, 4) los pasos anteriores se repiten hasta cumplir con el criterio de parada (Moreno Cadavid & Montoya Gómez, 2015). Las etapas 2 y 3, resultan de la aplicación de la aproximación basada en la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI), su nombre se debe a la consideración de cada ítem o pregunta como unidad fundamental de la evaluación, mas no se enfoca en el puntaje final, como la evaluación tradicional.

Esta teoría se conoce como el conjunto de descripciones matemáticas con bases probabilísticas al problema de la medición de rasgos indirectamente observables, también denominados rasgos latentes, que refieren lo que sucede en función de la respuesta del estudiante a cada uno de los ítems. Cada ítem puede llegar a medir la misma competencia, sin embargo, la TRI permite formalizar el proceso al buscar una sola dimensión de conocimiento, bien sea un rasgo específico del cual dependen todas las respuestas correctas de los ítems de la evaluación adaptativa, esto es denominado como rasgo competencia, según Wainer, N. J. Et al (2000). Asimismo, en la TRI cada estudiante es definido por el valor de competencia y a cada pregunta se le asigna un nivel de dificultad, de esta manera la TRI se encarga de elegir los ítems apropiados para cada perfil que está siendo develado (Carlson & Davier, 2017).

En el documento *Una plataforma para la implementación de cursos en línea adaptativos: descripción y punto de vista de los docentes* (Moreno Cadavid, Ovalle Carranza, & Vicari, 2014), se describen tres funcionalidades de plataformas adaptativas, a saber: secuenciación de currículo, presentación del contenido y la evaluación. Cada una de estas funcionalidades se caracteriza por tener un punto de partida para todos los estudiantes y según el proceso de cada uno continúa habilitando los elementos del curso. Respecto a la evaluación describen detalladamente la aplicación de la TRI.

La teoría consiste en la relación ente el rasgo  $\theta$ , el cual puede definirse como la habilidad o el nivel de conocimiento del estudiante, y su respuesta a cada pregunta puede reflejarse a través de la función monótona creciente denominada Curva Característica del Ítem (CCI), en esta se establece la probabilidad de una respuesta correcta.

Existen varios modelos de aplicación de la CCI, según la naturaleza y los parámetros que se tengan en cuenta para la función. Los más conocidos son:

- El modelo Rash, también conocido como 1PL, caracterizado por presentar una forma logística y contar con un único parámetro: la dificultad del ítem.

- La ojiva, sea normal o logística, con dos parámetros: dificultad y discriminación del ítem. La versión logística, también conocida como 2PL es la más empleada de las dos.
- La ojiva, sea normal o logística, con tres parámetros: dificultad  $b$ , discriminación  $a$  y adivinanza  $c$  del ítem. Similar al caso anterior, la versión logística, también conocida como 3PL es la más empleada de las dos.

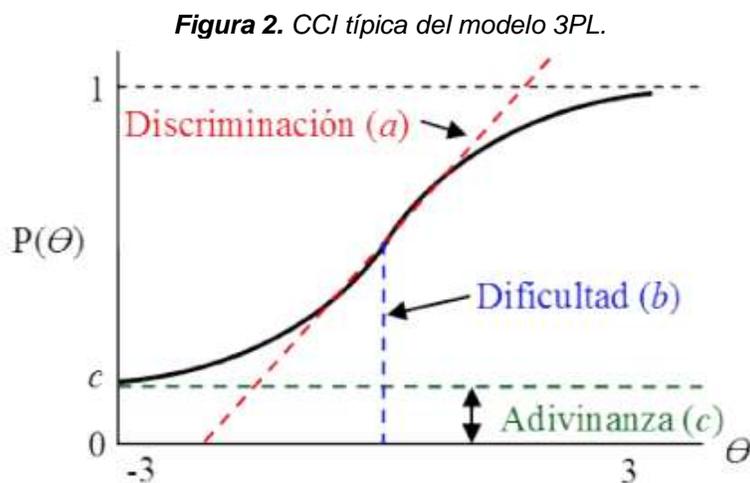
(Moreno Cadavid & Montoya Gómez, 2015)

De estos, el 3PL es considerado como el más completo, definiendo la fórmula matemática del modelo:

$$P(q) = c + \frac{1 - c}{1 + e^{a(q-b)}} \quad (1)$$

**Ecuación 1.** CCI modelo 3PL.

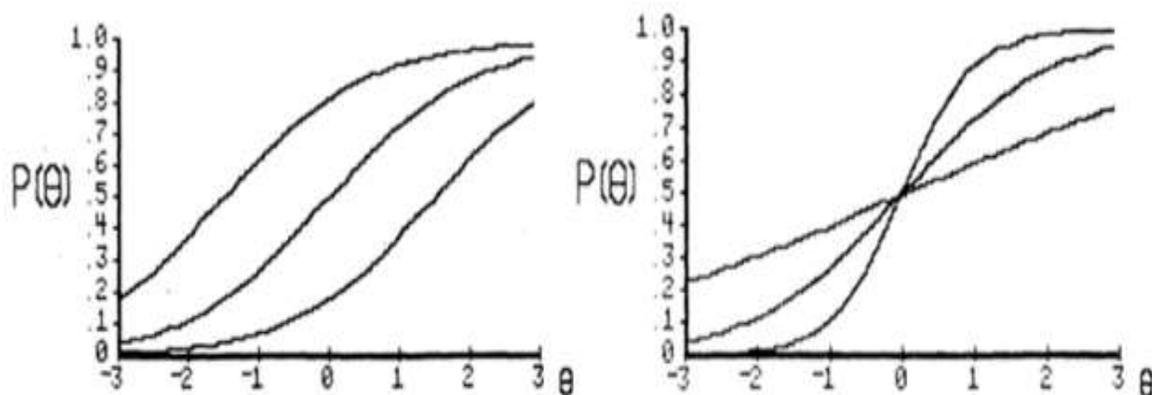
Teniendo en cuenta la Ecuación 1, la representación gráfica de la curva 3PL se puede ver en la Figura 2, considerando un intervalo cerrado de  $[-3,3]$  para fines prácticos debido a la forma de la función en sí, mientras que el dominio de la función es el intervalo abierto  $(c, 1)$  donde ambos extremos representan sus límites asintóticos (Harris, 1989).



**Fuente:** (Moreno Cadavid & Montoya Gómez, 2015)

Dentro del contexto de las pruebas TAI, cada uno de los parámetros cumple con un papel dentro de la función. En primer lugar, el parámetro adivinanza ( $c$ ) define la posibilidad específica de acierto del ítem, independiente de la forma en que este sea presentado. Segundo, el parámetro dificultad ( $b$ ), se refiere al grado de dificultad de ítem independiente de la forma en que este sea presentado, determinando así la ubicación del punto de inflexión de la curva a lo largo del eje de  $\theta$ . Por último, el parámetro discriminación ( $a$ ), determina qué tan progresivo a lo largo del eje de  $\theta$  es el ítem para discriminar la posibilidad de responder de forma correcta o incorrecta. Este último determina el ángulo de inclinación de la curva en su punto de inflexión. Entre más inclinada esté la curva, más angosto será el umbral de  $\theta$  y viceversa, entonces mientras más plana sea la curva, menor será la capacidad del ítem para discriminar entre dos estudiantes con niveles de conocimiento estimado similares y viceversa. La siguiente Figura, permite diferenciar un poco más estos dos últimos parámetros mencionados, se muestran diferentes curvas a partir de la variación de dichos parámetros dejando las demás constantes.

**Figura 3.** CCI del modelo 3PL variando el parámetro  $b$  (izquierda) y variando el parámetro  $a$  (derecha).



**Fuente:** (Moreno Cadavid & Montoya Gómez, 2015)

Dentro del modelo 3PL, los parámetros de adivinanza y dificultad no dependen de la forma en que ha sido presentada la pregunta, sin embargo, el parámetro de discriminación ( $c$ ). El valor para este parámetro puede ser calculado a partir de fórmulas, como se presenta en la siguiente tabla. En caso de querer un valor de discriminación neutral se puede trabajar con la constante 1 que nos indicaría una curva de  $45^\circ$ .

**Tabla 1.** Parámetro de adivinanza según el tipo de pregunta

Tipo de pregunta	Consideraciones	Valor del parámetro c
Falso/verdadero	Ninguna	0.5
Opción múltiple con respuesta única	n: cantidad de opciones	$n^{-1}$
Opción múltiple con respuesta múltiple	n: cantidad de opciones	$\left[1 - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{n!}{i!(n-i)!}\right]^{-1}$
Emparejamiento	nA: cantidad de elementos ordenados. nB: cantidad de elementos desordenados ( $nB \geq nA$ )	$\left[\frac{nB!}{(nB - nA)!}\right]^{-1}$
Ordenamiento	n: cantidad de elementos a ordenar	$(n!)^{-1}$
Respuesta libre	Ninguna	0

**Fuente:** (Moreno Cadavid & Montoya Gómez, 2015)

Por lo general, para indicar los valores dentro del parámetro de dificultad (b) para cada ítem, se debe contar con el histórico de evaluaciones de los estudiantes. Sin embargo, en caso de no tenerlas se puede contar con la experiencia del docente para determinar el grado de dificultad de cada pregunta.

Una vez realizada la caracterización de los ítems, se debe precisar el proceso de selección de éstos, la estimación del nivel evaluado y el criterio de terminación de la evaluación. En el primer caso, para la selección del ítem se utiliza la Función de Información del Ítem FFI, la cual se calcula a partir de la CCI. Para el caso del modelo 3PL la función es de la siguiente forma:

$$I_i(q) = \alpha^2 \left[ \frac{Q_i(q)}{P_i(q)} \right] \left[ \frac{P_i(q) - c_i}{1 - c_i} \right]^2 \quad (2)$$

**Ecuación 2.** FFI modelo 3PL.

Donde,  $P_i(q)$  representa la probabilidad de acierto y  $Q_i(q)$  la probabilidad de desacierto. Por lo anterior, dado el valor estimado  $\theta$  para un estudiante, el ítem más apropiado dentro del banco de preguntas de tamaño V, se obtiene de la siguiente forma:

$$\max_i \{I_i(\theta)\} \quad \text{for } i = 1 \text{ to } V \quad (3)$$

**Ecuación 3.** Selección de pregunta

Esta forma de estimar el nivel de conocimiento del estudiante se basa en la función máxima de verosimilitud que consiste en hallar el valor  $\theta$  que maximiza la siguiente función.

$$\theta_{s+1} = \theta_s + \frac{\sum_{i=1}^W a_i (1 - c_i) (u_i - P_i(\theta_s))}{\sum_{i=1}^W I_i(\theta_s)} \quad (4)$$

**Ecuación 4.** Función máxima de verosimilitud

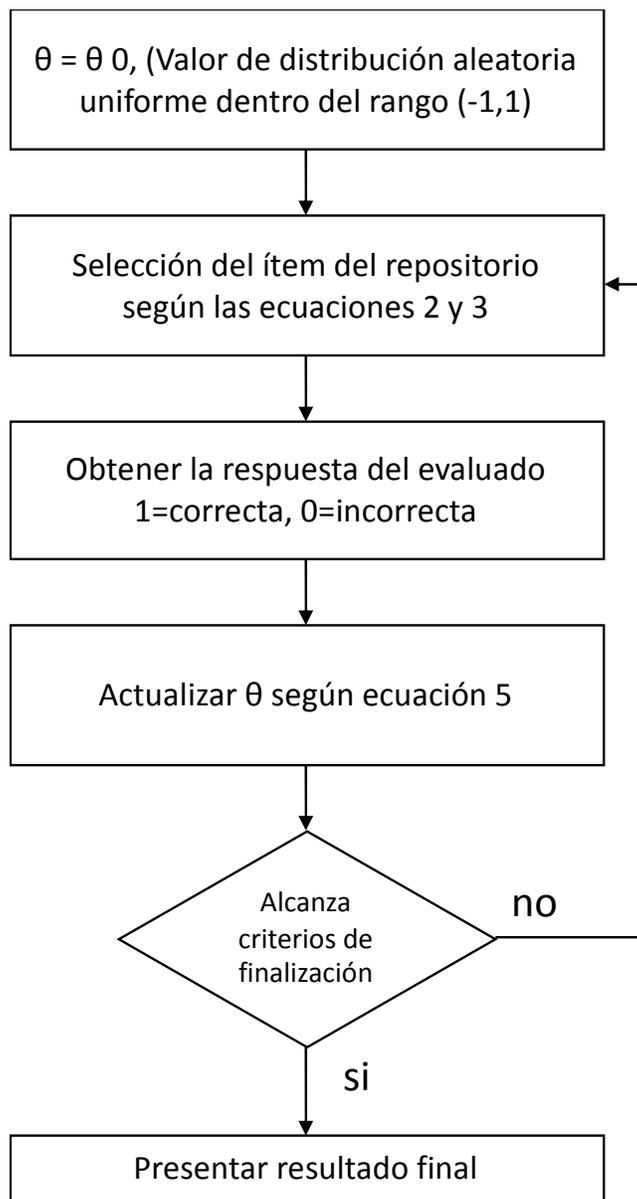
Donde  $Q_i$  es la probabilidad de responder desacertadamente en el ítem  $i(1 - P_i)$  mientras que  $u = (u_1, \dots, u_w)$  es el vector de respuestas del evaluado. Para  $i = 1, \dots, W$ ,  $u_i$  es 1 si la respuesta al ítem  $i$  es correcta y 0 en caso contrario. Luego, se emplea el método a priori (Baker, 2001) que se basa en los valores de los parámetros de los ítems y, en el valor previamente estimado del nivel de conocimiento del evaluado. Más específicamente, hace uso de un procedimiento iterativo según la siguiente fórmula.

$$L(u|\theta) = \prod_{i=1}^n P_i(\theta)^{u_i} Q_i(\theta)^{1-u_i} \quad (5)$$

**Ecuación 5.** Método a priori

Para finalizar, es necesario especificar el criterio de terminación de la evaluación, el cual al ser alcanzado indica al sistema que deje de presentarle ítems al estudiante. Para esto, debe cumplirse la menos una de dos condiciones: 1) cuando la cantidad de ítems presentados supere el umbral establecido por el docente y 2) cuando la estimación del conocimiento supere el valor 2.95. Este último se debe a la forma asintótica de la CCI con los valores extremos de -3 y 3. A continuación se presenta un diagrama que indica el algoritmo que encierra cada una de las etapas anteriormente referidas en todo el proceso de evaluación adaptativa.

**Figura 4.** Algoritmo evaluación adaptativa



**Fuente:** Propia basado en Moreno Cadavid & Montoya Gómez, 2015.

#### 5.4.4. Antecedentes

Existen diferentes investigaciones que han tratado el tema de sistemas adaptativos computarizados, dentro de los cuales sobresalen tres proyectos que abarcan el diseño, la implementación y la validación de estos.

En primera instancia, se tiene en cuenta el documento denominado *Modelo de evaluación adaptativa del nivel de conocimientos del estudiante para sistemas tutoriales inteligentes* (Jiménez Sánchez, 2009). En éste se realiza la aplicación de un modelo de evaluación adaptativa sobre el nivel de conocimientos de los estudiantes en un Sistema Tutorial Inteligente, con el fin de mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje al abrir la posibilidad de diagnosticar más precisamente el estado académico del alumno y de esta manera seleccionar estrategias pedagógicas según las necesidades detectadas.

Este modelo de evaluación, parte de la teoría de los TAI (Test Adaptativos Informatizados) y la TRI (Teoría de Respuesta al Ítem) para la etapa de diagnóstico del nivel de conocimiento del estudiante. Luego, permite verificar el cumplimiento de los criterios establecidos en el curso, definidos en el documento como objetivos institucionales, a través del análisis de las respuestas dadas por los estudiantes en la prueba aplicada. Asimismo, establece el perfil de cada estudiante para definir las características de aprendizaje particular de los mismos (Jiménez Sánchez, 2009).

Por otro lado, el documento *Una plataforma para la implementación de cursos en línea adaptativos: descripción y punto de vista de los docentes*, el cual tenía dos finalidades: la primera, presentar una herramienta de autor para crear cursos en línea adaptativos, cuyas funcionalidades particulares son la secuenciación del currículo, la presentación de contenido y la evaluación; la segunda finalidad se orienta hacia la validación de dicha herramienta con usuarios reales, más específicamente 51 profesores de básica primaria y secundaria.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que, aunque se puede presentar desconfianza por parte de los profesores a la hora de utilizar la herramienta adaptativa, existe un interés general por contar con esta Alternativa de evaluación, ya que les permitiría brindar una experiencia de enseñanza-aprendizaje individualizada (Moreno Cadavid et al., 2014). Cabe resaltar, que dicho proyecto se desarrolló sobre la

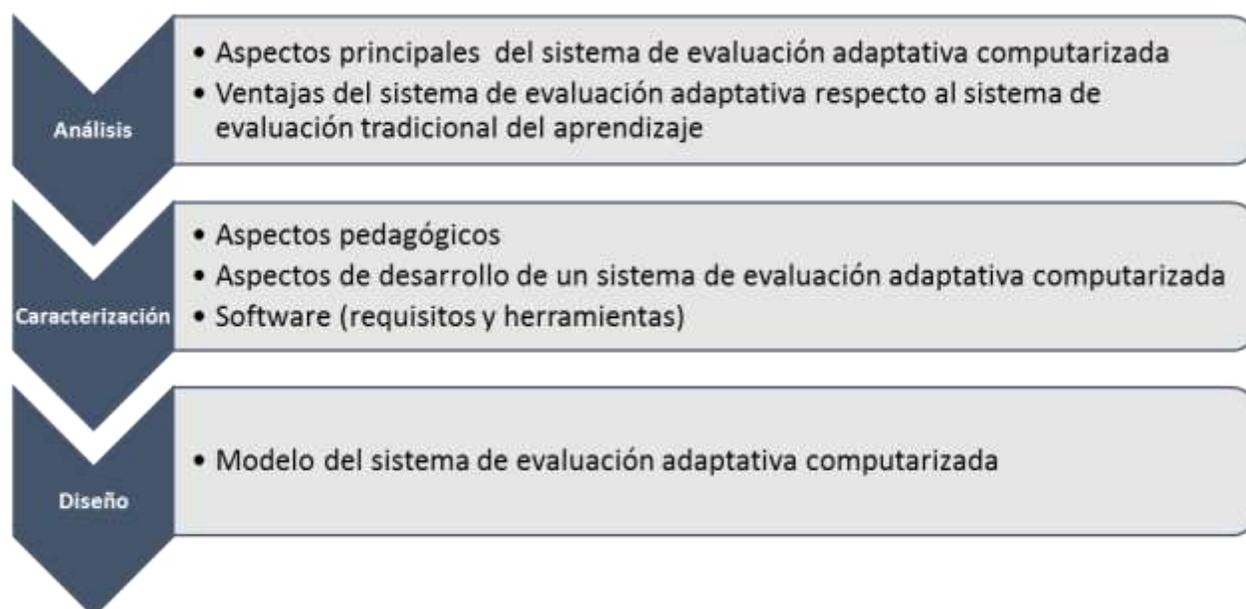
plataforma web DOCTUS, la cual está orientada específicamente para la creación de cursos en línea adaptativos y es una herramienta propia de la Universidad Nacional de Colombia (Medellín).

El tercer documento referente para este proyecto, denominado *diseño y validación de un modelo de evaluación dinámica basado en la teoría de respuesta al ítem* se caracteriza por la implementación de un modelo de evaluación basado en un proceso iterativo para la selección de ítems a partir de la estimación del nivel de conocimiento de los estudiantes que presentan esta prueba. Como los anteriores, este proyecto tenía como objetivo establecer un equilibrio entre el progreso propio de los estudiantes y la dificultad de las preguntas de la prueba que estos presentan. Para esto siguen el enfoque de Evaluación Adaptativa Computarizada (CAT) utilizando también la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI) bajo el modelo de tres parámetros. Posteriormente, realizan una validación de la propuesta con los estudiantes a quienes se les aplicó la propuesta. Este estudio, también de la Universidad Nacional de Colombia (Medellín), demostró que a través de las pruebas CAT se logró un incremento significativo en la precisión de la medición del nivel de conocimiento de los estudiantes y una disminución en el periodo de tiempo de evaluación (Moreno Cadavid & Montoya Gómez, 2015).

## 6. Metodología

El presente proyecto se desarrolla con el enfoque metodológico cualitativo y dentro de un paradigma interpretativo, esto debido a que el objetivo principal es establecer una propuesta de un medio alternativo de evaluación del aprendizaje. Por lo anterior, se establecen tres etapas fundamentales para el desarrollo del proyecto, a saber: análisis, caracterización y diseño.

**Figura 5.** Etapas del proyecto



**Fuente:** Propia.

A continuación, se toma como punto de partida la *metodología extendida para la creación de software educativo desde una visión integradora* (Cataldi, Lage, Pessacq, & García-Martínez, 2003) basada en la integración de las metodologías propias de la ingeniería del software articuladas con aspectos pedagógicos-didácticos para el desarrollo de productos como software educativo.

La solución propuesta por Cataldi et al. (2003) es resultado de la exploración de los ciclos de vida frecuentemente utilizados en la ingeniería de software: modelo en cascada, el modelo incremental o de refinamientos sucesivos, el prototipado evolutivo, el modelo en espiral de Boehm y los modelos orientados al objeto. Luego, concluyendo

con el prototipado evolutivo, como el más apropiado para respaldar los aspectos pedagógicos-didácticos para el desarrollo de software educativo. Las fases de este ciclo se encuentran en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Las fases del ciclo de vida de prototipos evolutivos

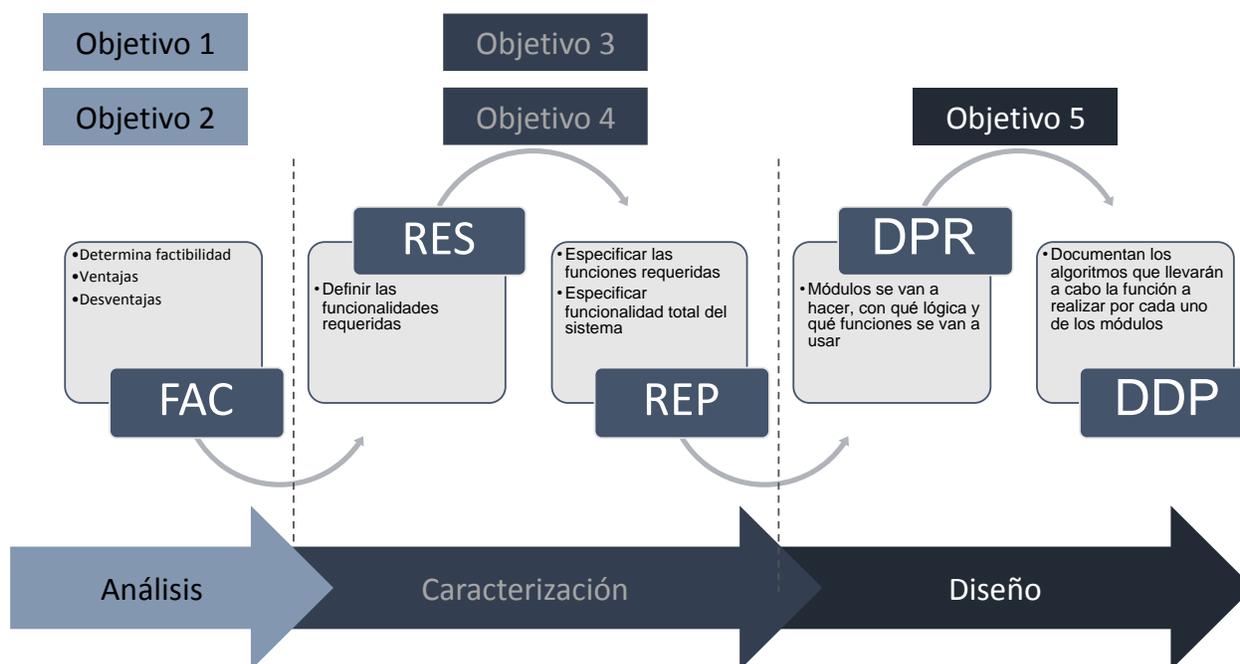
Fase	Nombre	Siglas
1	Factibilidad	FAC
2	Definición de requisitos del sistema	RES
3	Especificación de los requisitos del prototipo	REP
4	Diseño del prototipo	DPR
5	Diseño detallado del prototipo	DDP
6	Desarrollo del prototipo (codificación)	DEP
7	Implementación y prueba del prototipo	IPP
8	Refinamiento iterativo de las especificaciones del prototipo (aumentando el objetivo y/o el alcance). Luego, se puede volver a la etapa 2 o continuar si se logró el objetivo y alcance deseados.	RIT
9	Diseño del sistema final	DSF
10	Implementación del sistema final	ISF
11	Operación y mantenimiento	OPM
12	Retiro (si corresponde)	RET

**Fuente:** (Cataldi et al., 2003)

De acuerdo con el alcance del presente proyecto se avanzará hasta la etapa número 5 (etapas sombreadas en la tabla anterior), abriendo la posibilidad del desarrollo, la implementación y la validación para un trabajo posterior.

La definición del ciclo de vida de prototipos evolutivos permitirá la creación de una matriz de actividades (**Anexo 1**) articulando las fases seleccionadas, los objetivos establecidos y las etapas de **análisis**, **caracterización** y **diseño** del presente proyecto, como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 6.** Las fases del ciclo de vida de prototipos evolutivos abarcadas en el proyecto



*Fuente: Propia.*

En la etapa de **Análisis**, se abarcan los dos primeros objetivos específicos planteados, donde se busca recolectar información correspondiente a los principales aspectos del sistema de evaluación adaptativa computarizada (CAT) y las ventajas de estos sistemas en contraste con el sistema de evaluación tradicional del aprendizaje. Esto, a través de una revisión bibliográfica de proyectos, artículos y otros documentos que proporcionen esta información de forma relevante.

Asimismo, la información documentada brindará soporte para determinar la factibilidad del sistema de evaluación adaptativa computarizada apoyado en las ventajas y desventajas que este pueda presentar.

Para lograr lo mencionado, se empleará el proceso general de la teoría de análisis de datos cualitativos descrito por Clemente Rodríguez Sabiote, Oswaldo Lorenzo Quiles y Lucía Herrera Torres (2005). Este se puede desarrollar por medio de dos puntos, localización y análisis. En primer lugar, se realiza una localización y revisión de fuentes

de datos para la extracción de datos relevantes de acuerdo con el objeto de estudio, en este caso, sistemas CAT. Posteriormente se realiza la categorización y codificación de los datos de acuerdo con los procesos de reducción, disposición y transformación de los mismos y formulación y verificación de conclusiones para lograr el correcto análisis de la información obtenida.

En la etapa de **Caracterización**, se responde a los siguientes dos objetivos específicos por medio de dos conjuntos de aspectos, el primero incluye los aspectos de caracterización pedagógica y el segundo los aspectos propios para la caracterización del software.

En primer lugar, la Caracterización Pedagógica permitirá la articulación de las competencias del curso (Fundamentos de Audio del programa de Ingeniería de Sonido) con los criterios de evaluación y los conceptos que éste abarca, para el desarrollo de las preguntas del sistema CAT que posteriormente permitirá la definición de las preguntas conforme a los requerimientos de la Técnica de Respuesta al Ítem (TRI).

En segundo lugar, la Caracterización de Software permitirá la definición de herramientas para el desarrollo y la implementación del sistema CAT a partir de la determinación de los requerimientos de calidad del producto software basados en normas internacionales, la cual consiste en un estudio basado en el punto de vista del usuario y el punto de vista de los desarrolladores; contemplando al usuario (en este caso, el estudiante) como actor principal en la determinación de requerimientos clasificándolos según su naturaleza, requerimientos funcionales y no funcionales (Project Management Institute, 2005).

A su vez, esta caracterización permitirá distinguir posibles herramientas para el desarrollo y la implementación de sistemas de evaluación adaptativo computarizado para futuras investigaciones.

Por último, la etapa de **Diseño** permitirá el desarrollo del modelo del Sistema de Evaluación Adaptativa Computarizada desde el análisis de los módulos que comprenden el Sistema, de acuerdo con la función y la lógica que estos involucran. Se establecerá la estructura de control, la estructura de los datos y componentes del programa, para dar un detalle procedimental y la caracterización de la interfaz. En este

proceso deben traducirse los requisitos a una representación del software que pueda ser establecida de forma que se obtenga la calidad requerida antes de que comience la codificación.

Por lo anterior, se utilizará el lenguaje unificado de modelado (UML, por sus siglas en inglés, Unified Modeling Language), para graficar, visualizar, especificar, construir y documentar el Sistema CAT empleando el software gratuito especializado, StarUML.

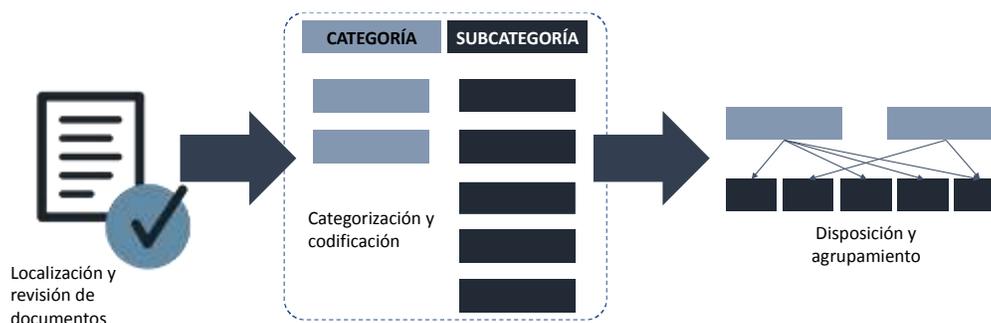
## 7. Resultados y Discusión

Para comenzar con la etapa de **análisis**, se ha realizado una revisión documental a través de diferentes recursos o fuentes de información disponibles, las cuales puedan contener datos formales, informales, escritos, orales o multimedia sobre el objeto de estudio: Sistema de evaluación adaptativa computarizada.

Para dicha revisión se realizó una búsqueda bibliográfica a través de diferentes fuentes de información y bases de datos académicas disponibles en la Universidad. La búsqueda fue dirigida por las siguientes preguntas formuladas: *¿Qué es una evaluación adaptativa computarizada? ¿Cuáles son los aspectos más importantes del sistema de evaluación adaptativa computarizada? ¿Cómo se construye una evaluación adaptativa computarizada? ¿Qué diferencias hay entre la evaluación adaptativa computarizada y la evaluación tradicional del aprendizaje?*

Como consecuencia, se encontraron artículos científicos, videos, libros y otro tipo de documentos que fueron recolectados para hacer parte del estado del arte de la presente investigación. Posteriormente, se comenzó la codificación de la información, teniendo claro que las fuentes de datos son cada uno de los documentos encontrados, sin embargo, para la reducción de datos se realizó una separación de los documentos de acuerdo con el criterio espacial de títulos significativos dentro de los mismos y dentro de estos, ideas principales. Esto permitió una segmentación artificial de la información en elementos más susceptibles de análisis para la detección de los datos contenidos en las fuentes. En la siguiente imagen se puede observar el proceso sintetizado, hacia la codificación de la información recolectada (Sabiote et al., 2005).

**Figura 7.** Proceso de localización y codificación de información.



**Fuente:** Propia.

Ahora bien, para la identificación de datos se emplean las siguientes categorías: evaluación adaptativa computarizada y evaluación tradicional del aprendizaje; así como las subcategorías: funcionamiento, características, ventajas y desventajas, con el fin de clasificar conceptualmente las unidades que se verán a lo largo la codificación y el análisis de la información. En la siguiente tabla se pueden observar las categorías y los códigos correspondientes para cada una de éstas.

**Tabla 3.** *Categorías y códigos de análisis.*

<b>Categoría</b>	<b>Código</b>
Evaluación adaptativa computarizada	CAT
Evaluación tradicional del aprendizaje	ETA
<b>Subcategoría</b>	<b>Código</b>
Necesidad	NEC
Funcionamiento	FUN
Características	CAR
Ventajas	VEN
Desventajas	DES

**Fuente:** *Propia.*

Seguidamente, la síntesis conceptual delimitada por las categorías y subcategorías nombradas brinda sustancialmente la información para conocer detenidamente los aspectos principales de un sistema de evaluación adaptativa computarizada. Por lo anterior, se presentan los resultados interpretados en la siguiente tabla.

**Tabla 4.** *Aspectos principales de un Sistema De Evaluación Adaptativa Computarizada.*

<b>Aspectos principales de un Sistema De Evaluación Adaptativa Computarizada</b>	
<b>Funcionamiento</b>	<p>El sistema de evaluación adaptativa computarizada consiste en un algoritmo cíclico compuesto por tres segmentos distintos: Cómo empezar, Cómo seguir, Cómo finalizar. Asimismo, el continuo procesamiento en el “cómo seguir” está dado por cuatro pasos fundamentales: 1) selección de las preguntas dentro de un banco de ítems de evaluación según el nivel que presenta el evaluado, 2) se presenta el ítem al estudiante quien responde, 3) se actualiza el nivel de conocimiento del evaluado de acuerdo con la respuesta dada, y 4) se repiten los pasos anteriores hasta llegar al criterio de finalización.</p> <p>En términos generales, el modelo de adaptación permite recopilar la información relevante sobre el estado del evaluado para funcionar de</p>

	<p>acuerdo con el conocimiento evidenciado por el mismo.</p> <p>A grandes rasgos, la estructura del algoritmo se sujeta a la estructura de un Test Adaptativo Informatizado (TAI), el cual puede procesar la información con diferentes técnicas, sin embargo, entre las más usadas está la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI).</p>
<b>Características</b>	<p>Los sistemas CAT se caracterizan por estimar el nivel de conocimiento del evaluado, basándose en las respuestas dadas en ítems anteriores, respetando la individualidad del estudiante. Por otro lado, ofrece la posibilidad para ser presentada en cualquier lugar y en cualquier momento ya que se emplean distintas tecnologías en su aplicación.</p>
<b>Ventajas</b>	<p>Entre las ventajas que más se mencionan al hablar de sistemas CAT sobresalen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta la seguridad de la prueba, al mismo tiempo que cada evaluado puede desarrollarla a su propio ritmo.</li> <li>• Cada estudiante se enfrenta a su propia dificultad en la medida de su conocimiento sin provocar desánimo durante la prueba.</li> <li>• No existen inconvenientes de carácter físico respecto a la presentación tradicional en hojas.</li> <li>• El examen puede entregar resultados automáticamente y puede ser configurado para registrar el perfil y el nivel de cada estudiante, en caso de que se necesite para pruebas futuras. O en otros casos se puede configurar el nivel inicial y calibrar sobre el mismo.</li> </ul> <p>Por otro lado, en caso de que alguna pregunta se encuentre defectuosa puede ser corregida o eliminada inmediatamente.</p>
<b>Desventajas</b>	<p>Sin embargo, se pueden evidenciar algunas desventajas como: la necesidad de crear extensos bancos de preguntas para lograr una calibración correcta, así como para garantizar la confiabilidad, precisión y validez de la prueba.</p>

*Fuente: revisión documental.*

Asimismo, mediante el análisis de los datos obtenidos, se destaca el contraste entre Sistema De Evaluación Adaptativa Computarizada y el Sistema De Evaluación Tradicional Del Aprendizaje, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Sistema CAT vs. ETA.

Sistema CAT	Sistema ETA
<p>Los sistemas CAT se caracterizan por estimar el nivel de conocimiento del evaluado, basándose en las respuestas dadas en ítems anteriores, respetando la individualidad del estudiante. Por otro lado, ofrece la posibilidad para ser presentada en cualquier lugar y en cualquier momento, ya que se emplean distintas tecnologías en su aplicación.</p> <p>Las evaluaciones adaptativas constituyen un nuevo nivel de pruebas realizadas en un ambiente virtual, donde el esquema en el que las preguntas se presentan no guarda un patrón fijo, sino que se ajustan a las necesidades de los evaluados a partir de las características presentadas según lo que ha sido respondido.</p> <p>También este tipo de pruebas puede entregar resultados automáticamente y puede registrar el perfil y el nivel de conocimiento de cada estudiante.</p>	<p>En el sistema tradicional de evaluación del aprendizaje, las evaluaciones se realizan principalmente en formatos físico y se han enfocado en la evaluación de desempeño de forma generalizada. Se caracterizan por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer parámetros sin contar con criterios de evaluación claros.</li> <li>• Brindar notas cuantitativas sin criterios de evaluación claros que las respalden.</li> <li>• Concentrarse en definir quién aprueba o reprueba sin dar la razón de fortalezas y debilidades.</li> <li>• Castigar errores y no los utiliza para mejorar el proceso de aprendizaje.</li> <li>• Generalizar los procesos de aprendizaje para los estudiantes.</li> <li>• Privar al estudiante de una retroalimentación clara.</li> </ul>

**Fuente:** revisión documental.

De esta manera, se han identificado los aspectos principales del Sistema De Evaluación Adaptativa Computarizada y a su vez sus ventajas frente a la Evaluación Tradicional Del Aprendizaje. Se evidencia la necesidad de sistemas de evaluación adaptativa computarizada en las aulas de clase conforme a la necesidad de los estudiantes evaluados y al mismo tiempo a los avances de la tecnología. Por otro lado, los datos expuestos en las **Tabla 4** y **Tabla 5** abren la perspectiva hacia la factibilidad de este tipo de sistemas CAT para ser implementados.

Igualmente, dicha perspectiva de factibilidad se ve complementada en la siguiente etapa del presente proyecto, la etapa de **caracterización**, que como se menciona en la metodología, se realiza desde dos puntos de vista: pedagógico y técnico.

Hasta el momento una de las desventajas del sistema evaluación tradicional del aprendizaje evidenciada en el análisis, es la falta de criterios de evaluación claros al momento de entregar una calificación; sin embargo, como se ha referenciado en el

marco teórico, los criterios de evaluación deben estar presentes desde la construcción del plan de estudio a partir de las competencias plasmadas en éste, ya que este da dirección el curso.

Por esta razón, la caracterización pedagógica debe contemplar los elementos del currículo de un curso que pueden desempeñar un rol clave en el desarrollo de sistemas CAT. Igualmente, se propone la articulación de competencias y criterios de evaluación en la formulación de las preguntas del sistema CAT, esto debido a que permitirá abarcar los conceptos del curso de forma adecuada dirigido a la presentación de fortalezas y debilidades del estudiante, fundamentadas desde las competencias propuestas en el plan de estudios, ya que éstas conforman el conjunto de actitudes y aptitudes personales para poder aplicar un conocimiento (De la Mano González & Moro Cabero, 2009).

Ahora bien, siendo la competencia un referente de conocimiento adquirido en dimensiones teóricas y prácticas por parte del estudiante, ésta puede medirse de acuerdo con una escala de dominio del conocimiento.

**Tabla 6.** Escala de grados de dominio en una competencia

Grado	Dominio según Labruffe	Niveles pedagógicos
Grado 1	dominio o práctica débil o torpeza en enumerar conocimientos o realizar prácticas.	Nivel 1: sensibilización
Grado 2	conocimiento dudoso o ejercicio poco hábil o ágil.	Nivel 2: conocimiento de las prácticas
Grado 3	conocimientos y prácticas adquiridos se demuestran con comodidad y fluidez.	Nivel 3: dominio de herramientas
Grado 4	dominio de conocimientos y prácticas o visualización precisa	Nivel 4: dominio metodológico

**Fuente:** Labruffe citado por (De la Mano González & Moro Cabero, 2009).

De esta manera, cada nivel en la valoración de una competencia aparece como un criterio de evaluación que define el logro y el instrumento de medida de éste. Por lo anterior, se diseñó la *tabla de competencias y criterios de evaluación* permitiendo un complemento por la definición de fortalezas y debilidades (**Anexo 2 - Tabla 13**).

Ahora bien, se abordó *tabla de competencias y criterios de evaluación* con el contenido de las unidades del primer corte del curso de Fundamentos de audio del programa de Ingeniería de Sonido de la Universidad de San Buenaventura (**Tabla 7**).

**Tabla 7.** Competencias y criterios de evaluación del curso.

No.	Competencia	Niveles de logro		Fortaleza evidenciada	Debilidad evidenciada
		No.	Definición		
C1	Comprende el fenómeno físico del sonido.	N1	No evidencia la adquisición de los conceptos que comprende el fenómeno físico del sonido	NA	El estudiante no evidencia la comprensión del fenómeno físico del sonido
		N2	Demuestra conocer algunos de los conceptos que comprenden el fenómeno físico del sonido	El estudiante demuestra conocer algunos conceptos que comprenden el fenómeno físico del sonido	El estudiante no evidencia la comprensión total del fenómeno físico del sonido
		N3	Identifica los conceptos que comprenden el fenómeno físico del sonido	El estudiante logra identificar algunos conceptos que comprenden el fenómeno físico del sonido	El estudiante no logra aplicar de forma adecuada los conceptos que comprendan el fenómeno físico del sonido
		N4	Comprende los conceptos del fenómeno físico del sonido y los emplea de forma adecuada	El estudiante demuestra conocer algunos conceptos que comprenden el fenómeno físico del sonido y aplicarlos de forma adecuada	NA
C2	Reconoce las diferentes características físicas del sonido que se puede modificar en procesador de audio.	N1	No evidencia la comprensión del funcionamiento de un sistema de sonido y sus partes	NA	El estudiante no comprende el funcionamiento de un sistema de sonido y sus partes
		N2	Evidencia la comprensión de las partes de un sistema de audio	El estudiante identifica las partes de un sistema de audio	El estudiante no evidencia la comprensión del funcionamiento del sistema de audio
		N3	Identifica las partes de un sistema de audio y cómo éste afecta las características físicas del sonido	El estudiante identifica las partes del sistema de audio y sus funciones	El estudiante no evidencia la comprensión del funcionamiento del sistema de audio
		N4	Comprende las partes del sistema de audio, y cómo la etapa de procesamiento afecta las características físicas del sonido en tiempo, frecuencia y amplitud	El estudiante identifica las partes y el funcionamiento de un sistema de audio	NA

<b>C3</b>	Evalúa el funcionamiento de los diferentes sistemas de procesamiento de audio, para su correcta aplicación teniendo en cuenta los fundamentos teóricos adquiridos.	<b>N1</b>	Comprende las partes del sistema de audio, y cómo la etapa de procesamiento afecta las características físicas del sonido	NA	El estudiante no comprende el funcionamiento de un sistema de sonido
		<b>N2</b>	Comprende las partes del sistema de audio, y cómo la etapa de procesamiento afecta las características físicas del sonido en tiempo, frecuencia y amplitud	El estudiante identifica las partes de un sistema de sonido y como el procesamiento de la señal afecta las características físicas del sonido	El estudiante no comprende la implicación del procesamiento basado en tiempo, amplitud y frecuencia
		<b>N3</b>	Comprende la etapa de procesamiento de audio en un sistema de sonido, de acuerdo con las características físicas del sonido en general	El estudiante emplea adecuadamente el procesamiento de la señal en un sistema de sonido	El estudiante no comprende la implicación del procesamiento basado en tiempo, amplitud y frecuencia
		<b>N4</b>	Emplea adecuadamente la etapa de procesamiento de audio en un sistema de sonido de acuerdo con las características físicas del sonido respecto al tiempo, frecuencia y amplitud de éste	El estudiante emplea adecuadamente el procesamiento de la señal en un sistema de sonido y comprende cómo éste afecta el sonido en tiempo, frecuencia y amplitud	NA

*Fuente: Basado en microcurrículo del curso.*

Asimismo, se diseñó la tabla para las preguntas asignando la competencia y los niveles de logro correspondientes, ratificando así fortalezas y debilidades que podrán relacionarse con las respuestas y brindar ulteriormente una retroalimentación apropiada al finalizar (*Anexo 2 - Tabla 14*). Esta tabla ha sido aplicada al contenido del curso de Fundamentos de Audio, dando ejemplo de la propuesta de 10 preguntas.

*Tabla 8. Preguntas del curso primer corte.*

No.	Tipo de p.	Pregunta	Comp.	Opciones		Concepto	Nivel de logro
				No.	Respuesta		
<b>P1</b>	OM/UR	¿Qué es Sonido?	C1	1	Es cualquier fenómeno que involucre la propagación de ondas electromagnéticas.	Incorrecto	N2
				2	Sensación o impresión producida en el oído por un conjunto de vibraciones que se propagan en el vacío.	Incorrecto	N1
				3	Perturbación de un medio elástico (aire), que provoca variaciones pequeñas de presión.	Correcto	N4
				4	Sólo se forma cuando las moléculas de aire vibran y se	Incorrecto	N2

					mueven como ondas.		
				5	Todas las anteriores.	Incorrecto	N3
P2	OM/UR	Seleccione la definición correcta para la siguiente característica de una onda sonora: <b>Amplitud</b>	C1	1	En una onda sonora hace referencia a la presión de las moléculas de aire y se representa en Pascales [Pa]	Correcto	N4
				2	En una onda sonora hace referencia a la cantidad de ciclos por segundo y se representa en Hertz [Hz]	Incorrecto	N1
				3	En una onda sonora hace referencia al tiempo transcurrido para un ciclo completo y se representa en segundos [s]	Incorrecto	N3
				4	En una onda sonora hace referencia a la relación en tiempo entre dos señales y se representa en grados [°]	Incorrecto	N1
				5	En una onda sonora hace referencia a la distancia física cubierta por un ciclo completo de una frecuencia específica y se representa en metros [m]	Incorrecto	N3
				6	En una onda sonora hace referencia a la dinámica de propagación de las ondas sonoras y se representa en metros por segundo [m/s]	Incorrecto	N1
P3	OM/UR	Seleccione la definición correcta para la siguiente característica de una onda sonora: <b>Frecuencia</b>	C1	1	En una onda sonora hace referencia a la presión de las moléculas de aire y se representa en Pascales [Pa]	Incorrecto	N2
				2	En una onda sonora hace referencia a la cantidad de ciclos por segundo y se representa en Hertz [Hz]	Correcto	N4
				3	En una onda sonora hace referencia al tiempo transcurrido para un ciclo completo y se representa en segundos [s]	Incorrecto	N3
				4	En una onda sonora hace referencia a la relación en tiempo entre dos señales y se representa en grados [°]	Incorrecto	N1
				5	En una onda sonora hace referencia a la distancia física cubierta por un ciclo completo de una frecuencia específica y se representa en metros [m]	Incorrecto	N1
				6	En una onda sonora hace referencia a la dinámica de propagación de las ondas sonoras y se representa en metros por segundo [m/s]	Incorrecto	N1
P4	OM/UR	Seleccione la definición correcta para la siguiente	C1	1	En una onda sonora hace referencia a la presión de las moléculas de aire y se representa en Pascales [Pa]	Incorrecto	N1

		característica de una onda sonora: <b>Periodo</b>		2	En una onda sonora hace referencia a la cantidad de ciclos por segundo y se representa en Hertz [Hz]	Incorrecto	N1
				3	En una onda sonora hace referencia al tiempo transcurrido para un ciclo completo y se representa en segundos [s]	Correcto	N4
				4	En una onda sonora hace referencia a la relación en tiempo entre dos señales y se representa en grados [°]	Incorrecto	N2
				5	En una onda sonora hace referencia a la distancia física cubierta por un ciclo completo de una frecuencia específica y se representa en metros [m]	Incorrecto	N1
				6	En una onda sonora hace referencia a la dinámica de propagación de las ondas sonoras y se representa en metros por segundo [m/s]	Incorrecto	N3
P5	OM/UR	Seleccione la definición correcta para la siguiente característica de una onda sonora: <b>Fase</b>	C1	1	En una onda sonora hace referencia a la presión de las moléculas de aire y se representa en Pascales [Pa]	Incorrecto	N1
				2	En una onda sonora hace referencia a la cantidad de ciclos por segundo y se representa en Hertz [Hz]	Incorrecto	N3
				3	En una onda sonora hace referencia al tiempo transcurrido para un ciclo completo y se representa en segundos [s]	Incorrecto	N1
				4	En una onda sonora hace referencia a la relación en tiempo entre dos señales y se representa en grados [°]	Correcto	N4
				5	En una onda sonora hace referencia a la distancia física cubierta por un ciclo completo de una frecuencia específica y se representa en metros [m]	Incorrecto	N2
				6	En una onda sonora hace referencia a la dinámica de propagación de las ondas sonoras y se representa en metros por segundo [m/s]	Incorrecto	N1
P6	OM/UR	Seleccione la definición correcta para la siguiente característica de una onda sonora: <b>Longitud de onda</b>	C1	1	En una onda sonora hace referencia a la presión de las moléculas de aire y se representa en Pascales [Pa]	Incorrecto	N1
				2	En una onda sonora hace referencia a la cantidad de ciclos por segundo y se representa en Hertz [Hz]	Incorrecto	N2
				3	En una onda sonora hace referencia al tiempo transcurrido para un ciclo completo y se representa en segundos [s]	Incorrecto	N1

				4	En una onda sonora hace referencia a la relación en tiempo entre dos señales y se representa en grados [°]	Incorrecto	N1
				5	En una onda sonora hace referencia a la distancia física cubierta por un ciclo completo de una frecuencia específica y se representa en metros [m]	Correcto	N4
				6	En una onda sonora hace referencia a la dinámica de propagación de las ondas sonoras y se representa en metros por segundo [m/s]	Incorrecto	N3
P7	OM/UR	Seleccione la definición correcta para la siguiente característica de una onda sonora: <b>Velocidad del sonido</b>	C1	1	En una onda sonora hace referencia a la presión de las moléculas de aire y se representa en Pascales [Pa]	Incorrecto	N1
				2	En una onda sonora hace referencia a la cantidad de ciclos por segundo y se representa en Hertz [Hz]	Incorrecto	N1
				3	En una onda sonora hace referencia al tiempo transcurrido para un ciclo completo y se representa en segundos [s]	Incorrecto	N3
				4	En una onda sonora hace referencia a la relación en tiempo entre dos señales y se representa en grados [°]	Incorrecto	N1
				5	En una onda sonora hace referencia a la distancia física cubierta por un ciclo completo de una frecuencia específica y se representa en metros [m]	Incorrecto	N2
				6	En una onda sonora hace referencia a la dinámica de propagación de las ondas sonoras y se representa en metros por segundo [m/s]	Correcto	N4
P8	F/V	Seleccione Falso o verdadero: Las ondas acústicas se propagan más rápidamente en el agua que en el aire	C1	F	Falso	Incorrecto	N1
				V	Verdadero	Correcto	N4
P9	OM/UR	¿Cuál de las siguientes afirmaciones explica correctamente cómo la fase de una onda acústica afecta el resultado final en la suma de señales?	C1	1	En realidad, la fase no afecta la suma de ondas acústicas.	Incorrecto	N1
				2	Las ondas acústicas se suman aritméticamente y cuando dos ondas acústicas son idénticas la fase puede afectar la suma resultante, según el grado de desfase puede ser atenuar, incrementar o cancelar la señal.	Correcto	N4
				3	Las ondas acústicas son afectadas por la fase al cambiar la fuente de	Incorrecto	N2

					propagación.		
				4	Las ondas acústicas solo se atenúan cuando hay cambios en la fase.	Incorrecto	N3
P10	OM/UR	¿Cuáles son las partes que componen todo sistema de sonido?	C2	1	Transductor de entrada, procesador de señal y transductor de salida	Correcto	N4
				2	Micrófono, amplificador, altavoz	Correcto	N3
				3	Decibelios, medidores de voltaje y potenciómetros.	Incorrecto	N2
				4	Generadores de onda, osciloscopio y medidores de voltaje.	Incorrecto	N1

*Fuente: Basado en microcurrículo del curso.*

Es necesario entonces, la articulación de cada pregunta de acuerdo con la competencia y los niveles que la caracterizan, con parámetros del procesamiento de la información según los requisitos evidenciados en la Curva Característica del ítem (ver *Figura 2* y *Ecuación 1*), lo cual permitirá el cálculo de  $\theta$  a partir de los rasgos de discriminación (a) y dificultad (b) asignados, tanto como el rasgo de adivinanza (c) calculado según el tipo de pregunta (*Anexo 2 - Tabla 15*).

**Tabla 9.** Preguntas y caracterización.

No.	Tipo de pregunta (c)	Competencia	Opc.	Nivel de logro	Rasgos adaptatividad (umbral de $\theta$ )	
					discriminación (a)	dificultad (b)
P1	OM/UR	C1	1	N2		
			2	N1		
			3	N4		
			4	N2		
			5	N3		
P2	OM/UR	C1	1	N4		
			2	N1		
			3	N3		
			4	N1		
			5	N3		
			6	N1		
P3	OM/UR	C1	1	N2		
			2	N4		
			3	N3		
			4	N1		
			5	N1		
			6	N1		
P4	OM/UR	C1	1	N1		
			2	N1		
			3	N4		
			4	N2		
			5	N1		
			6	N3		

P5	OM/UR	C1	1	N1		
			2	N3		
			3	N1		
			4	N4		
			5	N2		
			6	N1		
P6	OM/UR	C1	1	N1		
			2	N2		
			3	N1		
			4	N1		
			5	N4		
			6	N3		
P7	OM/UR	C1	1	N1		
			2	N1		
			3	N3		
			4	N1		
			5	N2		
			6	N4		
P8	F/V	C1	F	N1		
			V	N4		
P9	OM/UR	C1	1	N1		
			2	N4		
			3	N2		
			4	N3		
P10	OM/UR	C2	1	N4		
			2	N3		
			3	N2		
			4	N1		

*Fuente: propia.*

Lo anterior demuestra la importancia de relacionar las características pedagógicas del funcionamiento del sistema CAT con las características que debe abarcar el software para cumplir su propósito. Por tal razón, es fundamental que para el desarrollo de este tipo de sistemas se considere el correcto planteamiento de las competencias, los criterios de evaluación y de esta manera la base de la formulación de las preguntas que alimentarán el cuestionario.

Ahora bien, en contraste, la caracterización técnica o de software incluye aquellos requerimientos apreciables en este sistema. Los requerimientos funcionales (*Tabla 10*) que se han detectado hasta el momento y que deben ser propios del sistema CAT pueden clasificarse en dos conjuntos según, el rol del docente y el rol del estudiante. Por otro lado, se consideran los requerimientos no funcionales como: Interfaz, seguridad, modularidad y rendimiento.

**Tabla 10.** *Requerimientos funcionales del sistema CAT*

Rol del docente	Rol del estudiante
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de usuarios.</li> <li>• Gestión del curso: competencias, criterios de evaluación.</li> <li>• Creación y gestión banco de preguntas y respuestas.</li> <li>• Creación y gestión de cuestionarios.</li> <li>• Revisión de resultados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de usuarios.</li> <li>• Diligenciamiento de cuestionarios.</li> <li>• Recepción de resultados de la evaluación y retroalimentación.</li> </ul>

*Fuente: propia.*

En la siguiente tabla se describen con mayor detenimiento las peculiaridades implicadas en estos requerimientos tanto funcionales como no funcionales, contemplando la creación de bancos de competencias, criterios de evaluación, fortalezas, debilidades y preguntas.

**Tabla 11.** *Requerimientos funcionales y no funcionales del sistema CAT.*

<b>Requerimientos Funcionales</b>	<b>Rol del docente</b>	Gestión de usuarios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema debe permitir crear cuentas de usuario. Cada cuenta de usuario tendrá un rol en cada asignatura en la que participe (rol de docente o estudiante).</li> <li>• De acuerdo con el rol que registre podrá acceder funcionalidades específicas.</li> <li>• El sistema debe permitir que el docente pueda clasificar a los estudiantes por grupos.</li> </ul>
		Gestión del curso: competencias, criterios de evaluación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El docente podrá crear un banco de competencias acordes con el plan de estudios del curso para articular con criterios de evaluación, fortalezas y debilidades.</li> <li>• El sistema debe permitir que el docente pueda modificar el banco creado.</li> </ul>
		Creación y gestión banco de preguntas y respuestas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El docente podrá crear preguntas y respuestas asociándolas con competencias y criterios de evaluación de éstas, de acuerdo con el banco diseñado.</li> <li>• Al crear una pregunta, se debe permitir caracterizarla en cuanto a los rasgos adaptativos que el sistema necesita.</li> <li>• Se podrá establecer un mensaje de retroalimentación (fortalezas y debilidades) asociado a la pregunta a partir de las competencias y criterios de evaluación del banco.</li> <li>• El docente podrá modificar cualquier atributo o borrar dicha pregunta.</li> </ul>

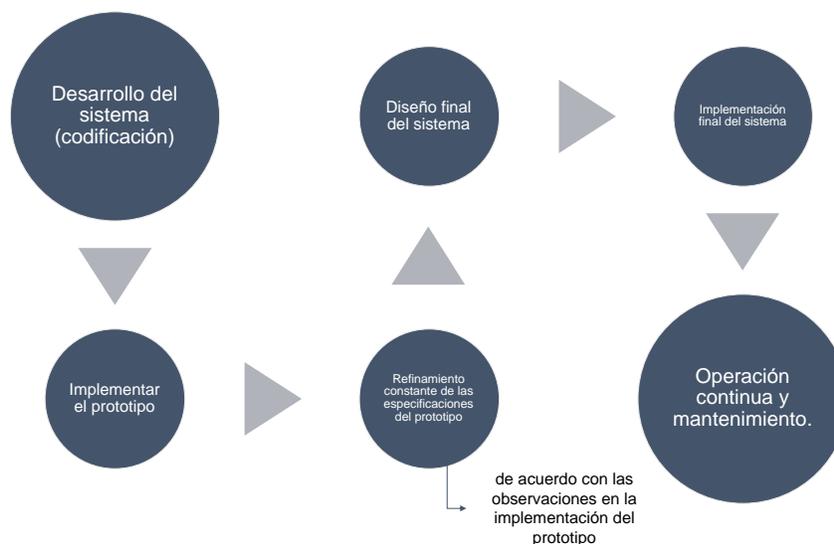
<b>Requerimientos No Funcionales</b>	<b>Rol del estudiante</b>	Creación y gestión de cuestionarios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El docente podrá clasificar las preguntas para diseñar diferentes cuestionarios según convenga en el curso.</li> <li>• El docente podrá especificar los criterios de inicio, continuidad y parada para cada cuestionario.</li> <li>• Una vez creado un cuestionario, el docente podrá eliminar el cuestionario. Esto no afectará, en ningún caso, a la información almacenada sobre los cuestionarios ya respondidos por alumnos.</li> <li>• Los docentes podrán acceder a un listado de todos los cuestionarios ya creados.</li> </ul>
		Revisión de resultados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El docente podrá acceder a los resultados de cada uno de los estudiantes.</li> <li>• El sistema implementará sistemas automáticos que ayuden al equipo docente a detectar preguntas conflictivas, es decir, aquellas donde el número de fallos sea inusualmente elevado, para que los docentes puedan analizar y corregir los defectos asociados a dichas preguntas.</li> <li>• El docente podrá extraer los resultados de los estudiantes en hojas de cálculo de forma individual o grupal.</li> </ul>
		Gestión de usuarios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema debe permitir crear cuentas de usuario.</li> <li>• Cada cuenta de usuario tendrá un rol en cada asignatura en la que participe (rol de docente o estudiante).</li> <li>• De acuerdo con el rol que registre podrá acceder funcionalidades específicas.</li> <li>• El sistema debe permitir que el docente pueda clasificar a los estudiantes por grupos.</li> </ul>
		Realización de cuestionarios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema debe permitir que los estudiantes puedan acceder al formulario creado.</li> <li>• Una vez que un estudiante acceda a un cuestionario, se le irán mostrando preguntas que deberá ir contestando. Las preguntas se mostrarán en función de las respuestas previas y los niveles establecidos por el profesor.</li> <li>• Para cada pregunta que el alumno responda, quedará almacenado en el sistema a qué cuestionario pertenece, cuándo se responde, qué pregunta se ha formulado y cuál ha sido la respuesta elegida.</li> </ul>
	Recepción de resultados de la evaluación y retroalimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema mostrará al estudiante la información del cuestionario al finalizar, de acuerdo con la confirmación dada por el docente, ya que puede definir la información que se entregará: Nota, preguntas, respuestas, retroalimentación.</li> <li>• El docente podrá acceder a un listado con todos los intentos que ha realizado cada alumno a cada cuestionario que hayan creado. Para cada cuestionario, podrán ver el detalle de cada uno, es decir, qué preguntas se respondieron, cuál fue la respuesta, si era correcta y el instante en el que se respondió.</li> </ul>	
	Interfaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La interfaz del sistema debe ser intuitiva. Los estudiantes deben ser capaces de ingresar y desarrollar el formulario.</li> <li>• La interfaz para el docente debe ser fácil de manejar, ya sea que cuenten o no con conocimientos informáticos avanzados.</li> </ul>	
	Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debido a la confidencialidad que requieren las preguntas creadas por el docente, el sistema deberá garantizar la no accesibilidad a ese contenido por usuarios no autorizados, como los estudiantes.</li> <li>• Todo usuario que acceda al sistema debe registrarse o</li> </ul>	

	identificarse a través de un usuario/contraseña, para asegurar la autoría de las respuestas de los cuestionarios.
Modularidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>El diseño realizado debe permitir que la evaluación sea modificable, y que las modificaciones que se realicen en un módulo del sistema no afecten otros módulos</li> </ul>
Rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema debe permitir que todos los estudiantes del curso puedan realizar a la vez el mismo cuestionario. En el caso de Fundamentos de Audio significa que, al menos, se puedan producir 20 accesos en simultánea.</li> </ul>

*Fuente: propia.*

Ulteriormente, se presentan los siguientes pasos para ser contemplados en los procesos de desarrollo e implementación de sistemas de evaluación adaptativa computarizada, como resultado de la caracterización de los aspectos destacados y la labor de acuerdo con las fases del ciclo de vida de prototipos evolutivos propuestas por Cataldi et. Al (2003) para el desarrollo de software educativo. Para esto, se comienza con la codificación del sistema, que posteriormente puede ser implementado como prototipo y refinado a partir de las retroalimentaciones en pruebas de usuario hasta obtener un sistema idóneo que funcione de forma continua, para ser alimentado y mantenido por los mismos usuarios.

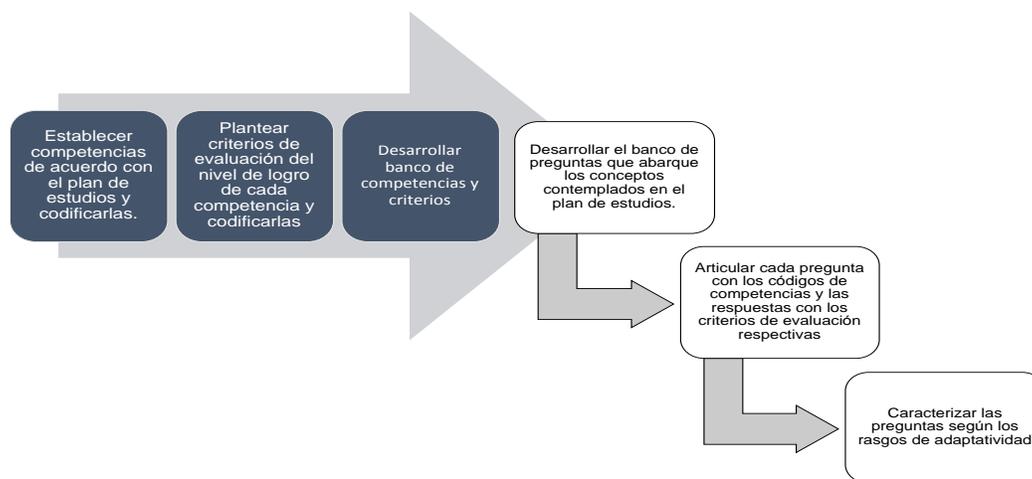
**Figura 8.** Proceso para desarrollo e implementación.



*Fuente: propia.*

Esta alimentación es clave para la correcta práctica pedagógica del sistema CAT, ya que de esta dependen los contenidos de los cuestionarios que serán resueltos por los estudiantes. Por tal motivo, se presenta la propuesta para la alimentación del banco de preguntas del sistema fundamentado en los elementos del plan de estudio, partiendo de la importancia de la fundamentación pedagógica para este tipo de sistemas evaluativos.

**Figura 9.** Proceso para alimentar los bancos del sistema.

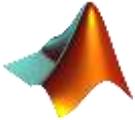


**Fuente:** propia.

Igualmente, ambos procesos graficados requieren de codificación precisa que pueda ser compilada en software especializado. Por los requerimientos expuestos anteriormente, en especial por la característica modular que debe presentarse en la codificación, se recomienda emplear lenguajes de programación orientada a objetos (POO), ya que son lenguajes dinámicos en los que estos objetos se pueden crear y modificar sobre la marcha de forma independiente. Los lenguajes destacados son: Ada, C++, C#, VB.NET, Clarion, Delphi, Eiffel, Java, Lexico (en castellano), Objective-C, Ocaml, Oz, PHP, PowerBuilder, Python, Ruby y Smalltalk.

Sin embargo, se recomiendan emplear sistemas de programación que trabajen con algunos de estos lenguajes como: Matlab, Python y Unity.

**Tabla 12.** Sistemas de programación recomendados.

Sistema	Descripción	Ventaja	Desventaja
 <b>Matlab</b>	Sistema de cómputo numérico que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio.	Está disponible para las plataformas Unix, Windows, Mac OS X y GNU/Linux	Los usuarios están sujetos a la licencia que dispongan.
 <b>Python</b>	Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, usa tipado dinámico y es multiplataforma.	Software libre. El orden que mantiene Python, es de lo que más le gusta a sus usuarios, es muy legible	Depende de las librerías instaladas, se deben instalar nuevamente en caso de cambiar de entorno
 <b>Unity</b>	Unity es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies.	Software libre, disponible para Microsoft Windows, OS X, Linux. Puede exportar el producto para diferentes plataformas, incluso HTML para incluir en aulas virtuales o páginas Web.	Algunos plug-ins disponibles tienen licencias.

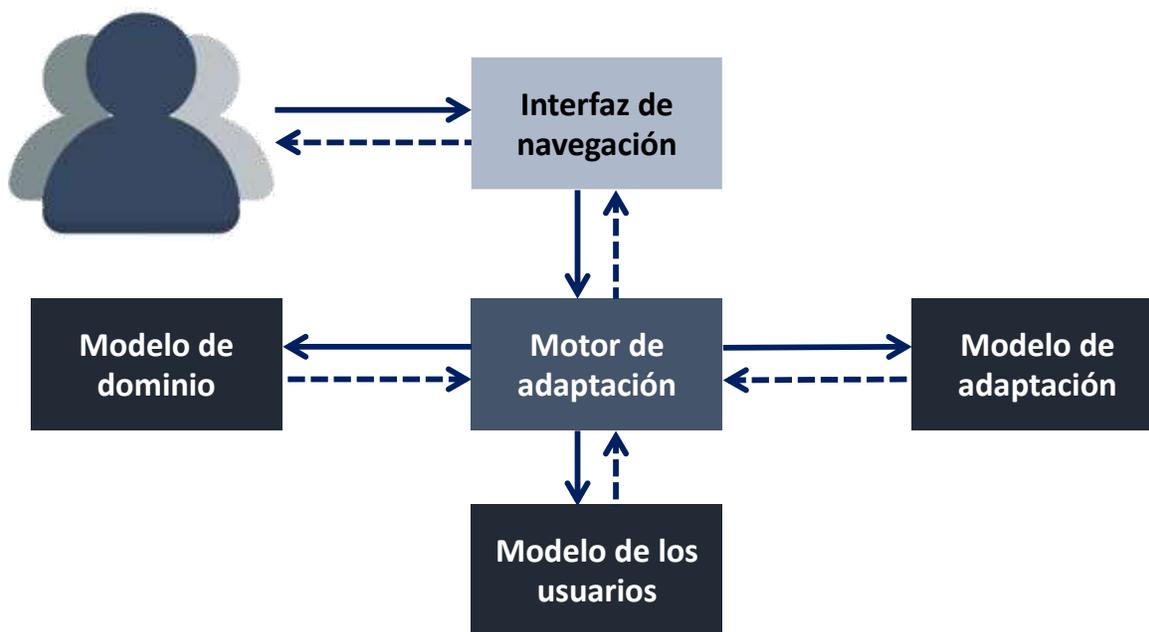
**Fuente:** Consulta externa.

Por otro lado, se requiere vincular estos programas con bases de datos y un servidor para almacenar los bancos de competencias, criterios de evaluación y preguntas, así como la información de los usuarios. Dentro de las herramientas disponibles para lograr este objetivo se encuentra Firebase, la cual permite la vinculación con programas como Unity y administra la información requerida, también se puede emplear un servidor web y realizar la transferencia de información mediante SQL o JSON.

Finalmente, en la etapa de **Diseño** de este proyecto, se realizó una abstracción del modelo adaptativo basado en los requerimientos pedagógicos y técnicos que se han

revisado hasta el momento, junto con la propuesta dada por Pablo Molins Ruano (2015) como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 10.** Abstracción del sistema adaptativo.



**Fuente:** propia, basado en (Molins Ruano, 2015)

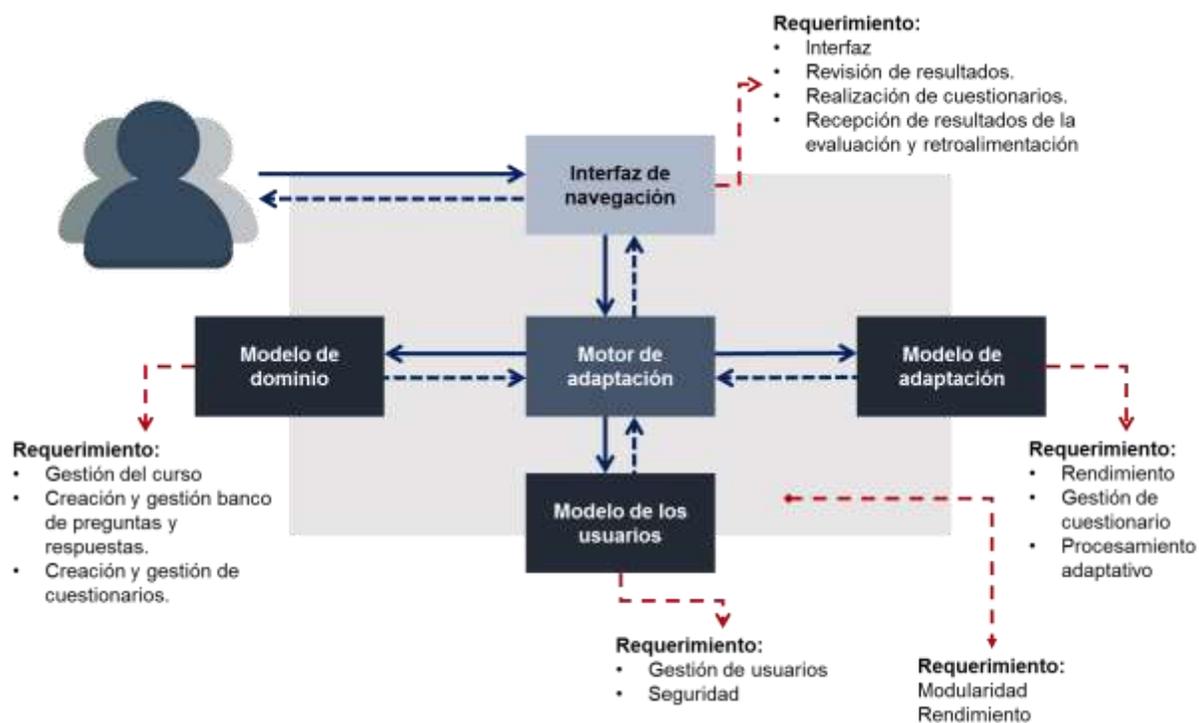
Teniendo en cuenta la adaptatividad requerida en este tipo de sistemas CAT, la abstracción expuesta suele ser muy utilizada basada en adaptación hipermedia (AH) en especial con fines educativos (Molins Ruano, 2015). En esta el usuario, el cual se encuentra en la parte superior izquierda de la **Figura 10**, es quien interactúa con el sistema a través de la interfaz gráfica que depende directamente del motor de adaptación. Este motor se encarga de gestionar los modelos que lo componen. El modelo del dominio, de adaptación y el modelo de los usuarios son las herramientas con las que el motor de adaptación accede a la información que le permite dar una respuesta adecuada a cada situación y presentarla en la interfaz de navegación.

Los modelos son base esencial para el funcionamiento del motor de adaptación. El modelo del dominio es un modelo estático que se encarga de contener la información respecto al dominio, herramientas, plan de estudios y bancos relevantes para el sistema. Por otro lado, los módulos dinámicos son el modelo de usuario, que recoge la

información sobre cada usuario, es decir, cada docente y cada estudiante participante del sistema, y el modelo de adaptación contiene la información referente para que el sistema recoja las entradas y trabaje de acuerdo con éstas.

A continuación, se presenta la relación de cada uno de los requerimientos del sistema con el modelo de abstracción adaptativo.

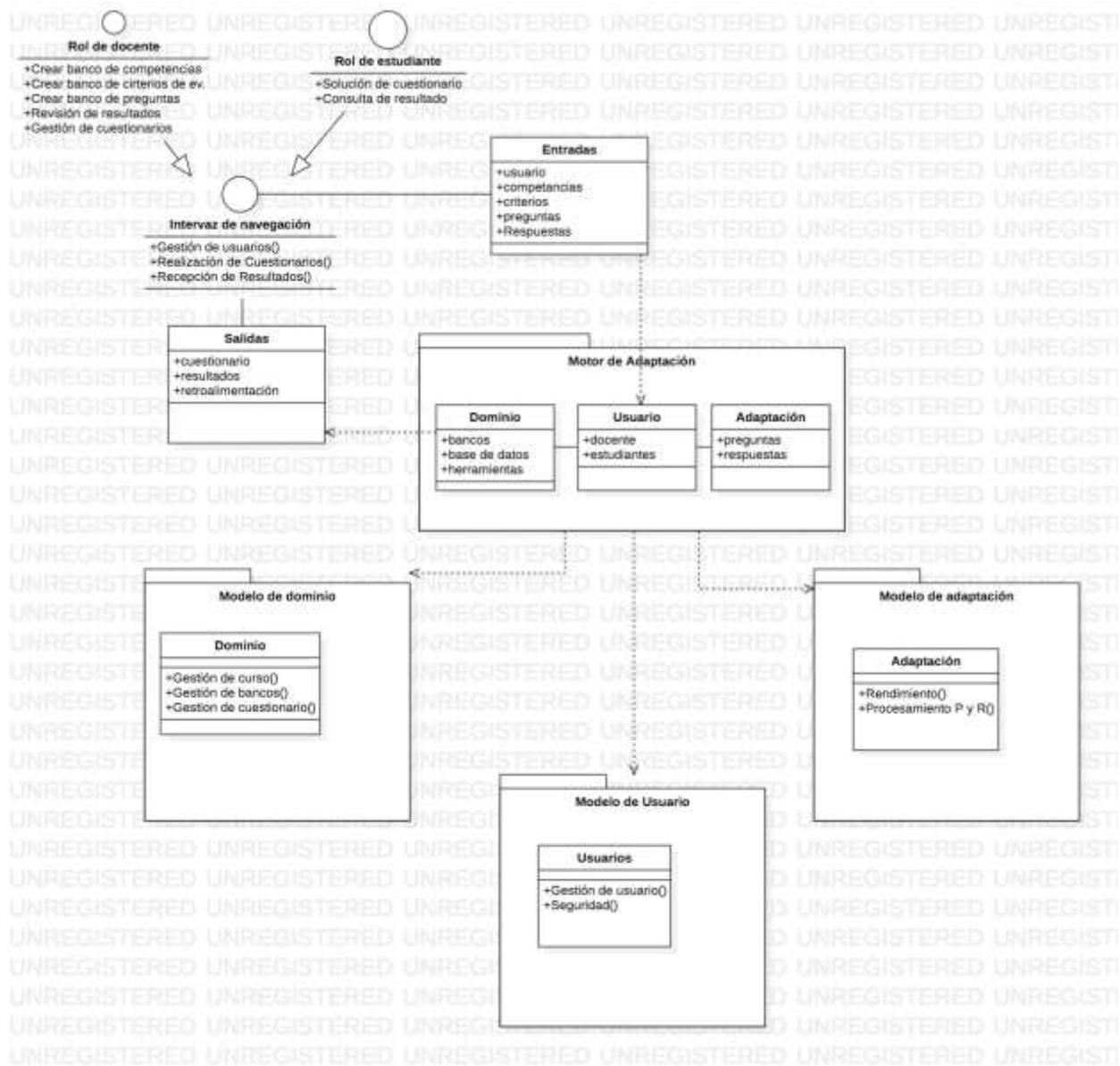
**Figura 11.** Abstracción del sistema adaptativo y requerimientos del sistema CAT.



*Fuente: propia.*

Ahora bien, se puede presentar de forma compacta el sistema de evaluación adaptativa de acuerdo con lo estudiado a través del siguiente modelo UML (lenguaje unificado de modelado) empleando el software Smart UML. En este modelo se observan puntualmente elementos sobresalientes de la abstracción del sistema adaptativo junto con los requerimientos del sistema CAT y el flujo de información a través del motor de adaptación a partir de cada uno de los modelos del sistema hacia la interfaz de navegación.

Figura 12. Modelo para el sistema CAT.



Fuente: propia empleando SmartUML.

## 8. Conclusiones

El principal objetivo del presente proyecto es proponer un medio alternativo de evaluación en el cual se contemple la diversidad del aprendizaje de los estudiantes y se particularice su evaluación a través de un sistema de evaluación y retroalimentación adaptativa computarizado. Ahora bien, lo expuesto a lo largo del trabajo permite arribar a las siguientes conclusiones:

En primer lugar, los sistemas de evaluación adaptativa computarizada (CAT) bajo el principio de funcionamiento basado en la teoría de los TAI (Test Adaptativos Informatizados) y la TRI (Teoría de Respuesta al Ítem) se caracterizan por estimar el nivel de conocimiento del evaluado con mayor precisión. La prueba no se encuentra estructurada de la misma forma para todos los estudiantes, sino que guarda un esquema en el que las preguntas se ajustan a las necesidades de los evaluados a partir de las respuestas que éstos den.

Gracias a la tecnología involucrada, este tipo de pruebas permite registrar el perfil de cada estudiante y su progreso respecto al nivel de conocimiento que presenta en la misma. Igualmente, puede entregar resultados automáticamente para brindar una retroalimentación, acompañada de fortalezas y debilidades conforme a los resultados de las preguntas resueltas por el estudiante.

De acuerdo con lo anterior, los sistemas CAT responden a las problemáticas de seguridad y dificultad, es decir, los problemas relacionados con el manejo de la información obtenida a partir de la prueba y los problemas que surgen por la generalización de un cuestionario para todos los estudiantes que bien pueden aprender de diferentes maneras y a diferentes ritmos.

A través de una estrategia de valoración del nivel de logro del estudiante basado en su individualidad y su propio nivel de conocimiento, los sistemas CAT dejan a un lado el carácter físico (hojas de papel) característico de la evaluación tradicional del aprendizaje, pero implementando herramientas tecnológicas para su desarrollo para respetar los estilos de aprendizaje del estudiante. Sin embargo, se ha comprobado que el éxito de este tipo de valoraciones se encuentra completamente ligado a la calidad de los cuestionarios ofrecidos.

Por esta razón, la caracterización se ha considerado en el presente proyecto una etapa primordial, pues ha afirmado la necesidad de acceder a estos sistemas CAT no solo por sus facilidades técnicas, sino también, por las implicaciones pedagógicas que se requieren. Entre estas implicaciones, se cuenta con la correcta fundamentación de las preguntas del cuestionario presentado a los estudiantes a partir del recorrido pedagógico desde el plan de estudios del curso.

De esta manera, el plan de estudios se convierte en la base de la valoración del nivel de logro de los estudiantes y las competencias en el norte de este proceso. Y es así como el trayecto marcado por los grados de dominio de las competencias y los niveles de logro establecidos, marcan una pauta para la determinación de fortalezas y debilidades que pueda presentar el estudiante que responde el cuestionario.

Por lo tanto, se propone que una vez claros estos elementos curriculares se prosiga con diligenciar la tabla de competencias y criterios de evaluación del curso, los cuales resultan en fortalezas y debilidades. Como consecuencia, los bancos de preguntas y la relación de las opciones de respuestas con dichos elementos permiten articular la herramienta con el trasfondo pedagógico comprometido en este sistema.

Ahora bien, en el desarrollo de un sistema CAT los aspectos técnicos que se pueden distinguir como aquellos funcionales y no funcionales respetando los roles tanto de docente como de estudiante, son el resultado del análisis que se ha realizado a lo largo del proyecto, sin embargo, se tiene conciencia de que a lo largo de la continuación de este proyecto en futuras investigaciones se detectarán nuevas necesidades y por lo tanto se incorporarán nuevos requerimientos.

Dichos requerimientos se han acoplado al modelo de la abstracción adaptativa hipermedia (AH), dando origen al modelo propuesto, el cual consiste en la adaptación al usuario basándose en las interacciones implícitas o explícitas del mismo a partir de los modelos de usuario, contenido y adaptación que interactúan con el motor principal del sistema.

El modelo resultante de este proyecto servirá como base para la siguiente etapa de desarrollo e implementación de sistemas de evaluación adaptativa computarizada. Así, la etapa siguiente será la codificación del sistema, que posteriormente puede ser

implementado como prototipo y refinado a partir de las retroalimentaciones en pruebas de usuario hasta obtener un sistema idóneo que funcione de forma continua, para ser alimentado y mantenido por los mismos usuarios. Para lograr este desarrollo, existen diversas herramientas de software mencionadas en el documento para el desarrollo y la implementación del sistema CAT, estas requieren el conocimiento en lenguajes de programación orientada a objetos y aportan la configuración modular demandada.

Por otro lado, es de destacar que la alimentación de los bancos del sistema, a saber, de competencias, criterios de evaluación y preguntas, no debe tomarse por menos, ya que contiene la esencia del objetivo del sistema CAT. De lo contrario, la negligencia en este procedimiento puede influenciar de forma negativa en la implementación, así como se revela en las desventajas del sistema, puesto que de la calidad de los bancos depende la confiabilidad, precisión y validez de la prueba. Por lo tanto, se recomienda que antes de implementar un sistema de evaluación adaptativa computarizada, se haga un estudio y un análisis riguroso a los elementos curriculares implicados en la prueba e igualmente a las preguntas planteadas.

Finalmente, se recomienda la continuación del proyecto con las siguientes fases del sistema de prototipado evolutivo para desarrollo de software educativo, como se muestra en los pasos propuestos.

A su vez, quedan las siguientes preguntas por resolver:

¿Cuál es el impacto de la implementación de sistemas de evaluación adaptativa computarizada en el plan de estudios de cursos de pregrado?

¿Cuáles son las medidas necesarias que se deben tener en cuenta para la implementación de sistemas de evaluación computarizada en la modalidad presencial?

¿Cómo puede estar presente la adaptatividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje en las estrategias didácticas en la modalidad virtual?

## Referencias

- Andrés, J. M., & Martínez Olmo, F. (2008). La Evaluación Alternativa De Los Aprendizajes. Retrieved From [Www.Octaedro.Com](http://www.Octaedro.Com)
- Baker, F. B. (2001). The Basics Of Item Response Theory. Eric Clearinghouse On Assessment And Evaluation. Retrieved From [Https://Eric.Ed.Gov/?Id=Ed458219](https://eric.ed.gov/?id=Ed458219)
- Benyon, D. (1993). Accommodating Individual Differences Through An Adaptive User Interface. Retrieved From [Http://Www.Soc.Napier.Ac.Uk/~Dbenyon/Inddiff.Pdf](http://www.Soc.Napier.Ac.Uk/~Dbenyon/Inddiff.Pdf)
- Carlson, J. E., & Davier, M. Von. (2017). Advancing Human Assessment. [Https://Doi.Org/10.1007/978-3-319-58689-2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58689-2)
- Cataldi, Z., Lage, F., Pessacq, R., & García-Martínez, R. (2003). Metodología Extendida Para La Creación De Software Educativo Desde Una Vision Integradora. Revista Latinoamericana De Tecnología Educativa, 2.
- De La Mano González, M., & Moro Cabero, M. (2009). La Evaluación Por Competencias: Propuesta De Un Sistema De Medida Para El Grado En Información Y Documentación. [Https://Doi.Org/10.1344/105.000001504](https://doi.org/10.1344/105.000001504)
- Díaz, M. (2015). Los Niveles De Desempeño En Un Proceso De Evaluación | Organización De Las Naciones Unidas Para La Educación, La Ciencia Y La Cultura. Boletín Laboratorio Latinoamericano De Evaluación De La Calidad De La Educación (Llece), No. 16. Retrieved From [Http://Www.Unesco.Org/New/Es/Santiago/Press-Room/Newsletters/Newsletter-Laboratory-For-Assessment-Of-The-Quality-Of-Education-Llece/N16/06/](http://www.unesco.org/new/es/santiago/press-room/newsletters/newsletter-laboratory-for-assessment-of-the-quality-of-education-llece/N16/06/)
- Ellis Ormrod, J. (2005). La Enseñanza Del Aprendizaje Significativo. Retrieved From [Www.Pearsoneducacion.Com](http://www.pearsoneducacion.com)
- Flórez Ochoa, R. (2001). Evaluación Pedagógica Y Cognición. Retrieved From [Http://Virtual.Urbe.Edu/Librotexto/Ref\\_370\\_11\\_Doc\\_2/Indice.Pdf](http://virtual.urbe.edu/librotexto/ref_370_11_doc_2/indice.pdf)
- Girardi, R. (2005). Interfaces De Usuario Inteligentes: Sistemas Adaptativos. Retrieved From [Https://Nanopdf.Com/Download/Interfaces-De-Usuario-Inteligentes\\_Pdf](https://nanopdf.com/download/interfaces-de-usuario-inteligentes.pdf)
- González Halcones, M. Á., & Pérez González, N. (2004). La Evaluación Del Proceso

De Enseñanza-Aprendizaje. Fundamentos Básicos.

- H. Wainer, N. J. Dorans, D. Eignor, R. Flaugher, B. F. Green, R. J. Mislevy, L. Steinberg, and D. Thissen, "Computer-Adaptive Testing: A Primer", Routledge, Ed. Mahwah, Nj, Usa: Lawrence Erlbaum Associates, Pp. 1-17, 37-46, 61-68, 101-106, 2000.[4]
- Harris, D. (1989). Comparison Of 1-, 2-, And 3-Parameter Irt Models. Educational Measurement: Issues And Practice, 8(1), 35–41. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3992.1989.tb00313.x>
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power Of Feedback The Meaning Of Feedback, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Jiménez Sánchez, M. (2009). Modelo De Evaluación Adaptativa Del Nivel De Conocimientos Del Estudiante Para Sistemas Tutoriales Inteligentes. Retrieved From [http://bdigital.unal.edu.co/913/1/43976205\\_2009.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/913/1/43976205_2009.pdf)
- Kan, O. (2012). Application Of Computerized Adaptive Testing To Entrance Examination For Graduate Studies In Turkey. Egitim Arastirmalari-Eurasian Journal Of Educational Research (Vol. 49).
- Klaric, J. (2017). Un Crimen Llamado Educación Versión Completa Hd Dirigido Por Jürgen Klaric - Youtube. Retrieved From <https://www.youtube.com/watch?v=7ferx0oxaiy&t=1s>
- Millán, E. (2000) "Sistema Bayesiano Para Modelado Del Alumno", Tesis Doctoral, Universidad De Málaga, España. Mora
- Molins Ruano, P. (2015). Desarrollo De Un Sistema De Cuestionarios Adaptativos Para El Apoyo Al Aprendizaje. Retrieved From [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/668676/Molins\\_Ruano\\_Pablo\\_Tfg.pdf;sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/668676/Molins_Ruano_Pablo_Tfg.pdf;sequence=1)
- Moreno Cadavid, J., & Montoya Gómez, L. F. (2015). Diseño Y Validación De Un Modelo De Evaluación Dinámica Basado En La Teoría De Respuesta Al Ítem. Revista De La Facultad De Ciencias, 4(2), 58. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v4n2.53174>

Moreno Cadavid, J., Ovalle Carranza, D. A., & Vicari, R. M. (2014). Una Plataforma Para La Implementación De Cursos En Línea Adaptativos: Descripción Y Punto De Vista De Los Docentes. *Revista Electrónica De Investigación Educativa*, 16. Retrieved From [Http://Redie.Uabc.Mx/Vol16no3/Contenido-Moreno-Ovalle-Vicari.Htm](http://Redie.Uabc.Mx/Vol16no3/Contenido-Moreno-Ovalle-Vicari.Htm)

Moreno., S. S. De. (2005). La Evaluación Del Aprendizaje. *Revista Docencia Universitaria*, 19, 247–257. Retrieved From [Http://Revistas.Uis.Edu.Co/Index.Php/Revistadocencia/Article/Viewarticle/819](http://Revistas.Uis.Edu.Co/Index.Php/Revistadocencia/Article/Viewarticle/819)

Oficina De Medición De La Calidad De Los Aprendizajes - Umc Perú. (2014). La Importancia De La Retroalimentación En El Proceso De Evaluación | Umc | Oficina De Medición De La Calidad De Los Aprendizajes. Retrieved September 30, 2018, From [Http://Umc.Minedu.Gob.Pe/La-Importancia-De-La-Retroalimentacion-En-El-Proceso-De-Evaluacion/](http://Umc.Minedu.Gob.Pe/La-Importancia-De-La-Retroalimentacion-En-El-Proceso-De-Evaluacion/)

Pérez Pino, M., Osvaldo Enrique Clavero, J., Eugenio Carbó Ayala, J., & González Falcón, M. (2017). La Evaluación Formativa En El Proceso Enseñanza Aprendizaje. *Edumecentro*, 9(3), 263–283. Retrieved From [Http://Www.Revedumecentro.Sld.Cu](http://Www.Revedumecentro.Sld.Cu)

Pimienta Prieto, J. H. (2012). *Estrategias De Enseñanza-Aprendizaje. Docencia Universitaria Basada En Competencias*. Pearson. [Https://Doi.Org/10.1017/Cbo9781107415324.004](https://Doi.Org/10.1017/Cbo9781107415324.004)

Project Management Institute, I. (2005). *Guía De Los Fundamentos Para La Dirección De Proyectos (Guía Del Pmbok)*. Quinta Edición (Vol. 87).

Ramaprasad, A. (1983). On The Definition Of Feedback. *Behavioral Science*, 28(1), 4–13. [Https://Doi.Org/10.1002/Bs.3830280103](https://Doi.Org/10.1002/Bs.3830280103)

Rod Mcdonald, David Boud, John Francis, & Andrew Gonczi. (2000). *Nuevas Perspectivas Sobre La Evaluación*. Retrieved From [Https://Www.Oitcinterfor.Org/Sites/Default/Files/File\\_Articulo/Rodajog.Pdf](https://Www.Oitcinterfor.Org/Sites/Default/Files/File_Articulo/Rodajog.Pdf)

Sabiote, C. R., Quiles, O. L., & Torres, L. H. (2005). *Teoría Y Práctica Del Análisis De Datos Cualitativos. Proceso General Y Criterios De Calidad (Vol. Xv)*. Retrieved

From <https://www.redalyc.org/pdf/654/65415209.pdf>

Stobonart, G. (2013). Tiempos De Pruebas Los Usos Y Abusos De La Evaluación.

Tiempos De Pruebas: Los Usos Y Abusos De La Evaluación, 4, 211–213.

Superior, E. P., Dobber, S., Gómez, S., Ponente, M., & Santini, S. (2017). Modelos De Test Adaptativos Para Evaluación Automática.

Tobón, S. (2006). Competencias, Calidad Y Educación Superior. Cooperativa Editorial Magisterio. Retrieved From

[https://books.google.com.co/books/about/Competencias\\_Calidad\\_Y\\_Educación\\_Superi.html?id=Jw7g7qrhry4c&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Competencias_Calidad_Y_Educación_Superi.html?id=Jw7g7qrhry4c&redir_esc=y)

Urquijo, S. (2002). Auto-Concepto Y Desempeño Académico En Adolescentes.

Relaciones Con Sexo, Edad E Institución. Retrieved From

<http://www.scielo.br/pdf/pusf/v7n2/v7n2a10.pdf>

Vélez García, A. M. (2013). Estilos Cognitivos Y Estilos De Aprendizaje, Una Aproximación A Su Comprensión. Retrieved From

[http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/281/1/Ana Maria Velez Garcia 2013.pdf](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/281/1/Ana%20Maria%20Velez%20Garcia%202013.pdf)

Weiss, D. J., & Kingsbury, G. G. (1984). Application Of Computerized Adaptive Testing To Educational Problems. *Journal Of Educational Measurement*, 21(4), 361–375.

<https://doi.org/10.1111/j.1745-3984.1984.tb01040.x>

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de Actividades

A continuación, se presentan actividades relevantes en cada una de las etapas del presente proyecto (Análisis, caracterización y diseño) articuladas con las 5 primeras etapas del ciclo de vida del modelo de prototipo evolutivo para el desarrollo de software educativo.

	Modelo de prototipo evolutivo				
	1	2	3	4	5
	FAC	RES	REP	DPR	DDP
<b>1. Análisis</b>					
Realizar la revisión documental	x				
Identificar aspectos relevantes de sistema CAT	x				
Identificar ventajas del sistema CAT respecto al sistema de evaluación tradicional	x				
Identificar la necesidad del programa	x				
Establecer ventajas del programa	x				
<b>2. Caracterización</b>					
Identificar las necesidades pedagógicas del programa		x			
Establecer la importancia de las competencias, criterios de evaluación y conceptos del curso para el sistema CAT		x			
Diseñar banco de preguntas de acuerdo con el contenido del curso de Fundamentos de Audio		x			
Identificar las necesidades técnicas del programa			x		
Establecer los atributos de calidad			x		
Realizar la matriz de trazabilidad de requisitos			x		
Integrar requisitos educativos y de software			x		
<b>3. Diseño</b>					
Establecer los módulos necesarios para el sistema CAT				x	
Modelar el sistema CAT					x
<b>Conclusiones</b>					
Sintetizar hallazgos					
Identificar futuros alcances a partir del proyecto					
Identificar fortalezas del proyecto					

## Anexo 2. Elementos para el diseño de preguntas del sistema CAT

A continuación, se registran las tablas y materiales empleados para la fundamentación pedagógica en la construcción del banco de preguntas del sistema CAT.

**Tabla 13.** Tabla de competencias y criterios de evaluación.

No.	Competencia	Niveles de logro		Fortaleza evidenciada	Debilidad evidenciada
		No.	Definición		
C1		N1			
		N2			
		N3			
		N4			
C2		N1			
		N2			
		N3			
		N4			
C3		N1			
		N2			
		N3			
		N4			

*Fuente: propia.*

**Tabla 14.** Tabla de preguntas

No	Tipo de pregunta	Enunciado	Competencia	Opciones		Concepto (correcto/incorrecto)	Nivel de logro
				No	Respuesta		
P1	Falso/verdadero		Cx	F			Nx
				V			Nx
P2	Opción múltiple con respuesta única		Cx	1			Nx
				2			Nx
				n			Nx
P2	Opción múltiple con respuesta múltiple		Cx	1			Nx
				2			Nx
				n			Nx
P3	Emparejamiento		Cx	1	2		Nx
				1	3		Nx
				1	4		Nx
				2	3		Nx
				2	4		Nx
				3	4		Nx
P4	Ordenamiento		Cx	1			Nx
				2			Nx
				3			Nx
				4			Nx

*Fuente: propia.*

**Tabla 15.** Tabla de preguntas y rasgos de adaptatividad.

No.	Tipo de pregunta (c)	Competencia	Opc.	Nivel de logro	Rasgos adaptatividad (umbral de $\theta$ )	
					discriminación (a)	dificultad (b)
P1	Falso/verdadero		F			
			V			
P2	Opción múltiple con respuesta única		1			
			2			
			3			
			n			
P2	Opción múltiple con respuesta múltiple		1			
			2			
			3			
			n			
P3	Emparejamiento		1	2		
			1	3		
			1	4		
			2	3		
			2	4		
			3	4		
P4	Ordenamiento		1			
			2			
			3			
			4			

*Fuente: propia.*