

Universidad Autónoma de Madrid

Escuela Politécnica Superior



Grado en Ingeniería Informática

TRABAJO FIN DE GRADO

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CUESTIONARIOS
ADAPTATIVOS PARA EL APOYO AL APRENDIZAJE**

Pablo Molins Ruano
Tutor: Pilar Rodríguez Marín

JUNIO 2015

Abstract

Abstract — TODO: Resumen en inglés, 250-500 palabras.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam malesuada libero auctor sapien volutpat, sed fringilla enim tristique. Aliquam varius lorem in risus tempus egestas. Aenean accumsan elementum diam vel commodo. Nulla lectus sapien, finibus ac mauris non, efficitur venenatis felis. Donec at rutrum dolor, a lobortis arcu. In fermentum hendrerit bibendum. Phasellus eget arcu quam. Maecenas vulputate sapien eu dictum pulvinar. Suspendisse sit amet neque a turpis efficitur dapibus ut et turpis.

Vestibulum commodo faucibus tellus vitae consequat. Donec purus enim, hendrerit vitae feugiat sed, sagittis in tortor. Duis sed ex non ligula cursus dapibus. Etiam pellentesque suscipit dolor, vel facilisis est ornare sed. Nullam eleifend tellus non elementum efficitur. Donec semper felis ac porttitor ultricies. Vestibulum sodales justo nisl, in egestas lacus egestas nec. Fusce faucibus felis lacus, sit amet placerat justo porta vitae. Nullam volutpat viverra lorem quis euismod. Duis felis erat, dictum et sem vitae, fringilla ultrices dui. Morbi mattis arcu at orci accumsan facilisis. Aenean tortor velit, hendrerit id vulputate ac, sagittis nec libero. Donec elementum dolor orci, a mattis augue lobortis nec. Suspendisse vulputate, diam vel accumsan pellentesque, ex purus volutpat ipsum, vel luctus urna sem non turpis. Donec vitae molestie odio.

Donec lobortis, eros non sodales dapibus, ex eros sollicitudin tortor, ut vulputate massa nibh sit amet ipsum. Sed a lectus eu diam pretium vestibulum. Pellentesque finibus, felis ac finibus vulputate, libero mauris placerat nulla, ut vestibulum ante metus ut neque. Aliquam tempus tortor ac mauris pulvinar iaculis. Vivamus pretium id libero sed tempus. Donec tincidunt turpis tempor vehicula egestas. Vestibulum elementum, urna non tincidunt tempus, risus ipsum posuere felis, ac suscipit diam nunc et neque. Vestibulum faucibus leo vel nibh tempor tincidunt. Nullam nunc augue, aliquet in congue nec, gravida at risus. Proin semper iaculis nisi vitae imperdiet. Suspendisse sed risus feugiat, dapibus sapien quis, pulvinar turpis.

Maecenas convallis aliquet euismod. Donec sollicitudin ligula nec lorem dignissim, sit amet finibus felis mollis. Fusce eget sapien eu sapien blandit congue quis a odio. Fusce accumsan condimentum dapibus. Aliquam eu ante porttitor nulla pellentesque feugiat pharetra nec mauris. Ut tincidunt urna vitae ligula mattis malesuada. Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Integer pretium tincidunt nisi, in pulvinar velit dapibus et.

Key words — TODO: Palabras clave en inglés, separadas por coma.

Resumen

Resumen — TODO: Resumen en español, 250-500 palabras.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam malesuada libero auctor sapien volutpat, sed fringilla enim tristique. Aliquam varius lorem in risus tempus egestas. Aenean accumsan elementum diam vel commodo. Nulla lectus sapien, finibus ac mauris non, efficitur venenatis felis. Donec at rutrum dolor, a lobortis arcu. In fermentum hendrerit bibendum. Phasellus eget arcu quam. Maecenas vulputate sapien eu dictum pulvinar. Suspendisse sit amet neque a turpis efficitur dapibus ut et turpis.

Vestibulum commodo faucibus tellus vitae consequat. Donec purus enim, hendrerit vitae feugiat sed, sagittis in tortor. Duis sed ex non ligula cursus dapibus. Etiam pellentesque suscipit dolor, vel facilisis est ornare sed. Nullam eleifend tellus non elementum efficitur. Donec semper felis ac porttitor ultricies. Vestibulum sodales justo nisl, in egestas lacus egestas nec. Fusce faucibus felis lacus, sit amet placerat justo porta vitae. Nullam volutpat viverra lorem quis euismod. Duis felis erat, dictum et sem vitae, fringilla ultrices dui. Morbi mattis arcu at orci accumsan facilisis. Aenean tortor velit, hendrerit id vulputate ac, sagittis nec libero. Donec elementum dolor orci, a mattis augue lobortis nec. Suspendisse vulputate, diam vel accumsan pellentesque, ex purus volutpat ipsum, vel luctus urna sem non turpis. Donec vitae molestie odio.

Donec lobortis, eros non sodales dapibus, ex eros sollicitudin tortor, ut vulputate massa nibh sit amet ipsum. Sed a lectus eu diam pretium vestibulum. Pellentesque finibus, felis ac finibus vulputate, libero mauris placerat nulla, ut vestibulum ante metus ut neque. Aliquam tempus tortor ac mauris pulvinar iaculis. Vivamus pretium id libero sed tempus. Donec tincidunt turpis tempor vehicula egestas. Vestibulum elementum, urna non tincidunt tempus, risus ipsum posuere felis, ac suscipit diam nunc et neque. Vestibulum faucibus leo vel nibh tempor tincidunt. Nullam nunc augue, aliquet in congue nec, gravida at risus. Proin semper iaculis nisi vitae imperdiet. Suspendisse sed risus feugiat, dapibus sapien quis, pulvinar turpis.

Maecenas convallis aliquet euismod. Donec sollicitudin ligula nec lorem dignissim, sit amet finibus felis mollis. Fusce eget sapien eu sapien blandit congue quis a odio. Fusce accumsan condimentum dapibus. Aliquam eu ante porttitor nulla pellentesque feugiat pharetra nec mauris. Ut tincidunt urna vitae ligula mattis malesuada. Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Integer pretium tincidunt nisi, in pulvinar velit dapibus et.

Palabras clave — TODO: Palabras clave en español, separadas por coma.

Agradecimientos

TODO: Agradecimientos.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Phasellus laoreet dolor at sodales porta. Morbi facilisis hendrerit lacus vel sollicitudin. Aenean eleifend urna metus, eget vestibulum libero dictum tincidunt. Curabitur quis ultrices lorem. Duis ultricies, eros eget condimentum pharetra, tellus eros lobortis nulla, vel mattis nibh dui et felis. Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Nam non lorem et ligula condimentum molestie. Fusce quis dolor non metus suscipit commodo. Praesent vel pulvinar lectus. Nullam ac dui eget magna accumsan volutpat. Aliquam sed purus quis lorem dictum rutrum auctor eu enim. Pellentesque a urna ac ligula cursus lacinia. Aenean sodales justo massa, vel imperdiet justo imperdiet ut. Nulla euismod pulvinar arcu eu convallis. Vivamus a tempus nunc, et vulputate nulla.

Sed dapibus aliquam imperdiet. Vivamus est quam, fermentum vitae augue id, ultricies tincidunt massa. Praesent tincidunt ex sem, ut aliquet nulla imperdiet eu. Duis ac ultricies lorem. Aenean consequat ipsum nec arcu aliquam, sit amet interdum quam tempus. In justo odio, bibendum vel nulla nec, aliquet tristique justo. In vel metus ut libero suscipit ultricies.

Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Proin urna elit, iaculis id quam at, pretium laoreet ipsum. Phasellus ultricies faucibus ex et eleifend. Quisque facilisis erat dolor, ac rhoncus erat convallis et. Aliquam semper eleifend imperdiet. Sed eros ipsum, sagittis in pellentesque vel, vestibulum a augue. Duis sapien mauris, fringilla a tortor ut, sollicitudin volutpat nunc. Pellentesque vestibulum vel arcu in molestie. Nullam fermentum dolor luctus metus efficitur pulvinar. Pellentesque risus enim, tempus id ullamcorper in, maximus id nisl. Cras rhoncus consequat augue eu gravida. Ut efficitur mauris vitae orci dignissim sagittis. Suspendisse vitae massa eget nunc bibendum interdum.

Vestibulum quis turpis sed diam facilisis convallis. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Vivamus congue tellus nec lobortis feugiat. Nam hendrerit ullamcorper tempus. Proin maximus, lacus at tempor pellentesque, sem nisi facilisis lorem, sagittis tristique mauris dui at est. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Mauris pellentesque lobortis leo, ac dictum urna tempus id. Curabitur sed ante leo. Proin laoreet nisi nec dictum auctor. Mauris lacinia erat ut massa viverra, nec tempus metus elementum. Cras ut blandit justo, in pretium massa. In hac habitasse platea dictumst. Donec malesuada viverra quam, in ultricies libero. Phasellus finibus velit in sem tempus mattis at tristique ligula.

“TODO: Cita relevante” TODO: Autor de la cita

Índice general

Glosario	XIII
1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Marco	2
1.3. Alcance y objetivos	2
1.4. Estructura del documento	2
2. Estado del Arte	3
3. Diseño y desarrollo	5
3.1. Análisis de requisitos	5
3.1.1. Análisis funcional	5
3.1.2. Análisis no funcional	8
3.2. Diseño	9
3.2.1. Interfaz de navegación	9
3.2.2. Modelo de los usuarios	10
3.2.3. Modelo del dominio	10
3.2.4. Modelo de adaptación	11
3.3. Desarrollo: e-valUAM	13
3.3.1. Visión general	13
3.3.2. Tecnologías y lenguajes empleados	14
3.3.3. Módulos asociados al docente	14
3.3.4. Módulos asociados al estudiante	19
4. Pruebas y resultados	21
4.1. Comparativa con otras soluciones	21
4.2. Covadonga ¿Trabajo preliminar?	21
4.3. Test sobre conocimientos informáticos	21
4.4. Caso real. Asignatura en el Grado en Educación Infantil	21
4.4.1. Aprendizaje	21
4.4.2. Examen final	21
4.4.3. Trabajo final	21
5. Conclusiones	23
Bibliografía	25
Apéndices	27
A. Análisis de requisito ampliado	29
B. Clasificación de las preguntas en niveles. Motivación y metodología	31

C. ¿Cómo se evalúan los cuestionarios?	33
D. Estructura del proyecto	35
E. Código más relevante	37
F. Ejemplos de bloques y comandos útiles en LaTeX	39
F.1. Ejemplo de sección	39

Índice de tablas

Índice de figuras

3.1. División en módulos de un sistema adaptativo	9
3.2. Modelo del dominio	11
3.3. Modelo de adaptación	12
3.4. Interfaz de e-valUAM para el profesor	15
3.5. Menú de edición para un elemento	16
3.6. Subida de ficheros multimedia	17
3.7. Visor de elementos multimedia	17
3.8. Recuperación de exámenes	18
3.9. Ejemplo de preguntas de un examen	19
F.1. Logo de la Universidad Autónoma de madrid.	39

Glosario

B | C | F | M | T | W

B

bitstream

En este contexto se refiere al binario que configura el Hardware de la FPGA. 39

C

CAL

Aprendizaje asistido por ordenador, por sus siglas en inglés, *Computer-Aided Learning*. 1

CAT

Tests adaptativos por ordenador, por sus siglas en inglés, *Computer Adaptive Tests*. 1

F

FPGA

Field-Programmable Gate Array. 39

M

MOOC

Curso en línea, masivo y abierto; por sus siglas en inglés, *Massive Open Online Course*. 1

T

TEL

Aprendizaje asistido por tecnologías, por sus siglas en inglés, *Technology-Enhanced Learning*. 1

W

WCAG

Pautas para la accesibilidad del contenido web, por sus siglas en inglés, *Web Content Accessibility Guidelines*. Es un estándar creado por la W3C. 9

1 Introducción

En esta sección se detallará qué ha motivado la realización de este Trabajo Fin de Grado. A continuación, se explicará en qué marco se ha llevado a cabo, así como el alcance del proyecto, especificando sus objetivos y sus límites. Por último, se expondrá la estructura que sigue el resto del presente documento.

DEJAR PARA EL FINAL

1.1 Motivación

¿Por qué son necesarios los test adaptativos? ¿Qué puede aportar un sistema informático a los test adaptativos? ¿Dónde se pueden utilizar? Listar ejemplos: MOOCs, AEH, educación clásica, contextos donde el usuario no dispone de conocimiento informático.

Desde su creación, los ordenadores han sido introducidos de forma progresiva en cada vez más sectores, con grandes beneficios. La educación es un ejemplo de ello, aunque aún todavía es un ejemplo incompleto. El aprendizaje asistido por tecnologías, TEL, y en concreto, el aprendizaje asistido por ordenador, CAL, es cada vez más habitual y ha sido aplicada con éxito a la educación presencial, semipresencial o a distancia, aportando grandes ventajas en cada modalidad. La reciente aparición y popularización de los MOOC ha vuelto a demostrar la necesidad de seguir ampliando estas áreas CITA.

Dentro de las CAL una de las ramas de interés es la conocida como tests adaptativos por ordenador, o CAT. Los CAT se han utilizado para múltiples propósitos, como puntuación instantánea [1], la mejora de competencias lingüísticas [2], identificación de estilos de aprendizaje [3], la habilidad matemática [4], o la evaluación del estado de salud [5].

¿Cuál ha sido exactamente el trabajo? ¿Motivación? Creo que no ¿evalUAM? Sí ¿Modelo de estudiantes? Sí ¿Protocolo para crear las preguntas? También ¿Exámenes con duda? Sí.

sirve para múltiples objetivos, como aumentar la motivación de los alumnos CITA, sus resultados académicos CITA o su

1.2 Marco

En qué investigación se engloba el proyecto. ¿Citar financiación?

1.3 Alcance y objetivos

¿Qué pretende lograr el sistema? ¿Qué NO pretende lograr el sistema?

1.4 Estructura del documento

TODO: Descripción de la estructura del documento

2 Estado del Arte

TODO: Estado del arte

DEJAR PARA EL FINAL

AEH MOOC

3 Diseño y desarrollo

En esta sección se presentan los resultados del análisis, diseño y desarrollo del proyecto. Primero, se detallarán todos los requisitos, funcionales y no funcionales, que se han identificado. A continuación, algunas notas sobre el diseño ideado para el proyecto. Para terminar la sección, se detallan aquellos más relevantes de la fase de desarrollo.

Como este proyecto nació asociado a una investigación, no se ha utilizado una metodología en cascada clásica, sino un modelo en espiral, partiendo del descrito en [6]. A pesar de que el modelo describe varias iteraciones, en esta sección se presentan agrupados los resultados a los que se han llegado entre todas las iteraciones.

3.1 Análisis de requisitos

Los requisitos aquí detallados son el fruto de un análisis a priori sobre qué necesidades tenía que cubrir el sistema más carencias que se han detectado al ser utilizado en entorno reales y que se han ido añadiendo. Algunas de las mejoras posibles se han detectado en la última iteración realizada y por lo tanto aún no están implementadas. Aún así, están recogidas en el apéndice A.

3.1.1 Análisis funcional

RF 1. Gestión de usuarios.

RF 1.1. El sistema deberá permitir crear cuentas de usuario. Las cuentas tendrán un nombre de usuario y contraseña que identifiquen a cada usuario.

RF 1.2. Cada cuenta de usuario tendrá un rol en cada asignatura en la que participe. Podrá ser un rol docente o rol estudiante. Dependiendo del rol que tenga, la cuenta podrá acceder a más o menos funcionalidad en cada sección del sistema, como se detalla más adelante.

RF 1.3. El equipo docente de cada asignatura determinará qué alumnos pertenecen a sus grupos.

RF 2. Rol docente: Creación y gestión de materias.

-
- RF 2.1.** Dentro de su asignatura, el docente podrá crear tantas materias como necesite. Cuando cree una materia, deberá establecer un título, el número de niveles en los que se clasificarán las preguntas y el número de respuestas que tendrá cada una.
- RF 2.2.** Una vez creada una materia, el docente podrá modificar su configuración. Podrá cambiar el título en cualquier caso, pero solo podrá cambiar el número de niveles y el número de respuestas cuando no haya preguntas asociadas a la materia o cuando el número aumente. Para disminuir alguno de los dos valores, deberá borrar antes todas las preguntas asociadas a la materia.
- RF 3. Rol docente:** Creación y gestión de preguntas y respuestas.
- RF 3.1.** Existiendo al menos una materia, los docentes podrán crear preguntas y respuestas asociadas a dicha materia.
- RF 3.2.** Cuando se cree una pregunta nueva, deberá indicarse la materia a la que pertenece (que deberá haber sido creada previamente), el nivel, el enunciado, la respuesta correcta y el resto de respuestas. El número de respuestas que deberá escribir vendrá condicionado por el valor establecido en la materia relativa.
- RF 3.3.** Opcionalmente, se podrá asociar ficheros multimedia a las preguntas. Se pueden asociar imágenes o audio tanto al enunciado como a cada una de las respuestas. Si se desea asociar un fichero multimedia, deberá especificarse el nombre del fichero.
- RF 3.4.** Opcionalmente, se podrá establecer un mensaje de feedback asociado a la pregunta.
- RF 3.5.** Una vez creada una pregunta, el docente podrá modificar cualquier atributo o borrar dicha pregunta. En ambos casos, se mantendrá una copia en la base de datos de la antigua pregunta para que los alumnos no vean alterados sus cuestionarios una vez realizados.
- RF 4. Rol docente:** Subida y gestión de ficheros multimedia.
- RF 4.1.** Existiendo al menos una materia, los docentes podrán subir un fichero de audio (en formato mp3) o imagen (con extensión gif, png, jpeg o jpg) y asociarlo a dicha materia para utilizarlos después en alguna pregunta de la materia.
- RF 4.2.** Se podrá consultar un listado de todos los ficheros multimedia ya subidos a una materia, que mostrará el nombre de cada fichero además de mostrar la imagen o permitir reproducir el audio.
-

RF 4.3. Se podrá actualizar un fichero subiendo otro al servidor con el mismo nombre.

RF 5. Rol docente: Creación y gestión de cuestionarios.

RF 5.1. Existiendo al menos una materia y preguntas suficientes en cada nivel, el profesor podrá crear un cuestionario. Al hacerlo deberá definir un nombre, si el cuestionario será visible a los alumnos, la materia que se usará como banco de preguntas, el número de preguntas que deberán contestarse en cada intento, el tiempo máximo, si el examen acepta respuestas con duda y cómo deberán mostrarse el resultado a los alumnos.

RF 5.2. Una vez creado un cuestionario, el docente podrá eliminar el cuestionario. Esto no afectará, en ningún caso, a la información almacenada sobre los cuestionarios ya respondidos por alumnos.

RF 5.3. Los docentes podrán acceder a un listado de todos los cuestionarios ya creados.

RF 6. Realización de cuestionarios.

RF 6.1. Una vez creado un cuestionario por un profesor, y si está marcado como visible, los alumnos podrán acceder a él.

RF 6.2. Una vez que un estudiante acceda a un cuestionario, se le irán mostrando preguntas que deberá ir contestando. Las preguntas se mostrarán en función de las respuestas previas y los niveles establecidos por el profesor.

RF 6.3. Si las preguntas van asociadas a ficheros multimedia, estos se mostrarán al estudiante mientras responde. Si aceptan la opción de responder con duda, el alumno tendrá a su disposición un método de establecer que ha respondido con duda.

RF 6.4. Para cada pregunta que el alumno responda, quedará almacenado en el sistema a qué cuestionario pertenece, cuando se responde, qué pregunta se ha formulado y cuál ha sido la respuesta elegida. Si hubiera opción de duda, también se mostrará si se ha dudado o no al responder.

RF 7. Visualización de resultados.

RF 7.1. Si el profesor ha establecido que los resultados se muestren al terminar el examen, se mostrará la nota final, todas las preguntas, junto con cuál ha sido la respuesta del alumno para cada pregunta y si esta ha sido correcta. El profesor también puede elegir que solo se muestre la nota, o ninguna información.

RF 7.2. Cuando una pregunta tenga una cadena de feedback asociada, se mostrará a los alumnos después de que respondan, junto con si la respuesta ha sido correcta o no.

RF 7.3. Rol docente: Los docentes podrán acceder a un listado con todos los intentos que han realizado cada alumno a cada cuestionario que hayan creado. Para cada cuestionario, podrán ver el detalle de cada uno, es decir, qué preguntas se respondieron, cuál fue la respuestas, si era correcta y el instante en el que se respondió.

3.1.2 Análisis no funcional

RNF 1. Interfaz y usabilidad

RNF 1.1. La interfaz que el sistema mostrará al estudiante debe ser intuitiva y fácil de usar para todas las edades. Estudiantes alfabetizados deben ser capaces de elegir un cuestionario y completarlo sin asistencia externa. Una clase de niños que aún no sepan leer debe ser capaz de completar un cuestionario sin asistencia del profesor, después de que este les haya configurado el ordenador para que el cuestionario elegido empiece.

RNF 1.2. La interfaz para el equipo docente deberá ser fácil de aprender para profesores con o sin conocimientos informáticos avanzados.

RNF 1.3. Atendiendo a la diversidad de dispositivos con los que los usuarios trabajan, el sistema debe ser capaz de utilizarse en todos los tamaños de pantalla y para ser utilizado con teclado y ratón o pantalla táctil.

RNF 2. Seguridad

RNF 2.1. Debido al carácter secreto de gran parte del contenido creado por los profesores, el sistema deberá garantizar la no accesibilidad de ese contenido a usuarios no autorizados.

RNF 2.2. Todo usuario que acceda al sistema debe autenticarse previamente a través de un usuario/contraseña, para asegurar la autoría de las respuestas de los cuestionarios.

RNF 2.3. La autenticación de los usuarios debe ser segura. En concreto, el sistema no almacenará las contraseñas en la base de datos en texto plano. Deberá utilizar un método que garantice que la contraseña no sea conocida aunque se acceda a la base de datos.

3.2 Diseño

Los sistemas adaptativos pueden abstraerse como una serie de módulos como los descritos en la figura 3.1.

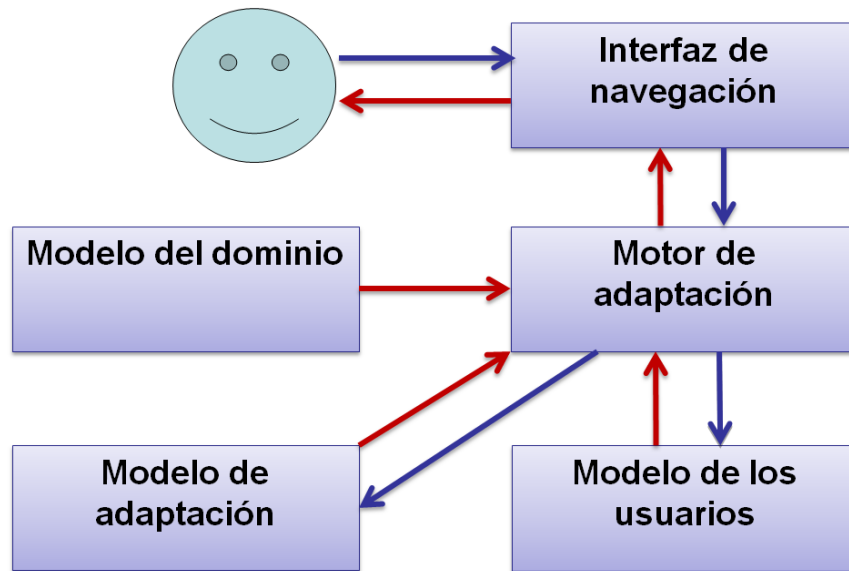


Figura 3.1: División en módulos de un sistema adaptativo

El usuario (representado arriba a la izquierda) interactúa con el sistema a través de una interfaz de navegación que representa el estado del motor de adaptación, componente que articula al resto de módulos. El modelo del dominio, de adaptación y el modelo de los usuarios son las herramientas de las que el motor de adaptación obtiene la información que le permite dar una respuesta adecuada a cada situación. Mientras que el modelo del dominio es fijo, en el sentido de que permanece estable durante la vida del mismo, el modelo de adaptación y el modelo de los usuarios van sufriendo variaciones, en función de la entrada que produzcan los usuarios.

Durante las siguientes secciones se dará una descripción más detallada de los módulos.

3.2.1 Interfaz de navegación

La interfaz de navegación es la parte del sistema encargada de permitir la interacción entre el sistema y el usuario. Debe representar ante el usuario la información del sistema que este deba conocer, además de recibir la entrada que el usuario genere para que el motor de adaptación pueda incorporarla.

En el diseño seguido para este trabajo se decidió utilizar las tecnologías web como base sobre la que construir, por lo que las funciones de la interfaz de navegación recaen principalmente en el navegador web del usuario. Aún así, el sistema debe crear y, sobre todo, adaptar los ficheros html que envía al navegador del cliente. Para ello se han utilizado las tecnologías web estándar: HTML, Javascript, CSS y PHP. Más información sobre las tecnologías utilizadas en 3.3.2.

3.2.2 Modelo de los usuarios

El sistema tiene dos roles de usuarios claramente diferenciados: rol docente y rol estudiante. Las necesidades que tienen ambos roles respecto de la aplicación, son radicalmente distintas. Mientras que a los docentes se les debe mostrar herramientas para la creación y gestión de cuestionarios, motorización de resultados y recuperación de exámenes, los estudiantes deben acceder a la ejecución de los cuestionarios, a cierta retroalimentación y a sus resultados.

En ninguno de los dos roles podemos presuponer conocimientos informáticos avanzados, como se recoge en **RNF 1.1.** Además, desde las fases iniciales del proyecto se planteó que el sistema debería ser fácil de usar para docentes y estudiantes de todas las etapas educativas, desde la primera infancia hasta la edad adulta. Al ser una aplicación potencialmente disponible a niños y niñas muy jóvenes, tampoco podemos presuponer que el estudiante sepa leer, debiendo dotar en consecuencia al rol del docente la habilidad de incluir ficheros multimedia con los que suplir dicha carencia.

3.2.3 Modelo del dominio

La aplicación pretende ser una ayuda al aprendizaje y por lo tanto, su dominio es la actividad educativa. Más concretamente, aquellas actividades relacionadas con comprobar, por parte del propio estudiante o de un docente, si el alumno ha adquirido correctamente ciertos conocimientos. Para ello, a grandes rasgos, el equipo docente de una asignatura creará una serie de preguntas y respuestas, agrupadas por su contenido en materias, que utilizará para crear cuestionarios a los que los estudiantes tendrán acceso. Del resultado de dichos cuestionarios, tanto el estudiante como los docentes podrán conocer cómo están realizando su actividad y realizar los cambios que fueran necesarios.

La asignatura es la primera división que se utiliza normalmente en los entornos educativos. Un docente se encarga de unas asignaturas en concreto y los estudiantes van explorando por asignaturas. Así, cada asignatura tiene asociados un listado de usuarios,

algunos como docentes y otros como estudiantes. Es importante notar que un usuario podría ser docente en una asignatura pero estudiante en otra, por lo que el rol es un atributo de la unión usuario y asignatura, y no solo del usuario.

Dentro de cada asignatura, existen una serie de materias, que son las entidades que clasifican los conocimientos por similitud dentro de una asignatura. El concepto de materia en este modelo se utiliza para representar los conceptos del lenguaje común de *temas* o *partes* en los que se divide una asignatura. Dentro de cada materia existe un conjunto de preguntas, ordenadas por un nivel de relevancia.

La división de las preguntas en niveles de relevancia es una de las características novedosas del modelo propuesto. Con ello se busca facilitar que el estudiante adquiera los conocimientos en el orden más adecuado, asegurando que no se enfrenta a conceptos que dependen de otros hasta que domina los conceptos base. Esta división también ayuda a evitar que un estudiante obtenga una buena calificación en un examen porque haya aprendido a realizar los ejercicios, pero aún así carezca de entendimiento sobre los conceptos básicos. Una discusión más detallada sobre el sistema de clasificación de las preguntas en niveles puede encontrarse en el apéndice B.

Cada pregunta lleva asociada una serie de respuestas y solo una es la válida. Tanto las preguntas como las respuestas llevan asociadas mucha información, como el enunciado, imágenes opcionales... En la figura 3.2 se encuentran detallada toda la información asociada a cada entidad que compone el modelo.

Figura 3.2: Modelo del dominio

Una vez escrito un número suficiente de preguntas, el equipo docente puede crear cuestionarios. Los cuestionarios pueden ser de autoevaluación para los alumnos o de evaluación clásica, aunque para el sistema son casos idénticos.

3.2.4 Modelo de adaptación

El sistema contempla dos tipos de adaptación. Primero, tenemos la adaptación de navegación, que es aquella que busca guiar al usuario por el sistema, facilitando su uso. En nuestro caso, la navegación del estudiante es sencilla, por lo que no aplica. Donde sí que es necesario este tipo de adaptación es en el área del docente. A la hora de crear las materias, las preguntas y los cuestionarios existe un orden de trabajo más sencillo que otros y el sistema deberá guiar al usuario por ese recorrido utilizando elementos variables de la interfaz.

El otro tipo de adaptación, la adaptación del contenido, es la más relevante para el sistema. Al igual que la de navegación afecta principalmente al docente, la de contenido afecta sobre todo al estudiante. Las preguntas a las que un estudiante se enfrenta en un cuestionario depende de las respuestas que haya dado a las anteriores.

En concreto, cuando un docente crea un cuestionario establece dos parámetros, N_l , que es el número de niveles en los que una pregunta se puede clasificar y N_v , que es el número de preguntas que debe responder cada alumno en cada intento del cuestionario. Todos los estudiantes empiezan respondiendo a preguntas del primer nivel y solo se enfrentarán a preguntas de niveles más avanzados cuando hayan respondido correctamente a suficientes preguntas. En concreto, a $\frac{N_v}{N_l}$ preguntas.

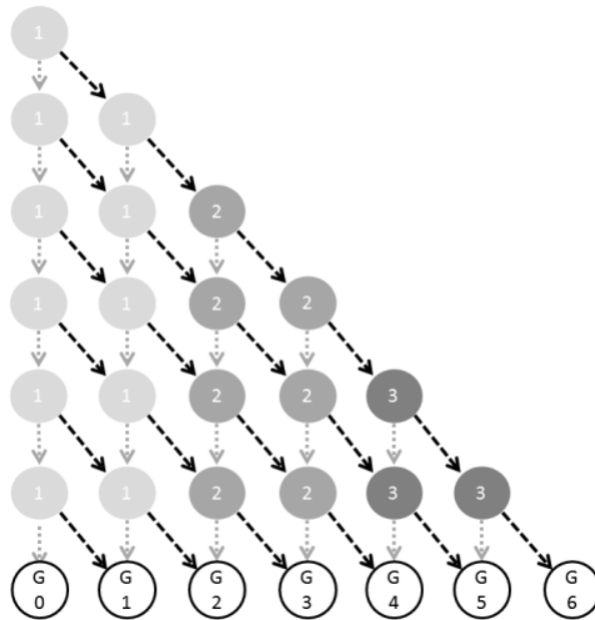


Figura 3.3: Diagrama que representa todos los posibles recorridos para un cuestionario con $N_l = 3$ y $N_v = 6$. Todos los alumnos entran por la pregunta de la esquina superior izquierda. El número dentro de las circunferencias representa la dificultad de la pregunta. Cuando un alumno responde, toma el camino de la flecha oscura cuando acierta y de la flecha clara cuando falla. La última fila del diagrama representa las posibles notas que un estudiante puede sacar, ordenadas de menor a mayor de izquierda a derecha.

La elección de la siguiente pregunta dentro de un mismo nivel se hace de forma aleatoria, asegurando en todo momento que no haya preguntas repetidas dentro del mismo cuestionario. Cuando el alumno sube de nivel, ya solo responde a preguntas de ese nuevo nivel. Como el número de preguntas está limitado, es posible que un estudiante no llegue a responder preguntas de todos los niveles o incluso puede que solo responda preguntas del primer nivel. Una vez que se ha subido de nivel, no se puede bajar, aunque cada vez

que se repita el cuestionario se volverá al primer nivel.

Que la respuesta de una pregunta condicione la siguiente pregunta obliga a que el estudiante responda a cada pregunta, a diferencia de los cuestionarios clásicos, donde una pregunta puede dejarse sin respuesta y continuar con la siguiente. Para solucionar esta diferencia el equipo docente puede establecer que exista una opción adicional de respuesta que indique que el alumno no conoce la respuesta. Si marca esta opción, el sistema la tratará como respuesta incorrecta a la hora de seleccionar la siguiente pregunta. Así mismo, la aplicación da al docente la opción de mostrar una casilla que especifique que el alumno ha respondido sin estar seguro de que sea la respuesta correcta. Más información sobre el modelo del examen, en concreto sobre el sistema de calificación, puede encontrarse en el apéndice C

Por último, el docente puede decidir que los estudiantes reciban feedback al responder una pregunta o no, como se describe en **RF 7.2.**

3.3 Desarrollo: e-valUAM

En esta sección se detalla cómo se han plasmado los requisitos y el diseño del proyecto en la plataforma online creada, e-valUAM, tomando como referencia lo expuesto en las secciones anteriores del presente capítulo.

3.3.1 Visión general

e-valUAM es el sistema web de creación y respuesta de cuestionarios para ayuda al aprendizaje en el que se ha plasmado este proyecto. Es un sistema que ha sido desarrollado para servir como herramienta de una investigación que viene existiendo desde los últimos tres años, tomando su forma definitiva especialmente en el último año. Para cada año académico se construyó un prototipo diferente que siempre fue una ampliación del prototipo anterior, siguiendo un modelo de desarrollo en espiral.

Al tratarse de parte de una investigación en desarrollo existen algunos requisitos y cuestiones del diseño que se han detectado y recogido, pero que aún no se han implementado. Aún así, todo lo descrito en las secciones anteriores ha sido ya recogido como funcionalidad del sistema.

Además, esta sección está complementada por la información disponible en los apéndices D y E, que hacen referencia a cómo está estructurado el código del proyecto y las partes del código más relevantes, respectivamente.

Por último, y puesto que el sistema requiere de autenticación para poder ser explorado, se ha creado una cuenta a tal propósito cuyo nombre de usuario y contraseña son *TFG*. El sistema está disponible en <http://sacha.ii.uam/e-valUAM> y la cuenta aquí especificada tiene permisos tanto de alumno como de profesor, por lo que se pueden explorar libremente todo el sistema.

3.3.2 Tecnologías y lenguajes empleados

Al ser un sistema web, los lenguajes principales son aquellos relacionados con las tecnologías web. En concreto, se ha utilizado HTML5, CSS3 y Javascript para la parte del cliente, mientras que en el servidor se ha utilizado PHP 5. Para el desarrollo de la interfaz de usuario se han utilizado las librerías de Bootstrap 3 y jQuery.

En el lado del servidor se ha utilizado una máquina alojada en la UAM, con sistema operativo Windows 7, servidor Apache 2.2 y como gestor de base de datos PostgreSQL 9.3.

Como editor de código se ha utilizado Sublime Text 3. Para el control de versiones git y como repositorio central, Github.

3.3.3 Módulos asociados al docente

Las cuentas que dispongan de permisos de profesor pueden gestionar sus cuestionarios a través de la zona de profesor, accesible desde <http://sacha.ii.uam.es/e-valUAM/profesor/>. Esta sección se divide en 5 módulos principales:

- Materias
- Preguntas
- Exámenes
- Ficheros multimedia
- Recuperación de exámenes

A continuación se repasarán las características y el funcionamiento de cada uno de ellos.

Materias, Preguntas y Exámenes

Los módulos de materias, preguntas y exámenes son los encargados de permitir al usuario crear y gestionar las materias, preguntas y cuestionarios, respectivamente. Los tres tienen un funcionamiento muy parecido, similar al mostrado en la figura 3.4.

Id	Dificultad	Enunciado	Imagen	Opciones
1061	1	Abrigo.		
1062	1	Un paraguas y un chubasquero.		
1063	1	Sombrilla.		
1064	1	Un cubo de hielo.		
1065	1	Un niño con una camiseta de tirantes.		
1066	1	Esquis.		
1067	2	Árboles.		
1068	2	Un cubo de hielo.		
1069	3	Estaciones tres.		
1070	3	Termómetro con la temperatura muy alta.		

Figura 3.4: Interfaz de e-valUAM para el profesor

A través del menú superior, al docente puede acceder a todas las secciones de la página. Al entrar en “Materias”, “Preguntas” o “Exámenes” verá una interfaz dividida en dos zonas.

La zona primera (a la izquierda en la imagen, arriba si se accediera desde un dispositivo con una pantalla pequeña) es la que sirve para crear una nueva entidad en el sistema. Un formulario solicita al usuario toda la información relevante. Al pulsar en el botón de “Guardar”, si con Javascript se comprueba que todos los campos necesarios han sido rellenados, se envía al servidor. En el servidor un fichero PHP recibe la información, la valida y si todo es correcto, la almacena en la base de datos.

La segunda zona (a la derecha en la imagen, al final de la página se se accede con una pantalla pequeña) es donde se lista la información ya almacenada en la base de datos. En formato tabular se muestran todas las entradas. A la izquierda del todo se muestran dos

botones para editar la información y borrarla.

Cuando se edita un elemento, aparece un formulario en primer plano con la información almacenada hasta el momento y la posibilidad de establecer un nuevo valor para cada campo. Al final del formulario se ofrecen dos botones, para guardar los cambios o descartarlos sin alterar la base de datos.

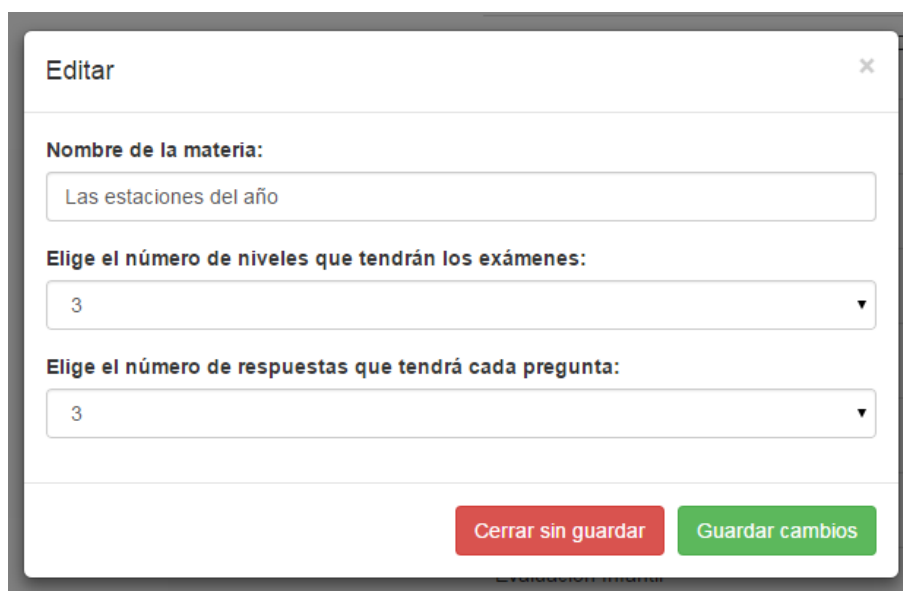
Un modal de edición con el título "Editar" y un botón de cerrar (X) en la esquina superior derecha. El formulario contiene tres campos: un campo de texto para "Nombre de la materia:" con el valor "Las estaciones del año", un menú desplegable para "Elige el número de niveles que tendrán los exámenes:" con el valor "3", y otro menú desplegable para "Elige el número de respuestas que tendrá cada pregunta:" con el valor "3". En la parte inferior del modal hay dos botones: "Cerrar sin guardar" (rojo) y "Guardar cambios" (verde).

Figura 3.5: Menú de edición para un elemento

Si el usuario guarda los cambios, el navegador del usuario envía una petición AJAX con la información del cambio, que es comprobado y procesado por un fichero PHP en el servidor. El servidor responde si se ha podido realizar el cambio o no, para avisar al usuario en caso de que se produjera un error. Si se intenta borrar el elemento, el sistema pedirá confirmación y lanzará una petición AJAX al servidor siguiendo el mismo proceso.

Ficheros multimedia

Pensando en hacer la aplicación más accesible a usuarios de corta edad, se incluyó la posibilidad de que la aplicación pudiera incluir imágenes o audio para complementar la información mostrada como texto en las preguntas y las respuestas.

Para poder trabajar con dichos ficheros, la sección de la web dedicada a la web permite a los docentes subir nuevos ficheros o listar los que ya estén. Los ficheros multimedia van asociados a una materia, por lo que lo primero que debe hacerse, tanto para ver como para listar, es elegir con qué materia se quiere trabajar.

Para asegurar la compatibilidad con todos los navegadores modernos el sistema solo acepta imágenes en formatos GIF, PNG o JPEG y audio en formato MP3. Cuando el profesor sube un fichero se guarda en una carpeta en el servidor diferente para cada materia, por lo que cada profesor puede tener sus propios ficheros sin interferir con los demás. En la base de datos, mediante el gestor de preguntas, se asocian los ficheros con las preguntas y las respuestas. Cuando deben mostrarse al usuario, sencillamente el servidor busca el fichero en la carpeta correspondiente para que su navegador se lo muestre al usuario.

Figura 3.6: Subida de ficheros multimedia

Para que el profesor no tenga que recordar qué ficheros subió o el nombre de los mismos, se incluyó la sección de visión de ficheros. Sencillamente, cuando el docente elige una materia para mostrar, se solicita por AJAX al servidor un listado de todos los ficheros que hay asociados a ella. Cuando el navegador recibe respuesta empieza a mostrarlos si son imágenes o a mostrar un reproductor si se trata de audio.




Figura 3.7: Visor de elementos multimedia

Recuperación de exámenes

Aunque el sistema realiza una corrección automática de los cuestionarios respondidos por los alumnos, es posible que aún así los profesores deseen revisar los exámenes, ya sea para comprobar personalmente el desempeño de un alumno o para revisar con él sus respuestas o su calificación.

Con ese fin se creó el módulo de recuperación de exámenes. Cuando el profesor lo selecciona en el menú, aparece un listado con todos los cuestionarios que ha creado en algún momento. Cuando selecciona alguno de ellos, gracias a una petición AJAX, se muestra un listado con todos los intentos que ha realizado cada alumno respondiendo a ese cuestionario.



Oficina para el
desarrollo de las Enseñanzas

MateriasPreguntasExámenesFicheros multimediaRecuperar exámenesCambiar la contraseñaAyuda y novedadesSalir

Recuperar exámenes

En esta página se pueden ver las respuestas que ha dado cada alumno para cada examen.
Primero deberás seleccionar un examen y a continuación, en la nueva tabla que aparecerá, un alumno.
En una ventana nueva se abrirá su examen mostrando todas sus respuestas.

Exámenes disponibles

Nombre examen	Nombre materia	Seleccionar
Examen Test	Tema 1	<input type="radio"/>
Repaso Tema 1	Tema 1	<input type="radio"/>
Examen Tema 1	Tema 1	<input type="radio"/>
Repaso Tema 2 - A	Tema 2	<input type="radio"/>
Examen Tema 2 - A	Tema 2	<input type="radio"/>
Repaso Final	Examen final	<input type="radio"/>
Examen Final - Convocatoria Extraordinaria	Examen final	<input type="radio"/>
Examen Final	Examen final	<input checked="" type="radio"/>
Test Conocimientos Informáticos	Test Conocimiento Informática	<input type="radio"/>

Alumnos

Id alumno	Nombre alumno	Nota	Fecha y hora	Seleccionar
15		8.69	2014-01-14 15:17:13+01	<input type="radio"/>
7		5.86	2014-01-14 15:16:05+01	<input type="radio"/>
30		5	2014-01-14 15:14:55+01	<input type="radio"/>
12		2.6	2014-01-14 15:14:34+01	<input type="radio"/>
14		1.73	2014-01-14 15:12:34+01	<input type="radio"/>
16		7.82	2014-01-14 15:10:14+01	<input type="radio"/>

Figura 3.8: Recuperación de exámenes. Se han difuminado el nombre de los alumnos por respeto a su intimidad.

Cuando el profesor selecciona un intento en concreto, el sistema muestra ordenadamente todas las preguntas que se eligieron para ese intento, junto a la respuesta que el alumno seleccionó, además de si esta es correcta o no. Para poder realizar esta operación correctamente es por lo que si un profesor modifica una pregunta no se borra de la base de datos, sino que se almacenan ambas versiones, de tal forma que siempre se recupera el examen tal y cómo lo vio el alumno en su momento.

3.3.4 Módulos asociados al estudiante

Las secciones de la página destinadas al estudiante son más sencillas y menos abundantes limitándose sencillamente a tres módulos que interaccionan siempre en un orden determinado. Cuando el alumno accede al sistema a través de la página principal, es redirigido a la página de elección de cuestionario, dónde se le ofrecen todos los cuestionarios disponibles para él en ese momento. Una vez que selecciona el cuestionario que desea realizar, este empieza.

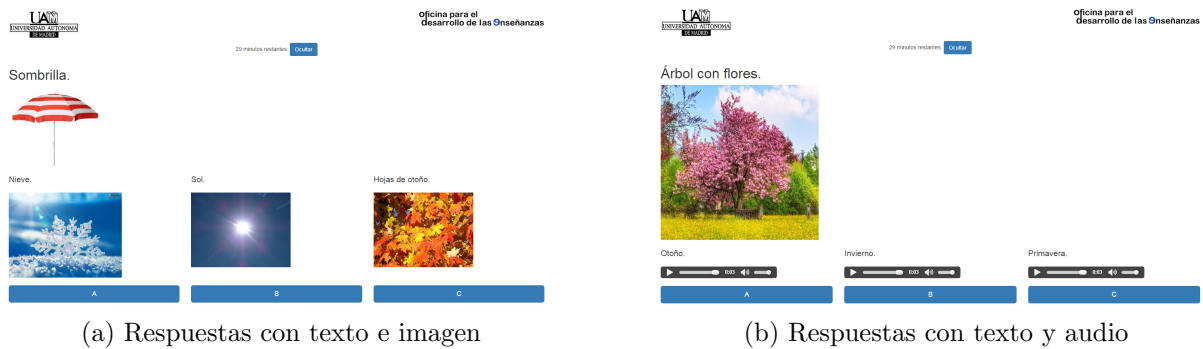


Figura 3.9: Ejemplo de preguntas de un examen

Desde ese momento el sistema va seleccionando las preguntas siguiendo el modelo descrito en 3.2.4. Mientras al alumno aún le queden preguntas por responder y esté dentro del tiempo establecido por el profesor para responder, el examen continuará. Cuando termine con las preguntas o el tiempo, el cuestionario terminará. Dependiendo de qué opción haya elegido el profesor al fijar los parámetros el cuestionario, se mostrará un mensaje indicando que ha terminado el cuestionario, la nota o cada pregunta con la respuesta elegida estableciendo si ha sido correcta o no. A continuación el alumno puede abandonar el sistema o volver a probar con el mismo u otro cuestionario.

4 Pruebas y resultados

4.1 Comparativa con otras soluciones

4.2 2013-2014: Grado en Historia

Durante el curso académico 2013-2014 los 15 alumnos de la asignatura de “Historia Antigua I” en el Grado en Historia de la Universidad Autónoma de Madrid utilizaron e-valUAM como herramienta de estudio y de evaluación.

A lo largo del semestre, los alumnos tuvieron disponibles 3 cuestionarios de autoevaluación y 3 exámenes, que constaban de algunas preguntas de la autoevaluación y una gran batería de preguntas nuevas. La autoevaluación estaba disponible a los alumnos tantas veces como quisieran. De los 15 alumnos, 6 la utilizaron menos de 3 veces, mientras que otros 6 la utilizaron más de 15 veces.

A lo largo del año, entre tres profesores crearon un total de 372 preguntas, respondiéndose cada una de media unas 12,386 veces.

4.3 Test sobre conocimientos informáticos

4.4 Caso real. Asignatura en el Grado en Educación Infantil

4.4.1 Aprendizaje

4.4.2 Examen final

4.4.3 Trabajo final

5 Conclusiones

TODO: Conclusiones sobre el trabajo realizado

Especificar que no se ha desarrollado nada de interfaz humano-ordenador. Dejar como trabajo futuro.

Bibliografía

- [1] H. Wainer, N. J. Dorans, D. Eignor, R. Flaugher, B. F. Green, R. J. Mislevy, L. Steinberg, and D. Thissen, *Computer-Adaptive Testing: A Primer*, Routledge, Ed. Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.
- [2] C. A. Chapelle and D. Douglas, *Assessing language through computer technology*. Ernst Klett Sprachen, 2006.
- [3] A. Ortigosa, P. Paredes, and P. Rodriguez, “Ah-questionnaire: An adaptive hierarchical questionnaire for learning styles,” *Computers & Education*, vol. 54, no. 4, pp. 999–1005, 2010.
- [4] S. Klinkenberg, M. Straatemeier, and H. Van der Maas, “Computer adaptive practice of maths ability using a new item response model for on the fly ability and difficulty estimation,” *Computers & Education*, vol. 57, no. 2, pp. 1813–1824, 2011.
- [5] D. Revicki and D. Cella, “Health status assessment for the twenty-first century: item response theory, item banking and computer adaptive testing,” *Quality of Life Research*, vol. 6, no. 6, pp. 595–600, 1997.
- [6] B. Boehm, “A spiral model of software development and enhancement,” *SIGSOFT Softw. Eng. Notes*, vol. 11, no. 4, pp. 14–24, Aug. 1986. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/12944.12948>

Apéndices

A Análisis de requisito ampliado

RNF 1. Accesibilidad

RNF 1.1. El sistema debe cumplir con el estándar WCAG 2.0 en un nivel A.

B Clasificación de las preguntas en niveles. Motivación y metodología

C ¿Cómo se evalúan los cuestionarios?

D Estructura del proyecto

E Código más relevante

F Ejemplos de bloques y comandos útiles en LaTeX

F.1 Ejemplo de sección

La DARPA creo el protocolo de Internet [?].

Citamos el acrónimo Field-Programmable Gate Array (FPGA).

Bitstream es una secuencia de bits.



Figura F.1: Logo de la Universidad Autónoma de madrid.

La figura F.1 se utiliza en la portada.

Código F.1: Algoritmo de ordenación Quicksort

```
#include <stdio.h>

void quick_sort (int *a, int n) {
    int i, j, p, t;
    if (n < 2)
        return;
    p = a[n / 2];
    for (i = 0, j = n - 1;; i++, j--) {
        while (a[i] < p)
            i++;
        while (p < a[j])
            j--;
        if (i >= j)
            break;
        t = a[i];
        a[i] = a[j];
        a[j] = t;
    }
    quick_sort(a, i);
    quick_sort(a + i, n - i);
}
```

```
#include <stdio.h>

void quick_sort (int *a, int n) {
    int i, j, p, t;
    if (n < 2)
        return;
    p = a[n / 2];
    for (i = 0, j = n - 1;; i++, j--) {
        while (a[i] < p)
            i++;
        while (p < a[j])
            j--;
        if (i >= j)
            break;
        t = a[i];
        a[i] = a[j];
        a[j] = t;
    }
    quick_sort(a, i);
    quick_sort(a + i, n - i);
}
```

La ecuación de Euler ($e^{\pm i\theta} = \cos \theta \pm i \sin \theta$) es citada frecuentemente como un ejemplo de belleza matemática.

$$a^2 + b^2 = c^2 \tag{F.1}$$