

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

E.T.S. DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

PROYECTO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE

# AIQuiz: Generación automática de preguntas y *feedback* inteligente en Moodle

Desarrollado por: Zakaria Lasry Sahraoui

Dirigido por: Alberto Díaz Álvarez

Madrid, 11 de julio de 2025



*AIQuiz: Generación automática de preguntas y feedback inteligente en Moodle*

**Desarrollado por:** Zakaria Lasry Sahraoui

**Dirigido por:** Alberto Díaz Álvarez

Proyecto Fin de Grado, 11 de julio de 2025

**E.T.S. de Ingeniería de Sistemas Informáticos**

Campus Sur UPM, Carretera de Valencia (A-3), km. 7

28031, Madrid, España

---

Si deseas citar este trabajo, la entrada completa en  $\text{BIBTEX}$  es la siguiente:

```
@mastersthesis{citekey,  
  title = {AIQuiz: Generación automática de preguntas y feedback inteligente  
en Moodle},  
  type = {Bachelor's Thesis},  
  author = {Lasry-Sahraoui, Z.},  
  school = {E.T.S. de Ingeniería de Sistemas Informáticos},  
  year = {2025},  
  month = {7},  
}
```

---

Esta obra está bajo una licencia [Creative Commons «Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional»](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Obra derivada de <https://github.com/blazaid/UPM-Report-Template>.



Todo cambio respecto a la obra original es responsabilidad exclusiva del presente autor.

# Agradecimientos

---

A mi madre, **Samira**, cuyo rostro bañado en lágrimas al enterarse de que había entrado en la carrera que tanto deseaba, no hizo más que confirmar lo que siempre supe, que jamás dudaste de mí. Gracias por hacer todos los malabares necesarios para mantenernos a flote y por forjar, con amor y mucho esfuerzo, al hombre que soy hoy. Sin ti, nada de esto habría sido posible. Te quiero.

A mi pareja, **Adriana Urteaga**, quien fue una fuente constante de optimismo cuando yo solo sabía dudar de mí mismo. Quien me consoló cuando la desesperación me invadía y celebró conmigo cada pequeño paso hacia adelante. Fuiste un pilar fundamental antes, durante y después del desarrollo del proyecto, y por eso este triunfo también es tuyo.

A mi gata, **Minette**, que me acompañó noche y día durante el desarrollo, y cuya no tan silenciosa compañía sostuvo mi voluntad cuando lo único que quería era tirar la toalla. Sé que no quieres volver a oír la palabra Moodle.

A **Salim, Jota y Sebas**, mis amigos y compañeros de campo profesional. Gracias por hacerme reír cuando más necesitaba despejarme tras largas sesiones de desarrollo y por ofrecerme a ser los primeros evaluadores en fase beta del funcionamiento del *plugin*.

Por último, agradezco a los 51 participantes del análisis de calidad del plugin. Su participación fue esencial para evaluar el impacto potencial y la utilidad real de la solución propuesta.

# Resumen

---

La memoria presenta el desarrollo de un *plugin* para Moodle 4.1 que automatiza la generación de preguntas y la retroalimentación personalizada por intento en cuestionarios, utilizando [inteligencia artificial](#) accesible mediante la [API](#) de [OpenAI](#).

Tras analizar el contexto histórico-tecnológico del aprendizaje digital y las limitaciones de los cuestionarios nativos de Moodle, se justifica técnicamente la necesidad de reducir la carga manual docente mediante la automatización. El proyecto adopta un modelo de desarrollo incremental y reutiliza componentes del módulo nativo de cuestionarios, integrando nuevas funcionalidades inteligentes que procesan documentos [PDF](#) aportados por el profesorado.

Se documenta la arquitectura del sistema que comprende capas de persistencia, lógica de negocio y presentación, así como la interacción con [modelos de lenguaje de gran tamaño](#) adecuados para las tareas de generación automática y retroalimentación, optimizando el coste y rendimiento.

Los resultados incluyen evaluaciones que muestran una calidad equiparable a preguntas generadas manualmente y una reducción del 93 % en el tiempo global dedicado a la creación y evaluación. Finalmente, se discuten aspectos éticos, impacto ambiental y social, y se plantean incrementos futuros para mejorar la escalabilidad y la versatilidad pedagógica del sistema.

**Palabras clave:** [Moodle](#); *Plugin*; [OpenAI](#); Generación automática de preguntas; Generación automática de retroalimentación;

# Abstract

---

This thesis presents the development of a [Moodle](#) 4.1 plugin that automates quiz question generation and personalized feedback per attempt using artificial intelligence via the [OpenAI API](#).

Following a review of the historical-technological context and limitations of [Moodle](#)'s native quiz modules, the need to reduce manual workload is established. The project adopts an incremental development model, extending the native [Moodle](#) quiz component while integrating AI-powered capabilities that process instructor-provided [PDF](#) documents.

The system architecture includes persistence, business logic, and presentation layers, and optimizes [LLM](#) model selection for question and feedback generation balancing cost and performance.

Results from evaluation demonstrate question quality indistinguishable from human-generated content and a 93 % reduction in overall creation and assessment time. Ethical considerations, environmental and social impacts are discussed, alongside proposals for future scalability and educational enhancements.

**Keywords:** [Moodle](#); Plugin; [OpenAI](#); Automatic question generation; Automatic feedback generation;

# Índice general

---

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introducción</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1      | Motivación . . . . .  | 2         |
| 1.2      | Justificación técnica . . . . .   | 3         |
| 1.3      | Objetivo . . . . .  | 5         |
| 1.4      | Estructura de la memoria . . . . .  | 5         |
| <b>2</b> | <b>Contexto histórico-tecnológico</b>                                       | <b>6</b>  |
| 2.1      | Precedentes tecnopedagógicos del aprendizaje interactivo digital . . . . .  | 6         |
| 2.2      | Origen y evolución de Moodle como plataforma educativa . . . . .            | 8         |
| 2.3      | Historia reciente de la IA Generativa . . . . .                             | 9         |
| <b>3</b> | <b>Estado de la cuestión</b>  | <b>10</b> |
| 3.1      | <i>Plugins</i> . . . . .  | 10        |
| 3.1.1    | Tipos de <i>plugins</i> en Moodle y su impacto en el aprendizaje . . . . .  | 10        |
| 3.1.2    | Interés en el marco del proyecto . . . . .                                  | 12        |
| 3.2      | Clasificación de las actividades en Moodle desde la perspectiva del usuario | 12        |
| 3.3      | Ciclo de vida de los cuestionarios nativos . . . . .                        | 13        |
| 3.4      | Contextualizado técnico de aspectos relevantes de los cuestionarios nativos | 18        |
| 3.4.1    | Vistas del plugin de cuestionarios nativos . . . . .                        | 18        |
| 3.4.2    | Subsistemas de Moodle utilizados . . . . .                                  | 19        |

---

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.5      | Banco de preguntas . . . . .  | 21        |
| 3.6      | Preguntas de opción múltiple . . . . .  | 21        |
| 3.7      | Retroalimentación global . . . . .  | 23        |
| 3.8      | API de OpenAI . . . . .   | 24        |
| 3.8.1    | Categorías de modelos de generación de texto . . . . .                                      | 24        |
| 3.8.2    | Endpoints relevantes . . . . .  | 26        |
| 3.9      | Iniciativas similares . . . . .   | 27        |
| <b>4</b> | <b>Soluciones descartadas</b>   | <b>29</b> |
| 4.1      | <i>AssignQuiz</i> . . . . .   | 29        |
| 4.2      | Comparativa entre generación local y en la nube . . . . .                                   | 30        |
| 4.3      | Reemplazo del <i>endpoint</i> de archivos por herramientas de extracción de texto . . . . . | 31        |
| 4.3.1    | Herramientas basadas en línea de comandos: <i>Poppler</i> y <i>MuPDF</i> . . . . .          | 32        |
| 4.3.2    | <i>Docling</i> . . . . .  | 33        |
| 4.3.3    | <i>pdfparser</i> . . . . .  | 33        |
| <b>5</b> | <b>Metodologías</b>   | <b>34</b> |
| 5.1      | Enfoque del desarrollo: Modelo de proceso de Software elegido . . . . .                     | 34        |
| 5.2      | Pila de soluciones y recursos formativos usados . . . . .                                   | 35        |
| 5.2.1    | Apoyos formativos y técnicos en el desarrollo . . . . .                                     | 35        |
| 5.2.2    | Tecnologías empleadas . . . . .   | 38        |
| 5.3      | Identificación de implicados . . . . .  | 41        |
| 5.4      | Análisis de requisitos . . . . .  | 45        |

---

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5.4.1 | Épicas y features . . . . .   | 45  |
| 5.4.2 | Requisitos de usuario . . . . .   | 46  |
| 5.4.3 | Trazabilidad de requisitos de usuario y features . . . . .                                    | 47  |
| 5.4.4 | Requisitos funcionales . . . . .  | 47  |
| 5.4.5 | Requisitos no funcionales . . . . .   | 56  |
| 5.5   | Diagramas de caso de uso de funcionalidades principales . . . . .                             | 58  |
| 5.6   | Casos de uso extendidos significativos . . . . .  | 61  |
| 5.7   | Diseño del <i>plugin</i> . . . . .  | 65  |
| 5.7.1 | Arquitectura de la solución . . . . .   | 65  |
| 5.7.2 | Persistencia del sistema . . . . .  | 66  |
| 5.7.3 | Flujo lógico de la funcionalidad de IA . . . . .  | 74  |
| 5.8   | Implementación del sistema . . . . .  | 78  |
| 5.8.1 | Estrategias de implementación del motor funcional del módulo de cuestionario nativo . . . . . | 78  |
| 5.8.2 | Diseño y funcionamiento de la GUI . . . . .   | 82  |
| 5.8.3 | Evaluación y selección de modelos de IA y <i>prompts</i> predeterminados . . . . .            | 87  |
| 5.8.4 | Configuración de funcionalidad inteligente del <i>plugin</i> . . . . .                        | 92  |
| 5.8.5 | Generación de preguntas . . . . .   | 98  |
| 5.8.6 | Generación de retroalimentación . . . . .   | 103 |
| 5.9   | Verificación del funcionamiento del <i>plugin</i> . . . . .                                   | 107 |
| 5.9.1 | Automatización de procesos de generación de contenido . . . . .                               | 107 |
| 5.9.2 | Gestión de excepciones para estudiantes y grupos . . . . .                                    | 110 |

---

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 5.9.3    | Copia de seguridad y restauración de cuestionarios . . . . .       | 111        |
| 5.9.4    | Análisis y exportación de estadísticas . . . . .                   | 112        |
| <b>6</b> | <b>Resultados</b>  | <b>115</b> |
| 6.1      | Análisis de calidad de generación de preguntas . . . . .           | 115        |
| 6.2      | Análisis de rendimiento . . . . .                                  | 118        |
| 6.2.1    | Acotación superior de la complejidad en la generación de preguntas | 118        |
| 6.2.2    | Comparativa con modelo teórico . . . . .                           | 118        |
| <b>7</b> | <b>Conclusiones</b>  | <b>120</b> |
| 7.1      | Impacto del <i>plugin</i> en el contexto de los ODS . . . . .      | 120        |
| 7.1.1    | Impacto social . . . . .   | 120        |
| 7.1.2    | Impacto ambiental . . . . .  | 121        |
| 7.2      | Análisis crítico e incrementos futuros . . . . .                   | 122        |
| <b>A</b> | <b>Capturas de pantalla del plugin</b>                             | <b>124</b> |
| <b>B</b> | <b>Código del proyecto</b>   | <b>133</b> |

# Índice de figuras

---

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 2.1 | Máquina de Enseñanza de Skinner [10] . . . . .   | 7  |
| 2.2 | Un estudiante interactúa con la pantalla táctil de PLATO [11] . . . . .  | 7  |
| 3.1 | Captura de pantalla del selector de actividades en Moodle 4.1 . . . . .  | 13 |
| 3.2 | Ejemplo de funcionamiento de retroalimentación en cuestionarios nativos  | 23 |
| 3.3 | Captura de pantalla del <i>plugin</i> “AI Text to Questions Generator”. [22] . . . .   | 28 |
| 4.1 | Arquitectura general de RAG. [23] . . . . .  | 30 |
| 5.1 | Modelo del proceso del software incremental. [24] . . . . .  | 35 |
| 5.2 | Diagrama de capas de <i>stakeholders</i> del sistema . . . . .   | 44 |
| 5.3 | Representación jerárquica de usuarios finales . . . . .  | 45 |
| 5.4 | Diagrama de casos de uso de configuración del plugin . . . . .   | 59 |
| 5.5 | Diagrama de casos de uso de gestión de cuestionarios inteligentes . . . . .  | 60 |
| 5.6 | Diagrama de componentes del sistema . . . . .  | 65 |
| 5.7 | Estructura de base de datos sin limitaciones técnicas . . . . .  | 68 |
| 5.8 | Diagrama de tablas del modelo de datos del sistema. Se usa el diagrama de tablas en lugar de un diagrama de E/R debido a que este ofrece una presentación más compacta . . . . . | 69 |
| 5.9 | Estructura de carpetas y archivos utilizada para el almacenamiento temporal. . . . .   | 74 |

---

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 5.10 | Diagrama de secuencia del guardado de configuración de asistente de preguntas. . . . .                              | 74  |
| 5.11 | Diagrama de secuencia de la creación de cuestionarios. . . . .  | 75  |
| 5.12 | Diagrama de secuencia de la automatización de generación de retroalimentación de intentos de cuestionarios. . . . . | 77  |
| 5.13 | Sección de configuración de generación de preguntas en el formulario del cuestionario . . . . .                     | 85  |
| 5.14 | Modal que aparece tras guardar configuración del cuestionario indicando la generación en proceso . . . . .          | 86  |
| 5.15 | Instrucciones predeterminadas para la generación de preguntas . . . . .   | 90  |
| 5.16 | Instrucciones predeterminadas para la generación de retroalimentación . . . . .                                     | 90  |
| 5.17 | Pantalla de gestión del listado de preguntas generadas . . . . .  | 108 |
| 5.18 | Pantalla de realización de un intento del cuestionario por un estudiante . . . . .                                  | 109 |
| 5.19 | Modal de confirmación para la entrega del cuestionario . . . . .  | 109 |
| 5.20 | Pantalla de retroalimentación específica para el intento realizado . . . . .  | 110 |
| 5.21 | Formulario para agregar una excepción de tiempo o configuración a un estudiante . . . . .                           | 110 |
| 5.22 | Resumen y denominación de la copia de seguridad a generar . . . . .   | 111 |
| 5.23 | Gestión de restauración y descarga de copias de seguridad . . . . .   | 112 |
| 5.24 | Panel de visualización y descarga de estadísticas de cuestionarios . . . . .  | 113 |
| 5.25 | Panel de visualización y descarga de estadísticas de preguntas . . . . .  | 114 |
| 6.1  | Comparativa entre preguntas generadas por IA y por humanos. . . . .   | 116 |
| A.1  | Gestión de permisos en cuestionarios inteligentes . . . . .   | 124 |
| A.2  | Despliegue del menú de selección de informes estadísticos . . . . .   | 125 |

---

|      |   |     |
|------|---|-----|
| A.3  | Panel de configuración de filtros y complementos de visualización en cuestionarios inteligentes . . . . .                 | 125 |
| A.4  | Interfaz de usuario para la configuración del plugin . . . . .  | 126 |
| A.5  | Ejemplo de nomenclatura de categorías de preguntas generadas por cuestionarios inteligentes . . . . .                     | 127 |
| A.6  | Notificación visual de error en la configuración a nivel de curso al intentar crear un cuestionario inteligente . . . . . | 127 |
| A.7  | Selector de actividades después de agregar <i>AIQuiz</i> con función <code>supports()</code>                              | 128 |
| A.8  | Comprobación y validación de la clave API durante la configuración del <i>plugin</i> . . . . .                            | 128 |
| A.9  | Vista del archivo adjunto al cuestionario en la sección del curso . . . . .   | 129 |
| A.10 | Interfaz de visualización de cuestionario para el alumno . . . . .  | 129 |
| A.11 | Pantalla resumen del intento antes de la entrega final . . . . .  | 130 |
| A.12 | Vista de revisión de respuestas recibidas . . . . .   | 131 |
| A.13 | Selección del menú de administración desde la vista del cuestionario . . .  | 131 |
| A.14 | Gráfica de correlación entre la posición de la pregunta y la tasa de aciertos   | 132 |
| B.1  | Vista de repositorio de GitHub . . . . .  | 133 |

# Índice de tablas

---

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 5.1 | Tabla representativa de las tecnologías y herramientas usadas en el proyecto . . . . .                | 38  |
| 5.1 | Tabla representativa de las tecnologías y herramientas usadas en el proyecto (continuación) . . . . . | 39  |
| 5.1 | Tabla representativa de las tecnologías y herramientas usadas en el proyecto (continuación) . . . . . | 40  |
| 5.1 | Tabla representativa de las tecnologías y herramientas usadas en el proyecto (continuación) . . . . . | 41  |
| 5.2 | Matriz de trazabilidad entre features y requisitos de usuario . . . . .                               | 47  |
| 5.3 | Caso de uso extendido de guardado de configuración del <i>plugin</i> . . . . .                        | 61  |
| 5.4 | Caso de uso extendido de creación de cuestionarios . . . . .  | 62  |
| 5.5 | Comparativa de modelos GPT según velocidad y costes por millón de <i>tokens</i> procesados. . . . .   | 88  |
| 6.1 | Distribución de preguntas por cuestionario y su total de evaluaciones . . . . .                       | 115 |
| 6.2 | Matriz de confusión global de clasificación de preguntas . . . . .                                    | 117 |

# Índice de listados

---

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 5.1  | Ejemplo de definición de reglas de acceso del plugin . . . . .   | 80  |
| 5.2  | Ejemplos de uso de <code>has_capability()</code> y <code>require_capability()</code> para limitar el acceso a funcionalidades en <code>view.php</code> . . . . . | 81  |
| 5.3  | Definición de capacidades del plugin para integrarse con el selector de actividades . . . . .  | 82  |
| 5.4  | Ejemplo simplificado de uso de la API de formularios de Moodle . . . . .   | 84  |
| 5.5  | Fragmento de código que describe el proceso de nomenclatura de categorías de preguntas . . . . .   | 86  |
| 5.6  | Establecimiento de modelos e instrucciones por defecto en <code>install.php</code> . . . . .   | 91  |
| 5.7  | Ejemplo de definición de <i>language strings</i> . . . . .   | 92  |
| 5.8  | Ejemplo de vinculación de elemento de configuración con variable global <code>\$settings</code> . . . . .  | 93  |
| 5.9  | Extensión personalizada del método <code>write_setting()</code> para la sincronización de asistentes con OpenAI . . . . .  | 94  |
| 5.10 | Extensión personalizada del método <code>get_setting()</code> para la clave de la API . . . . .  | 96  |
| 5.11 | Función para crear un asistente remoto en OpenAI . . . . .   | 97  |
| 5.12 | Conversión de archivos PDF mediante Ghostscript vía línea de comandos . . . . .  | 98  |
| 5.13 | Lógica para fusión condicional de múltiples archivos PDF . . . . .   | 99  |
| 5.14 | Fusión de documentos PDF con FPDF y limpieza de temporales . . . . .   | 99  |
| 5.15 | Generación de preguntas con la API de OpenAI p.1 . . . . .   | 100 |

---

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 5.16 | Generación de preguntas con la API de OpenAI p.2 . . . . .   | 101 |
| 5.17 | Control de flujo de condicionalidad dependiendo de la fase actual con<br>process_attempt() . . . . . | 103 |
| 5.18 | Filtrado de preguntas respondidas erróneamente en el intento por el es-<br>tudiante . . . . .        | 104 |
| 5.19 | Simplificación de petición al asistente de generación de retroalimentación                           | 105 |
| 5.20 | Generación condicional de mensaje motivador . . . . .  | 106 |

Tras la pandemia de la COVID-19 (2020-2023), que mantuvo a la mayoría de la población mundial confinada, la enseñanza semipresencial se consolidó firmemente como modalidad estándar [1], debido al paulatino levantamiento de las restricciones sanitarias y al renovado interés por restablecer modalidades educativas previamente arraigadas. Este brusco acontecimiento, sumado al desarrollo de las teorías tecnopedagógicas y a la masificación de los ordenadores en la era digital, contribuyó considerablemente a la digitalización masiva de la educación.

Los [entornos virtuales de aprendizaje \(EVA\)](#), directamente beneficiados por esta metamorfosis académica, desempeñaron un papel fundamental en la estabilidad del sistema educativo global durante este período [2], al mantener conectada de forma telemática a cada alumno con su respectivo maestro, permitiendo así la continuidad de los procesos formativos. Como consecuencia, se han convertido en un componente central e imprescindible de la práctica docente contemporánea. Prueba de ello es que, en el curso 2022–2023, el 96,8 % de los alumnos de centros educativos no universitarios en España accedieron a estas plataformas [3, p. 8], mientras que en el ámbito universitario su uso alcanzó el 98 % en 2022, según datos de la [Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas \(CRUE\)](#) [4, p. 31].

No obstante, a pesar de los múltiples beneficios que ofrece el modelo semipresencial, todavía existen ciertas dificultades en la convivencia entre estas modalidades. En los [EVA](#) persisten algunas limitaciones propias del modelo educativo tradicional, como la elevada carga de trabajo que enfrenta el profesorado. Este debe dedicar muchas horas a tareas repetitivas —como la elaboración y corrección de contenidos evaluables— que, aunque necesarias, disminuyen el tiempo disponible para otras funciones clave de su labor. Además, diversos estudios, incluido uno publicado por la Real Academia de Doctores de España [5] en 2023, señalan que la percepción de sobrecarga laboral en los entornos digitales se debe principalmente a la cantidad de trabajo adicional que estos requieren, lo que se ha convertido en uno de los principales factores de estrés para los docentes.

Otra labor frecuente del personal docente es proporcionar retroalimentación (*feedback*) personalizada a los estudiantes, con el fin de fortalecer sus áreas de mejora y potenciar

su aprendizaje. Sin embargo, cuando el número de estudiantes es elevado, como suele ocurrir en muchos contextos educativos, la cantidad de evaluaciones a revisar crece significativamente, lo que implica una dedicación de tiempo considerable. Esta carga, sumada a la falta de herramientas adecuadas, dificulta que puedan ofrecer una evaluación detallada y personalizada del desempeño individual en todas las actividades realizadas a través del portal telemático.

Frente a esta problemática, el presente proyecto se centra en Moodle, un sistema de gestión de aprendizaje que no solo permite gestionar cursos y usuarios, sino que también funciona como un EVA, proporcionando espacios para la interacción educativa mediante contenidos, actividades y comunicación digital. En este contexto, la finalidad del proyecto es el desarrollo de un *plugin* de cuestionarios automáticos con retroalimentación inteligente, cuya funcionalidad se basa en la del cuestionario por defecto del sistema, pero con la diferencia de que la generación de preguntas y el *feedback* por cada intento del cuestionario se externaliza a un sistema basado en modelos de inteligencia artificial (IA).

Estos modelos, accesibles mediante llamadas a los *endpoints* de la interfaz de programación de aplicaciones (API) de OpenAI, se alimentarán a partir de documentos *Portable Document Format* (PDF) suministrados por el profesor. A partir de este material, la IA genera un número de preguntas configurable por el docente al crear el cuestionario inteligente. Además, el sistema analizará las respuestas incorrectas del intento realizado para identificar los contenidos a reforzar y ofrecer recomendaciones personalizadas para el siguiente intento.

## 1.1. Motivación

En la actualidad, el uso de los cuestionarios predeterminados de Moodle es común en la evaluación del alumnado. Sin embargo, estos módulos presentan una retroalimentación limitada y poco personalizada. En concreto, se permite al autor definir rangos de puntuación asociados a textos genéricos, generalmente con fines motivadores. Esta limitación implica que, aunque el *feedback* pueda resultar útil a nivel general, no permite identificar áreas específicas de dificultad ni ofrecer recomendaciones precisas para mejorar el aprendizaje individual. Esta situación genera una doble consecuencia: por un lado, el profesorado se ve obligado a invertir tiempo adicional para complementar manualmente la retroalimentación cuando considera que esta resulta insuficiente; por

otro, el alumnado recibe una retroalimentación generalizada que no responde a sus necesidades específicas.

Además de la limitada personalización de la retroalimentación, otro desafío crítico es la considerable carga de trabajo que supone la creación manual de las preguntas que conforman los cuestionarios. Esta situación obliga al profesor a invertir un tiempo significativo en tareas repetitivas y laboriosas, lo cual reduce el tiempo disponible para otras obligaciones esenciales en su labor docente e investigadora. La ausencia de herramientas integradas en Moodle que faciliten o automaticen este proceso agrava aún más esta problemática.

Para ilustrar con mayor claridad el impacto que supone la creación manual de preguntas en términos de tiempo y esfuerzo, a continuación se presenta un ejemplo práctico basado en un curso real. Este ejemplo permite cuantificar la carga asociada a esta tarea y contextualizar la necesidad de soluciones automatizadas.

## 1.2. Justificación técnica

Para garantizar la diversidad en la generación de cuestionarios, Moodle habilita el uso de preguntas aleatorias que son preguntas retiradas de forma aleatoria de una categoría de preguntas específica, este proceso de extracción utiliza mecanismos de selección y ordenación pseudoaleatoria<sup>1</sup>. Desde PHP 7.1, la función `shuffle()` emplea el generador pseudoaleatorio `mt_rand()` [6], que implementa el algoritmo *Mersenne Twister* [7]. Aunque este generador no es criptográficamente seguro, ha demostrado ser suficientemente robusto para aplicaciones estadísticas generales [8]. Por tanto, para los fines de este estudio, en los que se requiere simple diversidad entre secuencias, supondremos que el generador proporciona un nivel adecuado de entropía.

Consideremos un curso con  $N = 6$  temas y un banco de  $Q$  preguntas, diseñado para generar cuestionarios individuales para  $A = 250$  estudiantes. Esta cifra se basa en la matrícula registrada en la asignatura «Fundamentos de Computadores» (ETSISI, curso 2023–24) [9, p. 4]. Supongamos que cada cuestionario contiene  $k = 10$  preguntas seleccionadas de una categoría de preguntas dentro del banco, y que el objetivo es promover que la secuencia de preguntas en cada cuestionario sea preferentemente distinta para

---

<sup>1</sup>Ordenados de acuerdo a una clave generada mediante un proceso que simula la aleatoriedad, pero que en realidad no es verdaderamente aleatorio.

cada estudiante.

Para asegurar que la diversidad sea posible, es deseable que el número de combinaciones posibles sin repetición de  $k$  preguntas extraídas de un banco de  $Q$  preguntas sea, al menos, igual al número de estudiantes:

$$\binom{Q}{k} \geq A. \quad (1.1)$$

Por ejemplo, si se establecen  $Q = 15$  preguntas en el banco:

$$\binom{15}{10} = \frac{15!}{10! \cdot 5!} = 3003 \geq 250,$$

lo cual sugiere que es posible generar con facilidad más de 250 cuestionarios con conjuntos únicos de preguntas, sin tener que repetir combinaciones.

Ahora bien, si asumimos que el docente parte desde cero, es decir, sin un banco de preguntas previo, y desea realizar varias revisiones antes de dar por definida cada pregunta para garantizar una redacción de alta calidad y distractores lo suficientemente eficaces como para aumentar la dificultad del cuestionario, es razonable estimar un tiempo promedio de  $t_p = 5$  minutos por pregunta. Dado que se requieren  $Q_{\text{total}} = N \times Q$  preguntas, el tiempo total dedicado a esta tarea sería:

$$T_{\text{preguntas}} = t_p \times Q_{\text{total}} = 5 \times (6 \times 15) = 450 \text{ minutos.}$$

A esto hay que sumar el tiempo dedicado a la retroalimentación personalizada. Si se estima un tiempo medio de  $t_f = 1$  minuto por estudiante y cuestionario, y considerando que cada estudiante realiza un intento por cada uno de los  $N = 6$  cuestionarios, se obtiene:

$$T_{\text{feedback}} = t_f \times A \times N = 1 \times 250 \times 6 = 1500 \text{ minutos.}$$

En conjunto, el esfuerzo total estimado por curso asciende a:

$$T_{\text{total}} = T_{\text{preguntas}} + T_{\text{feedback}} = 450 + 1500 = 1950 \text{ minutos} = 32,5 \text{ horas.}$$

Este cálculo pone de manifiesto que hasta en marcos teóricos optimistas, la elaboración manual de contenidos evaluativos de calidad y la personalización de la retroalimentación pueden llegar a representar hasta 30 horas por curso. Esta carga de trabajo responde, en parte, al hecho de que muchas plataformas educativas como Moodle han sido diseñadas siguiendo modelos tradicionales de evaluación, sin explotar plenamente las posibilidades que ofrecen tecnologías emergentes para automatizar, personalizar y escalar estos procesos con un menor coste humano.

## 1.3. Objetivo

Desarrollar, durante el presente curso académico, un *plugin* de tipo actividad para Moodle 4.1 que reutilice y amplíe las funcionalidades básicas del módulo de cuestionarios. Este *plugin* integrará capacidades de IA para automatizar la generación de preguntas de opción múltiple con respuesta única y la retroalimentación asociada a cada intento del cuestionario, utilizando como fuente de información documentos en formato PDF que el profesor adjunte en la sección destinada a la creación del cuestionario inteligente, garantizando así que el contenido generado sea coherente y favorezca el aprendizaje.

## 1.4. Estructura de la memoria

El resto de la memoria se compone de seis capítulos que reflejan el desarrollo integral del proyecto: el Capítulo 2, Contexto histórico-tecnológico, que repasa la evolución de las máquinas de enseñanza, Moodle y proyectos similares; el Capítulo 3, Estado de la cuestión, que contextualiza las bases conceptuales y tecnológicas de los cuestionarios nativos, así como iniciativas similares relacionadas con la automatización educativa y el uso de IA; Capítulo 4; Soluciones descartadas donde se detallan las soluciones exploradas durante el desarrollo pero finalmente descartadas. Capítulo 5, Metodologías, donde se expone el desarrollo propiamente dicho, incluyendo el *stack* tecnológico y el diseño arquitectónico; Capítulo 6, Resultados, que muestran la calidad de las preguntas generadas y el ahorro de tiempo; Capítulo 7, Conclusiones, con la consecución de objetivos, propuestas de mejora y el impacto social y medioambiental; y, por último, el Apéndice B, Código del proyecto, con el código del proyecto, que reúne el repositorio y la documentación técnica.

## 2. Contexto histórico-tecnológico

---

En este capítulo se presenta una descripción de los antecedentes más relevantes de [Moodle](#), abordando desde las primeras iniciativas realistas de automatización de la enseñanza y sus primeras aplicaciones en la web, hasta los orígenes de [Moodle](#) y las motivaciones que llevó a su desarrollador a crear la plataforma. Finalmente, se contextualizan de forma breve las innovaciones más recientes en el campo de la inteligencia artificial.

### 2.1. Precedentes tecnopedagógicos del aprendizaje interactivo digital

Los fundamentos didácticos de [Moodle](#) se inspiran en diversas teorías del aprendizaje y guardan una relación histórica con las primeras máquinas mecánicas de enseñanza del siglo XX, desarrolladas desde la década de 1920. Psicólogos como B. F. Skinner exploraron formas de automatizar la enseñanza aplicando principios conductistas. En los años 50, Skinner diseñó un dispositivo inspirado en sus experimentos con animales, con el objetivo de trasladar esas técnicas al aprendizaje humano.

La máquina consistía en una caja rectangular de madera con una tapa metálica abatible provista de ventanas. En su interior se colocaban discos de papel con preguntas y respuestas dispuestas radialmente. A través de una de las ventanas se mostraba una sola pregunta, mientras que el estudiante escribía su respuesta en una cinta de papel situada a la derecha de la ventana. Al accionar el mecanismo, la máquina avanzaba, ocultando la respuesta del alumno y revelando la respuesta correcta para proporcionar información sobre los resultados de forma inmediata. De este modo, se fomentaba el aprendizaje autorregulado y al ritmo del estudiante, aunque con una capacidad de adaptación muy limitada en comparación con las tecnologías educativas actuales [10].

Con la llegada de los ordenadores a mediados del siglo XX, estas ideas evolucionaron hacia la [enseñanza asistida por ordenador \(EAO\)](#). En este contexto, PLATO, desarrolla-



**Figura 2.1.** Máquina de Enseñanza de Skinner [10]

do en la Universidad de Illinois en 1960 por Don Bitzer, marcó un antes y un después al convertirse en la primera plataforma de enseñanza completamente computarizada. Fue pionera en incorporar evaluaciones interactivas, comunicación entre estudiantes, retroalimentación instantánea, y seguimiento individual del progreso, anticipando muchas de las funciones que hoy caracterizan a los entornos virtuales de aprendizaje [11].



**Figura 2.2.** Un estudiante interactúa con la pantalla táctil de PLATO [11]

A partir de esa experiencia, durante los años 90 surgieron plataformas como WebCT (1995) [12] y Blackboard (1997) [13], que ampliaron estas capacidades al ofrecer entornos integrados para la gestión de cursos en línea, comunicación entre usuarios, herramientas de evaluación y seguimiento académico, así como funciones administrativas para instituciones educativas. Estas fueron las primeras instancias que realmente se asemejaban a los actuales **sistemas de gestión de aprendizaje (SGA)**. Sin embargo, am-

bas plataformas eran de carácter cerrado y propietario, lo que limitaba la autonomía de las instituciones y la posibilidad de adaptar el software a necesidades específicas [14].

Con este trasfondo, [Moodle](#) fue concebido a principios del siglo XXI para dar respuesta a estas limitaciones.

## 2.2. Origen y evolución de Moodle como plataforma educativa

[Moodle](#) fue lanzado en agosto de 2002 por Martin Dougiamas, educador y programador australiano, motivado por sus complicaciones al intentar impulsar la integración de la educación en entornos digitales. Estas dificultades lo llevaron a concebir una plataforma más centrada en el aprendizaje cooperativo y en los principios del constructivismo social [15]. Desde entonces, se ha desarrollado como una plataforma educativa de código abierto que ofrece un entorno adaptable, interoperable y altamente configurable.

Actualmente, [Moodle](#) es el [SGA](#) más usado en el mundo, con aproximadamente 451 millones de usuarios activos registrados, una de las claves de este éxito ha sido el trabajo constante en la traducción gracias a la activa colaboración de su comunidad. España se posiciona como uno de los países con mayor adopción de [Moodle](#) a nivel mundial, con más de 12.876 sitios web dados de alta públicamente [16], destacando entre ellos el portal de la Universidad Politécnica de Madrid. Esta amplia adopción responde en gran medida a la autosuficiencia institucional que provee [Moodle](#) gracias a su carácter abierto y descentralizado, ofreciendo a las instituciones control total sobre sus entornos educativos sin depender de proveedores propietarios. Además, su arquitectura basada en *plugins* facilita que el profesorado adapte la plataforma a sus necesidades mediante miles de extensiones.

Esta amplia adopción se debe no solo a su modelo de desarrollo abierto, sino también a la variedad de herramientas formativas que incorpora. Entre ellas, destacan los *plugins* de tipo actividad, pilares fundamentales para facilitar la interacción educativa y el desarrollo de diversas estrategias de enseñanza y evaluación.

## 2.3. Historia reciente de la IA Generativa

Las últimas dos décadas han supuesto una auténtica transformación en el desarrollo de la [inteligencia artificial](#), a pesar de haber atravesado períodos de estancamiento conocidos como «inviernos de la IA». Este resurgir ha sido impulsado por el aumento en la capacidad computacional, la disponibilidad de grandes volúmenes de datos y la aparición de nuevas arquitecturas, como las redes neuronales profundas y los transformadores.

Uno de los hitos más significativos dentro de esta evolución fue la aparición del modelo y aplicación *Chat Generative Pre-trained Transformer (ChatGPT)*, desarrollado por [OpenAI](#). Este modelo generativo, basado en transformadores, popularizó de forma sin precedentes el acceso a sistemas capaces de comprender y producir lenguaje natural con una coherencia sorprendente. Su lanzamiento marcó un punto de inflexión no solo por sus capacidades, sino también por el posterior lanzamiento de una [API](#) pública, que permitió a desarrolladores integrar fácilmente esta tecnología en sus propias aplicaciones [17].

Este enfoque basado en servicios bajo demanda eliminó la necesidad de contar con infraestructura propia o conocimientos técnicos especializados, permitiendo que cualquier aplicación con acceso a red pudiera aprovechar la potencia de modelos avanzados a través de simples llamadas [API](#).

## 3. Estado de la cuestión

---

Este capítulo recoge el análisis del contexto necesario para la comprensión del proyecto. En él se revisan los principios, conceptos y bases tecnológicas que sustentan el diseño de la solución propuesta, así como ejemplos y soluciones similares relacionadas con la automatización de cuestionarios y el uso de IA en entornos educativos.

### 3.1. *Plugins*

**Moodle** es reconocido por su modularidad y alto grado de personalización. Esta flexibilidad se debe, en gran medida, a un robusto sistema de *plugins*, que extienden las funciones básicas de **Moodle** para atender necesidades específicas de docentes, estudiantes y administradores. Los *plugins* no solo permiten añadir nuevas capacidades al entorno, sino también transformar la experiencia educativa según los objetivos de cada institución o curso.

#### 3.1.1. Tipos de *plugins* en Moodle y su impacto en el aprendizaje

Aunque **Moodle** admite una amplia variedad de *plugins* [18], en esta sección se presentan aquellos cuya comprensión es necesaria para contextualizar el presente proyecto. Cada uno de estos *plugins* debe instalarse en una carpeta específica dentro del sistema de Moodle. Para cada *plugin* se indicará la carpeta asociada o el prefijo utilizado para definirlo en Moodle.

**Módulos de actividad (mod)** Estos *plugins* agregan nuevas actividades interactivas que los profesores pueden implementar en sus cursos, como tareas, foros o cuestionarios. Constituyen los bloques fundamentales de la experiencia de aprendizaje, dado que posibilitan la evaluación, la participación y la aportación de trabajos.

**Informes de cuestionarios (mod/quiz/report)** Sirven para mostrar y analizar los resultados de los cuestionarios.

**Bloques (block)** Funcionan como *widgets* que se añaden a las páginas del curso para mostrar información extra, accesos directos o utilidades como el bloque de calendario o el de línea de tiempo (*timeline*), facilitando la organización y el seguimiento de actividades.

**Tipos de pregunta para cuestionarios (question/type)** Amplían el banco de preguntas permitiendo nuevas formas de evaluación.

**Herramientas de administrador (admin/tool)** Pensadas para facilitar o agilizar tareas administrativas y de desarrollo en Moodle, como por ejemplo el *Plugin Skeleton Generator*, que simplifica la creación de la estructura básica para nuevos *plugins*, acelerando así el desarrollo.

**Plugins locales (local)** Actúan como una herramienta flexible para implementar funcionalidades nuevas que no encajan en los tipos de *plugins* estándar de Moodle, permitiendo personalizaciones o integraciones a nivel global del sistema.

**Plugins de Entrega de tareas (/mod/assign/submission)** Permiten definir las formas en la que los estudiantes pueden entregar sus trabajos dentro del plugin de tareas (*assign*).

**Plugins de Retroalimentación de tareas (mod/assign/feedback)** Permite personalizar la forma en la que los profesores dan retroalimentación dentro del plugin de tareas (*assign*).

**Otros tipos** Existen además otros tipos de *plugins*, como los de formato de curso, temas y filtros, que permiten modificar visualmente la plataforma, así como algunos que amplían la gestión lógica, por ejemplo los *plugins* de inscripción, autenticación o de banco de preguntas.

### 3.1.2. Interés en el marco del proyecto

La principal diferencia entre estos tipos de *plugins* radica en **dónde** y **cómo** impactan la experiencia del usuario y la arquitectura de la plataforma. Por ejemplo, mientras los módulos de actividad y los tipos de pregunta influyen directamente en la forma en que los estudiantes aprenden y son evaluados, los bloques o temas afectan la organización visual y funcional del entorno, sin alterar necesariamente la dinámica pedagógica.

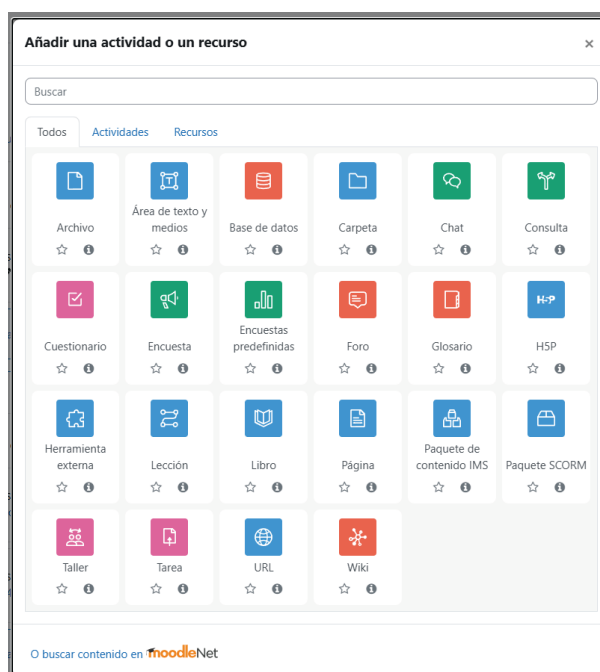
En este proyecto tiene especial interés el desarrollo de un **módulo de actividad**, por su capacidad de introducir nuevas dinámicas de interacción y evaluación dentro de los cursos, tal como lo hacen los [cuestionarios nativos](#) de Moodle.

## 3.2. Clasificación de las actividades en Moodle desde la perspectiva del usuario

Moodle permite al docente estructurar los cursos según diferentes criterios académicos y ofrece añadir, a través del selector de actividades, numerosos recursos y actividades. Cada opción del selector está representada por un ícono codificado por colores (ver [Figura 3.1](#)) que ayuda a identificar rápidamente su propósito dentro del entorno educativo. Un ícono de estrella permite marcar actividades favoritas, y un ícono de información proporciona acceso a documentación adicional sobre cada elemento.

La codificación cromática de los íconos representa las siguientes categorías:

- **Rojo:** Actividades de comunicación, como el foro, que facilitan la interacción escrita entre docentes y estudiantes.
- **Rosa:** Actividades de evaluación, como la tarea, que permiten el envío de trabajos y la retroalimentación por parte del profesor.
- **Azul:** Recursos y actividades de contenido, como la lección, orientados a la presentación interactiva de materiales.
- **Verde:** Actividades de colaboración, tales como encuestas, que promueven la participación grupal y la recogida de opiniones.



**Figura 3.1.** Captura de pantalla del selector de actividades en Moodle 4.1

Esta variedad y categorización visual de las actividades facilita tanto a profesores como a estudiantes la identificación y el uso eficiente de los recursos y herramientas más apropiados para cada momento del proceso de aprendizaje.

## 3.3. Ciclo de vida de los cuestionarios nativos

Las actividades dentro de Moodle, incluyendo los cuestionarios y otros módulos, poseen un ciclo de vida que comprende varias etapas desde su creación hasta su finalización o eliminación. Este ciclo asegura un correcto manejo y seguimiento de las instancias dentro de un curso, permitiendo a los docentes controlar su disponibilidad y estado.

El ciclo de vida típico de un cuestionario es el siguiente:

## Creación del cuestionario

El gestor del curso selecciona y configura el cuestionario mediante el formulario de creación, el cual también puede utilizarse posteriormente para su edición, definiendo parámetros como:

- **Datos básicos:** Incluye el nombre de la instancia del cuestionario y una descripción opcional para orientar a los estudiantes.
- **Temporalización:**
  - Fecha y hora de apertura del cuestionario.
  - Fecha y hora de cierre.
  - Límite de tiempo para completar cada intento.
  - Qué ocurre si el alumno no envía su intento antes del cierre: se puede configurar para enviar automáticamente o marcar como intento no finalizado.
- **Calificación:** Permite definir cómo se gestionan los intentos del estudiante y cómo se calcula su calificación final.
  - Número máximo de intentos permitidos por estudiante.
  - Calificación mínima requerida para considerar el intento como aprobado.
  - Método de calificación, se puede elegir entre: nota más alta, media de todos los intentos, nota del primer intento o del último intento.
- **Esquema:** Controla cuantas preguntas habrá por página y cómo puede navegar el estudiante por el cuestionario, por libre o si debe terminar una página para continuar a la siguiente.
- **Comportamiento de preguntas:** Controla cómo se presentan las preguntas y cómo navega el estudiante por el cuestionario.
  - Orden de preguntas: al azar o el orden por defecto.
  - Comportamiento de las preguntas: Permite definir el comportamiento de la retroalimentación respecto a la respuesta del estudiante. Si bien hay varios modos de comportamiento en [Moodle](#) para las preguntas [19], las dos más destacables por su frecuencia de uso son las siguientes:
    - «Retroalimentación diferida»: los estudiantes deben enviar todas sus respuestas antes de recibir cualquier tipo de retroalimentación.

- «Interactiva con múltiples intentos»: los estudiantes obtienen retroalimentación inmediata y si la respuesta es errónea pueden volver a intentar resolverla pero con una reducción de la puntuación obtenible.
  - Se permite al estudiante conservar las respuestas del intento anterior al comenzar un nuevo intento, facilitando así completar el cuestionario en varios intentos.
- **Opciones de revisión:** Permiten especificar qué elementos serán visibles (respuestas correctas, retroalimentación, puntuaciones, etc.) para los estudiantes en cada fase del proceso de realización de cuestionarios:
  - Durante el intento.
  - Inmediatamente después de enviarlo.
  - Mientras el intento está abierto, pero aún no ha cerrado.
  - Una vez cerrado el cuestionario.
- **Apariencia:** Define detalles visuales del cuestionario.
  - Permite elegir si el nombre y la foto del estudiante aparecerán en pantalla durante el intento y revisión del cuestionario.
  - Número de decimales mostrados en la calificación total del intento.
  - Número de decimales para la calificación de cada pregunta.
  - Si se permitirá durante la realización del cuestionario ver los *plugins* de tipo bloque.
- **Restricciones extra:** Asegura el entorno de evaluación y limita el acceso.
  - Configuración de *Safe Exam Browser*, que impide que el estudiante use otras aplicaciones o ventanas durante el intento.
  - Restricciones de red (por ejemplo, solo permitir acceso desde ciertas *Internet Protocols (IPs)*).
  - Establecer una contraseña para acceder al cuestionario.
  - Intervalo de tiempo requerido entre intentos consecutivos.
- **Retroalimentación global:** Permite configurar retroalimentación específica en función de rangos de calificaciones.
- **Otros parámetros comunes:** Incluye configuraciones compartidas con otros módulos de actividad en [Moodle](#):

- **Ajustes comunes del módulo:** controla aspectos generales de la actividad dentro del curso, el número ID (identificador único para informes o cálculos de calificaciones), el idioma forzado (mostrar la actividad en un idioma específico) y el modo de grupo (sin grupos, grupos separados o visibles).
- **Finalización de actividad:** permite a los profesores configurar de qué manera pueden los estudiantes verificar el fin de la actividad.
  - No permitir confirmación de finalización
  - Permitir la confirmación manual, marcando la actividad como finalizada.
  - Si una condición se cumple. Por ejemplo: que alguno de sus intentos sea aprobado.
- **Restricciones de acceso:** permiten condicionar la capacidad de visualizar el cuestionario en función de criterios como fecha, calificaciones previas o pertenencia a grupos.
- **Competencias:** se puede enlazar el cuestionario con competencias definidas en el curso para registrar el progreso del estudiante.
- **Etiquetas:** permite agregar palabras clave para facilitar la organización y búsqueda de cuestionarios.

### Agregado de preguntas al cuestionario

En esta fase, el profesor decide el método preferido para incorporar preguntas al cuestionario. Las opciones disponibles son las siguientes:

- **Añadir una nueva pregunta al banco de preguntas y vincularla al cuestionario:** Esta opción redirige al profesor al menú de creación de preguntas del banco de preguntas, desde donde podrá seleccionar el tipo de pregunta y completar su contenido, incluyendo el enunciado, el valor y los campos específicos según el tipo de pregunta.
- **Vincular una pregunta existente del banco de preguntas al cuestionario:** Al seleccionar esta opción, se abre un menú que permite al profesor elegir una pregunta ya existente dentro del repositorio del curso.
- **Vincular una pregunta aleatoria al cuestionario:** A través de un menú, el usuario selecciona una categoría del banco de preguntas y el sistema inserta automáticamente una pregunta aleatoria perteneciente a dicha categoría.

Una vez vinculadas las preguntas, es posible elegir su orden, determinar en qué página aparece cada una y decidir si se desea que las preguntas se barajen en cada intento.

### Actualización y configuración avanzada de cuestionario

El profesor tiene la capacidad de modificar las preguntas del cuestionario y las opciones establecidas durante su creación para adaptarlas a sus necesidades. Además, puede crear excepciones temporales para alumnos o grupos específicos, realizar copias de seguridad y restaurarlas y configurar filtros para la visualización de contenido enriquecido en los cuestionarios.

### Apertura y realización del cuestionario

Una vez creada la instancia, si existe una restricción temporal de acceso que impide la realización de intentos, será necesario esperar a que esta se levante. Tras ello, el sistema comprobará si hay una fecha de apertura específica para el cuestionario; en caso afirmativo, los estudiantes solo podrán acceder a partir de esa fecha. Desde ese momento, la actividad estará disponible y podrá ser localizada por los estudiantes tanto en el calendario, en la línea de tiempo (*timeline*) o directamente desde la vista general del curso. Para que el intento quede registrado, el alumno debe completar el cuestionario, revisar el resumen de respuestas y, finalmente, enviar su intento. Una vez hecho esto, será redirigido a la página principal del cuestionario, donde podrá consultar sus intentos y acceder a la revisión de cada uno.

### Cierre y eliminación del cuestionario

Una vez pasada la fecha de cierre, el cuestionario deja de estar disponible para los estudiantes, aunque sigue siendo visible para los profesores por motivos de transparencia y trazabilidad. En esta etapa, el profesor puede acceder al apartado de resultados para analizar estadísticas y evaluar el desempeño general de los estudiantes que completaron el cuestionario.

Finalmente, la actividad puede mantenerse en el curso para consulta histórica o eliminarse definitivamente si ya no es necesaria.

## 3.4. Contextualizado técnico de aspectos relevantes de los cuestionarios nativos

### 3.4.1. Vistas del plugin de cuestionarios nativos

El módulo de [cuestionarios nativos](#) distribuye su funcionamiento en una colección de *scripts PHP* que sirven de vista, cada uno encargado de gestionar una parte concreta del ciclo de vida y la interacción con los cuestionarios. A continuación se describe brevemente la función de los archivos más relevantes:

- `quiz/mod_form.php`: Es la vista del formulario donde el profesor elige las configuraciones deseadas para la creación o modificación del cuestionario (véase la Sección 3.3).
- `quiz/edit.php`: Es la vista a través de la cual el profesor puede agregar preguntas al cuestionario, configurar la calificación máxima, reordenar manualmente las preguntas y habilitar la ordenación aleatoria de las mismas en cada intento.
- `question/edit.php`: Es la vista del banco de preguntas, mediante la cual se pueden navegar por las categorías existentes gestionando las preguntas.
- `quiz/overrides.php`: Vista que permite gestionar las excepciones temporales para usuarios y grupos.
- `quiz/view.php`: Punto de entrada principal donde los usuarios acceden al cuestionario. Se encarga de mostrar la información general sobre el cuestionario (nombre, descripción, calificación y revisión de los intentos pasados, botones de inicio de intento, etc.).
- `quiz/attempt.php`: Es la página mostrada al iniciar un intento, muestra las preguntas, las opciones, el tiempo restante y permite al usuario navegar por las páginas o finalizar el intento cuando haya terminado.
- `quiz/process_attempt.php`: Este *script* se encarga de procesar el progreso del estudiante en el intento del cuestionario. Redirige al usuario a la siguiente pregunta si hay más disponibles, al resumen del intento, o a la vista general de los cuestionarios, dependiendo del estado del intento.

- `quiz/summary.php`: Resumen del intento del estudiante, muestra las preguntas respondidas, guardadas, las que no fueron respondidas y un botón para entregar el intento.
- `quiz/review_attempt.php`: Tras la entrega del cuestionario se puede ver una revisión de las preguntas respondidas, pudiendo consultar qué respuestas fueron respondidas correctamente y en el caso de haber respondido incorrectamente cuál era la respuesta correcta.
- `quiz/report.php` y sus divisiones por tipo de estadística: gestionan la generación y visualización de informes y estadísticas sobre los intentos realizados en el cuestionario.
  - `quiz/grading/report.php`: Permite calificar manualmente, generalmente preguntas abiertas o de tipo ensayo.
  - `quiz/overview/report.php`: Presenta un análisis de las calificaciones obtenidas en todos los intentos del cuestionario, pudiendo observar la calificación obtenida por cada intento.
  - `quiz/responses/report.php`: Ofrece una vista más detallada sobre las respuestas dadas por cada estudiante para cada pregunta en cada intento.
  - `quiz/statistics/report.php`: Calcula métricas estadísticas sobre el rendimiento global del cuestionario y la dificultad de sus preguntas.

Estas vistas son las más destacables; sin embargo, todos los *plugins* de actividad de Moodle suelen incorporar, por defecto, otras dos vistas adicionales. Una de ellas está destinada a la gestión de los permisos de la instancia del *plugin*, permitiendo ajustar los permisos predeterminados para los distintos roles (véase la [Figura A.1](#)). La otra corresponde a la configuración de los filtros de contenido dentro de cada instancia, lo que facilita que Moodle personalice la visualización del contenido del cuestionario mediante diferentes filtros, como la activación o desactivación de complementos para la reproducción de multimedia, la visualización de ecuaciones matemáticas ([MathJax](#)), el reconocimiento automático de enlaces, la inserción de emoticonos o la integración de objetos [HTML5 Package \(H5P\)](#), entre otros (véase la [Figura A.3](#)).

### 3.4.2. Subsistemas de Moodle utilizados

Durante el desarrollo del *plugin*, se utilizaron diversos subsistemas a través de sus respectivas [APIs](#) internas para facilitar la comunicación con los componentes necesarios

y así replicar el funcionamiento de los [cuestionarios nativos](#). Si bien Moodle ofrece acceso a una amplia variedad de interfaces de programación [20], en este apartado se describen específicamente aquellas que resultan fundamentales para la replicación del comportamiento.

- **API de acceso:** Permite gestionar y verificar permisos y capacidades de los usuarios en diversos contextos dentro de Moodle.
- **API de manipulación de datos:** Permite realizar operaciones [Create, Read, Update, Delete \(CRUD\)](#) sobre las tablas de la base de datos, tanto las nativas de [Moodle](#) como las específicas del *plugin*. Esta API abstrae el acceso a la base de datos y asegura la compatibilidad y seguridad al trabajar con diferentes sistemas gestores de bases de datos soportados por [Moodle](#).
- **API de archivos:** Proporciona un conjunto de funciones para almacenar, recuperar, gestionar y servir archivos dentro de la infraestructura de [Moodle](#).
- **API del motor de preguntas:** Proporciona las funciones necesarias para definir, procesar, evaluar y almacenar los distintos tipos de preguntas. A través de esta API, el *plugin* puede interactuar con la información estructural de las preguntas y almacenarlas de forma compatible con el sistema.
- **API del banco de preguntas:** Permite crear, editar, organizar y reutilizar preguntas en diferentes contextos dentro de [Moodle](#). A través de esta API, el *plugin* puede acceder al repositorio centralizado de preguntas, facilitando su gestión, categorización y recuperación según las necesidades de las actividades o cuestionarios.
- **API de formularios:** Facilita la construcción de interfaces dinámicas para la configuración de actividades y presentación de opciones al usuario.
- **API de ajustes de administración:** Facilita la creación de paneles de administración para la configuración específica de plugins, se usa la variable global `$settings` para agregar elementos visuales de configuración.
- **API de *language strings*:** Permite obtener cadenas de texto desde los archivos de idioma mediante la función `get_string()`.
- **API de calendario:** Permite la sincronización de eventos relevantes del cuestionario (fechas de apertura, cierre, recordatorios) con el bloque de calendario personal de usuarios y el bloque de línea de tiempo (*timeline*).

## 3.5. Banco de preguntas

El banco de preguntas es un sistema organizado que permite a los profesores almacenar, clasificar y reutilizar preguntas dentro de Moodle. Estas preguntas se organizan en categorías jerárquicas, donde la categoría con mayor prioridad jerárquica corresponde al curso al que pertenece la actividad. Sin embargo, los docentes pueden crear subcategorías específicas para cada actividad o tema, lo que facilita su gestión y reutilización.

Para incorporar nuevas preguntas al banco, el profesor debe seleccionar el tipo de pregunta deseado y completar un formulario con los datos requeridos, tales como enunciado, opciones de respuesta y retroalimentación. Moodle ofrece una amplia variedad de tipos de pregunta que se adaptan a diferentes necesidades del profesorado [21], pero las que nos interesan para el desarrollo del proyecto son las **preguntas de opción múltiple**.

## 3.6. Preguntas de opción múltiple

Las preguntas de opción múltiple presentan al estudiante una pregunta o enunciado junto con varias respuestas posibles. El estudiante debe seleccionar, entre esas opciones, la respuesta correcta o las respuestas correctas, según se indique en el formulario de creación.

El formulario de creación/edición de estas preguntas permite editar los siguientes campos:

- **Categoría de pregunta:** La categoría a la que pertenecerá la pregunta una vez creada.
- **Nombre de la pregunta:** Identificador interno de la pregunta (no visible para los estudiantes).
- **Texto de la pregunta:** Enunciado principal presentado al estudiante.
- **Estado de la pregunta:** Indica si la pregunta está preparada para que se use en cuestionarios o si es un borrador.

- **Puntuación por defecto:** Puntuación asignada a la pregunta si se responde correctamente.
- **Retroalimentación general:** Comentario mostrado después de responder, independientemente del resultado.
- **Identificador de pregunta:** Permite una forma alternativa de identificar las preguntas dentro de una categoría, evitando así la posible ambigüedad que puede generar el uso del nombre de la pregunta, dado que este no es un atributo único.
- **Opción para respuestas correctas únicas/múltiples:** Define si solo una opción es correcta o varias lo son. En el caso del *plugin* a desarrollar se generarán preguntas con **una única respuesta**.
- **Ordenar de forma aleatoria las opciones de respuesta:** Habilita la presentación aleatoria de las opciones.
- **Formato de numeración de las opciones:** Permite elegir el formato de numeración de las opciones (letras, números, ninguno, etc.).
- **Opción de mostrar las instrucciones de evaluación de la pregunta:** Permite habilitar o deshabilitar la visualización de las indicaciones asociadas al tipo de respuesta esperada.

Por ejemplo:

- Si la pregunta tiene una única respuesta correcta, se muestra en pantalla un texto como “Selecciona una respuesta”.
- Si la pregunta permite más de una respuesta correcta, se muestra en pantalla un texto como “Selecciona una o más respuestas”.
- **Opciones de respuesta:** Campos para ingresar las posibles respuestas, cada una con su retroalimentación individual y el valor de la pregunta.
- **Retroalimentación general para cada posible resultado de responder a una pregunta:** Mensajes que se muestran según la respuesta dada: correcta, parcialmente correcta o incorrecta. Cada uno de estos casos puede tener un mensaje distinto.
- **Opciones de respuesta para cuestionarios con múltiples intentos por pregunta:** Permite seleccionar la penalización aplicada por cada intento incorrecto, siempre que el cuestionario esté configurado en modo constructivo, es decir, que cada nuevo intento parta del anterior. Además, posibilita configurar la pista que se muestra tras un error.

- **Vincular etiquetas:** Permite asociar etiquetas a la pregunta para facilitar su organización y búsqueda.

## 3.7. Retroalimentación global

En los  **cuestionarios nativos**  de Moodle, el *feedback* proporcionado es estático y se define mediante rangos de calificación. Cada uno de estos rangos puede estar asociado a un texto específico, el cual se muestra al usuario tras finalizar un intento, siempre que la calificación obtenida se encuentre dentro de ese rango. En la siguiente figura se ilustra este comportamiento:

The image shows two parts of the Moodle interface. Part (a) on the left shows the 'Global Feedback' settings. It has three feedback ranges defined by score limits and associated comments:

- Range 1: Score limit 100%, comment 'Aprobado, bien hecho.' (Approved, well done).
- Range 2: Score limit 50%, comment 'No aprobado, inténtalo otra vez.' (Not approved, try again).
- Range 3: Score limit 0%, comment 'No aprobado, inténtalo otra vez.' (Not approved, try again).

Part (b) on the right shows a student's attempt summary for a quiz. It includes a table of previous attempts and a global feedback message.

| Intento | Estado   | Puntos / 1,00 | Calificación / 10,00 | Revisión | Comentario -                     |
|---------|--|---------------|----------------------|----------|----------------------------------|
| 1       | Finalizado<br>Enviado: sábado, 5 de julio de 2025, 22:02 | 0,00          | 0,00                 | Revisión | No aprobado, inténtalo otra vez. |
| 2       | Finalizado<br>Enviado: sábado, 5 de julio de 2025, 22:02 | 1,00          | 10,00                | Revisión | Aprobado, bien hecho.            |

Below the table, the global feedback is displayed: **Promedio de calificaciones: 5,00 / 10,00. Retroalimentación global** Aprobado, bien hecho.

- (a) Ejemplo de definición de rangos de retroalimentación estática. (b) Vista del resumen de intentos y sus retroalimentaciones en un cuestionario

**Figura 3.2.** Ejemplo de funcionamiento de retroalimentación en cuestionarios nativos

En la **Figura 3.2b** se muestra, en la parte inferior, una sección llamada retroalimentación global. Sin embargo, no se trata de una retroalimentación global en sentido estricto, sino que esta sección se utiliza para mostrar la retroalimentación correspondiente al mejor intento realizado por el estudiante hasta ese momento.

## 3.8. API de OpenAI

Esta proporciona una interfaz **RESTful** basada en *Hypertext Transfer Protocol (HTTP)* que permite a los desarrolladores acceder una amplia gama de modelos de **IA** entrenados por **OpenAI** que permiten integrar funcionalidades avanzadas en aplicaciones software. La **API** funciona mediante autenticación por clave y está sujeta a restricciones de uso según modelo.

### 3.8.1. Categorías de modelos de generación de texto

La **API** proporciona acceso a una variedad de modelos de **IA** organizados en una gran variedad de formatos, desde la creación de imágenes a partir de descripciones en lenguaje natural hasta la transcripción de audio a texto.

- **Modelos de razonamiento:** Están optimizados para el pensamiento estructurado, el razonamiento lógico, matemático y científico. Usan el prefijo `o`, para referirse a **OpenAI**, como en `o1`, `o3` u `o4-mini`, y se centran en tareas que requieren varios pasos, como resolver problemas matemáticos, escribir código complejo o analizar argumentos.
- **Modelos de conversación en tiempo real:** Estos modelos están diseñados específicamente para mantener conversaciones naturales y fluidas mediante voz, texto e incluso imágenes, como es el caso de `GPT-4o Realtime`. Soportan múltiples idiomas y responden casi sin latencia, lo que los hace ideales para asistentes conversacionales interactivos.
- **Modelos de moderación:** **OpenAI** dispone de modelos internos especializados para detectar contenido inapropiado, como violencia, discurso de odio o material sexual explícito como `omni-moderation`. Estos modelos están disponibles a través de *endpoint* de moderación y se actualizan regularmente para cumplir con los estándares de seguridad y uso responsable.
- **Modelos de conversión a vector:** Estos modelos convierten fragmentos de texto en vectores numéricos que capturan su significado semántico. Son útiles para búsqueda, agrupamiento y clasificación.

- **Modelos de chat:** Los [modelos de lenguaje de gran tamaño \(LLMs\)](#) más utilizados y versátiles en la actualidad pertenecen a la familia *Generative Pre-trained Transformer (GPT)*. Estos modelos están diseñados para una amplia variedad de tareas, como la generación de texto, redacción, programación, traducción automática, resumen de contenidos y asistencia conversacional.

El nombre del modelo incluye un número que indica su generación o versión, como por ejemplo GPT-4o, GPT-4.1 *mini* o GPT-4.5. Además, puede incorporar un *sufrido* que especifica características particulares del modelo:

- *mini*, *nano*: Como en GPT-4.1 *mini*, indican variantes más ligeras del modelo base, optimizadas para una mayor velocidad o menor consumo de recursos computacionales.
  - *o*: Como en GPT-4o, proviene del término *omni* (del latín, «todo») y señala que el modelo es multimodal nativo; es decir, ha sido entrenado de forma unificada para procesar y generar múltiples tipos de datos —texto, imágenes y audio— de manera integrada y simultánea.
- **Modelos ajustables mediante *fine-tuning*:** Permiten ser personalizados con datos específicos del usuario. Están diseñados para adaptarse a contextos particulares, como vocabulario técnico, tono institucional o tareas repetitivas. Aunque se basan en modelos base (como GPT-3.5-turbo), el *fine-tuning* mejora su rendimiento en dominios concretos. Son ideales cuando se requiere integración con flujos de trabajo especializados.

Dado que no se requiere resolver problemas complejos ni realizar tareas de múltiples pasos, y que no contamos con la infraestructura necesaria para realizar *fine-tuning*, los modelos de chat resultan ser los más adecuados para nuestro propósito. Su capacidad contextual es ideal para automatizar las tareas planteadas, y su diversidad en tamaños permite una personalización flexible. Esto facilita que el administrador elija el modelo que mejor se ajuste a sus necesidades, cubriendo así los distintos enfoques en calidad, costes y velocidad en la generación de preguntas y retroalimentación automática.

## 3.8.2. Endpoints relevantes

### Archivos

La [API de OpenAI](#) expone un *endpoint* específico para la gestión de archivos: `/v1/files`. Este *endpoint* permite realizar operaciones de subida, listado y eliminación de archivos. Al momento de subir un archivo, es obligatorio especificar un propósito, que define en qué contexto podrá usarse posteriormente. Para que un archivo pueda ser empleado por los asistentes, debe tener el propósito explícito de `assistants`.

Una vez subidos, pueden ser referenciados por su identificador en llamadas a otros *endpoints* de la [API](#) sin necesidad de reenviarlos en cada solicitud. En particular, los *threads* pueden tener archivos vinculados directamente a su configuración, lo cual les permite acceder a estos recursos de forma automática cada vez que son instanciados mediante el asistente.

El tamaño máximo de un archivo individual permitido por el *endpoint* es de 512 MiB, y el total acumulado de archivos por organización puede alcanzar hasta 100 GiB. Aunque [OpenAI](#) ofrece almacenamiento persistente, su uso prolongado conlleva implicaciones en términos de costes por política de retención, esto posteriormente conllevará una decisión en la optimización del *plugin* tras el desarrollo de consecuentes incrementos. En su lugar, se implementó una estrategia más eficiente, que se explicará en la [Sección 4.3](#), del apartado [Soluciones descartadas](#).

### Asistentes

La interfaz de programación de [OpenAI](#) además expone el *endpoint* `/v1/assistants`, destinado a la creación y gestión de asistentes. Estos constituyen entidades persistentes que encapsulan una configuración predefinida para interactuar con [LLMs](#), funcionando como plantillas reutilizables. Al crear un asistente, se especifica el modelo de [IA](#) que utilizará, junto con un conjunto de instrucciones (*prompts*) que define su comportamiento base. También se incluyen parámetros como `temperature`, `top_p` o `max_tokens`<sup>1</sup>, que regulan el grado de aleatoriedad, la diversidad y la longitud de las respuestas generadas respectivamente. Además, los asistentes pueden incorporar herramientas como

---

<sup>1</sup>Un *token* es una unidad básica de texto que puede ser una palabra, parte de una palabra o un signo de puntuación.

un buscador de archivos, que permite indexar documentos previamente subidos.

Los asistentes no se ejecutan directamente: para iniciar una conversación o proceso con uno de ellos es necesario instanciarlo dentro de un hilo, donde se gestionan tanto los mensajes como las llamadas a modelo.

## Hilos

El endpoint `/v1/threads` permite la creación y gestión de hilos de conversación asociados a un asistente. Un *thread* representa una instancia activa y persistente de interacción, donde se mantiene el historial de mensajes intercambiados para preservar el contexto.

Los mensajes dentro de un *thread* pueden tener distintos roles: `user` (entrada del usuario), `assistant` (respuesta generada por el modelo) y, opcionalmente, `system` para redefinir instrucciones específicas en ese hilo. De estos, el rol `user` es el que resulta de interés principal para permitir al administrador de la plataforma reescribir y adaptar dinámicamente los *prompts*.

## 3.9. Iniciativas similares

Existen actualmente en el repositorio oficial de *plugins* de Moodle algunas iniciativas que comparten elementos con nuestro proyecto *AIQuiz*, aunque con enfoques y alcances diferentes.

La primera es *AI Text to Questions Generator*<sup>2</sup>, un *plugin* de tipo local, que permite generar preguntas a partir de un texto fuente usando servicios de OpenAI. La segunda es *OpenAI Question Generator*<sup>3</sup>, un *plugin* de tipo bloque, que ofrece una interfaz lateral en el curso para generar preguntas automáticamente. Ambos están orientados a la asistencia docente y funcionan como herramientas auxiliares, sin integrarse directamente en la experiencia del estudiante ni en el flujo formal de evaluación.

En cambio, *AIQuiz* es un *plugin* de tipo **actividad**, lo que le permite integrarse al curso como una instancia evaluativa más. Su diseño se centra en la generación de preguntas a

<sup>2</sup>[https://moodle.org/plugins/local\\_aiquestions](https://moodle.org/plugins/local_aiquestions)

<sup>3</sup>[https://moodle.org/plugins/block\\_openai\\_questions](https://moodle.org/plugins/block_openai_questions)

partir de documentos [PDF](#), en lugar de basarse únicamente en texto, y en la entrega de retroalimentación personalizada tras cada intento del estudiante. Además, incorpora todas las funcionalidades presentes en los [cuestionarios nativos](#), lo que permite no solo replicar, sino también mejorar su funcionamiento gracias a la implementación de las funcionalidades para automatizar generación de contenido evaluable y la entrega de *feedback*.

AI Text to questions generator / Story

## AI Text to questions generator

Story

Number of Questions

4

Generate Questions

Cancel

**Figura 3.3.** Captura de pantalla del *plugin* “AI Text to Questions Generator”. [22]

## 4. Soluciones descartadas

---

A lo largo del desarrollo de este proyecto, se exploraron diversos enfoques y soluciones que, aunque no formaron parte de la versión final, desempeñaron un papel importante durante el proceso de investigación y diseño. Este capítulo recoge aquellas pruebas que finalmente fueron descartadas porque surgieron alternativas más eficaces o porque su implementación era inviable. A pesar de no haber llegado al producto final, estos intentos iniciales contribuyeron de manera significativa a depurar la solución definitiva.

### 4.1. *AssignQuiz*

*AssignQuiz* era el nombre inicial del proyecto. Inicialmente, la intención era crear un *plugin* que uniera la funcionalidad de las tareas (`assignment`) y de los cuestionarios (`quiz`), permitiendo la evaluación de proyectos de programación entregados por estudiantes. La idea era generar, basándose en un conjunto de instrucciones determinadas por el profesor durante la creación de una instancia de *AssignQuiz*, un cuestionario único para cada estudiante basado en su entrega.

Sin embargo, durante el desarrollo se encontraron limitaciones técnicas relacionadas con la imposibilidad de crear o reutilizar *subplugins* de tipo `assignsubmission` y `assignfeedback`, pertenecientes al módulo `assign`. Estos *subplugins* están diseñados específicamente para ser utilizados dentro del contexto del módulo `assign`, lo que limita su reutilización en otros módulos sin modificaciones significativas del núcleo de [Moodle](#). La estructura de directorios y la nomenclatura de las tablas de base de datos están estrechamente vinculadas al módulo `assign`, lo que impide su funcionamiento adecuado fuera de este contexto.

Por lo tanto, se decidió abandonar el desarrollo de *AssignQuiz* y optar por una solución basada en el módulo `quiz` de [Moodle](#).

## 4.2. Comparativa entre generación local y en la nube

En una fase inicial del desarrollo, se exploró la posibilidad de realizar la generación de preguntas y retroalimentación de forma local mediante el uso de LLMs ejecutados en entornos controlados.

Para ello, se utilizaron *scripts* en Python junto con soluciones como Ollama, un software que permite alojar LLMs de forma local y exponerlos mediante una API. Además, se experimentó con distintos modelos, variaciones de LLaMA 3 y Mistral, alojados tanto en Hugging Face como en el propio catálogo de Ollama. Para la interacción con estos modelos se empleó la técnica *Retrieval-Augmented Generation (RAG)* [23], que consiste, fundamentalmente, en combinar la recuperación de información relevante mediante índices vectoriales —estructuras que permiten buscar similitudes entre textos representados como vectores— con la generación de texto por parte del modelo. Este proceso sigue una serie de etapas: carga, indexación, almacenamiento, consulta y generación (véase la Figura 4.1).

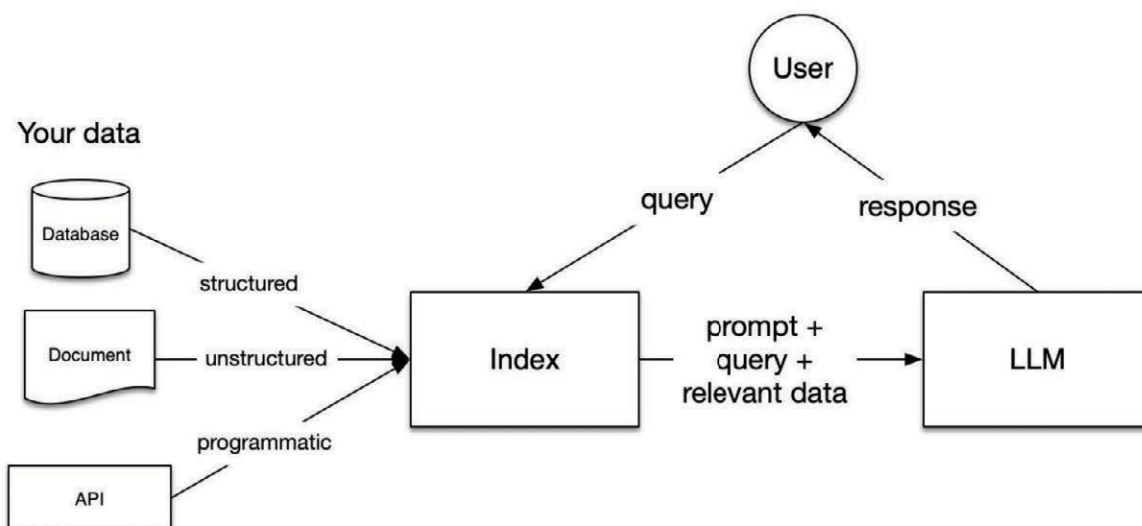


Figura 4.1. Arquitectura general de RAG. [23]

Esta implementación se ejecutaba en un entorno de desarrollo equipado con una tarjeta gráfica NVIDIA RTX 3060 Ti. A pesar de que esta *unidad de procesamiento gráfico (GPU)* tiene una capacidad razonable para la ejecución de modelos locales, las pruebas

realizadas evidenciaron múltiples limitaciones:

- **Tiempo de inferencia elevado:** Aunque la generación local funcionaba correctamente, el tiempo requerido para generar el contenido era considerablemente alto. Esto limitaría la aplicabilidad de la solución en contextos reales con múltiples usuarios, debido a la ineficiencia y a la inviabilidad de los tiempos de espera resultantes.
- **Limitaciones de escalabilidad:** Asumir que los servidores de producción o los entornos institucionales disponen de GPUs equivalentes o superiores no es realista. Además, la ejecución de LLMs suele requerir sistemas con múltiples GPUs trabajando en paralelo, algo que la mayoría de los centros educativos no tiene disponible.

Por estos motivos, y tras verificar empíricamente el bajo rendimiento del *plugin* en condiciones realistas, se descartó completamente el enfoque de generación local. En su lugar, se optó por la generación en la nube, que garantiza una mayor velocidad de inferencia, mejor escalabilidad ante múltiples usuarios concurrentes y una calidad de respuesta más consistente, independientemente del *hardware* disponible en el entorno del usuario o del servidor.

Además, este enfoque permite al usuario o institución ajustar el gasto en función del uso efectivo del *plugin*, evitando la necesidad de realizar inversiones elevadas en infraestructura local.

Aunque actualmente la integración se ha realizado utilizando la API de OpenAI, la arquitectura de la solución ha sido diseñada de forma modular, permitiendo la incorporación de otros servicios de generación compatibles con interfaces *Representational State Transfer (REST)* sin necesidad de modificar la lógica principal del *plugin*.

## 4.3. Reemplazo del *endpoint* de archivos por herramientas de extracción de texto

La aplicación del *endpoint* de archivos de OpenAI presentó limitaciones en cuanto a rendimiento, ya que resultaba demasiado lenta para ofrecer una experiencia de usuario

fluida en el contexto de Moodle. Además, su política de gestión de archivos implicaba un coste adicional, dado que OpenAI cobra tarifas por el almacenamiento continuo de los archivos subidos, y dado que las tareas a automatizar requieren que estos archivos se conserven en sus servidores incluso después de completar el procesamiento, dichos gastos se vuelven inevitables. Por ello, se optó por un enfoque alternativo: extraer previamente el texto de los documentos y luego enviar dicho texto directamente como parte de la consulta a la API. Esta metodología permitió no solo que se resolvieran las solicitudes con mayor rapidez, sino también nos ofreció la capacidad de evaluar diferentes herramientas para satisfacer las necesidades concretas del *plugin*. Entre ellas *Poppler*, *MuPDF*, *Docling* y *pdfparser*. A continuación, se detallan sus ventajas y desventajas y los motivos de su aceptación o descarte:

### 4.3.1. Herramientas basadas en línea de comandos: *Poppler* y *MuPDF*

*Poppler* es una biblioteca de software libre basada en *Xpdf*, popular en entornos Unix y Linux. A través de llamadas por línea de comandos se puede acceder a un conjunto de funciones como `pdftotext`, `pdfimages` o `pdfinfo`, que permiten extraer texto, imágenes y metadatos. Su rendimiento es alto y permite conservar parte de la estructura del documento original, como saltos de línea o encabezados.

*MuPDF*, por su parte, es una solución ligera y eficiente desarrollada por Artifex Software. La principal función de interés es `mutool extract`, que permite extraer texto del documento. Tiene como ventajas su bajo uso de memoria y alto rendimiento en entornos de bajos recursos.

Aunque ambas herramientas ofrecen buen desempeño y son fiables, fueron descartadas principalmente por su alto grado de dependencia. Las herramientas tenían dependencias diferentes:

- ***Poppler***: Requiere la instalación de software externo y la configuración manual de rutas en el sistema. Esto genera una dependencia directa con el sistema operativo, lo que puede dificultar la portabilidad y el mantenimiento del *plugin*.
- ***MuPDF***: Requiere o la instalación de software externo o el uso de *scripts* en lenguajes de programación distintos a PHP, como Python. Esto no solo dificulta la integración y comunicación directa con el *plugin*, sino que también introduce una

dependencia adicional, ya que obliga a que el sistema que aloja la instancia de Moodle disponga y mantenga un entorno compatible con otros lenguajes de programación.

### 4.3.2. *Docling*

*Docling* es un conjunto de herramientas desarrollado por IBM para la extracción y análisis de contenido textual, con un enfoque particular en documentos escaneados o basados en imágenes. Integra capacidades de [reconocimiento óptico de caracteres \(OCR\)](#) mediante motores como Tesseract [OCR](#) o su motor nativo `smoldocling`, lo que le permite extraer texto a partir de imágenes con un nivel de precisión muy alto. Este procesamiento de contenido visual mejoraba la calidad del texto extraído de forma significativa comparado con las anteriores opciones.

A pesar de que inicialmente se consideró una solución prometedora, *Docling* fue descartada tras su evaluación técnica. El tiempo de procesamiento resultante era excesivo y variable. Esta fluctuación se atribuyó exclusivamente al procesamiento realizado por el motor [OCR](#), cuyo proceso de análisis generaba inconsistencias notables en los tiempos de extracción de contenido para el *plugin*. Además, esta limitación persistía independientemente del motor de [OCR](#) utilizado y del método de invocación—ya fuera mediante la línea de comandos o a través de su biblioteca en [Python](#). Por estos motivos, se decidió no incorporar *Docling* en la solución final.

### 4.3.3. *pdfparser*

La solución finalmente adoptada fue la biblioteca `pdfparser`, una herramienta escrita en [PHP](#) diseñada específicamente para extraer texto de archivos [PDF](#) sin necesidad de depender de software externo, lo que la hace ideal para su uso dentro de un *plugin* de Moodle.

Aunque no ofrece capacidades de [OCR](#) ni una reconstrucción avanzada de tablas, su facilidad de instalación y uso fueron factores clave para su elección. Además, su rendimiento fue suficiente para los requisitos del *plugin*, ya que está diseñado específicamente para trabajar con documentos [PDF](#) que contienen texto digital, en lugar de documentos escaneados o basados en imágenes.

En este capítulo se detallan las decisiones técnicas empleadas en el diseño, desarrollo e implementación del sistema de cuestionarios inteligentes, abordando desde las soluciones descartadas y selección de tecnologías hasta el análisis de requisitos, la arquitectura de la solución y la verificación funcional del *plugin*.

## 5.1. Enfoque del desarrollo: Modelo de proceso de Software elegido

Debido al desconocimiento inicial de la estructura de [Moodle](#) y a la elevada complejidad que esta presenta, así como a la naturaleza experimental de las fases tempranas del desarrollo, se decidió postergar la definición formal del diseño del software hasta etapas más avanzadas del proyecto. Durante las primeras iteraciones, se elaboraron únicamente bocetos informales con el propósito de comprender la arquitectura de la solución en cada momento, evitando así revisiones constantes que pudieran obstaculizar el avance.

Esta decisión se enmarca dentro de un enfoque incremental, que facilita la construcción y validación progresiva de entregables funcionales. De esta forma, se promueve la integración continua de nuevas funcionalidades y la adaptación dinámica del diseño a medida que se adquiere un mayor conocimiento del sistema.

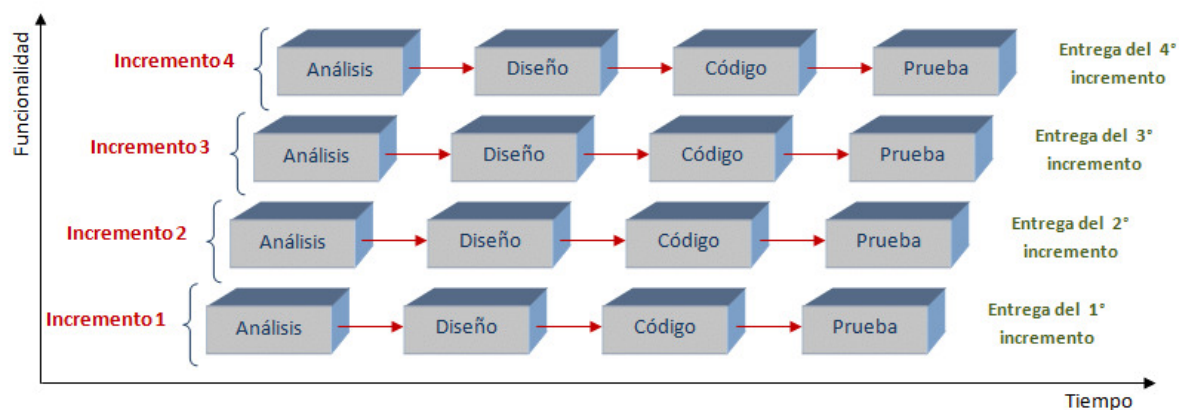


Figura 5.1. Modelo del proceso del software incremental. [24]

## 5.2. Pila de soluciones y recursos formativos usados

### 5.2.1. Apoyos formativos y técnicos en el desarrollo

#### Moodle Academy

Uno de los principales recursos utilizados ha sido la **Moodle Academy**, una plataforma educativa basada en **Moodle** que ofrece cursos especializados para desarrolladores. Su ruta formativa *Developer Pathway* [25] está diseñada para enseñar a crear plugins desde cero. Durante esta etapa, se siguió particularmente la categoría *Moodle Developer Basics program and certificate*, cuyo primer curso se centra en la configuración del entorno de desarrollo.

En este curso introductorio se explica cómo preparar un entorno adecuado para desarrollar en **Moodle**, el cual debe cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Una instancia de **Moodle** en la versión que el administrador del sitio considere adecuada.
- Un intérprete de **PHP**, necesario para ejecutar el código fuente de **Moodle**, desarrollado íntegramente en este lenguaje. Es importante que la versión del intérprete sea igual o superior a la mínima requerida por la versión de **Moodle** seleccionada.

- Un servidor web compatible con [PHP](#), responsable de gestionar las solicitudes a la plataforma educativa y de servir las páginas generadas por ella al navegador del usuario.
- Un [sistema gestor de bases de datos \(DBMS\)](#) en *Structured Query Language (SQL)*, utilizado para almacenar y administrar toda la información de la plataforma, incluyendo usuarios, cursos y configuraciones.

Los cursos posteriores profundizan en distintos aspectos esenciales del desarrollo en [Moodle](#) y forman parte de la misma ruta formativa. A lo largo de ellos, usando como ejemplo práctico un *plugin* de tipo local llamado *Greetings* —el equivalente a un «Hello World» en [Moodle](#)—, se adquieren competencias clave, tales como:

- Utilizar las [APIs](#) de «Página» y «Salida» de [Moodle](#) para mostrar contenido dinámico en las páginas.
- Crear tablas personalizadas en la base de datos con el uso del *editor XMLDB*, una integración de Moodle que facilita la generación de archivos *XML* para la base de datos, y registrar información enviada por los usuarios a través de la [API](#) de manipulación de datos de [Moodle](#).
- Controlar el acceso a un *plugin* mediante la [API](#) de «Acceso de [Moodle](#)».
- Desarrollar páginas accesibles utilizando las [APIs](#) que proporciona la plataforma.
- Generar automáticamente la estructura básica de un nuevo *plugin* siguiendo la arquitectura recomendada, utilizando la herramienta *Moodle Plugin Skeleton Generator*.
- Verificar el cumplimiento de los estándares de codificación definidos por [Moodle](#) mediante el uso del *plugin Moodle Code Checker*.

## Documentación técnica

Durante el desarrollo del *plugin*, la consulta y el estudio de la documentación técnica oficial de [Moodle](#) fueron fundamentales para comprender el funcionamiento interno de la plataforma y aplicar correctamente sus interfaces de programación.

Los recursos técnicos utilizados incluyen:

- **Documentación de APIs internas de Moodle 4.1:** Este recurso ofrece una referencia detallada de las funciones, clases, métodos y estructuras disponibles en la versión 4.1 del núcleo de Moodle [26]. Fue especialmente útil para entender cómo interactúa el módulo de cuestionarios con los demás componentes o para consultar rápidamente que hace una clase específica del núcleo de Moodle en un contexto dado.
- **Esquema de la base de datos de Moodle 4.1:** Este esquema relacional gráfico permite visualizar las tablas del núcleo de Moodle y sus relaciones [27]. Su consulta fue clave para comprender la estructura interna e interacciones que tiene la base de datos del módulo de cuestionario con las demás tablas del sistema (`course`, `course_modules`), evitando así conflictos al crear tablas para los cuestionarios inteligentes.
- **Documentación oficial de la API de OpenAI:** Esta documentación proporciona una guía completa para la integración y uso de los modelos de IA de OpenAI [28]. Incluye detalles sobre *endpoints*, parámetros, autenticación, ejemplos de uso y buenas prácticas para aprovechar las capacidades de generación de texto, análisis y otros servicios ofrecidos por la plataforma.
- **Documentación de uso de la comunidad de Moodle:** Este sitio web proporciona una fuente completa de instrucciones sobre el uso de Moodle, incluyendo guías para administradores, profesores y estudiantes, así como información técnica sobre la configuración y personalización de la plataforma [29].
- **Foros de la comunidad de Moodle:** Tanto en inglés como en español, disponibles en [30], estos foros oficiales permitieron resolver dudas concretas que no estaban cubiertas en la documentación formal. La comunidad de desarrolladores activos ofrece respuestas a problemas comunes, comparte fragmentos de código, y discute actualizaciones y cambios recientes en la plataforma.
- **Documentación oficial para desarrolladores en MoodleDocs:** Aunque no se enlazó anteriormente, merece mención especial la documentación colaborativa mantenida por la comunidad [31]. Esta incluye guías paso a paso, buenas prácticas, convenciones de codificación y documentación específica sobre el ciclo de vida de un *plugin*, desarrollo de actividades, seguridad, internacionalización, pruebas automatizadas, entre otros temas esenciales.

## 5.2.2. Tecnologías empleadas

**Tabla 5.1.** Tabla representativa de las tecnologías y herramientas usadas en el proyecto

| Tipo de tecnología           | Nombre                                   | Justificación  |
|------------------------------|--|--|
| Lenguajes de programación    | PHP                                      | <a href="#">Moodle</a> está escrito en <a href="#">PHP</a> , por lo que nuestro <i>plugin</i> debe programarse en este lenguaje. La versión mínima requerida para compatibilidad con todas las bibliotecas es 8.1.   |
|                              | SQL                                      | Usado para insertar, actualizar y eliminar información de la base de datos de <a href="#">Moodle</a> .   |
|                              | JavaScript                               | Usado en <a href="#">Moodle</a> para mejorar la interacción en la interfaz y permitir la carga dinámica de contenido mediante <i>Asynchronous JavaScript and XML (AJAX)</i> , sin necesidad de recargar la página.   |
|                              | Bootstrap y Cascading Style Sheets (CSS) | Permiten personalizar la apariencia de la interfaz de <a href="#">Moodle</a> mediante hojas de estilo. <a href="#">CSS</a> se utiliza para definir estilos específicos, mientras que <a href="#">Bootstrap</a> proporciona clases predefinidas que facilitan el diseño responsivo y coherente del sitio. |
|                              | Python                                   | Usado principalmente para hacer pruebas de llamadas a la interfaz de programación de <a href="#">OpenAI</a> . Estas llamadas posteriormente fueron adaptadas a <a href="#">PHP</a> con una de las bibliotecas implementadas.   |
| <i>Plugins</i> de desarrollo | <i>Moodle Plugin skeleton generator</i>  | <i>Plugin</i> usado para generar el esqueleto de código para el <i>plugin</i> .  |

Continúa en la siguiente página

**Tabla 5.1.** Tabla representativa de las tecnologías y herramientas usadas en el proyecto (continuación)

| Tipo de tecnología   | Nombre                        | Justificación  |
|----------------------|-------------------------------|--|
|                      | <i>Moodle</i><br>Code-checker | <i>Plugin</i> de tipo local usado para comprobar el cumplimiento del estilo de codificación de <i>Moodle</i> .   |
| Software de terceros | <i>Composer</i>               | Sistema de gestión de paquetes necesario para la instalación de las librerías correspondientes al proyecto.  |
|                      | <i>Ghostscript</i>            | Su propósito es convertir la versión de los documentos <i>PDF</i> para que puedan ser procesados y usados correctamente por <i>FPDF</i> <i>PDF-Importer (FPDI)</i> .       |
|                      | API de <i>OpenAI</i>          | Utilizada para delegar la generación automática de preguntas y retroalimentación a <i>LLMs</i> natural mediante peticiones <i>HTTP</i> autenticadas.                       |
|                      | <i>Diagrams.net</i>           | Herramienta para la creación de diagramas como el de capas de <i>stakeholders</i> , casos de uso, componentes y secuencia, que ayudan a visualizar y planificar el diseño. |
|                      | <i>MySQLWorkbench</i>         | Software utilizado para generar el diagrama entidad-relación de la solución, facilitando la organización y diseño de la base de datos.                                     |

Continúa en la siguiente página

**Tabla 5.1.** Tabla representativa de las tecnologías y herramientas usadas en el proyecto (continuación)

| Tipo de tecnología                   | Nombre                           | Justificación  |
|--------------------------------------|----------------------------------|--|
|                                      | Ollama                           | Software utilizado para realizar pruebas preliminares antes de la implementación final, específicamente para alojar modelos pre-entrenados y evaluar el rendimiento en la generación de contenido en comparación con la solución definitiva.       |
| Bibliotecas PHP ( <i>libraries</i> ) | FPDF<br>( <i>setasign/fpdf</i> ) | Biblioteca PHP para generar documentos PDF desde cero (páginas en blanco, texto, gráficos), sin capacidad nativa de importar archivos existentes.  |
|                                      | FPDI ( <i>setasign/fpdf</i> )    | Extensión de Free PDF (FPDF) que añade funciones de importación de páginas de PDF ya creados, permitiendo fusionar varios documentos y reutilizar su contenido (aquí se incorpora la versión completa, más allá de la limitada en <i>assign</i> ). |
|                                      | <i>smalot/pdfparser</i>          | Biblioteca usada para extraer el texto contenido en el PDF.  |
|                                      | <i>openai-php/client</i>         | Librería que adapta llamadas HTTP usando la biblioteca <i>guzzle</i> para realizar llamadas a la interfaz de programación de OpenAI.   |
|                                      | Guzzle                           | Biblioteca usada por <i>openai-php</i> , se utiliza para simplificar la realización de peticiones HTTP y la generación de llamadas a APIs desde PHP.   |

Continúa en la siguiente página

**Tabla 5.1.** Tabla representativa de las tecnologías y herramientas usadas en el proyecto (continuación)

| Tipo de tecnología               | Nombre  | Justificación   |
|----------------------------------|---|---|
| Software de control de versiones | <i>Git</i>  | Se utilizó para gestionar versiones e incrementos del <i>plugin</i> , cuyo código se almacena en la nube de <a href="#">GitHub</a> .  |
| Entornos de desarrollo integrado | <i>PhpStorm</i>   | Para la gestión de archivos de <a href="#">PHP</a> y la edición de <a href="#">JavaScript</a> y hojas de estilo <a href="#">CSS</a> .   |
|                                  | <i>PyCharm</i>  | Para la gestión de <i>scripts</i> básicos para la generación de contenido mediante el uso de los servicios de <a href="#">OpenAI</a> .  |
| Entornos de servidor local       | <a href="#">Windows</a> , <a href="#">Apache</a> , <a href="#">MySQL</a> , <a href="#">PHP</a> (WAMP)/ <a href="#">Cross-Platform</a> , <a href="#">Apache</a> , <a href="#">MariaDB</a> , <a href="#">PHP</a> , <a href="#">Perl</a> (XAMPP) | Pila de soluciones que facilita la instalación de <a href="#">Apache</a> (servidor web), <a href="#">MySQL</a> (DBMS) y <a href="#">PHP</a> (intérprete), necesarios para ejecutar <a href="#">Moodle</a> en un entorno de desarrollo. [32] |

## 5.3. Identificación de implicados

Para la identificación de los *stakeholders* implicados en el sistema se ha aplicado el [patrón expandir/contraer \(PEC\)](#). Esta técnica permite generar múltiples ideas y organizarlas de manera metódica para asegurar una identificación exhaustiva y precisa de los actores relevantes.

### Fase de expansión

En esta primera etapa, se identifican y analizan los *stakeholders* involucrados en el desarrollo e implementación del *plugin*, procurando no omitir actores clave. A continuación, se presenta una lista de los perfiles más relevantes junto con una breve descripción de su rol.

- **Asesor legal en IA:** Dada la falta de un mecanismo de filtrado de datos sensibles en los documentos que ingiere el *plugin*, se recomienda que las instituciones consulten con un especialista en protección de datos e IA antes de implementar el *plugin*. Este asesor garantizará el cumplimiento de normativas como la [Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y Garantía de Derechos Digitales \(LOPDGDD\)](#) [33], el [Reglamento General de Protección de Datos \(RGPD\)](#) [34] y futuras regulaciones.
- **OpenAI:** entidad externa responsable de proveer el servicio de IA que da soporte a la automatización de tareas.
- **Institución educativa:** Organización que tiene el *plugin* instalado en su plataforma Moodle. Es un beneficiario indirecto del proyecto, ya que puede verse favorecida por la mejora en la calidad del aprendizaje, la innovación educativa y el cumplimiento normativo.
- **Estudiante:** Usuario final que interactúa con el sistema para realizar intentos de los cuestionarios inteligentes generados en los cursos.
- **Profesor:** Responsable de la creación de contenidos educativos y configuración de los cursos, incluyendo la creación, actualización y eliminación de actividades y recursos.
- **Administrador de Moodle:** Responsable del correcto funcionamiento del sitio web de la institución y su infraestructura, desde el núcleo interno de la plataforma hasta las extensiones instaladas. Gestiona *plugins*, cursos, usuarios, configuración y el mantenimiento técnico necesario para garantizar la disponibilidad y seguridad del sistema.
- **Desarrollador del plugin:** Encargado de la implementación y el mantenimiento del sistema. En este caso, corresponde al autor del presente documento. Durante el desarrollo del *plugin*, también asumió temporalmente los roles de administrador de Moodle y soporte técnico, con el fin de instalar, configurar, probar el correcto funcionamiento de la solución y adaptarlo a las necesidades reales de los usuarios finales.

## Fase de contracción

Una vez identificados los *stakeholders* relevantes, se procede agrupándolos en clases según similitudes en sus características. Estas clases se distribuyen en distintas áreas para

facilitar su análisis:

- **Parte externa a la organización:** Personas o entidades que no forman parte de la organización que desarrolla el producto o servicio, pero que pueden verse involucradas o afectadas por él.
- **Parte de negocio:** Áreas o personas dentro o relacionadas con la organización que tienen interés directo en los resultados comerciales del producto o servicio.
  - **Usuarios finales:** Son quienes utilizan directamente el producto o servicio. Su experiencia, satisfacción y necesidades son claves para el éxito del proyecto.
  - **Cliente:** Persona o entidad que paga por el producto o servicio, aunque no necesariamente lo use directamente. El caso de nuestro proyecto es peculiar porque no tiene realmente un cliente debido a su naturaleza voluntaria.
  - **Beneficiario indirecto:** Personas o grupos que se ven beneficiados por el uso del producto, aunque no lo usen directamente.
- **Parte operativa:** Conjunto de profesionales encargados de diseñar, construir, probar y mantener el producto o servicio.

Estos grupos luego pueden ser usados para representar gráficamente los *stakeholders* identificados del sistema mediante un diagrama de capas (véase la [Figura 5.2](#)).

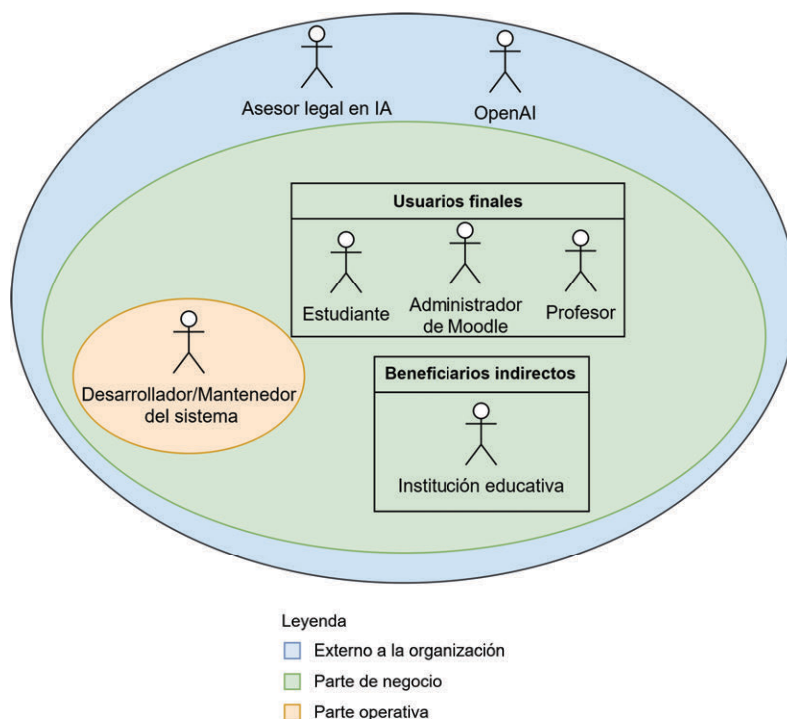


Figura 5.2. Diagrama de capas de *stakeholders* del sistema

### Jerarquía de usuarios finales

Como se muestra en la Figura 5.3, los usuarios finales del sistema se estructuran jerárquicamente en tres roles principales:

- **Estudiantes:** Tienen acceso exclusivo a la realización de cuestionarios inteligentes.
- **Profesores:** Además de las funcionalidades disponibles para los estudiantes, pueden crear, configurar, actualizar y eliminar instancias de cuestionarios inteligentes, así como acceder a los informes de resultados.
- **Administradores:** Disponen de todas las funcionalidades anteriores y, adicionalmente, pueden configurar el *plugin* y gestionar los parámetros asociados a la automatización basada en IA.

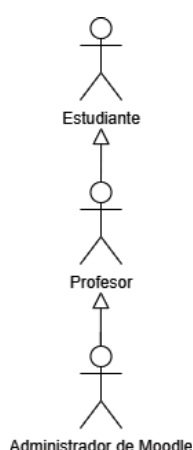


Figura 5.3. Representación jerárquica de usuarios finales

## 5.4. Análisis de requisitos

### 5.4.1. Épicas y features

- **E-1. Replicación del módulo de cuestionarios nativo:** Esta épica abarca la replicación y mantenimiento de la funcionalidad esencial del módulo nativo de cuestionarios en [Moodle](#), asegurando que los usuarios dispongan de todas las herramientas necesarias para la creación, administración y evaluación de cuestionarios dentro del entorno conocido.
- F-1. CRUD de cuestionarios inteligentes:** Operaciones básicas de creación, lectura, actualización y eliminación de cuestionarios.
- F-2. Gestión de banco de preguntas:** Integración y mantenimiento del banco de preguntas, permitiendo la organización, categorización, importación y exportación de preguntas para su uso en diferentes cuestionarios.
- F-3. Gestión de preguntas asociadas a un cuestionario inteligente:** Creación, vinculación, edición y desvinculación de preguntas en instancias de cuestionarios inteligentes.
- F-4. Gestión de informes de respuestas y calificaciones:** Creación y visualización de informes detallados sobre las respuestas de los estudiantes a las preguntas del cuestionario, así como de los informes generales de las calificaciones obtenidas.

- F-5. Gestión de calificación manual de cuestionarios inteligentes:** Interfaz para la revisión y asignación de calificaciones manuales a respuestas a preguntas de intentos.
- F-6. Gestión de generación de informe de estadísticas:** Configuración de la generación de informes estadísticos avanzados del cuestionario y de preguntas asociadas.
- F-7. Gestión de excepciones:** Configuración y manejo de excepciones específicas para usuarios y grupos, como tiempos de realización diferenciados o intentos adicionales.
- F-8. Gestión de copias de seguridad:** Implementación de mecanismos para la creación y restauración de copias de seguridad relacionadas con los cuestionarios.
- **E-2. Integración y ampliación con IA:** Esta épica está orientada a la incorporación de funcionalidades inteligentes que automatizan la generación de contenidos.
  - F-9. Automatización de generación de preguntas de opción múltiple:** Desarrollo de mecanismos que utilizan IA para generar preguntas automáticamente.
  - F-10. Automatización de la generación de *feedback*:** Implementación de procesos automáticos mediante IA para generar retroalimentación personalizada y contextualizada para los estudiantes, basada en sus respuestas.
  - F-11. Gestión de ajustes de configuración de funcionalidades de IA:** Creación de una interfaz administrativa para configurar parámetros relacionados con la IA, como la gestión de claves API, selección de modelos.

#### 5.4.2. Requisitos de usuario

- **RU-1. Creación de cuestionarios inteligentes:** Como **profesor**, quiero crear instancias de cuestionarios y generar automáticamente las preguntas a partir de documentos PDF para reducir mi carga de trabajo.
- **RU-2. Edición de cuestionarios:** Como **profesor**, quiero editar los parámetros de configuración de una instancia existente de cuestionario inteligente para adaptarlo a mis necesidades.
- **RU-3. Eliminación de cuestionarios:** Como **profesor**, quiero eliminar instancias de cuestionarios inteligentes cuando ya no sean necesarias para mantener ordenado el entorno del curso.

- **RU-4. Replicación del comportamiento administrativo del cuestionario nativo:** Como **profesor o administrador**, quiero que el sistema ofrezca las mismas funcionalidades y experiencia de uso que los **cuestionarios nativos** de Moodle para estar familiarizado con la **interfaz gráfica de usuario (GUI)**.
- **RU-5. Realización del cuestionario para estudiantes:** Como **estudiante**, quiero realizar cuestionarios inteligentes en una interfaz idéntica a la del módulo nativo de Moodle para tener una experiencia intuitiva y coherente durante la realización del cuestionario.
- **RU-6. Configuración de modelos:** Como **administrador**, quiero configurar aspectos del sistema relacionados con la IA para la generación de preguntas y retroalimentación, con el fin de adaptar el funcionamiento a mis necesidades de calidad, coste y tiempo.

### 5.4.3. Trazabilidad de requisitos de usuario y features

Tabla 5.2: Matriz de trazabilidad entre features y requisitos de usuario

|      | F-1 | F-2 | F-3 | F-4 | F-5 | F-6 | F-7 | F-8 | F-9 | F-10 | F-11 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| RU-1 | X   |     | X   |     |     |     |     |     | X   |      |      |
| RU-2 | X   |     | X   |     |     |     |     |     | X   |      |      |
| RU-3 | X   |     | X   |     |     |     |     |     |     |      |      |
| RU-4 |     | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   |     |      |      |
| RU-5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | X    |      |
| RU-6 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      | X    |

### 5.4.4. Requisitos funcionales

Por motivos de simplificación, los requisitos funcionales se redactan haciendo referencia únicamente a los usuarios finales que se benefician de manera directa de su cumplimiento. No obstante, la jerarquía de stakeholders establecida en la Subsección 5.3, **Jerarquía de usuarios finales** permite identificar fácilmente otros usuarios finales que, por herencia en dicha jerarquía, también pueden verse beneficiados indirectamente o realizar los casos de uso asignados a los actores principales.

### F-1. CRUD de cuestionarios inteligentes:

- **RF-1.1.** El sistema permitirá al profesor crear un nuevo cuestionario inteligente, proporcionando todos los atributos que considere necesarios (véase [Subsubsección 3.3, Creación del cuestionario](#)).
- **RF-1.2.** El sistema permitirá al profesor editar los parámetros de configuración del cuestionario inteligente, modificando sus atributos según lo considere necesario.
- **RF-1.3.** El sistema permitirá al profesor eliminar cuestionarios inteligentes del curso, borrando así toda la información asociada a dicho cuestionario.
- **RF-1.4.** El sistema permitirá al estudiante visualizar un cuestionario existente junto con un resumen del límite de tiempo, el modo de calificación y el número máximo de intentos permitidos. Además, podrá visualizar los detalles de cada uno de sus intentos, incluyendo los puntos obtenidos, la calificación final y el *feedback* proporcionado.
- **RF-1.5.** El sistema permitirá al estudiante realizar un intento de cuestionario existente.
- **RF-1.6.** El sistema permitirá al estudiante visualizar las preguntas pertenecientes al cuestionario mientras realiza un intento.
- **RF-1.7.** El sistema permitirá al estudiante responder a las preguntas pertenecientes al cuestionario mientras realiza un intento.
- **RF-1.8.** El sistema permitirá al estudiante navegar las páginas del cuestionario.
- **RF-1.9.** El sistema permitirá al estudiante visualizar el tiempo restante para la finalización de su intento.
- **RF-1.10.** El sistema permitirá al estudiante finalizar el intento de cuestionario.
- **RF-1.11.** El sistema permitirá al estudiante visualizar un resumen de sus respuestas antes de enviar el intento del cuestionario.
- **RF-1.12.** El sistema permitirá al estudiante entregar su intento de cuestionario.
- **RF-1.13.** El sistema permitirá al estudiante visualizar sus intentos finalizados del cuestionario, mostrando qué preguntas ha respondido correctamente y cuáles no, así como la respuesta correcta en los casos en que haya cometido errores.

## F-2. Gestión del banco de preguntas:

- **RF-2.1.** El sistema permitirá al profesor agregar preguntas nuevas al banco de preguntas mediante el formulario de creación.
- **RF-2.2.** El sistema permitirá al profesor editar preguntas del banco de preguntas accediendo al formulario de modificación.
- **RF-2.3.** El sistema permitirá al profesor eliminar preguntas del banco de preguntas.
- **RF-2.4.** El sistema permitirá al profesor duplicar preguntas del banco de preguntas.
- **RF-2.5.** El sistema permitirá al profesor acceder a la vista previa de las preguntas del banco de preguntas.
- **RF-2.6.** El sistema permitirá al profesor consultar el historial de versiones de cada pregunta del banco de preguntas.
- **RF-2.7.** El sistema permitirá al profesor gestionar las etiquetas asociadas a cada pregunta del banco de preguntas.
- **RF-2.8.** El sistema permitirá al profesor exportar en formato *XML* preguntas del banco de preguntas.
- **RF-2.9.** El sistema permitirá al profesor crear categorías de preguntas de forma manual, completando un formulario que incluya el nombre, la categoría padre, la descripción y el identificador numérico.
- **RF-2.10.** El sistema permitirá al profesor listar las preguntas, mostrando para cada una de ellas: nombre de la pregunta, las acciones disponibles (editar, eliminar, etc.), el estado (si es un borrador o no), la versión de la pregunta, el autor, comentarios, indicaciones sobre si requiere comprobación (según estadísticas de intentos), el índice de facilidad, la eficiencia discriminativa, el número de cuestionarios en los que se utiliza, la última fecha de uso y el usuario que realizó la última modificación.
- **RF-2.11** El sistema permitirá al profesor elegir entre las siguientes opciones de visualización del listado de preguntas: no mostrar enunciado de pregunta, mostrar solo el enunciado y mostrar enunciado e imágenes.

- **RF-2.12.** El sistema permitirá al profesor filtrar el listado de preguntas dependiendo de a qué categoría pertenezcan.
- **RF-2.13.** El sistema permitirá al profesor filtrar el listado preguntas dependiendo de a qué etiqueta específica estén asociados.
- **RF-2.14.** El sistema permitirá al profesor elegir si listar preguntas de subcategorías, versiones antiguas de preguntas o solo las preguntas de las categorías principales.
- **RF-2.15.** El sistema permitirá al profesor exportar en formato *Aiken*, *GIFT*, *Moodle XML* y *XHTML* las preguntas de una categoría.
- **RF-2.16.** El sistema permitirá al profesor importar preguntas a una categoría desde un archivo en formato *Blackboard*, *Aiken*, *Wordtable*, *GIFT*, *Moodle XML* o *Cloze*, ofreciendo opciones para conservar las calificaciones originales en los cuestionarios donde se utilicen y para detener la importación en caso de que se detecte algún error.

### F-3. Gestión de preguntas asociadas a un cuestionario inteligente:

- **RF-3.1.** El sistema permitirá al profesor crear preguntas, agregándolas automáticamente al banco de preguntas, y vincularlas directamente a un cuestionario.
- **RF-3.2.** El sistema permitirá al profesor vincular preguntas del banco de preguntas a un cuestionario.
- **RF-3.3.** El sistema permitirá al profesor vincular preguntas aleatorias de una categoría a un cuestionario.
- **RF-3.4.** El sistema permitirá al profesor editar las preguntas pertenecientes a un cuestionario, persistiendo estos cambios en la pregunta en el banco de preguntas.
- **RF-3.5.** El sistema permitirá al profesor desvincular del cuestionario una o varias preguntas, seleccionadas individualmente o en conjunto.
- **RF-3.6.** El sistema permitirá al profesor paginar de nuevo las preguntas de un cuestionario inteligente, es decir, definir cuántas preguntas se mostrarán por página al estudiante durante la realización del cuestionario.
- **RF-3.7.** El sistema permitirá al profesor reordenar manualmente las preguntas de un cuestionario.

- **RF-3.8.** El sistema permitirá al profesor elegir la versión que quiera usar de cada pregunta de un cuestionario.
- **RF-3.9.** El sistema permitirá al profesor elegir si quiere reordenar al azar por intento las preguntas de un cuestionario.
- **RF-3.10.** El sistema permitirá al profesor cambiar la calificación máxima de un cuestionario.

#### F-4. Gestión de informes de respuestas y calificaciones:

Dada la similitud en la funcionalidad de ambos features, se ha decidido unificar la redacción de los requisitos en un solo apartado. Por lo tanto, salvo indicación de lo contrario, los requisitos que se presentan a continuación aplican tanto al informe de respuestas como al informe de calificaciones.

- **RF-4.1.** El sistema permitirá al profesor filtrar los datos de la tabla de informes usando la inicial del nombre y/o del apellido de los estudiantes.
- **RF-4.2.** El sistema permitirá al profesor restablecer las preferencias del informe a sus valores predeterminados.
- **RF-4.3.** El sistema permitirá al profesor configurar qué tipo de usuarios mostrar en el informe: estudiantes matriculados con intentos, estudiantes matriculados sin intentos, estudiantes matriculados con o sin intentos, y todos los usuarios que tienen intentos.
- **RF-4.4.** El sistema permitirá al profesor configurar el espacio temporal para filtrar los intentos visibles en el informe, pudiendo seleccionar entre intentos en curso, atrasados, finalizados o nunca enviados y combinando varios de estos criterios simultáneamente.
- **RF-4.5.** El sistema permitirá al profesor mostrar máximo un intento final por usuario, seleccionando aquel con la calificación más alta.
- **RF-4.6.** El sistema permitirá al profesor establecer el tamaño de página del informe.
- **RF-4.7.** El sistema permitirá al profesor descargar la tabla del informe en los siguientes formatos: *Comma-Separated Values (CSV)*, Microsoft Excel, *HyperText Markup Language (HTML)*, *JavaScript Object Notation (JSON)*, ODS y PDF.

- **RF-4.8.** *(Solo para el informe de respuestas)* El sistema permitirá al profesor visualizar una tabla en el informe de respuestas de un intento, que incluirá información del estudiante (nombre, apellidos y correo electrónico), así como información del propio intento (estado, calificación obtenida) y, según los filtros seleccionados, el enunciado de cada pregunta, la respuesta del estudiante y/o la respuesta correcta. Asimismo, cada una de estas columnas podrá ordenarse de forma ascendente o descendente.
- **RF-4.11.** *(Solo para el informe de calificaciones)* El sistema permitirá al profesor visualizar, en el informe de calificaciones, una tabla con todos los intentos realizados por los estudiantes. Dicha tabla incluirá, por un lado, información del estudiante como: nombre, apellidos y correo electrónico; y, por otro, información del intento, como: estado, fecha de inicio, fecha de finalización, tiempo requerido para realizar el intento, calificación obtenida y la puntuación obtenida en cada pregunta del cuestionario. Asimismo, cada una de estas columnas podrá ordenarse de forma ascendente.
- **RF-4.9.** *(Solo para el informe de respuestas)* El sistema permitirá al profesor seleccionar si se muestra en la tabla del informe el enunciado de la pregunta, la respuesta del estudiante y/o la respuesta correcta, con la posibilidad de combinar varias de estas opciones.
- **RF-4.10.** *(Solo para el informe de calificaciones)* El sistema permitirá al profesor filtrar los intentos que incluyan preguntas recalificadas o marcadas como pendientes de recalificación.

#### F-5. Gestión de calificación manual de cuestionarios inteligentes:

- **RF-5.1.** El sistema permitirá al profesor visualizar todas las preguntas que requieren calificación manual, presentándolas agrupadas por pregunta en lugar de por intento. Al seleccionar una pregunta, se mostrarán todos los intentos correspondientes a dicha pregunta.
- **RF-5.2.** El sistema permitirá al profesor filtrar los intentos de las preguntas según hayan sido calificados automáticamente o no.
- **RF-5.3.** El sistema permitirá al profesor establecer el número de intentos visibles por página al revisar las respuestas a una pregunta.

- **RF-5.4.** El sistema permitirá al profesor ordenar los intentos de las preguntas por fecha de realización o mantener el orden aleatorio.
- **RF-5.5.** El sistema permitirá al profesor visualizar las preguntas que han sido calificadas automáticamente por el sistema.
- **RF-5.6.** El sistema permitirá al profesor recalificar una pregunta, estableciendo una nueva calificación y añadiendo un comentario si lo desea.

#### F-6. Gestión de generación de informe de estadísticas:

- **RF-6.1.** El sistema permitirá al profesor visualizar una tabla con las estadísticas generales del cuestionario, que incluirá: nombre del cuestionario, nombre del curso, número de primeros intentos completos calificados, número total de intentos completados, promedio de primeros intentos, promedio de todos los intentos, calificación media de los últimos intentos, calificación media de los mejores intentos y la mediana de los intentos con mejores calificaciones.
- **RF-6.2.** El sistema permitirá al profesor visualizar una tabla de estadísticas detalladas por pregunta, que contendrá: nombre de la pregunta, número de intentos, calificación aleatoria estimada, ponderación deseada, peso efectivo, índice de discriminación y eficiencia discriminativa.
- **RF-6.3.** El sistema permitirá al profesor elegir el criterio de cálculo de las estadísticas, pudiendo seleccionar entre: intentos con mejores calificaciones, todos los intentos, primeros intentos o último intento.
- **RF-6.4.** El sistema permitirá al profesor visualizar la fecha del último cálculo de estadísticas realizado.
- **RF-6.5.** El sistema permitirá al profesor recalcular las estadísticas de los intentos en cualquier momento.
- **RF-6.6.** El sistema permitirá al profesor generar documentos con las tablas de los informes estadísticos (tanto de preguntas como de cuestionarios), en los siguientes formatos: [CSV](#), Microsoft Excel, [HTML](#), [JSON](#), ODS y [PDF](#).
- **RF-6.7.** El sistema permitirá al profesor visualizar una gráfica por cada pregunta del cuestionario, donde se indique el índice de facilidad y la eficiencia discriminativa calculados por [Moodle](#) basándose en los intentos existentes del cuestionario.

- **RF-6.8.** El sistema permitirá al profesor acceder y visualizar los datos subyacentes que han generado la gráfica de estadísticas de cada pregunta.

#### F-7. Gestión de excepciones:

- **RF-7.1.** El sistema permitirá al profesor agregar excepciones tanto para usuarios individuales como para grupos.
- **RF-7.2.** El sistema permitirá al profesor vincular uno o varios usuarios o grupos a una excepción.
- **RF-7.3.** El sistema permitirá al profesor añadir restricciones de acceso con contraseña a las excepciones, tanto para usuarios como para grupos.
- **RF-7.4.** El sistema permitirá al profesor sobrescribir la fecha y hora de apertura del cuestionario en la excepción, tanto para usuarios como para grupos.
- **RF-7.5.** El sistema permitirá al profesor sobrescribir la fecha y hora de cierre del cuestionario en la excepción, tanto para usuarios como para grupos.
- **RF-7.6.** El sistema permitirá al profesor sobrescribir el límite de tiempo de realización del cuestionario en la excepción, tanto para usuarios como para grupos.
- **RF-7.7.** El sistema permitirá al profesor sobrescribir el número de intentos permitidos en la excepción, tanto para usuarios como para grupos.

#### F-8. Gestión de copias de seguridad:

- **RF-8.1.** El sistema permitirá al profesor generar copias de seguridad de una instancia de cuestionario inteligente.
- **RF-8.2.** El sistema permitirá al profesor configurar las copias de seguridad, incluyendo la selección de la información a guardar: usuarios matriculados, anonimización de los datos de usuario, asignaciones de rol, actividades y recursos, bloques, archivos, filtros, comentarios, insignias, eventos de calendario, detalle del progreso de los usuarios, archivos de registro («logs») del curso, historial de calificaciones, banco de preguntas, grupos y agrupamientos, competencias, campos personalizados, contenido del banco de contenido y archivos heredados del curso.

- **RF-8.3.** El sistema permitirá al profesor incluir los ajustes del esquema de almacenamiento en la copia de seguridad.
- **RF-8.4.** El sistema permitirá al profesor establecer un nombre personalizado para la copia de seguridad.
- **RF-8.5.** El sistema permitirá al profesor descargar el archivo correspondiente a la copia de seguridad realizada.
- **RF-8.6.** El sistema permitirá al profesor restaurar copias de seguridad previamente generadas.
- **RF-8.7.** El sistema permitirá al profesor y al administrador visualizar un listado de las copias de seguridad generadas para cada instancia de cuestionario inteligente.

#### F-9. Automatización de generación de preguntas de opción múltiple:

- **RF-9.1.** El sistema permitirá al profesor elegir cuantas preguntas de opción múltiple quiere generar en el cuestionario.
- **RF-9.2.** El sistema permitirá al profesor elegir la puntuación que dará cada acierto de las preguntas de opción múltiple generadas.
- **RF-9.3.** El sistema permitirá al profesor elegir la puntuación que dará cada fallo de las preguntas de opción múltiple generadas.
- **RF-9.4.** El sistema permitirá al profesor regenerar las preguntas de opción múltiple de un cuestionario específico con las características que le interese.
- **RF-9.5.** El sistema permitirá al profesor generar preguntas de opción múltiple automáticamente mediante inteligencia artificial, haciendo uso de los modelos configurados a través de la API de OpenAI.

#### F-10. Automatización de generación de feedback:

- **RF-10.1.** El sistema tendrá la capacidad de generar retroalimentación por intento de manera automática, utilizando el modelo de inteligencia artificial previamente configurado.

### F-11. Gestión de ajustes de configuración de funcionalidades de IA:

- **RF-11.1.** El sistema permitirá al administrador de [Moodle](#) registrar la clave de la [API](#) de [OpenAI](#).
- **RF-11.2.** El sistema permitirá al administrador de [Moodle](#) listar los modelos disponibles para la generación de preguntas y *feedback*.
- **RF-11.3.** El sistema permitirá al administrador de [Moodle](#) establecer un modelo para la generación de *feedback*.
- **RF-11.4.** El sistema permitirá al administrador de [Moodle](#) establecer un modelo para la generación de preguntas.
- **RF-11.5.** El sistema permitirá al administrador de [Moodle](#) determinar las instrucciones para la tarea de generación de preguntas.
- **RF-11.6.** El sistema permitirá al administrador de [Moodle](#) determinar las instrucciones para la tarea de generación de *feedback*.
- **RF-11.7.** El sistema permitirá al administrador de [Moodle](#) guardar la configuración del *plugin*.
- **RF-11.8.** El sistema usará la información de configuración para crear los asistentes para la generación de preguntas y retroalimentación en el sistema de [OpenAI](#).
- **RF-11.9.** El sistema permitirá al administrador de [Moodle](#) actualizar la configuración del *plugin*.
- **RF-11.10.** El sistema usará la información de configuración para actualizar los asistentes para la generación de preguntas y retroalimentación en el sistema de [OpenAI](#).
- **RF-11.11.** El sistema permitirá al administrador de [Moodle](#) eliminar el *plugin*.
- **RF-11.12.** El sistema eliminará los asistentes de generación de preguntas y *feedback* previamente creados en el sistema de [OpenAI](#).

#### 5.4.5. Requisitos no funcionales

- **REND-1: Mejora del tiempo empleado en crear y evaluar cuestionarios:** Uno de los objetivos principales del proyecto es lograr una reducción sustancial —de al

menos un 90 %— en el tiempo que requiere el docente para generar preguntas y evaluar el rendimiento de cada estudiante, en comparación con un modelo teórico basado en el flujo tradicional de Moodle. Esta mejora se evaluará mediante la comparación de las medias del tiempo estimado de ejecución de las tareas contempladas en el modelo teórico y las medidas obtenidas directamente con el uso del *plugin* (véase la Sección 1.2 para el modelo teórico y la Sección 6.2 para las comparativas de rendimiento).

- **MANTEN-1: Reutilización de componentes existentes:** Dado que el desarrollo no se basará exclusivamente en la creación de un nuevo *plugin* de actividad desde cero, sino también en la extensión y adaptación del cuestionario propio original del sistema, se priorizará la reutilización del código fuente mediante herencia de clase, sobrescritura de funciones y el uso de las API interna de Moodle. Esta estrategia permite reducir la duplicación de código, asegurar la compatibilidad con futuras actualizaciones de Moodle e infalibilidad usando las funcionalidades probadas y consolidadas del sistema.
- **MANTEN-2: Estructura de almacenamiento independiente para preservar integridad y rendimiento:** Para evitar la saturación de las tablas nativas del cuestionario y preservar el rendimiento, se implementará un esquema de almacenamiento separado para los cuestionarios inteligentes. Esta separación garantiza la estabilidad y mantiene la integridad de los datos tanto para los cuestionarios inteligentes como para los nativos, evitando impactos negativos en plataformas a gran escala.
- **INST-1: Facilitar la instalación lo máximo posible:** Se pretende que la instalación del *plugin* sea lo más sencilla y directa posible para el administrador del sitio web, evitando en la medida de lo posible la incorporación de dependencias externas o la necesidad de instalar software adicional. Se proveerán instrucciones claras y detalladas en el repositorio del proyecto en GitHub (véase Apéndice B, Código del proyecto).
- **USA-1: Mantener la extensión de funcionalidad acorde con el flujo de navegación:** Es fundamental que las nuevas funcionalidades para la gestión de instancias de cuestionarios inteligentes se integren de manera coherente con la experiencia de usuario y el flujo de trabajo habitual de la plataforma. Esto implica respetar la lógica de navegación, la estructura de los formularios y los mecanismos de validación y confirmación establecidos. Del mismo modo, se debe preservar la armonía del *look & feel* de Moodle mediante el uso predominante de los elementos de diseño propios de la plataforma.

- **CALID-1: Indistinguibilidad entre preguntas generadas por IA y humanas:** Las preguntas generadas automáticamente por el *plugin* deberán ser percibidas como equivalentes a las elaboradas manualmente por docentes, de modo que los usuarios finales (especialmente estudiantes y profesores) no puedan distinguir su origen con un nivel de confianza significativo. La validación de este requisito se realizará mediante pruebas a ciegas con aproximadamente 50 participantes, quienes deberán identificar el origen de las preguntas a partir de un banco compuesto en un 50 % por preguntas humanas y un 50 % por preguntas generadas mediante inteligencia artificial (véase la [Sección 6.1, Análisis de calidad de generación de preguntas](#)).

## 5.5. Diagramas de caso de uso de funcionalidades principales

La numeración de los casos de uso está relacionado con los requisitos funcionales correspondientes a cada feature. Por ejemplo, si un caso de uso se denomina CU-12.3, esto indica que corresponde al tercer requisito funcional de la feature número 12 (véase la [Subsección 5.4.4, Requisitos funcionales](#)).

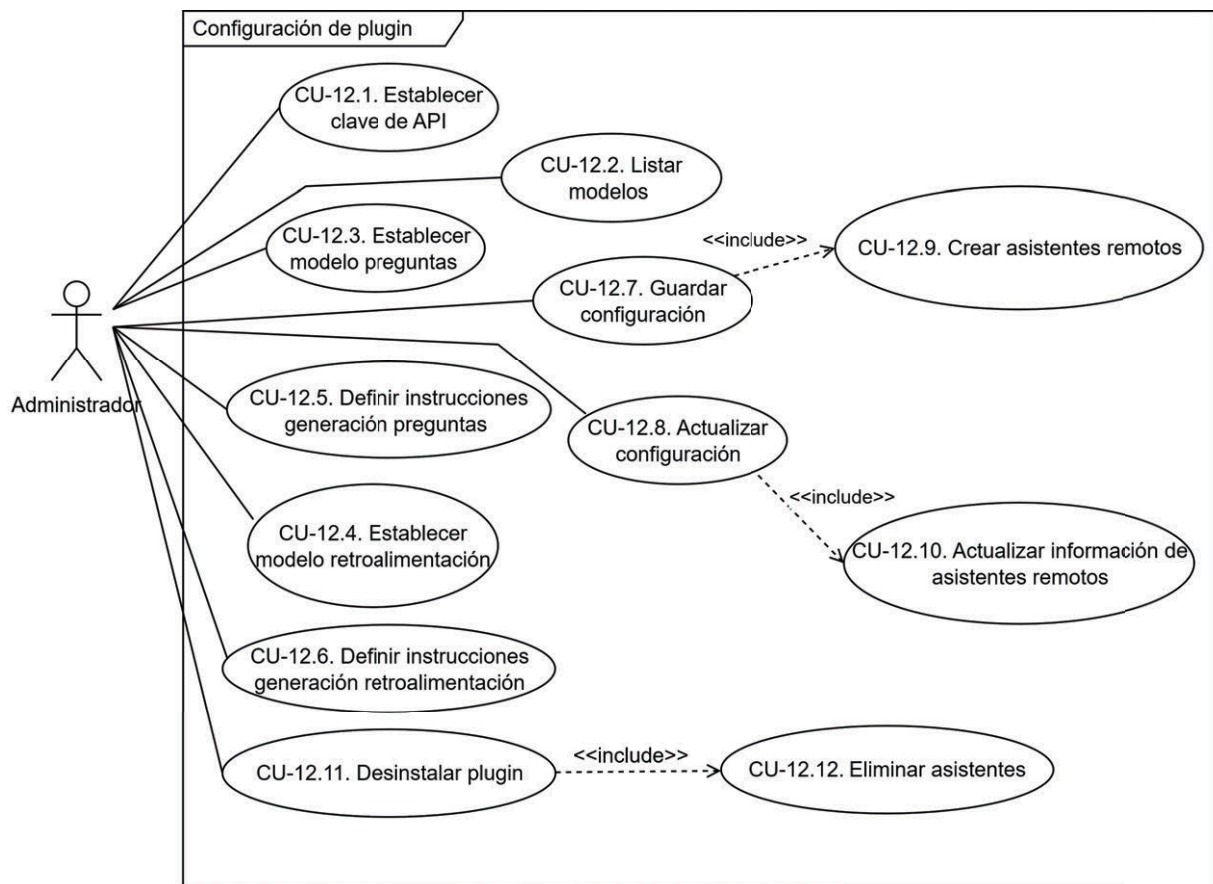


Figura 5.4. Diagrama de casos de uso de configuración del plugin

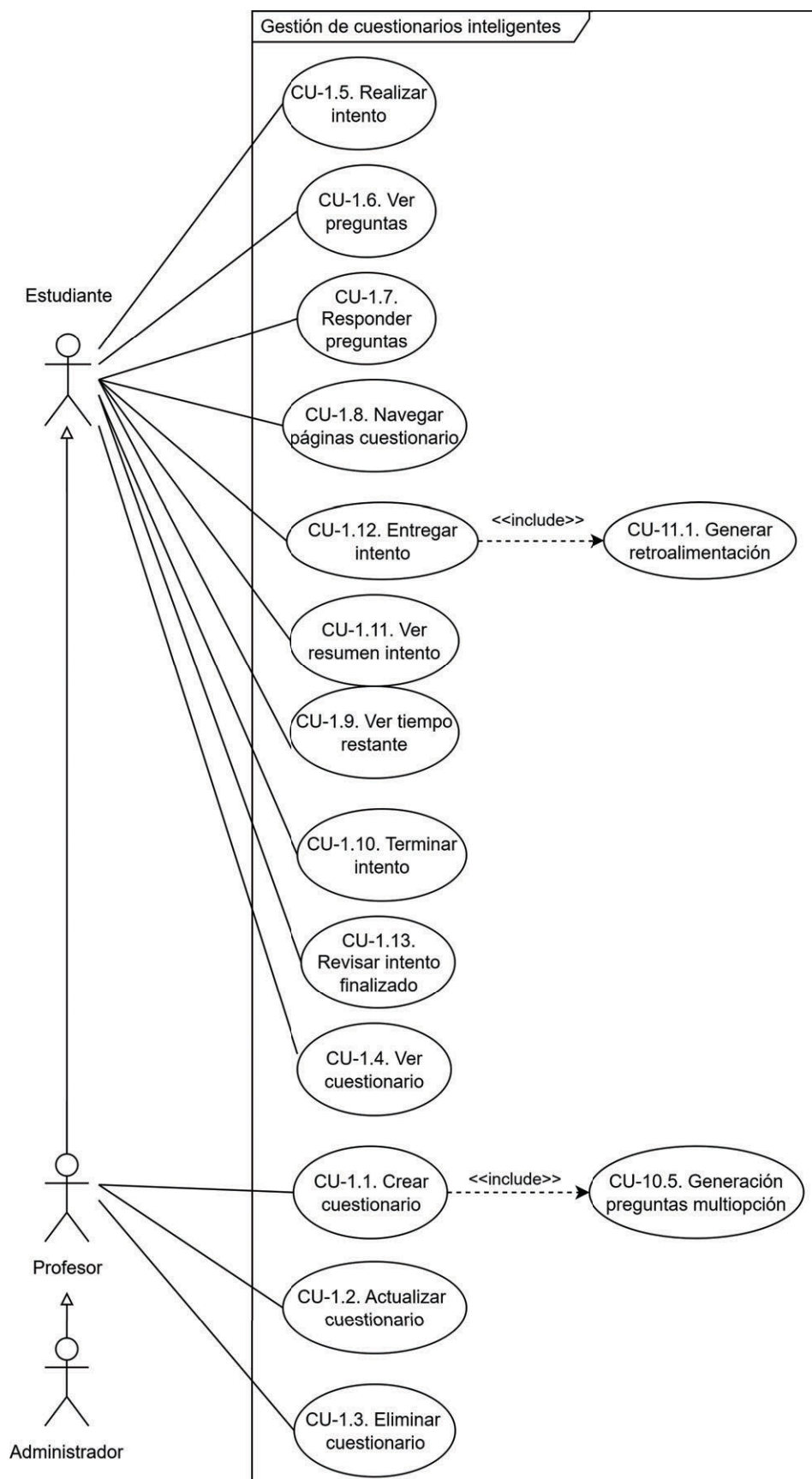


Figura 5.5. Diagrama de casos de uso de gestión de cuestionarios inteligentes

## 5.6. Casos de uso extendidos significativos

En este apartado se desarrollan los casos de uso del *plugin* que tienen más de una secuencia y cuyas secuencias alternativas reflejan su comportamiento de forma visual (véase el apartado [Mejoras en la usabilidad](#)).

**Tabla 5.3.** Caso de uso extendido de guardado de configuración del *plugin*

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>CU-#12.7</b>              | <b>Guardar configuración.</b>  |
| <b>Actores</b>               | Administrador.   |
| <b>Objetivo</b>              | Guardar configuración del <i>plugin</i> correspondiente a la generación de contenido automatizada.                                 |
| <b>Descripción</b>           | El administrador proporciona la información de configuración asociada a la generación de preguntas y <i>feedback</i> automatizada. |
| <b>Tipo</b>                  | Primario.  |
| <b>Precondiciones</b>        | El <i>plugin</i> debe estar instalado.   |
| <b>Dependencias</b>          | Ninguna.   |
| <b>Secuencia normal</b>      |  |
| <b>Paso</b>                  | <b>Acción</b>  |
| 1                            | El administrador accede a la administración del sitio.   |
| 2                            | El administrador accede a la configuración del <i>plugin</i> AIQuiz.   |
| 3                            | El administrador introduce su clave de la API de OpenAI.   |
| 4                            | El sistema comprueba si la clave no ha sido establecida al guardar la configuración.   |
| 5                            | El sistema comprueba si la clave es correcta al guardar la configuración.  |
| 6                            | El sistema muestra las opciones de configuración de modelos y sus instrucciones.   |
| 7                            | El administrador configura los modelos e instrucciones de forma personalizada para cada tarea.                                     |
| 8                            | El administrador guarda la configuración localmente.   |
| <b>Secuencia alternativa</b> |  |
| <b>Paso</b>                  | <b>Acción</b>  |

Continúa en la siguiente página

**Tabla 5.3.** Caso de uso extendido de guardado de configuración del *plugin* (continuación)

| <b>CU-#12.7</b>        | <b>Guardar configuración.</b>  |
|------------------------|--|
| 4.1                    | El sistema detecta que la clave no ha sido establecida.  |
| 4.2                    | Se muestra un mensaje informando al usuario de que la clave de la <a href="#">API</a> no ha sido establecida y que es necesaria para continuar con la configuración.   |
| 4.3                    | El administrador introduce la clave correcta.  |
| 4.4                    | Regresa al paso 5 de la secuencia normal.  |
| 5.1                    | El sistema detecta que la clave no es correcta.  |
| 5.2                    | Se muestra un mensaje informando al usuario de que la clave de la <a href="#">API</a> no es la correcta y que es necesaria para continuar con la configuración.  |
| 5.3                    | El administrador introduce la clave correcta.  |
| 5.4                    | Regresa al paso 6 de la secuencia normal.  |
| <b>Postcondiciones</b> | La configuración se almacena de forma persistente en el sistema y queda preparada para sincronizarse con los asistentes remotos definidos en la plataforma de <a href="#">OpenAI</a> , donde se establecerá como la configuración predeterminada para las solicitudes posteriores. |

**Tabla 5.4.** Caso de uso extendido de creación de cuestionarios

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>CU-#1.1</b>     | <b>Crear cuestionario.</b>  |
| <b>Actores</b>     | Profesor, Administrador.  |
| <b>Objetivo</b>    | Crear una instancia de cuestionario con preguntas generadas a partir de los documentos existentes en la sección.  |
| <b>Descripción</b> | El usuario proporciona la información requerida en el formulario para crear un cuestionario inteligente (véase en la Subsección <a href="#">3.3</a> ). Además de las configuraciones estándar, el formulario incluye opciones específicas para el cuestionario inteligente. |
| <b>Tipo</b>        | Primario  |

Continúa en la siguiente página

**Tabla 5.4.** Caso de uso extendido de creación de cuestionarios (continuación)

| CU-#1.1                      | Crear cuestionario.  |
|------------------------------|--|
| <b>Precondiciones</b>        | El <i>plugin</i> debe estar configurado correctamente. El usuario debe haber iniciado sesión como profesor o administrador. Debe existir al menos un documento en la sección donde se desea crear el cuestionario. |
| <b>Dependencias</b>          | Ninguna.   |
| <b>Secuencia normal</b>      |  |
| <b>Paso</b>                  | <b>Acción</b>  |
| 1                            | Accede al selector de actividades y elige crear un cuestionario inteligente.   |
| 2                            | El sistema comprueba que el usuario tiene subidos archivos en la sección en la que va a crear el cuestionario inteligente.   |
| 3                            | El sistema comprueba que ha sido configurada su parte inteligente correctamente en Moodle.   |
| 4                            | Rellena el formulario con las configuraciones estándar y las opciones del cuestionario inteligente (véase en la figura A.4).   |
| 5                            | El usuario guarda la configuración del cuestionario.   |
| <b>Secuencia alternativa</b> |  |
| <b>Paso</b>                  | <b>Acción</b>  |
| 2.1                          | El sistema detecta que no hay documentos disponibles en la sección.  |
| 2.2                          | Se muestra un mensaje informando al usuario que debe subir al menos un documento.  |
| 2.3                          | El usuario accede a la sección correspondiente y sube uno o más documentos.  |
| 2.4                          | Regresa al paso 3 de la secuencia normal.  |
| 3.1                          | El sistema detecta que el <i>plugin</i> no está configurado.   |
| 3.2                          | Se muestra un mensaje informando del estado del <i>plugin</i> .  |
| 3.3.a                        | Si el usuario es profesor, solicita al administrador que realice la configuración del <i>plugin</i> .  |
| 3.3.b                        | Si el usuario es administrador, accede a la sección de configuración del <i>plugin</i> .   |

Continúa en la siguiente página

**Tabla 5.4.** Caso de uso extendido de creación de cuestionarios (continuación)

| <b>CU-#1.1</b>         | <b>Crear cuestionario.</b>  |
|------------------------|---|
| 3.4                    | El administrador establece los parámetros necesarios (clave <a href="#">API</a> , modelo de <a href="#">IA</a> , etc.).   |
| 3.5                    | El administrador guarda la configuración del <i>plugin</i> .  |
| 3.6                    | Regresa al paso 4 de la secuencia normal.   |
| <b>Postcondiciones</b> | El cuestionario inteligente se registra como una instancia base en la persistencia del sistema, manteniéndose a la espera de la generación de preguntas con la asistencia de <a href="#">IA</a> . |

## 5.7. Diseño del *plugin*

### 5.7.1. Arquitectura de la solución

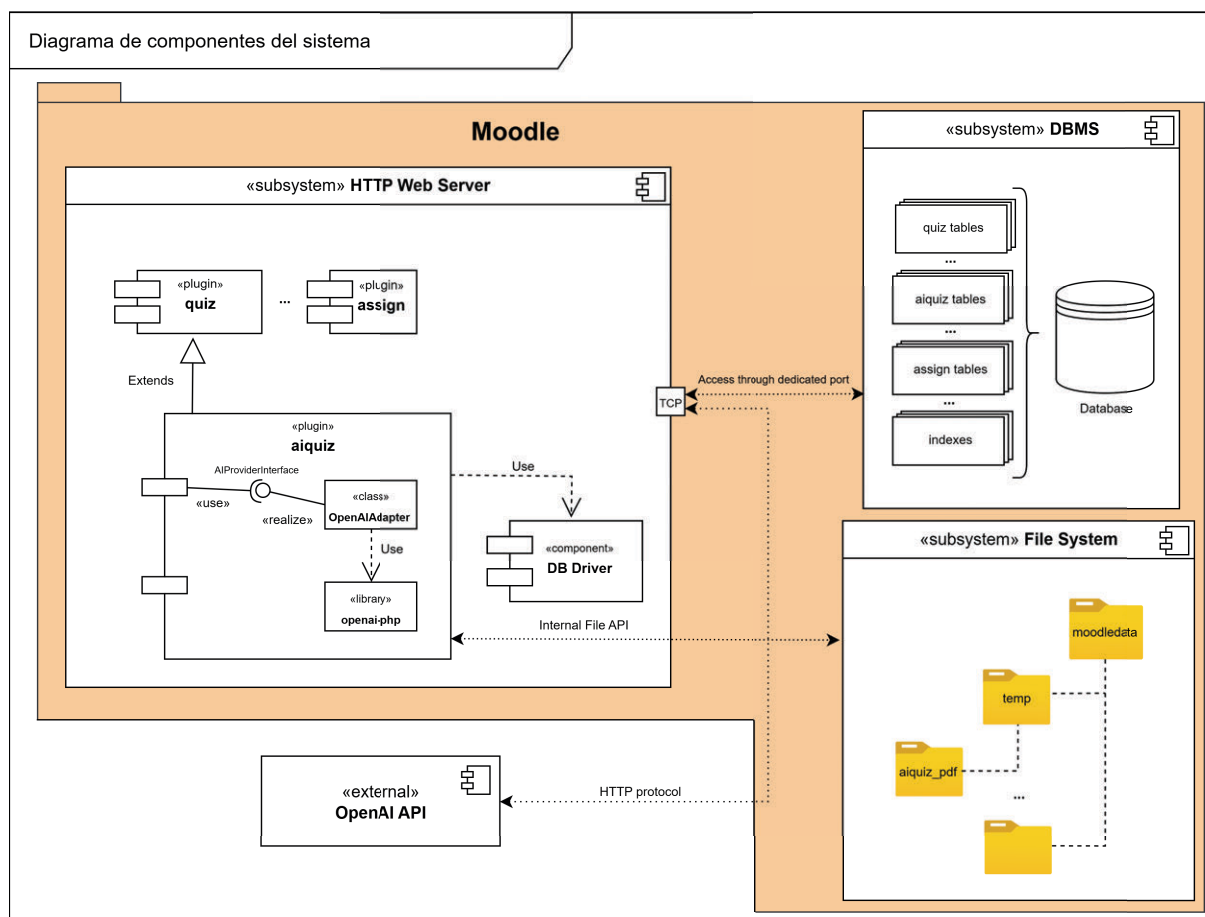


Figura 5.6. Diagrama de componentes del sistema

El diagrama anterior muestra la solución propuesta a nivel de componentes, destacando los principales módulos funcionales del sistema y sus interacciones.

El sistema se estructura en torno a los siguientes elementos clave:

1. **Servidor Web HTTP:** Se utiliza [Apache](#), que actúa como punto de entrada para las solicitudes de los usuarios desde la interfaz.
2. **Sistema gestor de bases de datos:** Utiliza [MySQL](#) para almacenar tanto los datos del sistema Moodle como los específicos del módulo *aiquiz*, también se usa para

almacenar temporalmente el texto extraído de los documentos que sirven para alimentar las peticiones de a la IA.

3. **Sistema de archivos de Moodle:** Se emplea para generar y gestionar archivos temporales, como los PDF transformados a versión 1.4 que se usan como insumo para la generación automática de preguntas.
4. **Módulo *aiquiz*:** Se integra dentro de Moodle como una actividad heredando el comportamiento de *quiz*, y se comunica tanto con la base de datos como con el sistema de archivos.
5. **Interfaz con la API externa:** El componente `OpenAIAdapter` implementa la interfaz `AIProviderInterface` y se encarga de realizar las llamadas a la API de OpenAI utilizando la biblioteca `openai-php`. A través de esta integración, se genera el contenido a partir del asistente que ha creado el administrador de Moodle al configurar inicialmente el *plugin*.

Moodle no sigue una arquitectura rígidamente definida, pero en la práctica predominan estructuras cercanas al patrón arquitectónico Modelo–Vista–Controlador. Por ello, en esta sección se describirá el diseño del sistema desde una perspectiva por capas, con el objetivo de ilustrar cómo se distribuyen las responsabilidades funcionales y cómo se estructuran los distintos componentes del *plugin* desarrollado.

La explicación se organizará en tres capas principales: la capa de presentación, la capa de lógica de negocio y la capa de persistencia. Cada una se describirá de forma separada para facilitar la comprensión del flujo interno del sistema y la forma en que interactúa con el entorno de Moodle y con servicios externos como OpenAI. Los cambios introducidos en la capa de presentación se tratarán de forma más detallada en el apartado de implementación.

## 5.7.2. Persistencia del sistema

### Discusión de limitaciones técnicas inherentes a Moodle

Uno de los aspectos clave que ha condicionado el desarrollo del proyecto ha sido el grado de acoplamiento existente entre las distintas capas funcionales de Moodle. En el contexto de Moodle, desarrollado en PHP —pensado en un principio para mezclar

lógica de servidor directamente con [HTML](#)—, el acoplamiento entre la capa de lógica de negocio y la de presentación no supone un inconveniente crítico.

Sin embargo, el acoplamiento entre estas capas y la capa de datos es mucho más problemático. Este vínculo estrecho dificulta la reutilización de componentes, limita la flexibilidad para implementar nuevas funcionalidades y obstaculiza la evolución del esquema de base de datos, incumpliendo principios de diseño modular y escalable.

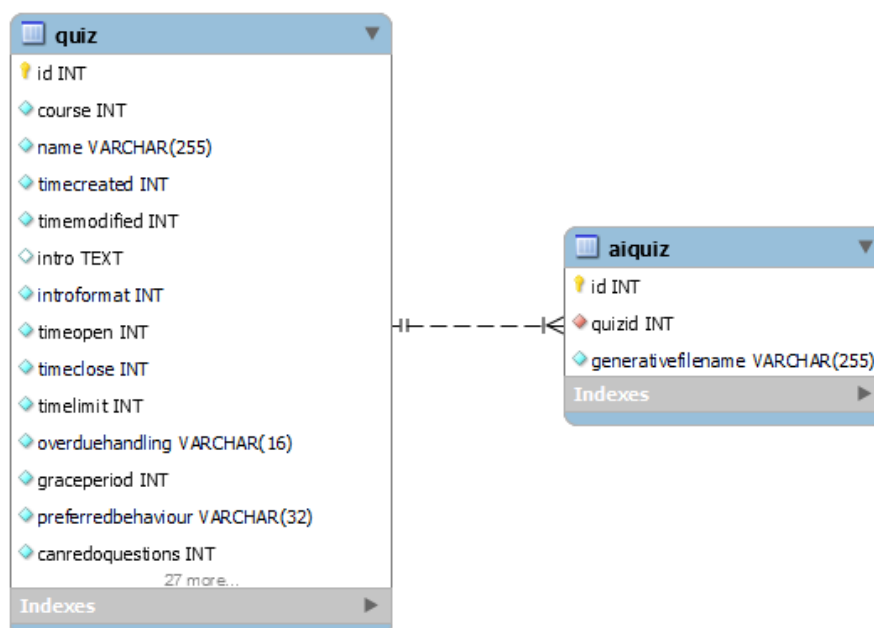
Tras un análisis detallado, se concluyó que esta situación responde a una decisión deliberada de los desarrolladores originales de [Moodle](#), quienes asumieron que cada tabla almacenaría solo los datos propios de su actividad correspondiente, sin reutilización por parte de otros módulos, relegando la modularidad de la capa de datos a una prioridad secundaria.

Adicionalmente, otra limitación técnica significativa surge de la forma en que [Moodle](#) gestiona las instancias de actividades. [Moodle](#) impone una comprobación estricta mediante una consulta [SQL](#) que requiere un JOIN directo entre la tabla `course_modules`, que almacena las instancias de actividades o recursos en cada curso, y la tabla propia del *plugin* —en este caso, `aquiz`— utilizando la relación `aquiz.id = cm.instance`. El campo `instance` en la tabla `course_modules` almacena el identificador único de la actividad concreta, como podría ser el caso de una instancia de [cuestionario inteligente](#) (`aquiz`), estableciendo así el vínculo entre la información genérica de la actividad en el curso y sus datos particulares.

Esta decisión de diseño por parte del equipo de desarrollo de Moodle obliga a que la principal agrupación de datos del *plugin* resida íntegramente en una única tabla, cuya clave primaria debe coincidir necesariamente con dicho identificador. No se ha encontrado modo de modificar este comportamiento sin alterar el código del núcleo de [Moodle](#), opción que se descarta completamente debido al riesgo de comprometer la integridad del sistema y por la imposibilidad técnica de implementar cambios parciales al sistema desde un *plugin*. Como resultado, se imposibilita la utilización de tablas de vinculación o asociaciones intermedias para gestionar relaciones más complejas o compartir información común entre varias actividades similares.

En un escenario ideal donde estas restricciones técnicas no existieran, la solución a nivel de capa de datos habría sido mucho más sencilla. En este caso, habría resultado posible que instancias de cuestionarios inteligentes convivieran en la misma tabla que los cuestionarios nativos de [Moodle](#), requiriendo únicamente realizar comprobaciones sobre la tabla de vinculación para el resto de las operaciones. Esto habría simplificado

de manera significativa el desarrollo e implementación del *plugin*.



**Figura 5.7.** Estructura de base de datos sin limitaciones técnicas

En el siguiente apartado se detalla la solución finalmente implementada, teniendo en cuenta estas limitaciones.

### Esquema de base de datos

Dadas estas restricciones estructurales, la solución adoptada ha consistido en replicar parcialmente las tablas de los cuestionarios originales dentro del entorno del *plugin*. Aunque este enfoque introduce redundancia y complejidad, representa la única alternativa viable bajo las limitaciones previamente analizadas. Sin embargo, siempre que ha sido compatible con la lógica de Moodle y con el requisito no funcional **MANTEN-2** (véase la [Subsección 5.4.5](#)), se ha optado por reutilizar elementos ya existentes en Moodle, como las tablas de preguntas, lo que favorece la integración y facilita futuras extensiones en la gestión y generación de contenido inteligente.



en la plataforma. Esta tabla sirve para identificar y gestionar a los usuarios a nivel global dentro de la plataforma.

- `groups`: Define agrupaciones de usuarios que pueden estar relacionadas con cursos o actividades específicas, facilitando la administración colectiva y la aplicación de excepciones.
- `course`: Representa los cursos disponibles en la plataforma.
- `context`: Modela los distintos ámbitos o niveles en los que se aplican permisos y roles dentro del sistema de Moodle, permitiendo un control jerárquico y granular de accesos en función del contexto (sistema, curso, módulo, etc.).
- `course_modules`: Almacena las instancias de actividades y recursos asociadas a cada curso. Esta tabla vincula la información general de cada actividad (como los cuestionarios inteligentes) con los datos particulares almacenados en las tablas específicas de cada módulo, mediante el identificador de instancia (campo `instance`).

#### ■ Tablas con interacción directa:

##### Cuestionarios inteligentes:

- `aiquiz`: Tabla central que contiene la definición completa de cada **cuestionario inteligente**. Aquí se almacenan parámetros de configuración general como reglas de evaluación y enlaces con otras tablas del sistema de Moodle para gestionar el cuestionario. Además, esta tabla incluye un atributo específico llamado `generativefilename` que referencia el archivo base sobre el cual se construye el cuestionario inteligente, permitiendo así vincular el cuestionario con su fuente original de contenido.
- `aiquiz_overrides`: Guarda excepciones particulares que modifican las condiciones estándar de cuestionarios para determinados usuarios o grupos.
- `aiquiz_sections`: Almacena la información de las divisiones en secciones de cuestionarios en secciones. Estas secciones permiten estructurar el cuestionario en partes diferentes para mejorar la navegación y la experiencia del usuario.
- `aiquiz_slots`: Define la ranura exacta que ocupa cada pregunta dentro cada cuestionario. Cada ranura representa un lugar específico para una pregunta, permitiendo así controlar la secuencia en la que se presentan.

- `aiquiz_feedback`: Contiene los mensajes de retroalimentación que se muestran a los usuarios al concluir los intentos de los cuestionarios. Además, esta tabla se ha modificado respecto a la definición original de `quiz`, eliminando los campos de rango de retroalimentación (`mingrade`, `maxgrade`) y sustituyéndolos por un atributo que referencia el identificador del intento (`aiquiz_attempts.id`) realizado por el alumno. De este modo, es posible ofrecer retroalimentación personalizada para cada intento.
- `aiquiz_grades`: Almacena las calificaciones globales que cada usuario ha obtenido en los cuestionarios, calculadas a partir de sus diferentes intentos y del método de calificación establecido.
- `aiquiz_reports`: Gestiona la configuración y disponibilidad de los informes asociados a cada cuestionario.
- `aiquiz_attempts`: Registra cada intento realizado por los usuarios en los cuestionarios inteligentes, incluyendo detalles como la calificación obtenida y la fecha y hora de inicio y finalización del intento.

**Preguntas:**

- `question`: Contiene la definición detallada de cada pregunta, incluyendo su tipo, características específicas y parámetros necesarios para su uso en diferentes cuestionarios.
- `question_categories`: Organiza las preguntas en categorías jerárquicas, facilitando su gestión, búsqueda, reutilización y acceso según diferentes niveles o áreas temáticas.
- `question_set_references`: Relaciona preguntas aleatorias con categorías específicas dentro del banco de preguntas en cuestionarios.
- `question_references`: Registra las referencias que relacionan preguntas con contextos específicos dentro de Moodle (por ejemplo, actividades, módulos o cursos), garantizando la correcta asociación y visibilidad de las preguntas según el ámbito donde se utilizan.
- `question_bank_entries`: Representa las entradas individuales en el banco de preguntas, vinculando cada pregunta (en una versión específica) con su categoría, estado y metadatos asociados.
- `question_versions`: Tabla que almacena las diferentes versiones del contenido de las preguntas, vinculando cada definición concreta de pregunta

con la entrada correspondiente en `question_bank_entries`. Esta relación permite mantener un historial de versiones y modificaciones de cada pregunta en el banco.

- `question_answers`: Contiene las opciones de respuesta asociadas a cada pregunta, incluyendo el texto, valores ponderado de la pregunta y la retroalimentación asociada la respuesta, teniendo la posibilidad de almacenar una retroalimentación general para cada caso, campo definido en el formulario de creación de preguntas de opción múltiple (véase la [Sección 3.6](#)):
  - El estudiante responde correctamente a la pregunta.
  - El estudiante responde correctamente de forma parcial a la pregunta.
  - El estudiante responde erróneamente a la pregunta.
- `question_attempts`: Almacena las respuestas concretas que un usuario proporciona a cada pregunta durante un intento, incluyendo texto ingresado, resultado asociado y la respuesta correcta.
- `question_usages`: Esta tabla tiene como función principal asignar un identificador único a cada conjunto de preguntas utilizado en un intento dentro de Moodle. Un uso de pregunta (`question_usage`) está compuesto por varios registros en la tabla `question_attempts`.
- `qtype_multichoice_options`: Tabla que contiene las opciones específicas para preguntas de opción múltiple, incluyendo configuración del diseño, si se permite una o múltiples respuestas, si se barajan las respuestas, la numeración usada y los textos de retroalimentación para respuestas correctas, parcialmente correctas e incorrectas.

## Directorios temporales y almacenamiento

El directorio `moodledata` es un componente fundamental creado y gestionado por Moodle durante su instalación, destinado a almacenar de forma segura archivos generados por el sistema, como envíos de estudiantes, copias de seguridad, archivos subidos y datos temporales.

Por motivos de seguridad, `moodledata` debe situarse fuera del directorio público del servidor web (como `www` en [WAMP](#) o `htdocs` en [XAMPP](#)), para evitar accesos directos desde el navegador, tal como establece el diseño de seguridad de Moodle.

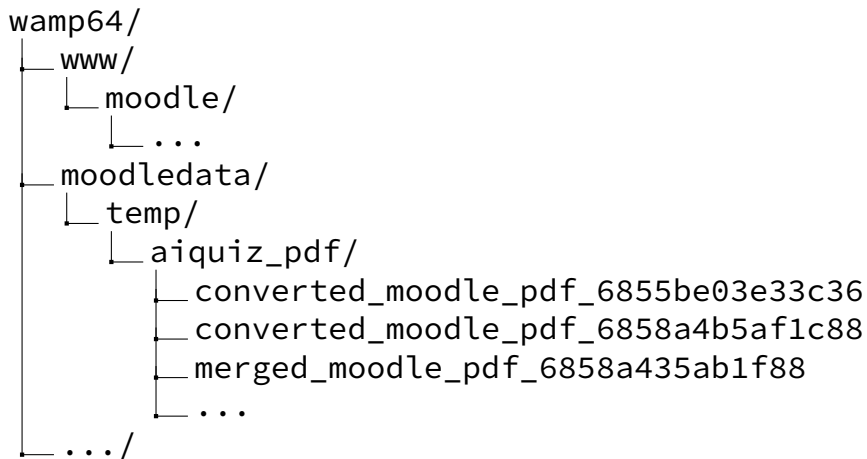
El *plugin* crea y utiliza, dentro de `moodledata`, un subdirectorio para almacenar sus

propios archivos temporales necesarios para su funcionamiento (véase la [Figura 5.9](#)). En particular, se emplea una subcarpeta dentro de `moodledata/temp` para almacenar temporalmente archivos [PDF](#) durante los procesos de transformación o fusión. Una vez procesados, estos archivos se cargan en la base de datos a través de la [API](#) de archivos de [Moodle](#), donde permanecen hasta la eliminación del cuestionario inteligente correspondiente. Finalmente, tras dicha operación, los archivos temporales son eliminados para liberar recursos y mantener la naturaleza transitoria de este almacenamiento.

La [API](#) de archivos de [Moodle](#) permite persistir ficheros mediante funciones específicas. En particular, la función `create_file_from_pathname()` se utiliza para crear un archivo permanente a partir de un archivo temporal previamente almacenado en el sistema de archivos. Esta función añade automáticamente un *hash* al *pathname*, por lo que evita que el mismo archivo se guarde dos veces. Como medida de precaución, siempre se verifica la existencia del archivo en el almacenamiento de archivos de [Moodle](#) antes de proceder a su guardado.

Esta función recibe como parámetro la ruta del archivo temporal que se desea almacenar, junto con los metadatos necesarios para asociar el archivo a un contexto, componente y área específica dentro de [Moodle](#). Una vez que el archivo es copiado al almacenamiento gestionado por [Moodle](#), el archivo temporal original es eliminado mediante una llamada a `unlink()`, liberando así espacio y manteniendo el orden en el sistema de archivos.

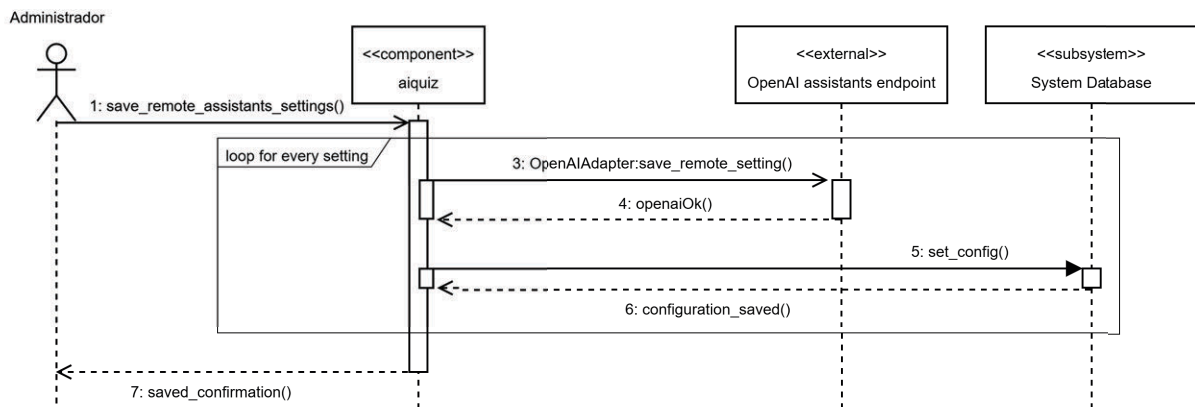
Los archivos almacenados mediante esta función quedan registrados en la base de datos, concretamente en la tabla `files`, que es responsable de mantener la información sobre la ubicación, propiedades y estado de cada archivo dentro de [Moodle](#). Cabe destacar que se utiliza un identificador denominado *filearea* con el valor `feedbacksource` para distinguir la función específica del archivo dentro del componente, en este caso `aiquiz`.



**Figura 5.9.** Estructura de carpetas y archivos utilizada para el almacenamiento temporal.

### 5.7.3. Flujo lógico de la funcionalidad de IA

#### Guardado remoto de configuración de asistente de preguntas



**Figura 5.10.** Diagrama de secuencia del guardado de configuración de asistente de preguntas.

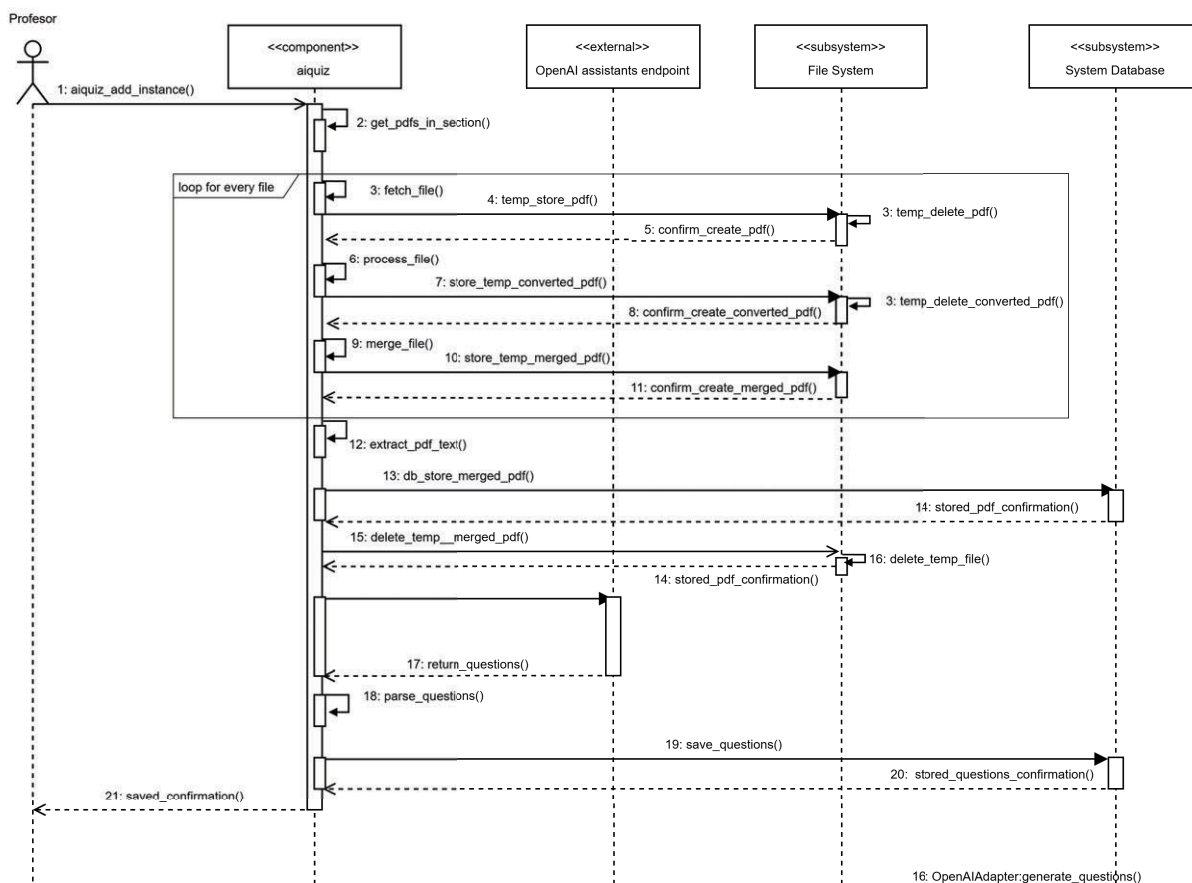
Después de que el administrador guarde el formulario que contiene los atributos de configuración (véase la Figura A.4), el sistema itera sobre todos los campos configurados y realiza una solicitud al *endpoint* de asistentes de **OpenAI** para cada tarea (generación de preguntas y generación de retroalimentación), creando así dos nuevas instancias de asistentes.

Una vez que el sistema externo de **IA** finaliza el proceso, notifica al sistema con el iden-

tificador de los asistentes creados. Estos identificadores se almacenan posteriormente en la base de datos del sistema mediante la API interna de manipulación de datos de Moodle.

Este diagrama es igualmente aplicable a otras operaciones relevantes a la configuración de asistentes, como la eliminación y actualización de asistentes, cambiando únicamente la petición al *endpoint* de asistentes por una solicitud de modificación o eliminación.

### Automatización de generación de contenidos evaluables



**Figura 5.11.** Diagrama de secuencia de la creación de cuestionarios.

Una vez que el profesor finaliza la creación del cuestionario mediante el formulario correspondiente (véase [Subsubsección 3.3](#)), el sistema recopila los archivos PDF vinculados a la sección correspondiente al cuestionario. De cada uno de estos documentos se extrae el contenido —que en un PDF no es simplemente texto, sino una codificación

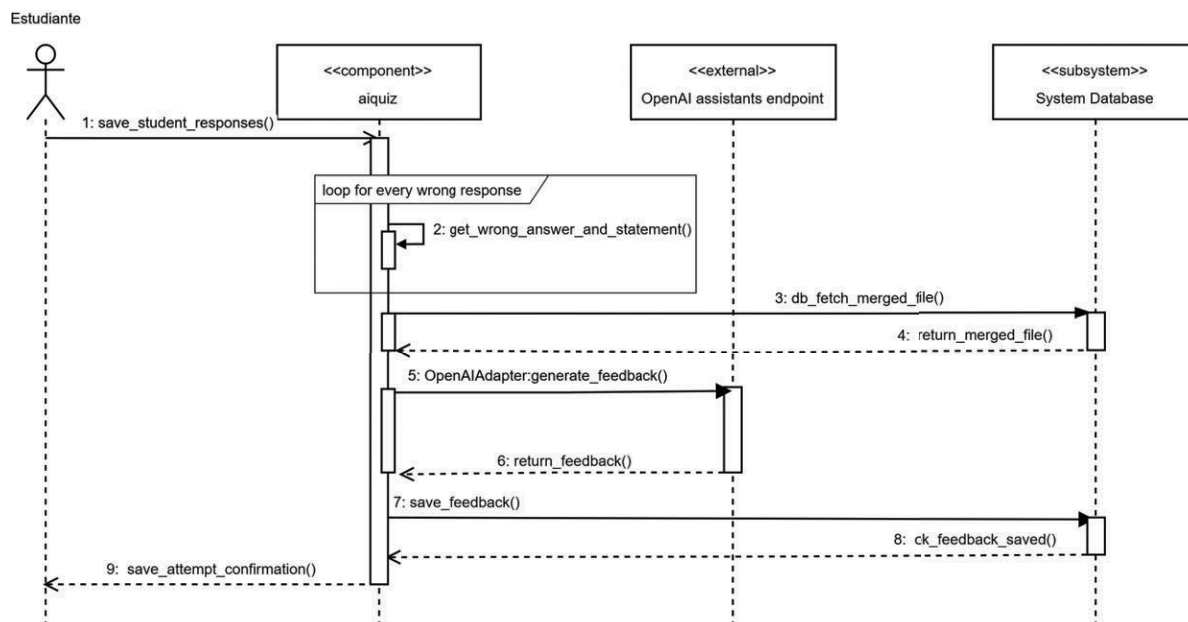
compleja de caracteres y gráficos—, y se emplea para generar archivos **PDF** temporales equivalentes al archivo original.

Posteriormente, estos archivos temporales son convertidos a la versión 1.4 del estándar **PDF** mediante el uso de **Ghostscript**. De este modo, se garantiza la compatibilidad necesaria para manipular y fusionar los documentos sin restricciones.

Una vez convertidos y almacenados temporalmente, los archivos originales son eliminados, y se fusionan los documentos convertidos a la versión 1.4 en un único archivo **PDF** temporal. Al finalizar esta operación, se extrae todo el texto del **PDF** y también se eliminan los archivos convertidos utilizados en la fusión.

El texto resultante de la extracción se almacena en la base de datos de **Moodle** mediante la **API** interna de archivos, y seguidamente se elimina el archivo temporal final para liberar espacio.

A continuación, se realiza una petición **HTTP** al *endpoint* de hilos de la interfaz de programación de **OpenAI**. Dicha solicitud incluye el identificador del asistente de generación de preguntas configurado previamente en el *plugin*, así como el texto extraído de los **PDF** de la sección como entrada. Una vez obtenidas las preguntas generadas por el modelo, el sistema filtra y adapta el resultado al formato de tablas utilizado por **Moodle**. Finalmente, se confirma el almacenamiento de las preguntas junto con la creación definitiva del cuestionario.

Automatización de la proporción de *feedback*

**Figura 5.12.** Diagrama de secuencia de la automatización de generación de retroalimentación de intentos de cuestionarios.

Al finalizar un intento del cuestionario por parte del estudiante, el sistema recupera de la base de datos el documento que contiene el texto completo de todos los recursos presentes en la sección donde se encuentra el cuestionario. Este contenido se utiliza para realizar una petición a la [API de OpenAI](#), incluyendo el enunciado de cada pregunta respondida erróneamente junto con las respuestas correctas y la seleccionada por el estudiante, con el fin de proporcionar contexto al modelo de generación de texto. Una vez generada la retroalimentación, esta se almacena en el sistema y, finalmente, se muestra un mensaje confirmando el guardado del intento.

## 5.8. Implementación del sistema

### 5.8.1. Estrategias de implementación del motor funcional del módulo de cuestionario nativo

#### Limitaciones en implementación derivadas de la arquitectura no-objetual

La replicación del motor funcional del módulo de cuestionarios implicó un desafío significativo derivado del elevado acoplamiento que presenta el módulo nativo `quiz` de Moodle entre su lógica de negocio y su capa de persistencia (como se analizó en la Sección 5.7.2). A pesar de que Moodle sigue en parte principios orientados a objetos para su arquitectura, en particular en el núcleo del módulo `quiz`, una gran parte del comportamiento está implementada a través de funciones globales y procedimientos no encapsulados, lo que dificulta su extensión y reutilización modular mediante mecanismos convencionales como la herencia.

Las rutas de acceso a funcionalidades concretas se expresan mediante distintos *scripts* PHP independientes, cada uno responsable de un aspecto específico del ciclo de vida del cuestionario. En estos *scripts*, el control del flujo no está diseñado para ser extendido fácilmente, dado que se suelen indexar con el identificador en base de datos, como muestra el siguiente ejemplo:

```
http://dirección-sitio-web-moodle/tipo-plugin/  
nombre-actividad/script-vista.php?id=valor
```

En la *Uniform Resource Locator (URL)* anterior,

- `dirección-sitio-web-moodle` corresponde al dominio o dirección base donde se encuentra alojada la plataforma Moodle.
- `tipo-plugin` indica la categoría del plugin, habitualmente `mod` para los módulos de actividad.
- `nombre-actividad` representa el nombre concreto del módulo, como por ejemplo `quiz` para cuestionarios o `aiquiz` para los inteligentes.

- `script-vista.php` es el *script* PHP encargado de procesar y mostrar una funcionalidad específica.
- `id=value` es el valor de un parámetro que indica el identificador único de la instancia de la actividad en la tabla `course_modules` de la base de datos.

Considerando la restricción establecida por las direcciones web, donde cada script de vista está asociado de forma estática a una instancia específica de un plugin, así como el problema existente de no poder reutilizar vistas, ya sea por el acoplamiento entre capas o porque gran parte de las vistas no se definen como clases, fue necesario replicar gran parte del código base para imitar el comportamiento de los *cuestionarios nativos*, ajustando la lógica para que interactúe tanto con la nueva estructura de datos desarrollada como con los nuevos *scripts* de vistas.

### Herencia y reimplementación selectiva

Para aprovechar al máximo el código existente y minimizar el desarrollo desde cero, se llevó a cabo un análisis exhaustivo del código base de los cuestionarios nativos, para determinar qué elementos podían ser reutilizados mediante herencia. En aquellas clases cuyo comportamiento era definido en clases, se creó una jerarquía heredada en la que se sobrescribieron selectivamente métodos concretos para desacoplar la capa de datos de la de lógica, vinculándola de este modo al almacenamiento definido por los cuestionarios inteligentes.

Este enfoque se aplicó tanto a elementos visuales (como los formularios de creación, mediante `mod_form`, y el *renderer* específico, `mod_quiz_renderer`) como a componentes funcionales. Entre estos últimos, destacan la clase `quiz`, que encapsula la información de los cuestionarios y las preguntas, simplificando su inserción en la base de datos; y `qbank_helper`, responsable de definir el comportamiento del banco de preguntas asociado. Asimismo, se empleó herencia para extender la funcionalidad de copias de seguridad a través de la clase `backup_activity_task`.

En contraste, para aquellos componentes que no definían una clase, sino que se implementaban como conjuntos de funciones globales, se optó por replicar su implementación, acoplándola nuevamente a las tablas asociadas del cuestionario inteligente. Esta decisión se ve influida por las limitaciones impuestas por la rígida arquitectura del núcleo de Moodle (véase Sección 5.7.2), que exige la utilización de tablas propias replicadas y el mantenimiento de los datos de forma separada.

## Definición de reglas de acceso a funcionalidades del *plugin*

Moodle habilita la creación de un archivo `access.php` en el que puede definir roles y reglas de acceso a todas las funcionalidades de un *plugin*. Los [cuestionarios nativos](#) definen uno con sus reglas y estas reglas se pueden reutilizar, pero como medida de precaución para asegurar la edición de estas reglas en el futuro se replicaron. Las reglas de acceso se definen de la siguiente forma:

### Listado 5.1. Ejemplo de definición de reglas de acceso del plugin

```
$capabilities = [  
    "mod/aiquiz:view" => [  
        "capytype" => "read",  
        "contextlevel" => CONTEXT_MODULE,  
        "archetypes" => [  
            "guest" => CAP_ALLOW,  
            "student" => CAP_ALLOW,  
            "teacher" => CAP_ALLOW,  
            "editingteacher" => CAP_ALLOW,  
            "manager" => CAP_ALLOW,  
        ],  
        \\ más reglas de acceso  
    ],  
],
```

La gestión de los permisos y roles se realiza utilizando la variable global `$capabilities`. Cada entrada de esta variable representa una funcionalidad específica del *plugin* y define, entre otros atributos los siguientes atributos:

- El atributo `capytype` especifica el tipo de acceso permitido, pudiendo ser de lectura (`read`) o escritura (`write`), entre otros.
- El atributo `contextlevel` determina el nivel en el que se aplica la capacidad, como puede ser el módulo de actividad (`CONTEXT_MODULE`) o el curso (`CONTEXT_COURSE`).
- Los permisos para los diferentes roles de usuario se asignan mediante el uso de `CAP_ALLOW`, indicando qué roles pueden acceder o no a la funcionalidad correspondiente.

Para emplear estas *capabilities* en el código, se utilizan funciones como `has_capability()` y `require_capability()`. La primera permite comprobar si un usuario posee o no el permiso necesario para realizar una acción específica, lo que facilita la gestión condicional de funcionalidades. Por otro lado, `require_capability()` detiene la ejecución del *script* y muestra un error si el usuario carece del permiso requerido en el contexto correspondiente, garantizando así la seguridad en el control de acceso.

En el fragmento de código definido en el [Listado 5.2](#) se muestra un ejemplo claro de su posibilidad de uso.

**Listado 5.2.** Ejemplos de uso de `has_capability()` y `require_capability()` para limitar el acceso a funcionalidades en `view.php`

---

```
$context = context_module::instance($cm->id);
require_capability('mod/quiz:view', $context);
// Muestra error si el usuario no tiene permiso.;

$canattempt = has_capability('mod/aiquiz:attempt', $context);
\\ ...
    if ($canattempt) {
        $viewobj->buttontext = get_string('
            continueattemptquiz', 'quiz');
        // Botón habilitado si tiene permiso para realizar
            intentos.
    }
\\...
```

---

Para la comprobación de qué usuario está presente en cada contexto, [Moodle](#) automatiza las comprobaciones mirando de qué tipo es el usuario registrado, y en caso de la excepción de no estar registrado se le trata como un invitado.

## 5.8.2. Diseño y funcionamiento de la GUI

### Interfaz de configuración del *plugin*

El primer campo visible en la interfaz de configuración del *plugin* (véase la [Figura A.4](#)) es el destinado a introducir la clave de la [API](#). Este campo es obligatorio, ya que constituye el punto de entrada para habilitar la comunicación con los servicios externos de [IA](#). En caso de que el campo esté vacío o la clave proporcionada sea incorrecta, el sistema muestra un mensaje de error informativo y no permite continuar con la configuración (véase la [Figura A.8](#)). Solo cuando la clave ingresada es válida y se verifica correctamente, se habilitan automáticamente los campos restantes: el modelo de generación de preguntas, las instrucciones específicas para esta tarea, el modelo de generación de retroalimentación, y sus respectivas instrucciones (véase la [Figura A.4](#)).

### Edición de selector de actividades

[Moodle](#) organiza las actividades y recursos disponibles a través de un selector visual, donde cada elemento se categoriza y representa mediante un icono distintivo. Esto permite a los usuarios identificar fácilmente el propósito y la funcionalidad de cada actividad (véase la [Sección 3.2](#)), mejorando la experiencia de navegación y selección. Para que una nueva actividad —como *aíquiz*— aparezca correctamente en el selector, es necesario cumplir con ciertas convenciones y definir explícitamente las capacidades del módulo.

La función clave para lograr esta integración es `aíquiz_supports()`, la cual especifica las características que soporta el *plugin* y lo declara como una actividad elegible dentro del selector de actividades. Un ejemplo de su implementación es el siguiente:

**Listado 5.3.** Definición de capacidades del *plugin* para integrarse con el selector de actividades

---

```
function aíquiz_supports($feature) {
    switch ($feature) {
        case FEATURE_MOD_PURPOSE: return MOD_PURPOSE_ASSESSMENT;
        case FEATURE_GROUPS: return true;
        case FEATURE_GROUPINGS: return true;
        case FEATURE_MOD_INTRO: return true;
```

```
    case FEATURE_COMPLETION_TRACKS_VIEWS: return true;
    case FEATURE_COMPLETION_HAS_RULES: return true;
    case FEATURE_GRADE_HAS_GRADE: return true;
    case FEATURE_GRADE_OUTCOMES: return true;
    case FEATURE_BACKUP_MOODLE2: return true;
    case FEATURE_SHOW_DESCRIPTION: return true;
    case FEATURE_CONTROLS_GRADE_VISIBILITY: return true;
    case FEATURE_USES_QUESTIONS: return true;
    case FEATURE_PLAGIARISM: return true;
    default: return null;
}
}
```

Cada `FEATURE_*` indica una propiedad o comportamiento soportado por el módulo, permitiendo a Moodle entender cómo debe gestionarse e integrarse el *plugin* en las distintas funcionalidades que ofrece (como seguimiento de finalización, calificación, preguntas, entre otras).

Es especialmente importante destacar el caso de `FEATURE_MOD_PURPOSE`: este parámetro es el que categoriza el *plugin* dentro de las actividades, permitiendo que aparezca en el selector como una opción disponible para los usuarios al diseñar el curso (véase la [Figura A.7](#)). Si este *feature* no está correctamente definido, el *plugin* no se mostrará como actividad en el selector y, por lo tanto, no podrá ser añadido por los profesores desde la GUI estándar.

## Formularios de creación/actualización de cuestionarios inteligentes

Uno de los incrementos iniciales del proyecto, cuyo desarrollo fue fundamental para el futuro del *plugin*, fue la modificación del formulario de cuestionarios con el uso de la API de formularios de Moodle, que permite crear y modificar formularios de manera sencilla mediante funciones especializadas. Gracias a esta API, fue posible personalizar el formulario estándar de creación de cuestionarios, eliminando elementos irrelevantes—como la configuración de retroalimentación global— y añadiendo una nueva sección dedicada a la generación automática de preguntas. Esta personalización se llevó a cabo extendiendo la clase base mediante herencia.

**Listado 5.4.** Ejemplo simplificado de uso de la API de formularios de Moodle

---

```
class mod_aiquiz_mod_form extends mod_quiz_mod_form {
    protected function definition() {
        parent::definition();
        $mform = $this->_form;

        // Eliminamos retroalimentación general
        $mform->removeElement('overallfeedbackhdr');

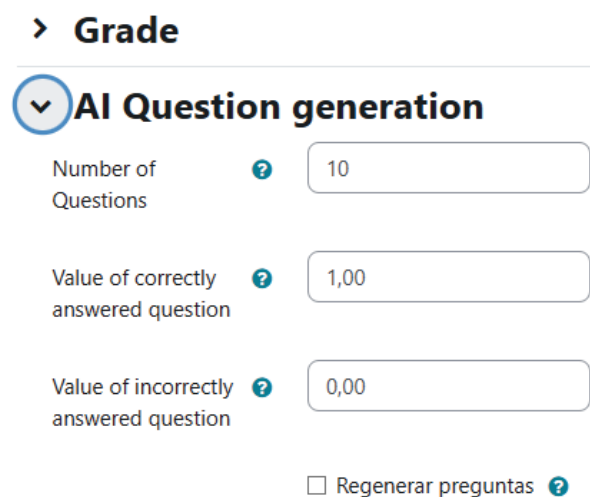
        // Añadimos el encabezado para la sección de generación de
        // preguntas
        $mform->addElement(
            'header',
            'questionhdr',
            get_string('questionhdr', 'aiquiz')
        );

        // Añadimos el campo para definir el número de preguntas
        // generadas por IA
        $mform->addElement(
            'text',
            'numberofquestions',
            get_string('numberofquestions', 'aiquiz')
        );
        $mform->setType('numberofquestions', PARAM_INT);
        $mform->setDefault('numberofquestions', 5);
    }
}
```

---

La clase `mod_aiquiz_mod_form` extiende la clase base `mod_quiz_mod_form`, que define el formulario de creación/actualización de cuestionarios en Moodle. En el método `definition()`, primero se llama a `parent::definition()` para conservar los elementos originales. Después, se elimina toda la sección de retroalimentación general para sustituirla por una nueva sección dedicada a la automatización de la generación de preguntas mediante IA.

Aunque en el ejemplo simplificado solo se elimina el encabezado de retroalimentación para facilitar la comprensión del listado, en la implementación completa se elimina toda la sección junto con sus campos específicos.



The image shows a configuration section titled 'Grade' with a sub-section 'AI Question generation'. It contains three input fields for configuring question generation: 'Number of Questions' (set to 10), 'Value of correctly answered question' (set to 1,00), and 'Value of incorrectly answered question' (set to 0,00). Each field has a help icon. At the bottom, there is a checkbox labeled 'Regenerar preguntas' with a help icon.

**Figura 5.13.** Sección de configuración de generación de preguntas en el formulario del cuestionario

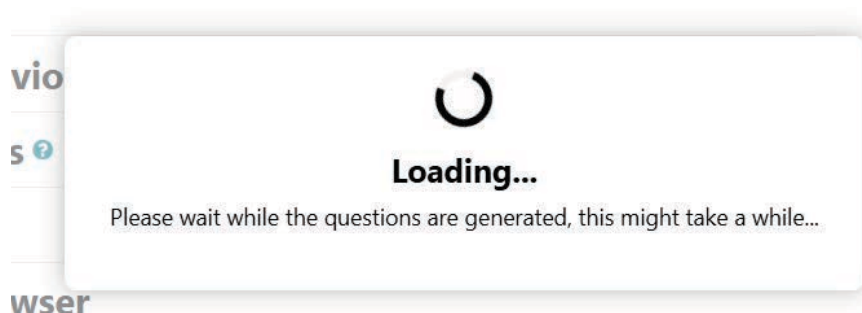
La Figura 5.13 muestra el resultado de integrar esta nueva sección en el formulario de creación de cuestionarios. Visualmente, esta sección se compone de tres apartados claramente diferenciados: el número de preguntas a generar, la puntuación otorgada por cada respuesta correcta y la penalización por cada respuesta incorrecta. Estos campos permiten configurar de forma rápida y precisa los parámetros básicos de la generación automática.

Además, cuando el formulario se utiliza para actualizar una instancia ya existente, aparece un cuarto campo adicional: una casilla de verificación en el apartado de generación automática que, al ser seleccionada por el docente, provoca que las preguntas del cuestionario se regeneren automáticamente al guardar los cambios. Esta funcionalidad facilita la actualización del contenido del cuestionario, ya sea tras modificar el archivo fuente, cambiar el modelo de generación en la configuración del *plugin*, o ajustar parámetros como el número de preguntas o la puntuación asignada por aciertos y errores desde el propio formulario.

## Mejoras en la usabilidad

Para mejorar la experiencia del usuario y proporcionar respuestas visuales claras durante el uso del *plugin*, se implementaron varias mejoras enfocadas en la usabilidad, en especial mediante la inclusión de modales y notificaciones visuales de error.

En primer lugar, se añadieron modales informativos que aparecen durante la generación de preguntas y *feedback*. Estos modales cumplen la función de informar al usuario que el proceso está en curso y que la espera es normal, evitando así que el usuario interprete que el sistema ha dejado de funcionar o que ha ocurrido un error. Por ejemplo, tras guardar la configuración del cuestionario, se muestra un modal indicando que la generación de preguntas se está realizando, como se observa en la Figura 5.14. Este componente visual ayuda a reducir la incertidumbre y mejora la percepción de fluidez en la aplicación.



**Figura 5.14.** Modal que aparece tras guardar configuración del cuestionario indicando la generación en proceso

Además, se añadió una forma para que el usuario pueda mantener la trazabilidad de cada conjunto de preguntas generadas con el *plugin*. De esta manera, es fácil identificar a qué cuestionario pertenece cada pregunta, en qué sección fue creada y qué documentos se usaron para generarla. Esto se logra mediante la nomenclatura de la categoría de las preguntas, como se muestra en el siguiente fragmento de código:

La gestión de casos con varios archivos en la sección se muestra en el fragmento de código del Listado 5.13, donde los nombres de los documentos pertenecientes a la misma sección que el cuestionario inteligente se separan usando el símbolo «+». Un ejemplo de cómo se visualiza esta nomenclatura puede observarse en la Figura A.5.

**Listado 5.5.** Fragmento de código que describe el proceso de nomenclatura de categorías de preguntas

---

```
function create_question_category($course, $sectionname,
    pdffilename){
    \\ ...
    $question_category->name = "$sectionname: $quizinstance->name
        basado en $pdffilename";
    \\ ...
    $DB->insert_record('question_categories', $question_category)
        ;
}
```

---

Además, se implementaron notificaciones visuales a nivel de curso para informar a administradores y profesores acerca de posibles configuraciones incompletas o errores que impiden el uso adecuado del *plugin*. Estas notificaciones no solo se activan en caso de que falten archivos en la sección correspondiente (como por ejemplo documentos necesarios para la generación automática de preguntas), sino que también alertan cuando la configuración general del *plugin* no ha sido realizada correctamente. Esto permite anticipar y resolver problemas antes de que afecten el flujo de trabajo, como se ilustra en la [Figura A.6, Notificación visual de error en la configuración a nivel de curso al intentar crear un cuestionario inteligente](#).

Análogamente, se agregó una validación específica para la clave de la [API](#) durante la configuración del *plugin*. Esta comprobación es fundamental para asegurar que la integración con servicios externos funcione correctamente. Si la clave está vacía o es inválida, se muestra una notificación de error clara y visible al administrador, impidiendo continuar con la configuración. Esta lógica garantiza que los usuarios solo interactúen con opciones funcionales y reduce significativamente la posibilidad de errores futuros difíciles de rastrear, como se observa en la [Figura A.8](#).

### 5.8.3. Evaluación y selección de modelos de IA y *prompts* predefinidos

Para determinar los [LLMs](#) más adecuados para las dos tareas principales del *plugin* se realizaron múltiples pruebas de rendimiento y calidad, considerando tres criterios fundamentales: coste por consulta, latencia y calidad del contenido generado.

Estos factores constituyen un triángulo de compromiso, dado que no es posible optimizar simultáneamente los tres aspectos. Por ejemplo:

- La reducción del coste suele implicar una disminución en la calidad o en la velocidad de respuesta.
- La maximización de la velocidad puede aumentar el coste o afectar la calidad.
- La priorización de la calidad suele incrementar el tiempo de procesamiento o el coste por consulta.

| Modelo        | Velocidad | Coste de entrada/salida (1M tokens) <sup>1</sup> |
|---------------|-----------|--|
| GPT-4.1 Nano  | Muy alta  | \$0.10 / \$0.40                                  |
| GPT-4.1 Mini  | Alta      | \$0.40 / \$1.60                                  |
| GPT-4o        | Moderada  | \$2.50 / \$10.00                                 |
| GPT-4o Mini   | Alta      | \$0.15 / \$0.60                                  |
| GPT-3.5 Turbo | Alta      | \$6.00 / \$1.50                                  |

<sup>1</sup> Los precios indicados corresponden a la fecha de redacción del proyecto y pueden variar según la política de precios de OpenAI.

**Tabla 5.5.** Comparativa de modelos [GPT](#) según velocidad y costes por millón de *tokens* procesados.

## Elección de modelos

La tarea de generación de preguntas requiere un entendimiento profundo del contexto definido en los temarios académicos ingeridos, para crear preguntas relevantes, coherentes y con una formulación clara. Por su complejidad, se priorizó la calidad del modelo sobre la velocidad y el coste.

Durante la evaluación, modelos más ligeros como GPT-4o Mini y GPT-3.5 Turbo presentaron deficiencias notables en coherencia, adecuación al contenido y precisión. Aunque ofrecían ventajas en términos de velocidad y coste, su rendimiento fue insuficiente para esta tarea.

El modelo GPT-4.1 Mini ofrecía el mejor equilibrio entre calidad, latencia y coste. Mostró una capacidad superior para comprender el contexto del temario y generar preguntas pertinentes. Por el contrario, GPT-4o Mini, aunque más rápido y económico,

presentaba una degradación notable en la calidad de las respuestas. Esto se debía principalmente a la falta de profundidad en los conceptos del texto; aunque generaba preguntas acordes al temario, no resultaban lo suficientemente desafiantes, lo que hizo que el modelo fuera inadecuado para esta tarea.

La retroalimentación automática se basa en interpretar la pregunta, la respuesta del usuario y el contenido original para ofrecer un comentario útil. A diferencia de la generación de preguntas, esta tarea requiere menos razonamiento contextual, por lo que es más tolerante a modelos con menor capacidad.

Se evaluaron modelos como GPT-4 Turbo, GPT-3.5 Turbo y GPT-4.1 Nano. A pesar de su elevado coste, GPT-4 Turbo mostró un rendimiento inconsistente, llegando en ocasiones a ser inferior al de GPT-3.5 Turbo. Este último también presentó limitaciones en precisión y estabilidad en las respuestas, debido a una falta de cumplimiento de las instrucciones definidas; por ejemplo, cuando se le proporcionaba un conjunto de tareas, solo obedecía a una de las instrucciones, ignorando completamente las restantes.

El modelo finalmente seleccionado fue GPT-4.1 Nano, debido a que ofrecía un desempeño adecuado junto con una latencia muy baja y un coste significativamente inferior en comparación con las opciones anteriormente evaluadas. Esta combinación lo hace especialmente idóneo para entornos donde es crucial generar contenido breve y preciso rápidamente, manteniendo siempre una alta calidad y claridad en las respuestas.

## Definición de instrucciones

En la [Figura 5.15](#) se presenta un ejemplo de las instrucciones predeterminadas para el asistente encargado de generar preguntas. En ellas se establece el formato de salida y las instrucciones generales. Para facilitar su comprensión, se han omitido algunas reglas. Entre las definidas, aunque no mostradas en el ejemplo, se encuentran las siguientes:

1. Evitar proporcionar pistas en los enunciados de las preguntas.
2. Cubrir el contenido de forma amplia para la generación de las preguntas.
3. No generar preguntas basadas en ubicaciones específicas del texto.
4. Evitar preguntas cuya respuesta esté explícita en el enunciado.
5. Priorizar la generación de preguntas conceptuales y aplicadas.

```
$string['questiongenerationprompt'] = '
Eres un generador de preguntas de opción múltiple basadas en documentos PDF.
Genera preguntas únicas con 4 opciones de respuesta cada una, asegurando una única respuesta correcta por pregunta.

Formato de salida:
[Número]. Pregunta: [Texto de la pregunta]
Opciones:
A. [Opción 1]
B. [Opción 2]
C. [Opción 3]
D. [Opción 4]
Respuesta correcta: [Letra]
```

Figura 5.15. Instrucciones predeterminadas para la generación de preguntas

La figura 5.16 muestra un ejemplo de las instrucciones para la generación de retroalimentación sobre los intentos en los cuestionarios. En estas instrucciones se especifica la estructura esperada del JSON, se define una longitud máxima para el contenido de salida y se indica que la retroalimentación debe centrarse en los aspectos que el usuario necesita reforzar.

```
$string['feedbackgenerationprompt'] = '
Eres un generador de retroalimentación para cuestionarios. Recibirás un JSON con las respuestas incorrectas de un usuario.
El JSON recibido contiene la siguiente estructura:
- "questionsummary": Resumen de la pregunta.
- "rightanswer": Respuesta correcta.
- "responsesummary": Respuesta seleccionada por el usuario (si es null, significa que el usuario no respondió).

Proporciona retroalimentación mencionando qué temas necesita el usuario repasar esto debe ser de forma clara y concisa,
con un rango de 30 a 50 palabras. No uses listas ni formatos especiales como asteriscos.
```

Figura 5.16. Instrucciones predeterminadas para la generación de retroalimentación

## Inicialización de configuraciones

La función `xmlldb_quiz_install()` se ejecuta automáticamente durante la instalación del *plugin* con el objetivo de establecer los valores predeterminados de configuración relacionados con las funcionalidades basadas en IA. Esta inicialización garantiza que, desde el primer uso, el *plugin* disponga de un estado coherente y operativo, definiendo los modelos y las instrucciones por defecto para la generación tanto de preguntas como de retroalimentación.

Para llevar a cabo esta tarea, se utiliza la función `set_config()`, la cual permite asignar un valor a un ajuste específico del sistema o del *plugin* almacenándola en la ta-

bla `config_plugins` de la base de datos. Su sintaxis básica es `set_config($name, $value, $plugin)`, donde `$name` corresponde al nombre de la configuración, `$value` al valor asignado y `$plugin` al componente que posee dicha configuración. En caso de que el ajuste no exista previamente, esta función lo crea.

En el fragmento de código mostrado en el [Listado 5.6](#) se ejemplifican las acciones concretas realizadas por esta función durante la instalación, donde se establece `gpt-4.1-mini` como modelo predeterminado para la generación de preguntas y `gpt-4.1-nano` como modelo predeterminado para la generación de retroalimentación. Además, se inicializan las instrucciones predeterminadas para ambos asistentes, respectivamente.

**Listado 5.6.** Establecimiento de modelos e instrucciones por defecto en `install.php`

---

```
function xmldb_aiquiz_install()
{
    global $DB;
    // Modelo de generación de preguntas predeterminado
    set_config('questiongenmodel', 'gpt-4.1-mini', 'mod_aiquiz'
        );

    // Modelo de generación de retroalimentación predeterminado
    set_config('feedbackgenmodel', 'gpt-4.1-nano', 'mod_aiquiz'
        );

    // Instrucciones predeterminadas de generación de preguntas
    set_config('questiongenerationprompt', get_string('
        questiongenerationprompt', 'aiquiz'), 'mod_aiquiz');

    // Instrucciones predeterminadas de generación de
    retroalimentación
    set_config('feedbackgenerationprompt', get_string('
        feedbackgenerationprompt', 'aiquiz'), 'mod_aiquiz');
}
```

---

Algo a tener en cuenta es que [Moodle](#) gestiona los textos visibles al usuario a través de *language strings*, que son cadenas de texto localizables almacenadas en archivos específicos para cada idioma y recuperadas mediante la función `get_string()`. Por ejemplo:

```
get_string('questiongenerationprompt', 'aiquiz')
get_string('feedbackgenerationprompt', 'aiquiz')
```

busca las cadenas `questiongenerationprompt` y `feedbackgenerationprompt` en el archivo de idioma correspondiente al componente `aiquiz`. Por ejemplo:

**Listado 5.7.** Ejemplo de definición de *language strings*

---

```
// lang/es/aiquiz.php
$string['questiongenerationprompt'] = 'Genera 10 preguntas dado
    el contenido de este PDF';
$string['feedbackgenerationprompt'] = 'Genera retroalimentación
    para este intento dadas las respuestas y el contenido de
    este PDF';
// lang/en/aiquiz.php
$string['questiongenerationprompt'] = 'Generate 10 questions
    given the contents of this PDF';
$string['feedbackgenerationprompt'] = 'Generate feedback for
    this attempt given the responses and the contents of this
    PDF';
```

---

Este mecanismo permite que la interfaz se adapte automáticamente al idioma establecido por cada usuario. Si el usuario no ha especificado uno, Moodle utilizará el idioma predeterminado del sitio, definido por el administrador. Gracias a este mecanismo, el *plugin* es multilingüe por diseño, lo que facilita tanto su mantenimiento como su internacionalización.

Actualmente, el *plugin* está disponible en español e inglés, aunque su diseño facilita la incorporación de nuevos idiomas mediante la creación de los archivos de traducción correspondientes, lo que garantiza su adaptabilidad a distintos entornos multilingües.

#### 5.8.4. Configuración de funcionalidad inteligente del *plugin*

Cuando un administrador accede al panel de configuración de un *plugin*, el núcleo de Moodle redirige automáticamente al archivo `settings.php` correspondiente. Este archivo define el formulario de configuración, especificando los distintos campos que el

administrador puede completar (véase en la [Figura A.4](#)).

Dentro de `settings.php` se utilizan clases para definir componentes del formulario de la configuración (`admin_setting_*`). Estos componentes, propios del subsistema de configuración de administración de [Moodle](#), están diseñados específicamente para facilitar la configuración de *plugins*. A diferencia de los elementos estándar de la [API](#) de formularios, estas clases no requieren un objeto de tipo `form` para ser utilizadas, ya que se integran directamente en la interfaz de administración mediante la vinculación de la variable global `$settings` que [Moodle](#) usa para definir elementos de configuración.

Durante la instanciación de las clases usadas para definir los componentes del formulario de configuración, se debe definir qué valor tiene asociado en la tabla `config_plugins` de la base de datos y a qué plugin pertenece. En el fragmento de código mostrado, `mod` corresponde al identificador del tipo de *plugin* (véase la [Subsección 3.1.1](#)), `aiquiz` es el nombre del plugin y `feedbackgenerationprompt` es el nombre de la configuración dentro de la base de datos. De este modo, se vinculan las configuraciones predeterminadas establecidas en la sección [Inicialización de configuraciones](#), para que al visualizarse por primera vez, las instrucciones y modelos que aparecen sean los valores predeterminados.

**Listado 5.8.** Ejemplo de vinculación de elemento de configuración con variable global `$settings`

---

```
// settings.php
$settings->add(
    new admin_setting_prompt_feedback(
        'mod_aiquiz/feedbackgenerationprompt',
        '\\ campos específicos de admin_setting_prompt_question
    )
)
```

---

## Modificación de comportamiento de clases de configuración de formulario

Para modificar el comportamiento por defecto al guardar valores de configuración en [Moodle](#), es posible crear clases personalizadas que hereden de los componentes estándar. Estas clases permiten redefinir métodos clave, `write_setting()`, que se encarga

de guardar el valor introducido por el usuario en la tabla `config` de la base de datos. Este método habilita la posibilidad de añadir comportamientos adicionales, como la sincronización de la configuración local con un asistente remoto mediante la interfaz de programación de [OpenAI](#).

El siguiente fragmento de código muestra una clase que extiende `admin_setting_configtextarea` y redefine el método `write_setting()` para sincronizar la configuración de modelo para la generación de preguntas guardada localmente con el asistente remoto de [OpenAI](#).

**Listado 5.9.** Extensión personalizada del método `write_setting()` para la sincronización de asistentes con OpenAI

---

```
use OpenAI;

class admin_setting_prompt_question extends
  admin_setting_configtextarea {
  public function write_setting($data) {
    global $CFG;
    $result = parent::write_setting($data);
    $env = parse_ini_file($CFG->dirroot.'/mod/aiquiz/.env');
    $openaiadapter = new openai_adapter($env['OPENAI_API_KEY'])
      ;

    if (is_openai_api_key_valid($env['OPENAI_API_KEY']) && !
      is_openai_apikey_empty()) {
      if (get_config('mod_aiquiz', $this->featureid) == false)
        {
          $assistant_id = $openaiadapter->
            create_question_assistant();
          set_config($this->featureid, $assistant_id, 'mod_aiquiz
            ');
        }
      else {
        $client = OpenAI::client($env['OPENAI_API_KEY']);
        $client->assistants()->modify(get_config('mod_aiquiz',
          $this->featureid), ['instructions' => $data]);
        set_config($this->name, $data);
      }
    }
  }
}
```

```
    }  
    return $result;  
}  
\\ ...  
}
```

---

El código presente en el [Listado 5.9](#) implementa una lógica que complementa el almacenamiento local del valor con una llamada a la [API](#) de [OpenAI](#). En concreto, el método realiza los siguientes pasos:

1. Guarda el nuevo valor de configuración de forma local (`config_plugins`) mediante el método original de la clase padre.
2. Lee la clave [API](#) desde el archivo `.env`.
3. Si la clave es válida y no está vacía, comprueba si ya existe un asistente remoto registrado.
4. Si no existe el asistente remoto, lo crea de forma remota en la plataforma de [OpenAI](#) y guarda su identificador en la configuración local.
5. Si ya existe el asistente remoto, actualiza sus instrucciones de forma remota con el nuevo valor proporcionado.

De este modo, se garantiza que cada cambio realizado en el panel de configuración queda reflejado también en el asistente remoto, sin requerir intervención adicional por parte del usuario.

Dado que el formulario de configuración del *plugin* puede estar compuesto por varios campos distintos (ver [Figura A.4](#)), esta lógica de sincronización se encapsula en distintas clases personalizadas que extienden los componentes de configuración de [Moodle](#).

### Caso específico de la clave de OpenAI

Una de las clases más particulares definidas es la encargada de almacenar la clave de la interfaz de programación de [OpenAI](#). En este caso, su comportamiento difiere del habitual, ya que la escritura de la clave se realiza en el archivo `.env` en lugar de la tabla

de configuración estándar. Además, el proceso de recuperación del valor también se ha modificado, utilizando para ello el método `get_setting()`. Un ejemplo de esta implementación se muestra a continuación:

**Listado 5.10.** Extensión personalizada del método `get_setting()` para la clave de la API

---

```
class admin_setting_apikey extends
    admin_setting_configpasswordunmas {

    public function __construct($name, $visiblename,
        $description, $defaultsetting, $envkey) {
        parent::__construct($name, $visiblename, $description,
            $defaultsetting);
        $this->envkey = $envkey;
    }
    \\ ...
    public function get_setting() {
        global $CFG;
        $env = parse_ini_file($CFG->dirroot.'/mod/aiquiz/.env')
            ;
        if ($env[$this->envkey]) {
            $return_value = $env[$this->envkey];
        }
        else{
            $return_value = '';
        }
        return $return_value;
    }
}
```

---

En esta función, en lugar de obtener el valor desde la base de datos, la clave se recupera directamente del archivo `.env`. Para ello, se utiliza el nombre de la variable de entorno (definido por el parámetro `$envkey` al instanciar la clase) para leer el valor correspondiente a la clave de la [API](#).

Esto permite desvincular el almacenamiento de información sensible de las tablas propias de configuración de Moodle. De este modo, aunque las bases de datos puedan

llegar a verse comprometidas por una filtración o vulnerabilidad, las credenciales confidenciales permanecen protegidas siempre que no se produzca un acceso indebido al sistema de archivos.

## Gestión de asistentes remotos

El proceso de creación del asistente remoto se define en un método específico de la clase adaptadora de [OpenAI](#) (*OpenAIAdapter*). El fragmento de código siguiente muestra su implementación.

**Listado 5.11.** Función para crear un asistente remoto en OpenAI

---

```
class OpenAIAdapter implements AIProviderInterface
{
    public function create_question_assistant() {
        global $DB;
        $response = $this->client->assistants()->create([
            'instructions' => get_config('mod_aiquiz', '
                questiongenerationprompt'),
            'name' => 'Quiz Question Generator',
            'model' => get_config('mod_aiquiz', 'questiongenmodel')
        ],
        );
        return $response['id'];
    }
    \\ ...
}
```

---

En este caso, el asistente se crea a partir de los valores almacenados previamente en la configuración de [Moodle](#). Por un lado, se utiliza `questiongenerationprompt` como instrucciones base, y por otro, se establece el modelo predeterminado definido en el campo `questiongenmodel`. Ambos valores se obtienen mediante el uso de `get_config()` que es la función complementaria de `set_config()` para recuperar los valores establecidos en la base de datos. Por último, estos valores se almacenan de forma remota en la plataforma de [OpenAI](#).

Es importante mencionar que la función `create_feedback_assistant()` —creación de asistentes para la retroalimentación— es idéntica a la mostrada en el fragmento 5.11 solo que cambiando el contenido del atributo de modelo e instrucciones por los de la retroalimentación.

### 5.8.5. Generación de preguntas

El proceso de generación automática de preguntas se inicia tras el guardado del formulario de creación del cuestionario, descrito en la sección 5.4, y la consiguiente inserción de los datos en las tablas correspondientes al módulo `aiquiz`. A continuación, se invoca la función `process_file_and_generate_questions()`, la cual da comienzo a todo el procedimiento descrito en este apartado.

#### Procesamiento de archivos PDF que comparten selección con el cuestionario nativo

La primera etapa consiste en procesar los archivos PDF asociados a la sección correspondiente del curso. Para garantizar la compatibilidad con herramientas de extracción de texto, se realiza una conversión mediante `Ghostscript`, tal como se observa en la siguiente sección.

**Listado 5.12.** Conversión de archivos PDF mediante Ghostscript vía línea de comandos

---

```
function convert_pdf($inputFile, $tempDir)
{
    $outputFile = $tempDir . uniqid('converted_moodle_pdf_', true
    ) . '.pdf';
    $gsCmd = 'gs -sDEVICE=pdfwrite -dCompatibilityLevel=1.4 -
    dNOPAUSE -dBATCH -sOutputFile="' . $outputFile . '" "' .
    $inputFile . '" 2>&1';
    exec($gsCmd);
    return $outputFile;
}
```

---

Esta función utiliza un nombre único generado por `uniqid()`, con el objetivo de evitar colisiones en ejecuciones concurrentes. La salida se almacena en el directorio temporal predefinido (véase la [Subsubsección 5.7.2](#)), y se estandariza el formato [PDF](#) a la versión 1.4 para garantizar una posterior manipulación fiable. Esta conversión es indispensable, ya que la versión gratuita de la librería [FPDI](#) —utilizada para la fusión de documentos y basada en [FPDF](#)— solo admite archivos en dicho formato.

En caso de que se disponga de múltiples documentos [PDF](#) en la misma sección, se realiza su fusión en un único archivo con el fin de unificar la fuente de información para la extracción textual. Este paso asegura que el proceso de extracción de texto posterior opere sobre un único archivo consolidado.

**Listado 5.13.** Lógica para fusión condicional de múltiples archivos PDF

---

```
$mergedPdf = count($converted) > 1
  ? merge_pdfs($converted, $tempDir)
  : ($converted[0]);

$pdffilename = count($converted) > 1
  ? implode(' + ', $pdfilenames)
  : ($pdfilenames[0]);
```

---

Para ello se emplea la función `merge_pdfs()`, que genera un nuevo archivo temporal con los documentos fusionados y elimina los archivos individuales originales tras la operación, tal como se muestra en el siguiente fragmento de código.

**Listado 5.14.** Fusión de documentos [PDF](#) con [FPDI](#) y limpieza de temporales

---

```
function merge_pdfs($converted_pdf_files, $tempDir)
{
    $mergedPdfTempFilename = $tempDir . uniqid('
        merge_moodle_pdf_', true) . '.pdf';

    $mergeResult = mergePDFs($converted_pdf_files,
        $mergedPdfTempFilename);
    foreach ($converted_pdf_files as $converted_pfd_file) {
        unlink($converted_pfd_file);
    }
}
```

---

```
}  
  
    return $mergeResult ? $mergedPdfTempFilename : null;  
}
```

---

## Solicitud de generación de preguntas

Una vez generado el PDF final, se almacena en la tabla `files` de Moodle. Se registra también el nombre del archivo en el campo `generativefilename` de la tabla `aiquiz`, permitiendo así la trazabilidad posterior del archivo usado para la generación de las preguntas del cuestionario.

Seguidamente, se crea la instancia del cliente de la API de OpenAI, cuya clave se lee desde el archivo `.env`. La función `generate_questions()` se encarga de la interacción con la API para generar preguntas basadas en un texto de referencia. Esta función recibe como parámetros el texto extraído del PDF y el número deseado de preguntas que el usuario quiere obtener.

El proceso comienza creando un nuevo hilo de conversación con el asistente configurado, identificado por `quiz_gen_assistant_id`. A continuación, se envía un mensaje al hilo con el rol `assistant`, solicitando explícitamente que genere la cantidad indicada de preguntas basándose en el contenido proporcionado:

### Listado 5.15. Generación de preguntas con la API de OpenAI p.1

---

```
public function generate_questions($pdf_text,  
    $numberofquestions)  
{  
    $assistant_id = get_config('mod_aiquiz', '  
        quiz_gen_assistant_id');  
    $thread_create_response = $this->client->threads()->create  
        ( [] );  
    $this->client->threads()->messages()->create(  
        $thread_create_response->id, [  
            'role' => 'assistant',  
            'content' => "Genera $numberofquestions preguntas para un
```

```

        cuestionario basándote en el siguiente contenido:\n" .
        $pdf_text,
    ]);
    // ...
}

```

---

Dado que la ejecución es asíncrona, la función realiza comprobaciones periódicas mediante llamadas a `runs()->retrieve()`, hasta que el proceso indica que ha finalizado con estado «completed». Una vez completado, se recupera la lista de mensajes generados en el hilo y se extrae el texto de la primera respuesta, que contiene las preguntas generadas automáticamente:

**Listado 5.16.** Generación de preguntas con la API de OpenAI p.2

```

$response = $this->client->threads()->runs()->create(
    threadId: $thread_create_response->id,
    parameters: ['assistant_id' => $assistant_id],
);

do {
    sleep(1);
    $runStatus = $response = $this->client->threads()->runs()->
        retrieve(
            threadId: $thread_create_response->id,
            runId: $response->id,
        );
} while ($runStatus->status !== 'completed');

if ($runStatus->status === 'completed') {
    $response = $this->client->threads()->messages()->list(
        $thread_create_response->id);
    return $response->data[0]->content[0]->text->value;
} else {
    throw new Exception('Run did not complete in the expected
        time.');
```

De esta forma, la función permite al usuario solicitar un número arbitrario de preguntas generadas automáticamente a partir del contenido del documento, facilitando la creación dinámica de cuestionarios personalizados.

### Extracción de contenido generado por la IA mediante expresiones regulares

El resultado devuelto por la [API](#), condicionado tanto por el modelo como por las instrucciones predeterminadas detalladas en la sección [5.8.3](#), se somete a un proceso de análisis mediante expresiones regulares con el objetivo de estructurar las preguntas generadas en un formato que pueda ser procesado de manera automática. A continuación, se presenta el formato esperado.

#### Formato esperado por la expresión regular

Pregunta: [Texto de la pregunta](#)

Opciones:

A. [Opción 1](#)

B. [Opción 2](#)

C. [Opción 3](#)

D. [Opción 4](#)

Respuesta correcta: [Letra](#)

Cada coincidencia extraída se almacena en un *array* con los siguientes elementos: en la posición [1] el enunciado, de la [2] a la [5] las opciones, y en [6] la letra de la respuesta correcta.

### Conversión y aleatorización del índice de la respuesta correcta

Para manipular las opciones de respuesta como elementos de un *array*, primero se convierte la letra que indica la respuesta correcta en su índice numérico correspondiente. Esto se logra mediante la función `ord()`, que devuelve el valor *American Standard Code for Information Interchange (ASCII)* del carácter:

Dado que el valor *ASCII* de la letra «A» es 65, esta operación transforma «A» en 0, «B»

en 1, y así sucesivamente, permitiendo indexar directamente las opciones dentro del *array*.

Para evitar patrones predecibles en la posición de la respuesta correcta, se realiza una aleatorización intercambiando la respuesta correcta con una opción elegida al azar. Esto mejora la variabilidad del cuestionario y reduce sesgos sistemáticos en la distribución de respuestas. Finalmente, la información procesada se almacena en un *array* estructurado que servirá para la creación de objetos de pregunta dentro de Moodle.

### 5.8.6. Generación de retroalimentación

Al completar un intento de cuestionario, el controlador de vistas de los intentos, `process_attempt.php`, es llamado. Este *script* consulta el estado del intento mediante la llamada a su función homónima `process_attempt()`.

**Listado 5.17.** Control de flujo de condicionalidad dependiendo de la fase actual con `process_attempt()`

---

```
\\ process_attempt.php
    if ($status == quiz_attempt::OVERDUE) {
        redirect($attemptobj->summary_url());
    } else if ($status == quiz_attempt::IN_PROGRESS) {
        redirect($nexturl);
    } else {
        process_responses_and_generate_feedback($cmid);
        redirect($attemptobj->review_url());
    }
}
```

---

Dependiendo del estado actual del intento, realiza una de las siguientes acciones:

- Estado OVERDUE: Cuando el intento de un estudiante caduca, es decir, supera el límite establecido por el profesor, se le redirige al resumen del cuestionario, donde este se entregará automáticamente o se marcará como intento no finalizado. Esto dependerá de la configuración seleccionada por el profesor durante la creación del formulario (véase el apartado de temporalización de la Subsección 3.3).
- Estado IN\_PROGRESS: Este estado, definido por Moodle, indica que el usuario es-

tá avanzando a la siguiente página del cuestionario. En tal situación, se le redirige a la página siguiente.

- Intento finalizado manualmente: Se invoca la función `process_responses_and_generate_feedback()`, la cual extrae las respuestas, filtra las incorrectas y construye la petición a la [API](#) de [OpenAI](#) para obtener retroalimentación del intento realizado. Tras este proceso, el usuario es redirigido a la revisión de su intento, donde puede comprobar los resultados obtenidos.

Una vez el intento ha sido finalizado correctamente pasamos a procesar las preguntas respondidas.

### Procesamiento de preguntas y lógica adaptativa para la generación de retroalimentación

En esta primera fase se comienza obteniendo la suma de todas las puntuaciones de las preguntas del intento. Posteriormente, esa nota se normaliza a una escala del 1 al 10 para facilitar su comprensión por parte de la [IA](#). Además, se recogen los enunciados de todas las preguntas (`$questionsummary`), junto con las respuestas que ha dado el estudiante (`$responsesummary`) y las respuestas correctas (`$rightanswer`) almacenando esta información en un objeto [JSON](#) (`$question_attempt_info`). Una vez hecho esto, se seleccionan solo las preguntas que el estudiante ha respondido mal y las preguntas sin respuesta.

**Listado 5.18.** Filtrado de preguntas respondidas erróneamente en el intento por el estudiante

```
foreach ($question_attempt_info as $question_attempt) {
    if ($question_attempt->responsesummary !=
        $question_attempt->rightanswer) {
        $filtered_question_attempt_info[] =
            $question_attempt;
    }
}
foreach ($filtered_question_attempt_info as
    $question_attempt) {
    $question_attempt->questionsummary =
        extract_answer_info_from_summary($question_attempt->
```

```
        questionsummary);  
    }
```

---

El último bucle *for* es usado para filtrar del objeto **JSON** el campo `$questionsummary`, esto es porque en la tabla `question_attempts` la columna que almacena los enunciados también almacena la respuesta elegida por el usuario.

Una vez finalizada la filtración de preguntas erróneas, se realiza una bifurcación condicional dependiendo de los resultados obtenidos en el intento. En este paso se decide si realmente es necesario dar retroalimentación del intento realizado. El motivo detrás de esta decisión es por el interés de orientar la retroalimentación a la mejora de los errores y también para optimizar rendimiento y coste del *plugin*. La generación de *feedback* sigue una estructura condicional definida por los siguientes umbrales:

- Si el usuario tiene 8 errores, es decir, `$grade == 2`: sin llamar a la **IA**, se devuelve el mensaje “Revisión completa sugerida”.
- Si el usuario no ha cometido errores, es decir, `$grade == 10`: sin llamar a la **IA**, se devuelve el mensaje “¡Excelente, sin errores!”.
- En el resto de casos: Se lanza la petición a la **IA** con el objeto **JSON** generado durante la filtración.

### Solicitud de generación de retroalimentación

Antes de comenzar la petición, primero se recupera el texto extraído de los documentos que el profesor quiso usar para la generación de preguntas. Una vez recuperado se llama a la función `generate_feedback()`, que comparte una estructura y lógica similar a la de `generate_questions()` descrita en la Sección 5.8.5, con la diferencia principal de que utiliza el asistente orientado a la retroalimentación en lugar del de generación de preguntas:

**Listado 5.19.** Simplificación de petición al asistente de generación de retroalimentación

---

```
'content' => 'Genera una breve retroalimentación para un test  
basándote en el contenido del temario y el JSON proporcionado:  
Este es el JSON:
```

```
' . $pdftext . '\n' .  
'Este es el contenido del temario:'  
. $pdftext,  
]);
```

---

De este modo, la función solicita la retroalimentación, pasando como parámetro el texto extraído del PDF y la información estructurada de las respuestas erróneas al intento.

### Concatenación de mensaje motivador

Una vez finalizado el proceso de generación y obtención de retroalimentación, se ajusta el tono del mensaje agregando un mensaje motivador dependiendo de la calificación obtenida. Este proceso se realiza a través de la función `cheer_text_generator()`, concatenando el mensaje motivador con la retroalimentación generada:

**Listado 5.20.** Generación condicional de mensaje motivador

```
function cheer_text_generator(string $response_text, float  
    $grade): string {  
    if ($grade >= 8 && $grade < 10) {  
        $cheer = ';Buen trabajo! Muy bien.';  
    } elseif ($grade >= 6 && $grade < 8) {  
        $cheer = 'Buen intento, sigue así.';  
    } elseif ($grade >= 5 && $grade < 6) {  
        $cheer = 'Buen intento, mejora posible.';  
    } elseif ($grade >= 2 && $grade < 5) {  
        $cheer = 'Revisión parcial sugerida.';  
    }  
    return $cheer . ' ' . $response_text;  
}
```

---

Finalmente, el texto completo de retroalimentación se almacena en la tabla `aíquiz_feedback`, desde donde posteriormente se recupera para mostrarse en la vista del intento del cuestionario al estudiante.


## 5.9. Verificación del funcionamiento del *plugin*

En este apartado se describe, paso a paso, cómo el sistema facilita la creación, configuración y realización de cuestionarios, detallando cada fase del flujo para verificar el cumplimiento de los requisitos del sistema.

### 5.9.1. Automatización de procesos de generación de contenido

El proceso comienza con el profesor generando una nueva instancia del cuestionario, pero para ello debe haber creado mínimo un archivo en la sección (véase la [Figura A.9](#), una vez esta condición se confirma puede comenzar a crear el cuestionario especificando parámetros en el formulario de creación, como el tipo y cantidad de preguntas a incluir automáticamente (véase la Subsección 3.3). Tras guardar, el sistema genera las preguntas y muestra una ventana modal indicando el proceso en curso ([Figura 5.14](#)). A continuación, el docente dispone de opciones para editar las preguntas creadas, reordenarlas, paginarlas o agregar preguntas desde el banco de preguntas.

T / Cuestionario T1 / Questions

 AI QUIZ  
**Cuestionario T1**

AI Quiz Settings Overrides More ▾



---

## Questions































Questions: 10 | Quiz open (closes 17/07/25, 09:41)

Maximum grade  Save

Repaginate Select multiple items Total of marks: 10.00

  Shuffle 

Page 1 Add ▾

|   |    |   |   |                 |
|---|----|---|---|-----------------|
|    | 1  |       | ¿Cuál es una ventaja principal que exp...   | Always latest ▾ |
|    | 2  |       | ¿Qué característica distingue a una se...   | Always latest ▾ |
|   | 3  |   | ¿Cuál es el rol del convertidor ADC en...   | Always latest ▾ |
|  | 4  |   | ¿En qué consiste principalmente la co...    | Always latest ▾ |
|  | 5  |   | ¿Por qué el código Gray es considerad...    | Always latest ▾ |
|  | 6  |   | ¿Cuál es la principal utilidad del códig... | Always latest ▾ |
|  | 7  |   | ¿Qué expresa el Teorema Fundamenta...       | Always latest ▾ |
|  | 8  |   | ¿Qué método directo se emplea para ...      | Always latest ▾ |
|  | 9  |   | ¿Qué diferencia fundamental existe e...     | Always latest ▾ |
|  | 10 |   | ¿Cuál es el propósito principal del cód...  | Always latest ▾ |

Add ▾

**Figura 5.17.** Pantalla de gestión del listado de preguntas generadas

Posteriormente, puede configurar las fechas y horas de disponibilidad del cuestionario, de forma que los estudiantes tengan acceso solo durante el periodo designado (véase [Figura A.10](#)).

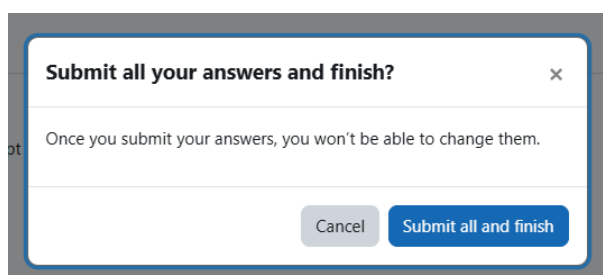
En este punto, los estudiantes pueden iniciar un intento para responder el cuestionario.

The screenshot displays the 'Cuestionario T1' interface. At the top, there is a navigation bar with 'AI Quiz', 'Settings', 'Overrides', 'Questions', 'Question bank', and 'More'. Below this is a 'Back' button. The main content area shows 'Question 1' with the text '¿Cuál es una ventaja principal que explica por qué los sistemas digitales han reemplazado a los analógicos en muchos ámbitos?' and four multiple-choice options (a, b, c, d). A 'Time left 0:04:46' timer is visible in the top right. On the right side, there is an 'AI Quiz navigation' panel with buttons for questions 1 through 10, a 'Finish attempt ...' button, and a 'Start a new preview' button. A sidebar on the left shows 'Question 1' status: 'Not yet answered', 'Marked out of 1.00', and options to 'Flag question' and 'Edit question'.

**Figura 5.18.** Pantalla de realización de un intento del cuestionario por un estudiante

Al finalizar, se muestra un resumen del intento antes de la entrega definitiva, permitiendo al estudiante revisar si respondió a todas las preguntas (véase la [Figura A.11](#)).

Tras la revisión, el estudiante confirma la entrega mediante una ventana modal que indica el procesamiento de la retroalimentación automática.



**Figura 5.19.** Modal de confirmación para la entrega del cuestionario

Con el cuestionario entregado, el sistema permite acceder a una pantalla de revisión, donde se destacan las respuestas correctas e incorrectas (véase la [Figura A.12](#)).

Finalmente, el alumno puede consultar la retroalimentación detallada basada en su desempeño durante el intento.

### Summary of your previous attempts

| Attempt | State  | Grade   | Review                 | Feedback   |
|---------|--|---------|------------------------|--|
|         |  | 10.00 / |                        |  |
| 1       | Finished<br>Submitted<br>Monday, 30<br>June 2025,<br>9:46 AM | 4.00    | <a href="#">Review</a> | Revisión parcial sugerida. El contenido indica que necesitas repasar los fundamentos de los sistemas digitales, especialmente los conceptos de señal digital y analógica, además de los diferentes sistemas de numeración y su conversión. También es recomendable fortalecer el conocimiento sobre códigos binarios, máscaras de codificación y sistemas de representación alfanuméricos para entender mejor el funcionamiento de las computadoras y su lenguaje. |

Figura 5.20. Pantalla de retroalimentación específica para el intento realizado

## 5.9.2. Gestión de excepciones para estudiantes y grupos

Asumiendo un caso hipotético de que un estudiante, por motivos médicos, requiere un tiempo adicional para completar el cuestionario. El sistema permite asignar excepciones personalizadas tanto a usuarios individuales como a grupos completos. Por ejemplo, se puede otorgar a un estudiante un límite de tiempo diferente mediante la edición de excepciones desde el formulario correspondiente.

### Cuestionario T1

#### Override

Override user !

Require password ?

Open the quiz  Enable

Close the quiz  Enable

Time limit ?    Enable

Attempts allowed ?

! Required

Figura 5.21. Formulario para agregar una excepción de tiempo o configuración a un estudiante

Para excepciones grupales, el procedimiento es análogo, permitiendo aplicar configuraciones especiales a varios estudiantes de modo semejante.

### 5.9.3. Copia de seguridad y restauración de cuestionarios

El sistema ofrece la posibilidad de crear y restaurar copias de seguridad de los cuestionarios, lo que resulta fundamental para preservar la información en escenarios críticos, como actualizaciones de la plataforma. A través del menú desplegable de opciones del cuestionario, el docente puede gestionar este proceso (véase la [Figura A.13](#)).

En la pestaña correspondiente, se selecciona la información a incorporar en la copia de seguridad, como los datos del esquema y los intentos realizados.

Antes de finalizar, el sistema muestra un resumen de la configuración elegida y permite modificar el nombre del archivo de copia.

1. Initial settings ▶ 2. Schema settings ▶ **3. Confirmation and review** ▶ 4. Perform backup ▶ 5. Complete

#### Filename

Filename

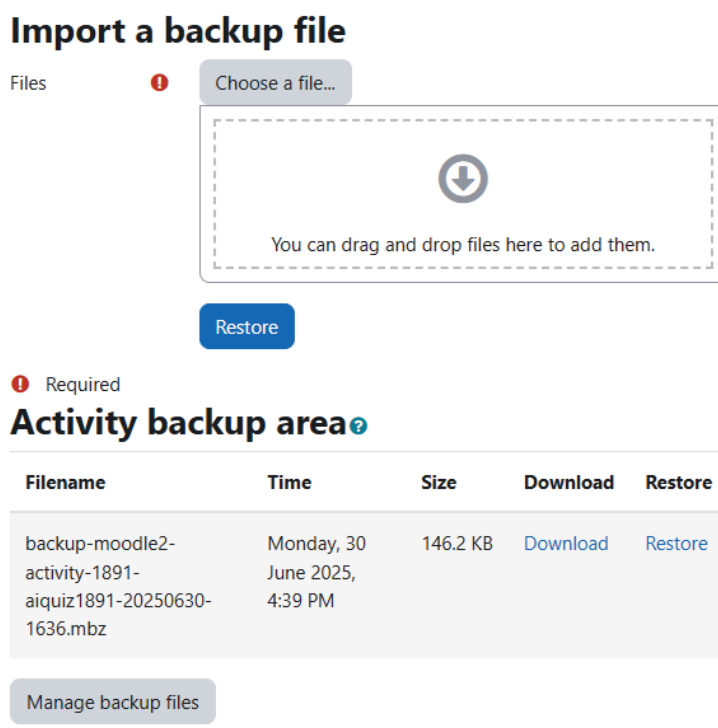


backup-moodle2-activity-1891-aiquiz1891-20250630-163

#### Backup settings

**Figura 5.22.** Resumen y denominación de la copia de seguridad a generar

Una vez creada la copia, el profesor accede a la gestión de restauraciones, pudiendo descargar, restaurar o eliminar las copias guardadas según sea necesario.



**Import a backup file**

Files ! Choose a file...

You can drag and drop files here to add them.

Restore

! Required

**Activity backup area** ?

| Filename  | Time                          | Size     | Download                 | Restore                 |
|---|-------------------------------|----------|--------------------------|-------------------------|
| backup-moodle2-activity-1891-aiquiz1891-20250630-1636.mbz | Monday, 30 June 2025, 4:39 PM | 146.2 KB | <a href="#">Download</a> | <a href="#">Restore</a> |

Manage backup files

**Figura 5.23.** Gestión de restauración y descarga de copias de seguridad

#### 5.9.4. Análisis y exportación de estadísticas

Por último, el sistema provee de herramientas avanzadas para la generación, visualización y exportación de estadísticas relacionadas tanto con los intentos como con las preguntas del cuestionario. Esto facilita un análisis detallado del rendimiento a nivel general y particular.

Las opciones de análisis se despliegan desde el menú de resultados, permitiendo elegir entre diversas informes (véase la [Figura A.2](#)).

A continuación, se puede filtrar los intentos y descargar los datos en diversos formatos según necesidades de evaluación o auditoría.

Statistics ▾

▼ **Statistics calculation settings**

Calculate statistics from  ▾

[Show report](#)

---

**Quiz information**

Download full report as  ▾ [Download](#)

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| <b>Quiz name</b>                                | Cuestionario T1                 |
| <b>Course name</b>                              | FUNDAMENTOS DE COMPUTADORES     |
| <b>Open the quiz</b>                            | Monday, 30 June 2025, 9:41 AM   |
| <b>Close the quiz</b>                           | Thursday, 17 July 2025, 9:41 AM |
| <b>Open for</b>                                 | 17 days                         |
| <b>Number of complete graded first attempts</b> | 1                               |
| <b>Total number of complete graded attempts</b> | 1                               |
| <b>Average grade of first attempts</b>          | 40.00%                          |
| <b>Average grade of all attempts</b>            | 40.00%                          |
| <b>Average grade of highest graded attempts</b> | 40.00%                          |
| <b>Median grade (for all attempts)</b>          | 40.00%                          |

**Figura 5.24.** Panel de visualización y descarga de estadísticas de cuestionarios

Del mismo modo, es posible consultar y descargar información estadística específica para cada pregunta, acceder a vistas previas y editar en caso necesario.

**Quiz structure analysis**

Download table data as Comma separated values (.csv) Download

| Q# |   | Question name   | Attempts | Random guess score | Intended weight | Effective weight | Discrimination index | Discriminative efficiency |
|----|---|---|----------|--------------------|-----------------|------------------|----------------------|---------------------------|
| 1  | ☰ | ¿Cuál es una ventaja principal que explica por qué los sistemas digitales han reemplazado a los analógicos en muchos ámbitos? | 1        | 25.00%             | 10.00%          |                  |                      |                           |
| 2  | ☰ | ¿Qué característica distingue a una señal digital respecto a una señal analógica?   | 1        | 25.00%             | 10.00%          |                  |                      |                           |
| 3  | ☰ | ¿Cuál es el rol del convertidor ADC en los sistemas digitales?  | 1        | 25.00%             | 10.00%          |                  |                      |                           |
| 4  | ☰ | ¿En qué consiste principalmente la codificación binaria?  | 1        | 25.00%             | 10.00%          |                  |                      |                           |
| 5  | ☰ | ¿Por qué el código Gray es considerado continuo y reflejado?  | 1        | 25.00%             | 10.00%          |                  |                      |                           |
| 6  | ☰ | ¿Cuál es la principal utilidad del código BCD en sistemas informáticos?   | 1        | 25.00%             | 10.00%          |                  |                      |                           |
| 7  | ☰ | ¿Qué expresa el Teorema Fundamental de la Numeración respecto a los sistemas posicionales?                                    | 1        | 25.00%             | 10.00%          |                  |                      |                           |
| 8  | ☰ | ¿Qué método directo se emplea para convertir un número hexadecimal a binario sin pasar por decimal?                           | 1        | 25.00%             | 10.00%          |                  |                      |                           |
| 9  | ☰ | ¿Qué diferencia fundamental existe entre un código binario natural y un código BCD?   | 1        | 25.00%             | 10.00%          |                  |                      |                           |
| 10 | ☰ | ¿Cuál es el propósito principal del código ASCII en sistemas informáticos?  | 1        | 25.00%             | 10.00%          |                  |                      |                           |

**Figura 5.25.** Panel de visualización y descarga de estadísticas de preguntas

Por último, el sistema puede representar gráficamente la correlación entre el orden de las preguntas y el porcentaje de aciertos, aportando un enfoque visual al análisis de resultados (véase la [Figura A.14](#)).

El resto de informes estadísticos, como el desempeño en respuestas o las calificaciones, pueden configurarse y visualizarse de modo similar, favoreciendo la interpretación global del proceso de evaluación.

## 6.

# Resultados

En este apartado se presenta la validación de los requisitos no funcionales **CALID-1** y **REND-1** definidos en la sección [Subsección 5.4.5, Requisitos no funcionales](#), evaluando la calidad de las preguntas generadas y el rendimiento obtenido tras la implementación del *plugin*. Para ello se muestran los principales resultados derivados de las pruebas de aceptación, incluyendo análisis cuantitativo y ejemplos prácticos.

## 6.1. Análisis de calidad de generación de preguntas

En este estudio se evaluó un total de 100 preguntas, de las cuales 50 fueron generadas por seres humanos y las otras 50 por **IA**. Estas preguntas se distribuyeron en cinco cuestionarios denominados **C1–C5**, cada uno compuesto por 10 ítems, tal como se muestra en la [Tabla 6.1](#).

**Tabla 6.1.** Distribución de preguntas por cuestionario y su total de evaluaciones

| Cuestionario | IA | Humano |
|--------------|----|--------|
| C1           | 5  | 5      |
| C2           | 6  | 4      |
| C3           | 4  | 6      |
| C4           | 4  | 6      |
| C5           | 4  | 6      |

La selección de las preguntas se realizó de forma aleatoria, y tanto la generación automática de los formularios de Google Forms como su organización se llevaron a cabo mediante Google Sheets y Google Apps Script.

Las preguntas generadas por **IA** fueron obtenidas a través del *plugin* desarrollado, tras la ingestión de un documento académico de Matemáticas correspondiente al nivel de 4º de [Educación Secundaria Obligatoria \(ESO\)](#). Por otro lado, las preguntas elaboradas por

humanos se extrajeron de cuestionarios de opción múltiple disponibles en plataformas educativas en línea, como la citada en [35]. Los contenidos de estas plataformas fueron producidos antes de la proliferación del uso de herramientas basadas en IA.

Se garantizó la inclusión de preguntas en ambas categorías de origen, tanto de carácter teórico como práctico, con el propósito de dificultar la identificación del origen de cada pregunta y, al mismo tiempo, ampliar la diversidad en cuanto a su naturaleza y contenido (véanse las Figuras 6.1a y 6.1b).

|   |   |
|---|---|
| <p>Pregunta 45: *</p> <p>¿Cuándo dos figuras planas son semejantes?</p> <p>A) Cuando tienen iguales áreas.<br/>         B) Cuando tienen la misma forma pero distinto tamaño.<br/>         C) Cuando tienen ángulos iguales y lados adyacentes iguales.<br/>         D) Cuando son idénticas.</p> <p><input type="radio"/> Humano<br/> <input type="radio"/> IA</p> | <p>Pregunta 62: *</p> <p>Resuelve la inecuación <math>(x + 4) / (x - 2) \leq 0</math></p> <p>A) <math>x \in [-4, 2]</math><br/>         B) <math>x \in (-4, 2)</math><br/>         C) <math>x \in (-\infty, -4) \cup (2, +\infty)</math><br/>         D) <math>x \in [-4, 2]</math></p> <p><input type="radio"/> Humano<br/> <input type="radio"/> IA</p> |
|---|---|

(a) Ejemplo de pregunta teórica generada por inteligencia artificial.

(b) Ejemplo de pregunta práctica generada por humano.

**Figura 6.1.** Comparativa entre preguntas generadas por IA y por humanos.

La Tabla 6.2 presenta la matriz de confusión global obtenida tras la evaluación de 510 respuestas correspondientes a 51 evaluadores, quienes clasificaron cada uno 10 preguntas. Esta matriz resume la cantidad de clasificaciones correctas e incorrectas en función del origen real de las preguntas, ya sean generadas por IA o por humanos.

A continuación, se definen las variables utilizadas para describir los resultados de la clasificación:

**Verdaderos Positivos (VP):** número de preguntas generadas por IA que fueron correctamente clasificadas como IA.

**Falsos Negativos (FN):** número de preguntas generadas por IA que fueron incorrectamente clasificadas como humanas.

**Falsos Positivos (FP):** número de preguntas generadas por humanos que fueron incorrectamente clasificadas como API.

**Verdaderos Negativos (VN):** número de preguntas generadas por humanos que fueron correctamente clasificadas como humanas.

A partir de esta matriz, se calcularán las métricas clave para evaluar la capacidad discri-

**Tabla 6.2.** Matriz de confusión global de clasificación de preguntas

|                 | Predicción IA (V) | Predicción Humano (F) |
|-----------------|-------------------|-----------------------|
| Real IA (P)     | 92                | 124                   |
| Real Humano (N) | 152               | 142                   |

minoritaria de los evaluadores, las cuales permitirán un análisis cuantitativo del desempeño en la identificación del origen de las preguntas.

### Métricas de desempeño

- **Precisión:** proporción de preguntas marcadas como IA que realmente lo son.

$$\text{Precisión} = \frac{VP}{VP + FP} = \frac{92}{92 + 124} \approx 42,6\%$$

- **Sensibilidad:** proporción de preguntas generadas por IA que se identifican correctamente.

$$\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FN} = \frac{92}{92 + 142} \approx 39,3\%$$

- **Especificidad:** proporción de preguntas humanas que se clasifican correctamente.

$$\text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FP} = \frac{152}{152 + 124} \approx 55,1\%$$

- **Valor Predictivo Negativo (VPN):** proporción de ítems marcados como humanos que realmente lo son.

$$\text{VPN} = \frac{VN}{VN + FN} = \frac{152}{152 + 142} \approx 51,7\%$$

- **Exactitud:** porcentaje total de clasificaciones correctas, tanto IA como humanas.

$$\text{Exactitud} = \frac{VP + VN}{VP + VN + FP + FN} = \frac{92 + 152}{510} \approx 47,8\%$$

- **F1 score:** media armónica de precisión y sensibilidad, útil cuando ambas métricas importan por igual.

$$F_1 = 2 \times \frac{\text{Precisión} \times \text{Sensibilidad}}{\text{Precisión} + \text{Sensibilidad}} \approx 40,9\%$$

## Conclusión

El F1 score (40,9 %) es la métrica más informativa en este caso, ya que combina la capacidad de identificar bien las preguntas de IA y de no confundir las humanas. Al estar por debajo del 50 % —el punto de referencia si la clasificación fuese completamente aleatoria entre dos opciones— confirmamos que los evaluadores no superan el azar y encuentran difícil distinguir ambos tipos de preguntas.

## 6.2. Análisis de rendimiento

### 6.2.1. Acotación superior de la complejidad en la generación de preguntas

Se realizaron pruebas de rendimiento exhaustivas utilizando varios documentos que abordaban temas relacionados, simulando escenarios similares a los que podría manejar un profesor dentro de una asignatura (curso) de Moodle. Para reflejar distintas situaciones reales, se procuró variar el tamaño y la extensión de estos documentos, desde textos cortos hasta otros considerablemente más largos. Durante estos experimentos iniciales, se observó que el rendimiento de *AIQuiz* presenta una dependencia cercana a la linealidad en función del tamaño del archivo: a medida que aumenta el volumen de texto del documento, el tiempo de procesamiento también crece de forma proporcional en la mayoría de los casos.

Este comportamiento sugiere que, en la práctica, la eficiencia del *plugin* puede verse limitada por el volumen de contenido a procesar, ya que un aumento sustancial en el tamaño del archivo suele implicar un incremento directo en el tiempo de espera.

### 6.2.2. Comparativa con modelo teórico

En esta sección se compara el rendimiento real del *plugin* con el modelo teórico descrito en la sección 1.2. Para ello, se utilizó como caso de prueba un fichero PDF de 1477 KB correspondiente a un tema de «Fundamentos de Computadores», centrado en circuitos digitales. El documento contenía texto, tablas e imágenes distribuidos de forma relati-

vamente homogénea.

Para comprobar esta tendencia de forma más rigurosa, se llevaron a cabo **100 ejecuciones de prueba** utilizando los modelos predeterminados (véase sección 5.8.3), tomando como referencia el fichero mencionado inicialmente.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

- **Generación de preguntas:** entre 19 y 35s, con una media de 23s por ejecución. Las variaciones máximas se atribuyen a la conectividad, no al rendimiento de la tarea.
- **Generación de *feedback*:** para el peor escenario posible, intento con 8 preguntas erróneas (véase la Subsección 5.8.6), se midió una media de 5s.

Suponiendo el escenario de la sección 1.2 (6 cuestionarios de 15 preguntas cada uno y 250 alumnos), el tiempo estimado sería:

$$T_{\text{preguntas}} = 23 \times (6 \times 15) = 690 \text{ s}, \quad T_{\text{feedback}} = 5 \times 250 \times 6 = 7\,500 \text{ s},$$

$$T_{\text{total}} = 690 + 7\,500 = 8\,190 \text{ s} \approx 2,28 \text{ h}.$$

Comparado con las 32,5 h del modelo teórico, el *plugin* tarda solo un 7% del tiempo estimado inicialmente, es decir, ahorra un 93% de tiempo y resulta práctico para su uso diario.:

$$\frac{2,28}{32,5} \approx 0,07,$$

En este capítulo se analiza el impacto social y ambiental de la solución propuesta, poniendo especial atención a su alineación con los [Objetivos de Desarrollo Sostenible \(ODS\)](#) [36]. Además, se plantean posibles mejoras y futuras líneas de evolución que permitan optimizar el *plugin* con el objetivo de identificar áreas de oportunidad para seguir avanzando hacia un producto más completo desde una perspectiva pedagógica.

## 7.1. Impacto del *plugin* en el contexto de los ODS

El desarrollo y uso del *plugin AIQuiz* conlleva diversas implicaciones sociales y ambientales que deben analizarse desde una perspectiva orientada a la sostenibilidad y en alineación con los [ODS](#).

### 7.1.1. Impacto social

*AIQuiz* genera beneficios significativos en el ámbito educativo, contribuyendo al cumplimiento del [ODS 4. Educación de calidad](#). La automatización de procesos de evaluación y revisión de contenidos educativos reduce considerablemente la carga de trabajo del profesorado, sobre todo en asignaturas con un número elevado de estudiantes, tal y como se estableció en la [Subsección 6.2.2, Comparativa con modelo teórico](#). Esta optimización permite dedicar más tiempo al diseño de actividades pedagógicas de mayor valor, fomenta una enseñanza más inclusiva y mejor adaptada a las necesidades individuales del alumnado.

## 7.1.2. Impacto ambiental

Los servicios de inteligencia artificial como [ChatGPT](#), provistos por OpenAI, se ejecutan en centros de datos altamente especializados que albergan y coordinan gran cantidad de servidores equipados con potentes [GPU](#). Estos centros están diseñados para ofrecer alta disponibilidad y capacidad de procesamiento, operando de forma continua para responder a las solicitudes de usuarios a nivel global. La infraestructura necesaria para mantener estos servicios requiere un consumo energético elevado, no solo para alimentar los equipos, sino también para sistemas de refrigeración que evitan el sobrecalentamiento.

- **Consumo energético:** Las solicitudes a sistemas que prestan servicios de entrenamiento y generación de contenido mediante modelos de inteligencia artificial, como [OpenAI](#), se procesan en centros de datos que demandan una cantidad significativa de energía para alimentar sus servidores y mantener operatividad constante. Aunque la procedencia de esta energía varía según la infraestructura y ubicación, buena parte del suministro mundial aún depende de fuentes fósiles, lo que contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero. Por eso, es clave impulsar el uso de energías renovables en estos centros, para que su crecimiento no vaya en detrimento del medio ambiente, alineándose con el **ODS 7. Energía asequible y no contaminante** que busca garantizar energía limpia y asequible para todos
- **Consumo hídrico:** Los sistemas de refrigeración empleados en los centros de datos, necesarios para evitar el sobrecalentamiento de equipos, suelen utilizar grandes volúmenes de agua, tanto en circuitos abiertos como cerrados. Esta demanda puede representar un desafío particular en regiones con estrés hídrico [37], donde la disponibilidad de agua es limitada y su uso intensivo puede afectar recursos locales críticos. Ante esta realidad, es fundamental que los centros de datos implementen tecnologías y prácticas que reduzcan el consumo de agua o que opten por alternativas que no generen huella hídrica, contribuyendo así a preservar este recurso vital, tal como promueve el **ODS 6. Agua limpia y saneamiento**, enfocado en el acceso y la gestión sostenible del agua.
- **Huella de carbono y huella hídrica:** La combinación del consumo energético basado en fuentes no renovables y el uso intensivo de agua para refrigeración genera una huella ambiental relevante. Esto impacta en la emisión de gases de efecto invernadero y en la presión sobre los recursos hídricos, elementos centrales en

la lucha contra el cambio climático y la sostenibilidad del planeta. Reducir estas huellas es un desafío global que requiere colaboración y compromiso continuo, imprescindible para enfrentar el cambio climático y avanzar hacia un futuro más sostenible, en línea con las metas del **ODS 13. Acción por el clima**.

En su conjunto, *AIQuiz* aporta un valor social destacado y refuerza la calidad educativa, pero plantea la necesidad de asumir un firme compromiso con la eficiencia y la sostenibilidad ambiental. Solo así será posible reducir tanto la huella energética como la hídrica, y avanzar hacia un ecosistema educativo digital más responsable y alineado con los **ODS** de la Agenda 2030.

## 7.2. Análisis crítico e incrementos futuros

El presente proyecto, consciente de sus limitaciones iniciales y la rápida evolución de las tecnologías implicadas, se presenta como una base sólida y funcional sobre la que construir futuras mejoras. Los siguientes incrementos están orientados a aumentar la seguridad, funcionalidad, eficiencia y mantenimiento del *plugin*, con el objetivo de maximizar su impacto educativo y garantizar su integración óptima en entornos reales:

1. **Inclusión de otros tipos de preguntas:** Ampliar el rango de formatos soportados para incorporar modalidades de evaluación adicionales, como preguntas de verdadero/falso y preguntas numéricas con introducción manual de solución, entre otras. Esta mejora incrementará la versatilidad y adaptabilidad del sistema a diversos contextos educativos.
2. **Implementar *hashing* de preguntas para evitar duplicados:** Desarrollar un sistema de *hashing* que permita identificar y prevenir la generación de preguntas duplicadas, incluso en escenarios donde se soliciten más preguntas de las que la **IA** puede elaborar con el contenido disponible. Esto contribuirá a asegurar la unicidad de las preguntas y aumentar la calidad del banco de preguntas evitando duplicados innecesarios.
3. **Integración de *AI Question Vault*:** Actualmente, la eliminación de un cuestionario inteligente implica también la eliminación de las preguntas asociadas, limitando la reutilización del contenido generado. Por lo que es de interés crear un método a través del cual se le pueda facilitar la reutilización de preguntas. Es por

eso que se propone incorporar una estructura de categorías para cada curso con subcategorías específicas en las que se almacenarán las preguntas generadas por cada cuestionario inteligente de forma ordenada.

4. **Encriptación y desencriptación del archivo .env:** Implementar mecanismos robustos para proteger la clave de [API](#) de [OpenAI](#) utilizada por el sistema y almacenada en el archivo .env.
5. **Mejorar el proceso de recuperación de preguntas usando formato JSON:** Eliminar la necesidad de extraer la información de las preguntas mediante expresiones regulares, ajustando la salida del asistente de generación de preguntas (`response_format`) a formato [JSON](#). Este cambio facilitará la integración de traducciones, simplificará el procesamiento y potenciará a largo plazo la extensibilidad del sistema.
6. **Optimización de estructura actual de la base de datos:** Investigar la posibilidad de optimizar el diseño de la estructura de almacenamiento para eliminar la duplicidad de tablas y datos. Esta optimización simplificará la administración del sistema a largo plazo.
7. **Eliminación del procesamiento mediante archivos temporales:** Implementar un método alternativo al uso de archivos temporales para el procesamiento de documentos, con el objetivo de acelerar los tiempos de operación y disminuir el consumo de recursos del servidor.
8. **Refactorización general del código base del sistema:** Llevar a cabo una limpieza y reorganización del código fuente, eliminando código muerto y favoreciendo la máxima reutilización del código existente. Esto facilitará la incorporación de futuras funcionalidades y reducirá la probabilidad de errores.
9. **Publicación en el repositorio oficial de Moodle:** Adecuar el *plugin* para cumplir con los estándares de calidad, seguridad y compatibilidad exigidos por la comunidad [Moodle](#) y someterlo a revisión para su inclusión en el repositorio oficial. Este paso permitirá una mayor difusión y adopción del sistema.

Estas mejoras representan retos técnicos y organizativos, pero también trazan una hoja de ruta clara para transformar *AIQuiz* en una herramienta más robusta, flexible y alineada con las necesidades actuales y futuras del aprendizaje digital.

# A. Capturas de pantalla del plugin

En este apéndice se recopilan un conjunto de capturas de pantalla que se referencian frecuentemente a lo largo del proyecto o que, debido a su tamaño o a su inclusión, obstaculizarían el transcurso lógico del texto.

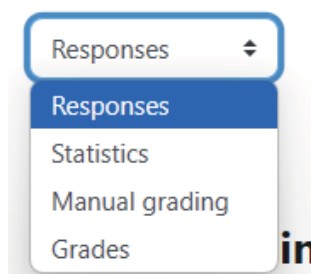
## Permissions in AIQuiz: Cuestionario T3

Advanced role override

Filter

| Capability   | Risks | Roles with permission                                 | Prohibited |
|--|-------|---|------------|
| <b>Insert H5P</b>  |       |   |            |
| <a href="#">Add embedded H5P</a><br>atto/h5p:addembed                                    |       | Teacher   | +          |
| <b>RecordRTC</b>   |       |   |            |
| <a href="#">Record audio directly into the text editor</a><br>atto/recordrtc:recordaudio |       | Authenticated user                                    | +          |
| <a href="#">Record video directly into the text editor</a><br>atto/recordrtc:recordvideo |       | Authenticated user                                    | +          |
| <b>Activity: AIQuiz</b>  |       |   |            |
| <a href="#">[[aiquiz:attempt]]</a><br>mod/aiquiz:attempt                                 |       | Student   | +          |
| <a href="#">[[aiquiz:gradequiz]]</a><br>mod/aiquiz:gradequiz                             |       | Non-editing teacher  Teacher  Manager                 | +          |
| <a href="#">[[aiquiz:manage]]</a><br>mod/aiquiz:manage                                   |       | Teacher  Manager                                      | +          |
| <a href="#">[[aiquiz:manageoverrides]]</a><br>mod/aiquiz:manageoverrides                 |       | Teacher  Manager                                      | +          |
| <a href="#">[[aiquiz:preview]]</a><br>mod/aiquiz:preview                                 |       | Non-editing teacher  Teacher  Manager                 | +          |
| <a href="#">[[aiquiz:reviewmyattempts]]</a><br>mod/aiquiz:reviewmyattempts               |       | Student   | +          |
| <a href="#">[[aiquiz:view]]</a><br>mod/aiquiz:view                                       |       | Guest  Student  Non-editing teacher  Teacher  Manager | +          |

Figura A.1. Gestión de permisos en cuestionarios inteligentes



**Figura A.2.** Despliegue del menú de selección de informes estadísticos

## Filter settings in AI Quiz: Cuestionario T1 [?](#)



| Filter                             | Active?                                       |
|------------------------------------|---|
| Display H5P                        | Default (On) <input type="button" value="⌵"/> |
| Activity names auto-linking        | Default (On) <input type="button" value="⌵"/> |
| MathJax                            | Default (On) <input type="button" value="⌵"/> |
| Display emoticons as images        | Default (On) <input type="button" value="⌵"/> |
| Convert URLs into links and images | Default (On) <input type="button" value="⌵"/> |
| Multimedia plugins                 | Default (On) <input type="button" value="⌵"/> |

**Figura A.3.** Panel de configuración de filtros y complementos de visualización en cuestionarios inteligentes

## AI Quiz

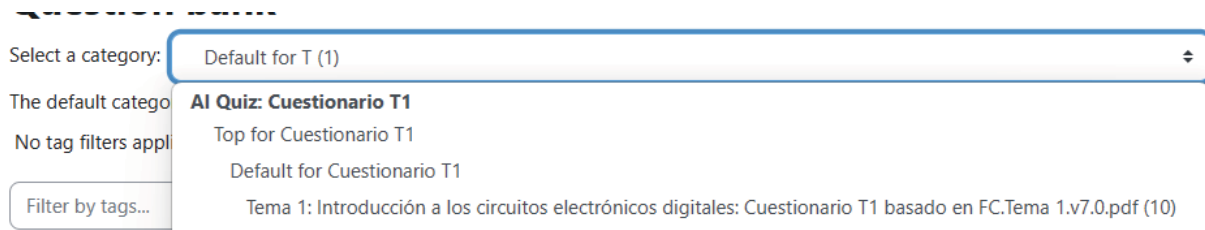
### Configuración de OpenAI

En esta sección puedes configurar la clave API de OpenAI y los modelos usados para la generación de preguntas y retroalimentación. La clave API es necesaria para acceder a los servicios de OpenAI, y los modelos determinan cómo la IA genera preguntas y retroalimentación basadas en el contenido proporcionado.

|  |  |
|--|--|
| <p>Clave API de OpenAI<br/><small>mod_aiquiz   apikey</small></p>  | <p>.....  </p> <p>En este campo puedes ingresar la clave API de OpenAI. Esta clave se usa para autenticar tus solicitudes y asegurar que tienes acceso a las funciones de IA. Asegúrate de mantener esta clave segura y no compartirla con nadie más.</p>  |
| <p>Modelo de OpenAI para generación de preguntas:<br/><small>mod_aiquiz   questiongenmodel</small></p>         | <p><input type="text" value="gpt-4.1-mini"/> Valor por defecto: gpt-4.1-mini</p> <p>En este campo puedes ingresar tu modelo preferido para la tarea de generación de preguntas</p>   |
| <p>Instrucciones para generar preguntas<br/><small>questiongenerationprompt</small></p>                        | <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px;"> <p>Eres un generador de preguntas de opción múltiple basadas en documentos PDF.<br/>Genera preguntas únicas con 4 opciones de respuesta cada una, asegurando una única respuesta correcta por pregunta.</p> <p>Reglas estrictas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No incluyas pistas en la redacción de las preguntas.</li> <li>- Cubre todo el documento con las preguntas, no solo fragmentos.</li> <li>- Usa español, salvo términos sin traducción en el texto original.</li> </ul> </div> <p>Valor por defecto:<br/>Este es el conjunto de instrucciones que tiene la IA para generar preguntas. Edítalo con cuidado.</p>  |
| <p>Modelo de OpenAI para generación de retroalimentación:<br/><small>mod_aiquiz   feedbackgenmodel</small></p> | <p><input type="text" value="gpt-4.1-nano"/> Valor por defecto: gpt-4.1-nano</p> <p>En este campo puedes ingresar tu modelo preferido para la tarea de generación de retroalimentación</p>   |
| <p>Instrucciones para generar retroalimentación<br/><small>feedbackgenerationprompt</small></p>                | <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px;"> <p>Eres un generador de retroalimentación para cuestionarios. Recibirás un JSON con las respuestas incorrectas de un usuario. Si el JSON está vacío o no contiene respuestas incorrectas no devuelvas absolutamente nada.</p> <p>El JSON recibido contiene la siguiente estructura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <code>"questionsummary"</code>: Resumen de la pregunta.</li> <li>- <code>"rightanswer"</code>: Respuesta correcta.</li> <li>- <code>"responsesummary"</code>: Respuesta seleccionada por el usuario (si es <code>null</code>, significa que el</li> </ul> </div> <p>Valor por defecto:<br/>Este es el conjunto de instrucciones que tiene la IA para generar retroalimentación. Edítalo con cuidado.</p> |

[Guardar cambios](#)

**Figura A.4.** Interfaz de usuario para la configuración del plugin



**Figura A.5.** Ejemplo de nomenclatura de categorías de preguntas generadas por cuestionarios inteligentes

Necesitas subir al menos un archivo en la sección Tema 1: Introducción a los circuitos electrónicos digitales antes de crear una instancia de AI Quiz en ella. ✕

### ▼ Tema 1: Introducción a los circuitos electrónicos digitales Colapsar todo ⋮



LECCIÓN

Lección T1 ✎

Marcar como hecha



TAREA

Entrega 1: Proyecto base ✎

Marcar como hecha



**Apertura:** jueves, 26 de junio de 2025, 00:00

**Cierre:** jueves, 3 de julio de 2025, 00:00



Añadir una actividad o un recurso

**Figura A.6.** Notificación visual de error en la configuración a nivel de curso al intentar crear un cuestionario inteligente

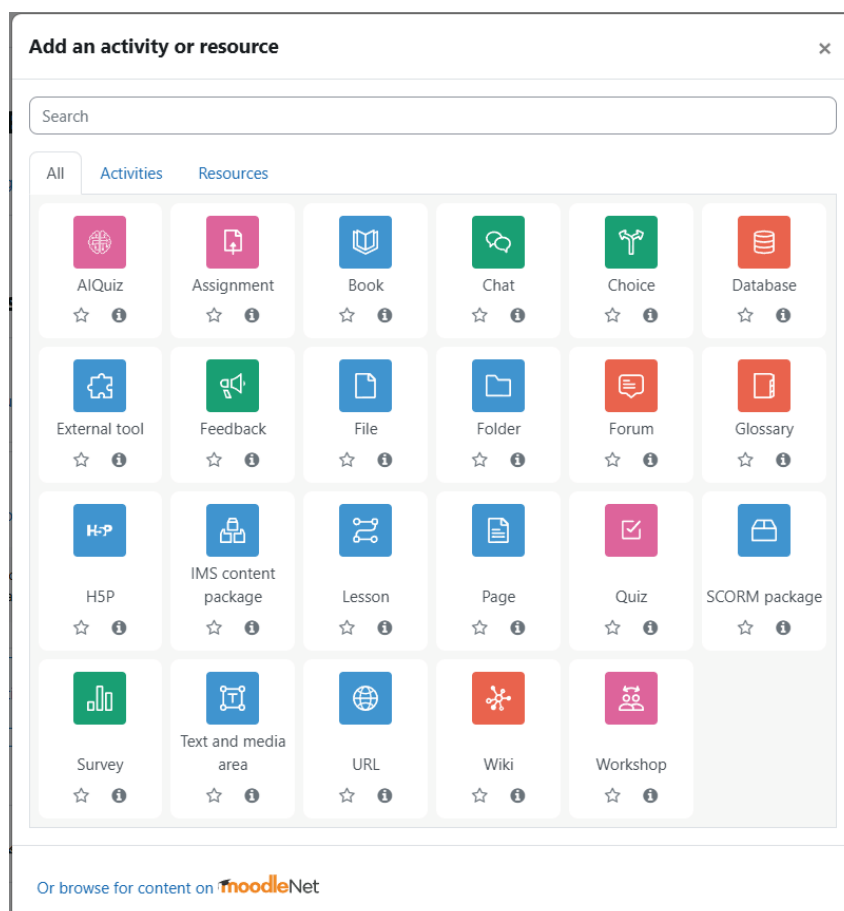




Figura A.7. Selector de actividades después de agregar *AIQuiz* con función `supports()`

## AI Quiz

### Configuración de OpenAI

En esta sección puedes configurar la clave API de OpenAI y los modelos usados para la generación de preguntas y retroalimentación. La clave API es necesaria para acceder a los servicios de OpenAI, y los modelos determinan cómo la IA genera preguntas y retroalimentación basadas en el contenido proporcionado.

Clave API de OpenAI `test`    
mod\_aiquiz | apikey

En este campo puedes ingresar la clave API de OpenAI. Esta clave se usa para autenticar tus solicitudes y asegurar que tienes acceso a las funciones de IA. Asegúrate de mantener esta clave segura y no compartirla con nadie más.

La clave API proporcionada no es válida. Por favor verifica tu clave e inténtalo de nuevo.



Guardar cambios

Figura A.8. Comprobación y validación de la clave `API` durante la configuración del *plugin*.

## FUNDAMENTOS DE COMPUTADORES

[Course](#) [Settings](#) [Participants](#) [Grades](#) [Reports](#) [More](#) ▾

### ▼ Tema 1: Introducción a los circuitos electrónicos digitales Collapse all ⋮

 FILE  
Introducción a los circuitos electrónicos digitales 

⋮

Add an activity or resource

**Figura A.9.** Vista del archivo adjunto al cuestionario en la sección del curso

T / Cuestionario T1



AI QUIZ

## Cuestionario T1

[AI Quiz](#) [Question bank](#)

Time limit: 5 mins

Grading method: Average grade

Grade to pass: 5.00 out of 10.00

**Figura A.10.** Interfaz de visualización de cuestionario para el alumno

AI Quiz Settings Overrides More ▾

Back

## Questionario T1

### Summary of attempt

| Question | Status       |
|----------|--------------|
| 1        | Answer saved |
| 2        | Answer saved |
| 3        | Answer saved |
| 4        | Answer saved |
| 5        | Answer saved |
| 6        | Answer saved |
| 7        | Answer saved |
| 8        | Answer saved |
| 9        | Answer saved |
| 10       | Answer saved |

Return to attempt

Time left 0:03:24

This attempt must be submitted by Monday, 30 June 2025, 4:57 PM.

Submit all and finish

#### AI Quiz navigation

1 2 3 4 5 6 7  
8 9 10

**Figura A.11.** Pantalla resumen del intento antes de la entrega final

T / Cuestionario T1



## Cuestionario T1

AI Quiz [Question bank](#)

|                     |                               |
|---------------------|-------------------------------|
| <b>Started on</b>   | Monday, 30 June 2025, 9:43 AM |
| <b>State</b>        | Finished                      |
| <b>Completed on</b> | Monday, 30 June 2025, 9:46 AM |
| <b>Time taken</b>   | 2 mins 27 secs                |
| <b>Grade</b>        | 4.00 out of 10.00 (40%)       |

### Question 1

Correct

Mark 1.00 out of 1.00

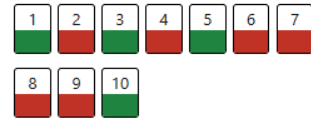
[Flag question](#)

¿Cuál es una ventaja principal que explica por qué los sistemas digitales han reemplazado a los analógicos en muchos ámbitos?

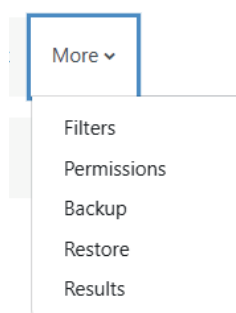
- a. Los sistemas digitales no necesitan conversión analógica-digital
- b. Los sistemas digitales ofrecen mejor calidad y menor coste ✔
- c. Los sistemas digitales manipulan señales continuas con mayor precisión
- d. Los sistemas digitales no requieren programación

The correct answer is:  
Los sistemas digitales ofrecen mejor calidad y menor coste

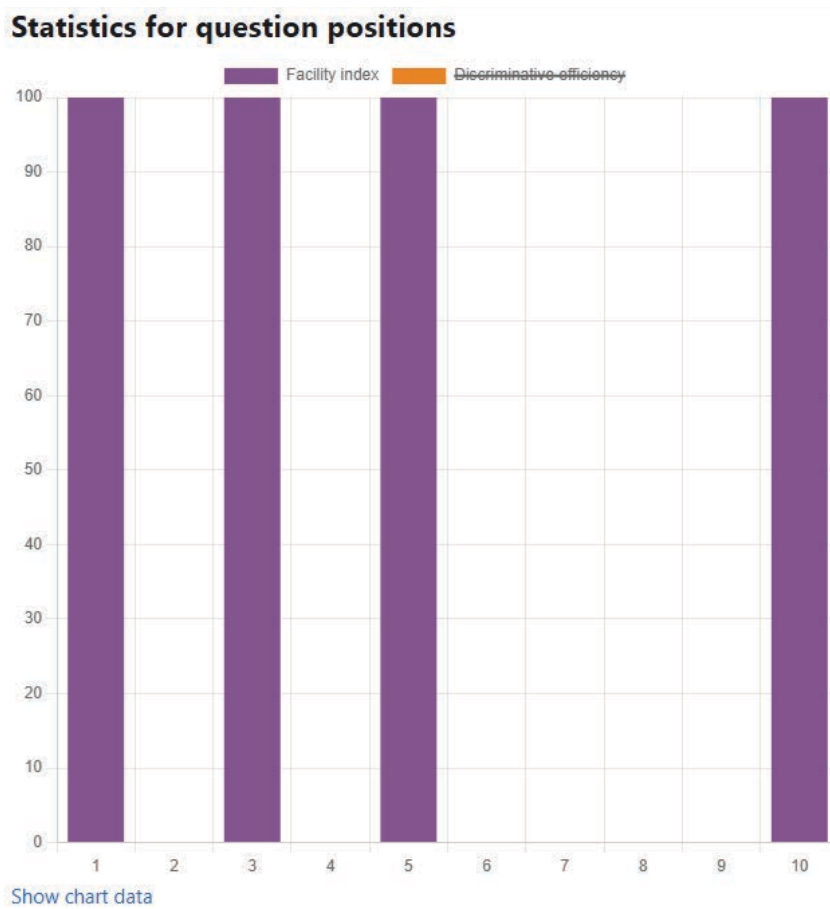
### AI Quiz navigation


[Finish review](#)

**Figura A.12.** Vista de revisión de respuestas recibidas



**Figura A.13.** Selección del menú de administración desde la vista del cuestionario

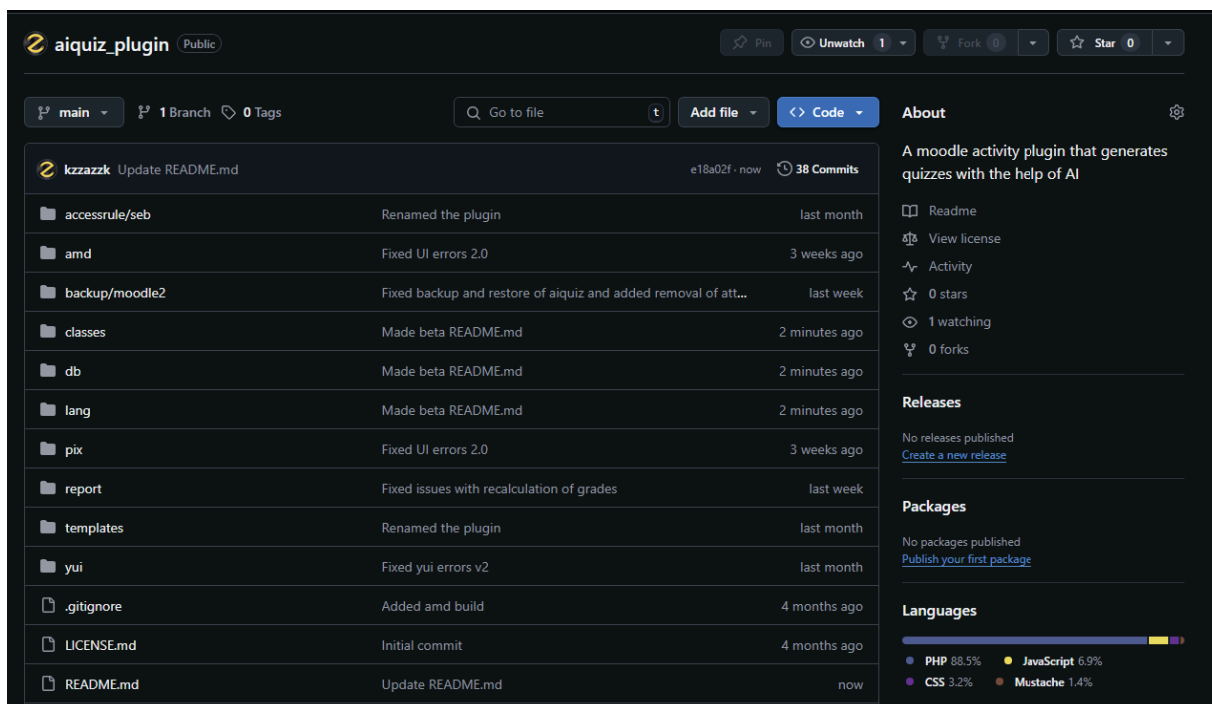


**Figura A.14.** Gráfica de correlación entre la posición de la pregunta y la tasa de aciertos

## B.

# Código del proyecto

Todo el código fuente del proyecto estará disponible para su exploración en el siguiente repositorio de [GitHub](https://github.com/kzzazzk/aiquiz_plugin) [https://github.com/kzzazzk/aiquiz\\_plugin](https://github.com/kzzazzk/aiquiz_plugin). Además, se incluirá un archivo `README.md` que detallará los pasos necesarios para la instalación y configuración del *plugin*, dirigido especialmente a los administradores de los sitios web [Moodle](#).



The screenshot shows the GitHub repository page for 'aiquiz\_plugin'. The repository is public and has 38 commits. The main branch is selected. The repository description is 'A moodle activity plugin that generates quizzes with the help of AI'. The repository contains several folders and files, including 'accessrule/seb', 'amd', 'backup/moodle2', 'classes', 'db', 'lang', 'pix', 'report', 'templates', 'yui', '.gitignore', 'LICENSE.md', and 'README.md'. The 'Languages' section shows the following distribution: PHP 88.5%, JavaScript 6.9%, CSS 3.2%, and Mustache 1.4%.

| File/Folder    | Description  | Time          |
|----------------|--|---------------|
| accessrule/seb | Renamed the plugin   | last month    |
| amd            | Fixed UI errors 2.0  | 3 weeks ago   |
| backup/moodle2 | Fixed backup and restore of aiquiz and added removal of att... | last week     |
| classes        | Made beta README.md  | 2 minutes ago |
| db             | Made beta README.md  | 2 minutes ago |
| lang           | Made beta README.md  | 2 minutes ago |
| pix            | Fixed UI errors 2.0  | 3 weeks ago   |
| report         | Fixed issues with recalculation of grades                      | last week     |
| templates      | Renamed the plugin   | last month    |
| yui            | Fixed yui errors v2  | last month    |
| .gitignore     | Added amd build  | 4 months ago  |
| LICENSE.md     | Initial commit   | 4 months ago  |
| README.md      | Update README.md   | now           |

Figura B.1. Vista de repositorio de [GitHub](#)

# Referencias

---

- [1] C. C. R. Stéphan Vincent-Lancrin y F. Reimers, *OECD: How Learning Continued during the COVID-19 Pandemic, GLOBAL LESSONS FROM INITIATIVES TO SUPPORT LEARNERS AND TEACHERS*, en, 2022. dirección: [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/01/how-learning-continued-during-the-covid-19-pandemic\\_a49fd1c1/beaca162-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/01/how-learning-continued-during-the-covid-19-pandemic_a49fd1c1/beaca162-en.pdf).
- [2] UNESCO, *National education responses to COVID-19: summary report of UNESCO's online survey*, en,fr, 2022. dirección: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373322>.
- [3] G. T. de Estadística. «Estadística de la Sociedad de la Información y la Comunicación en los centros educativos no universitarios. Curso 2022-2023.» (), dirección: <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/dam/jcr:a9b9e552-9da6-4e4d-9c3b-b376afb61f47/nota22-23-since.pdf>. (accessed: 01.05.2025).
- [4] CRUE, «UniversiTIC 2022: Evolución de la madurez digital de las universidades españolas,» es, 2022. dirección: <https://www.crue.org/wp-content/uploads/2023/11/Universitic-2022-Crue.pdf>.
- [5] A. J. P. Carmen M. Hernández Lydia Lera Marqués, «La modalidad de trabajo remoto y la percepción de sobrecarga laboral como factores de estresores en los entornos laborales de los docentes: una revisión de la literatura,» es, 2023. dirección: [https://www.rade.es/imageslib/PUBLICACIONES/ARTICULOS/V8N2%20-%2005%20-%20A0%20-%20HERNANDEZ\\_trabajo%20remoto.pdf](https://www.rade.es/imageslib/PUBLICACIONES/ARTICULOS/V8N2%20-%2005%20-%20A0%20-%20HERNANDEZ_trabajo%20remoto.pdf).
- [6] «PHP: rand - Manual.» en. (), dirección: <https://www.php.net/manual/en/function.rand.php>.
- [7] M. Matsumoto y T. Nishimura, «Mersenne twister: a 623-dimensionally equidistributed uniform pseudo-random number generator,» *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation (TOMACS)*, vol. 8, n.º 1, págs. 3-30, 1998.
- [8] «Mersenne Twister Home Page : Frequently asked questions.» en. (), dirección: <https://www.math.sci.hiroshima-u.ac.jp/m-mat/MT/efaq.html#>:

- ~: text=Mersenne%20Twister%20is%20not%20cryptographically, based%20on%20a%20linear%20recursion..
- [9] S. de Ordenación Académica y de Postgrado. «Datos de la titulación 61IW – Curso 2023-24.» (2025), dirección: [https://www.etsisi.upm.es/sites/default/files/calidad/Informes/61IW/23-24-datos\\_tasas-61iw.pdf](https://www.etsisi.upm.es/sites/default/files/calidad/Informes/61IW/23-24-datos_tasas-61iw.pdf). Accedido el 1 de mayo, 2025.
- [10] «Skinner Teaching Machine.» en. (), dirección: [https://americanhistory.si.edu/collections/object/nmah\\_690062](https://americanhistory.si.edu/collections/object/nmah_690062).
- [11] G. E. O. o. M. a. Communications, «PLATO,» en, dirección: <https://grainger.illinois.edu/news/magazine/plato>.
- [12] U. of British Columbia, «Murray Goldberg developed WebCT | Computer Science at UBC,» en, abr. de 1995. dirección: <https://www.cs.ubc.ca/murray-goldberg-developed-webct> (visitado 03-06-2025).
- [13] G. E. Group, «History of Blackboard and The Blackboard Learning System,» en-US, sep. de 2007. dirección: <https://gilfuseducationgroup.com/history-of-blackboard-and-the-blackboard-learning-system/> (visitado 03-06-2025).
- [14] J. Ménard, «WebCT and How it Helped Open Source LMS,» en-US, *ListEdTech*, mayo de 2015. dirección: <https://listedtech.com/blog/webct-and-how-it-helped-open-source/>.
- [15] Moodle. «Filosofía de Moodle.» (2025), dirección: <https://docs.moodle.org/all/es/Filosof%C3%ADa>. Accedido el 1 de mayo, 2025.
- [16] Moodle. «Estadísticas de uso de Moodle.» (2025), dirección: <https://stats.moodle.org>. Accedido el 1 de mayo, 2025.
- [17] «The History of Artificial Intelligence | IBM.» en. (oct. de 2024), dirección: <https://www.ibm.com/think/topics/history-of-artificial-intelligence>.
- [18] «Plugin Types | Moodle Developer Resources.» en. (dic. de 2022), dirección: <https://moodledev.io/docs/4.1/apis/pluginintypes>.
- [19] «Comportamientos de preguntas - MoodleDocs.» (), dirección: [https://docs.moodle.org/all/es/Comportamientos\\_de\\_preguntas](https://docs.moodle.org/all/es/Comportamientos_de_preguntas) (visitado 04-07-2025).
- [20] «API Guides | Moodle Developer Resources.» en-AU. (mayo de 2024), dirección: <https://moodledev.io/docs/4.1/apis> (visitado 08-07-2025).

- [21] «Question types - MoodleDocs.» (), dirección: [https://docs.moodle.org/401/en/Question\\_types](https://docs.moodle.org/401/en/Question_types) (visitado 04-07-2025).
- [22] «Moodle plugin repository: AI Text to questions generator.» en. (), dirección: [https://moodle.org/plugins/local\\_aiquestions](https://moodle.org/plugins/local_aiquestions).
- [23] «Evaluate RAG with LlamaIndex.» en. (), dirección: [https://cookbook.openai.com/examples/evaluation/evaluate\\_rag\\_with\\_llamaindex](https://cookbook.openai.com/examples/evaluation/evaluate_rag_with_llamaindex).
- [24] «Revista de investigación aplicada a la ingeniería febrero 2018.» es. (2018), dirección: [https://www.researchgate.net/publication/333175289\\_revista\\_de\\_investigacion\\_aplicada\\_a\\_la\\_ingenieria\\_febrero\\_2018](https://www.researchgate.net/publication/333175289_revista_de_investigacion_aplicada_a_la_ingenieria_febrero_2018).
- [25] «Moodle Academy: Itinerario de aprendizaje para desarrolladores.» en. (), dirección: <https://moodle.academy/mod/page/view.php?id=59&forceview=1>.
- [26] «Moodle APIs: File List.» (), dirección: <https://wimski.org/api/4.1/files.html> (visitado 30-06-2025).
- [27] «Moodle 4.1 ER diagram.» (), dirección: <https://examulator.com/er/4.1/> (visitado 30-06-2025).
- [28] «OpenAI Platform.» en. (), dirección: <https://platform.openai.com> (visitado 30-06-2025).
- [29] «MoodleDocs.» (), dirección: [https://docs.moodle.org/401/en/Main\\_page](https://docs.moodle.org/401/en/Main_page) (visitado 30-06-2025).
- [30] «Todos los cursos | Moodle.org.» es. (), dirección: <https://moodle.org/course/> (visitado 30-06-2025).
- [31] «Welcome to the Moodle Developer Resource site | Moodle Developer Resources.» en-AU. (), dirección: <https://moodledev.io/> (visitado 30-06-2025).
- [32] «Moodle 4.1: Release notes.» en. (), dirección: <https://moodledev.io/general/releases/4.1>.
- [33] «Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.» es. (), dirección: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=B0E-A-2018-16673>.
- [34] «El Reglamento General de Protección de Datos o Reglamento 2016/679.» es. (), dirección: <https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf>.

- [35] «Repaso 1ª evaluación Matemáticas 4º ESO 10th - 12th Grade Quiz | Wayground.» (), dirección: <https://quizizz.com/admin/quiz/5d1f240b0e4291001a91161c/repaso-1-evaluacion-matematicas-4-eso> (visitado 30-06-2025).
- [36] M. J. Gamez. «Objetivos y metas de desarrollo sostenible.» es. (), dirección: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> (visitado 30-06-2025).
- [37] A. R. Chow, «Elon Musk's New AI Data Center Raises Alarms Over Pollution,» en, *TIME*, sep. de 2024. dirección: <https://time.com/7021709/elon-musk-xai-grok-memphis/> (visitado 07-07-2025).

# Índice de términos

---

## Glosario

**prompt** Texto de entrada que se proporciona a un modelo de lenguaje para guiar la generación de respuestas. [26](#), [27](#)

**widget** Elemento visual interactivo dentro de una interfaz gráfica de usuario, utilizado para mostrar información o facilitar la interacción del usuario con una aplicación. [11](#)

**Apache** Servidor web de código abierto desarrollado y mantenido por la *Apache Software Foundation*. [41](#), [65](#)

**Bootstrap** Framework de código abierto para diseño de interfaces web responsivas y móviles, desarrollado originalmente por Twitter en 2011. [38](#)

**cuestionario inteligente** Usado para referirse a AIQuiz, que es un plugin basado en los cuestionarios nativos incluyendo funcionalidades de automatización basadas en inteligencia artificial. [2](#), [5](#), [67](#), [70](#)

**cuestionario nativo** Plugin de cuestionarios incluido de forma predeterminada en el núcleo de Moodle. [12](#), [18](#), [20](#), [23](#), [28](#), [47](#), [69](#), [79](#), [80](#)

**Ghostscript** Software para la interpretación, visualización y conversión de archivos en formato PostScript y PDF, creado por L. Peter Deutsch en 1988. [39](#), [76](#), [98](#)

**GitHub** Servicio web de alojamiento de repositorios Git para control de versiones y colaboración en proyectos de desarrollo de software. [41](#), [57](#), [133](#), [VII](#)

**Hugging Face** Empresa y plataforma de inteligencia artificial centrada en modelos de aprendizaje automático y procesamiento de lenguaje natural, conocida por su repositorio de modelos y herramientas de colaboración. [30](#)

- JavaScript** «Lenguaje de programación» interpretado, orientado a objetos y basado en prototipos, utilizado principalmente para añadir interactividad en páginas web. [38](#), [41](#)
- LLaMA** Familia de modelos de lenguaje preentrenados desarrollados por Meta AI (*Large Language Model Meta AI*), lanzada en marzo de 2023. [30](#)
- MathJax** Librería de JavaScript para renderizar notación matemática en páginas web a partir de  $\text{\LaTeX}$ , MathML y AsciiMath. [19](#)
- Mistral** Empresa francesa de inteligencia artificial y su familia de modelos de lenguaje de alto rendimiento (e.g., Mistral 7B). [30](#)
- Moodle** Sistema para la gestión de cursos de código abierto para aprendizaje por internet. [2–6](#), [8](#), [10–15](#), [19–21](#), [23](#), [27](#), [29](#), [32–39](#), [41](#), [42](#), [45](#), [47](#), [50](#), [53](#), [56](#), [57](#), [63](#), [65–70](#), [73](#), [75](#), [76](#), [78](#), [79](#), [81–84](#), [91–93](#), [95](#), [97](#), [100](#), [103](#), [118](#), [123](#), [133](#), [V](#), [IX](#)
- MySQL** Sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto desarrollado inicialmente por MySQL AB y actualmente mantenido por Oracle. [41](#), [65](#)
- Ollama** Herramienta de línea de comandos para alojar e interactuar con modelos de lenguaje locales en tu equipo. [30](#), [40](#)
- OpenAI** Organización de investigación en inteligencia artificial fundada en 2015 con el objetivo (en su inicio, no en la actualidad) de desarrollar y promover IA segura y beneficiosa para la humanidad. [2](#), [4](#), [5](#), [9](#), [24](#), [26](#), [27](#), [31](#), [32](#), [37–42](#), [56](#), [62](#), [66](#), [74](#), [76](#), [77](#), [94](#), [95](#), [97](#), [100](#), [104](#), [121](#), [123](#)
- PHP** Lenguaje de *scripting* de propósito general, especialmente adecuado para el desarrollo web y aplicaciones del lado del servidor. [3](#), [18](#), [32](#), [33](#), [35](#), [36](#), [38](#), [40](#), [41](#), [66](#), [78](#), [79](#)
- Python** Lenguaje de programación interpretado de alto nivel, multiparadigma y de tipado dinámico, creado por Guido van Rossum en 1991. [30](#), [32](#), [33](#), [38](#)
- RESTful** Que sigue los principios de REST (*Representational State Transfer*), un estilo de arquitectura para servicios web basado en recursos y operaciones HTTP estándar. [24](#)

# Siglas

**AJAX** *Asynchronous JavaScript and XML*. 38

**API** Del inglés, *application programming interface*. 2, 4, 5, 9, 19, 24, 26, 30–32, 36, 37, 39, 40, 46, 56, 57, 62, 64, 66, 73, 75–77, 82, 83, 87, 93, 95, 96, 100, 102, 104, 116, 123, 128, VII

**ASCII** *American Standard Code for Information Interchange*. 102

**ChatGPT** Modelo de lenguaje conversacional basado en la arquitectura *Transformer* y preentrenado por OpenAI. 9, 121

**CRUD** Operaciones básicas en sistemas de gestión de datos: *Create* (crear), *Read* (leer), *Update* (actualizar) y *Delete* (eliminar). 20, 45

**CRUE** Asociación que agrupa a los rectores de las universidades españolas para coordinar políticas y representar a todo el colectivo universitario. 1

**CSS** Lenguaje de hojas de estilo en cascada utilizado para describir la presentación de documentos HTML y XML. 38, 41

**CSV** *Comma-Separated Values*. 51, 53

**DBMS** Del inglés, *database management system*. Sistema de software que permite crear, gestionar y manipular bases de datos. 36, 41, 65

**EAO** enseñanza asistida por ordenador. 6

**ESO** Educación Secundaria Obligatoria. 115

**EVA** entorno virtual de aprendizaje. 1, 2

**FPDF** Clase de PHP que permite generar archivos PDF con PHP puro, sin dependencia de librerías externas. 40, 99

**FPDI** Biblioteca en PHP que extiende FPDF para importar páginas de documentos PDF existentes. 39, 40, 99, IX

**GPT** Serie de modelos de lenguaje generativos basados en la arquitectura *Transformer* y preentrenados por OpenAI. 25, 88, VIII

- GPU** Del inglés, *Graphics Processing Unit*. 30, 31, 121
- GUI** Del inglés, *graphical user interface*. 47, 83
- H5P** Framework de código abierto basado en JavaScript para crear y compartir contenido interactivo en la web. 19
- HTML** *HyperText Markup Language*. 51, 53, 67
- HTTP** *Hypertext Transfer Protocol*. 24, 39, 40, 65, 76
- IA** inteligencia artificial. 2, 4, 5, 9, 10, 24, 26, 37, 42, 44, 46, 47, 58, 64, 66, 74, 82, 84, 90, 104, 105, 115–118, 122
- IP** *Internet Protocol*. 15
- JSON** *JavaScript Object Notation*. 51, 53, 104, 105, 123
- LLM** Del inglés, *large language model*, modelo basado en técnicas de aprendizaje automático entrenado con cantidades ingentes de texto para generar y comprender lenguaje natural. 4, 5, 25, 26, 30, 31, 39, 87
- LOPDGDD** Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y Garantía de Derechos Digitales. 42
- OCR** Del inglés, *Optical Character Recognition*. 33
- ODS** Objetivos de Desarrollo Sostenible. 120–122
- PDF** Formato de documento desarrollado por Adobe Systems. 2, 4, 5, 28, 33, 39, 40, 46, 51, 53, 66, 73, 75, 76, 98–100, 106, 118, IX
- PEC** Patrón de diseño de interfaz de usuario que permite expandir y contraer secciones de contenido. 41
- RAG** Técnica de generación de lenguaje que incorpora recuperación de información externa para mejorar la calidad y precisión de las respuestas. 30, V
- REST** Estilo de arquitectura para servicios web basado en recursos y operaciones HTTP estándar. 31
- RGPD** Reglamento General de Protección de Datos. 42

**SGA** sistema de gestión de aprendizaje. [2](#), [7](#), [8](#)

**SQL** Lenguaje para gestionar y manipular bases de datos relacionales. [36](#), [38](#), [67](#)

**URL** *Uniform Resource Locator*. [78](#)

**WAMP** Windows, Apache, MySQL, PHP. [41](#), [72](#)

**XAMPP** Cross-Platform, Apache, MariaDB, PHP, Perl. [41](#), [72](#)

