



Universidad de Oviedo

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA WEB

Orientación Internet de las Cosas

Curso 2024/2025

ActivityRecommender: Optimizando el seguimiento de actividades académicas para mejorar el rendimiento del alumnado mediante un sistema de recomendación

Vanesa Alonso Ramos

Tutor: Edward Rolando Núñez Valdez

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi padre y a mi madre por su apoyo incondicional cada día. Agradezco también a los profesores de la Escuela de Ingeniería Informática, especialmente a mi tutor, Edward Rolando Núñez Valdez, quienes me han transmitido todo lo que sé y han hecho posible la realización de este proyecto,

Doy las gracias a mis amigos y compañeros de la carrera por su compañía y apoyo durante todos estos años.

Resumen

El seguimiento académico personalizado es una necesidad creciente en los entornos educativos actuales, especialmente para identificar a tiempo a los estudiantes en riesgo de fracaso. Como primera aproximación a este problema, se desarrolló la aplicación *TrackingApp 2.0*, centrada en la visualización de notas y estadísticas básicas. Sin embargo, esta solución inicial carecía de capacidades para detectar automáticamente riesgos académicos, registrar la asistencia de forma eficiente o emitir alertas personalizadas.

Con el objetivo de solventar estas limitaciones, este trabajo amplía *TrackingApp 2.0* mediante la integración de un sistema de recomendación con alerta temprana que analiza el rendimiento académico y la asistencia de los alumnos en una asignatura específica. A partir de los resultados de actividades evaluables, el sistema identifica patrones que indiquen la probabilidad de aprobado y alerta tanto al estudiante como al profesorado.

Como principal innovación, se incorpora un sistema mejorado de registro de asistencia basado en tecnologías IoT, como sensores de geolocalización, que permite un control más preciso de la presencia en clase. También se ha desarrollado un módulo de notificaciones para alertar sobre eventos académicos relevantes.

Tras su implementación y validación en un entorno simulado, se concluye que el sistema permite un acompañamiento más proactivo del alumnado y facilita intervenciones tempranas por parte del profesorado, contribuyendo así a la reducción del riesgo de fracaso académico.

Palabras Clave

ActivityRecommender, sistema de recomendación, notificaciones, geolocalización, asistencia.

Abstract

Personalized academic monitoring is an increasing need in today's educational environments, especially to identify students at risk of academic failure in a timely manner. As a first approach to this problem, the TrackingApp 2.0 application was developed, focused on grade visualization and basic statistics. However, this initial solution lacked the capabilities to automatically detect academic risk, efficiently record attendance, or issue personalized alerts.

To address these limitations, this project extends TrackingApp 2.0 by integrating a recommendation system with early warning system that analyzes students' academic performance and attendance in a specific subject. Based on the results of evaluable activities, the system identifies patterns that indicate the probability of passing and sends alerts to both students and teaching staff.

As a main innovation, an improved attendance tracking system based on IoT technologies, such as geolocation sensors, is incorporated, enabling more accurate monitoring of classroom presence. A notification module has also been developed to alert users about relevant academic events.

After implementation and validation in a simulated environment, the system proves to enable more proactive student monitoring and facilitates early interventions by teachers, thus contributing to reducing the risk of academic failure.

Keywords

ActivityRecommender, recommendation system, notifications, geolocation, attendance.

Índice General

CAPÍTULO 1.	MEMORIA DEL PROYECTO	17
1.1	RESUMEN DE LA MOTIVACIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO	17
1.2	RESUMEN DE TODOS LOS ASPECTOS	17
CAPÍTULO 2.	INTRODUCCIÓN	19
2.1	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	19
2.2	OBJETIVOS DEL PROYECTO	20
2.3	ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	21
2.3.1	<i>Early Alert System de universidades estadounidenses</i>	21
2.3.2	<i>Moodle Learning Analytics</i>	21
2.3.3	<i>IntelliBoard</i>	22
2.3.4	<i>EdOptimize</i>	22
2.3.5	<i>Canvas Analytics</i>	23
2.3.6	<i>Blackboard Analytics for Learn</i>	24
CAPÍTULO 3.	ASPECTOS TEÓRICOS	25
3.1	SISTEMA DE RECOMENDACIÓN	25
3.2	BASE DE DATOS RELACIONAL	29
CAPÍTULO 4.	DIRECCIÓN Y GESTIÓN DEL TFM	31
4.1	PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	31
4.1.1	<i>Identificación de interesados</i>	31
4.1.2	<i>OBS, PBS</i>	31
4.1.3	<i>Planificación Inicial. WBS</i>	33
4.1.4	<i>Riesgos</i>	38
4.1.5	<i>Presupuesto Inicial</i>	41
4.2	EJECUCIÓN DEL PROYECTO	48
4.2.1	<i>Plan Seguimiento de Planificación</i>	48
4.2.2	<i>Bitácora de incidencias del proyecto</i>	49
4.2.3	<i>Riesgos</i>	50
4.3	CIERRE DEL PROYECTO	51
4.3.1	<i>Planificación final</i>	51
4.3.2	<i>Informe final de riesgos</i>	54
4.3.3	<i>Presupuesto final de costes</i>	55
CAPÍTULO 5.	ANÁLISIS	58
5.1	DEFINICIÓN DEL SISTEMA	58
5.1.1	<i>Determinación del Alcance del Sistema</i>	58
5.2	REQUISITOS DEL SISTEMA	59
5.2.1	<i>Obtención de los Requisitos del Sistema</i>	59
5.2.2	<i>Identificación de Actores del Sistema</i>	61
5.2.3	<i>Especificación de Casos de Uso</i>	62
5.3	IDENTIFICACIÓN DE LOS SUBSISTEMAS EN LA FASE DE ANÁLISIS	63
5.3.1	<i>Descripción de los Subsistemas</i>	63

5.3.2	<i>Descripción de los Interfaces entre Subsistemas</i>	64
5.4	DIAGRAMA DE CLASES PRELIMINAR DEL ANÁLISIS.....	65
5.4.1	<i>Diagrama de Clases</i>	65
5.4.2	<i>Descripción de las Clases</i>	65
5.5	ANÁLISIS DE CASOS DE USO Y ESCENARIOS.....	70
5.5.1	<i>Ver notificaciones</i>	70
5.5.2	<i>Eliminar notificaciones</i>	71
5.5.3	<i>Editar notificaciones de actividades</i>	71
5.5.4	<i>Editar notificaciones de asistencias</i>	72
5.5.5	<i>Editar notificaciones de encuestas</i>	73
5.5.6	<i>Crear asistencia con geolocalización</i>	74
5.5.7	<i>Registrar asistencia mediante geolocalización</i>	75
5.5.8	<i>Ver predicción de asignatura</i>	76
5.5.9	<i>Recalcular predicciones de una asignatura</i>	76
5.5.10	<i>Ver estadísticas de predicciones</i>	77
5.6	ANÁLISIS DE INTERFACES DE USUARIO.....	78
5.6.1	<i>Descripción de la Interfaz</i>	78
5.6.2	<i>Descripción del Comportamiento de la Interfaz</i>	82
5.6.3	<i>Diagrama de Navegabilidad</i>	83
5.7	ESPECIFICACIÓN DEL PLAN DE PRUEBAS.....	87
5.7.1	<i>Pruebas Unitarias</i>	87
5.7.2	<i>Pruebas de Integración</i>	88
5.7.3	<i>Pruebas de Usabilidad</i>	88
5.7.4	<i>Pruebas de Accesibilidad</i>	89
5.7.5	<i>Pruebas de Rendimiento</i>	89
CAPÍTULO 6.	DISEÑO DEL SISTEMA	90
6.1	ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	90
6.1.1	<i>Diagramas de Paquetes</i>	91
6.1.2	<i>Diagramas de Despliegue</i>	92
6.2	DISEÑO DE CLASES.....	93
6.2.1	<i>Diagrama de Clases</i>	93
6.3	DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN.....	95
6.3.1	<i>Editar notificaciones de asistencias, actividades o encuestas</i>	96
6.3.2	<i>Ver predicción de asignatura</i>	97
6.4	DISEÑO DE LA BASE DE DATOS.....	98
6.4.1	<i>Descripción del SGBD Usado</i>	98
6.4.2	<i>Integración del SGBD en Nuestro Sistema</i>	98
6.4.3	<i>Diagrama E-R</i>	99
6.5	DISEÑO DE LA INTERFAZ.....	100
6.5.1	<i>Sistema de notificaciones</i>	100
6.5.2	<i>Registro de asistencia mediante geolocalización</i>	101
6.5.3	<i>Sistema de recomendación</i>	102
6.5.4	<i>Comportamiento de la interfaz</i>	103
6.6	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL PLAN DE PRUEBAS.....	104
6.6.1	<i>Pruebas Unitarias</i>	104
6.6.2	<i>Pruebas de Integración</i>	107
6.6.3	<i>Pruebas de Usabilidad</i>	110

6.6.4	<i>Pruebas de Accesibilidad</i>	113
6.6.5	<i>Pruebas de Rendimiento</i>	113
CAPÍTULO 7.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	114
7.1	SISTEMA DE RECOMENDACIÓN	114
7.1.1	<i>Algoritmo utilizado</i>	114
7.1.2	<i>Posible problema: cold-start</i>	116
7.2	ESTÁNDARES Y NORMAS SEGUIDOS	117
7.3	LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	118
7.4	HERRAMIENTAS Y PROGRAMAS USADOS PARA EL DESARROLLO	118
CAPÍTULO 8.	DESARROLLO DE LAS PRUEBAS	120
8.1	PRUEBAS UNITARIAS	120
8.2	PRUEBAS DE INTEGRACIÓN	122
8.3	PRUEBAS DE USABILIDAD	126
8.3.1	<i>Usuario 1</i>	126
8.3.2	<i>Usuario 2</i>	128
8.3.3	<i>Usuario 3</i>	130
8.3.4	<i>Usuario 4</i>	132
8.3.5	<i>Usuario 5</i>	134
8.3.6	<i>Observaciones</i>	136
8.4	PRUEBAS DE ACCESIBILIDAD	136
8.4.1	<i>Revisión Preliminar</i>	137
8.4.2	<i>Evaluación automática</i>	139
8.4.3	<i>Checklist del WCAG 2.1</i>	142
8.4.4	<i>Accesibilidad con Dispositivos Móviles</i>	147
8.5	PRUEBAS DE RENDIMIENTO	151
CAPÍTULO 9.	MANUALES DEL SISTEMA	154
9.1	MANUAL DE INSTALACIÓN	154
9.2	MANUAL DE EJECUCIÓN	155
9.3	MANUAL DE USUARIO	156
9.4	MANUAL DEL PROGRAMADOR	162
9.4.1	<i>Crear entidad</i>	162
9.4.2	<i>Internacionalización</i>	164
9.4.3	<i>Sistema de recomendación</i>	165
CAPÍTULO 10.	CONCLUSIONES Y AMPLIACIONES	167
10.1	CONCLUSIONES	167
10.2	AMPLIACIONES	168
10.2.1	<i>Envío de correos automáticos</i>	168
10.2.2	<i>Mensajes directos entre usuarios</i>	168
10.2.3	<i>Radio de geolocalización configurable</i>	168
10.2.4	<i>Recomendaciones de actividades</i>	168
CAPÍTULO 11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169
CAPÍTULO 12.	ANEXOS	171
12.1	CONTENIDO ENTREGADO EN LOS ANEXOS	171
12.2	PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS	171

12.2.1	<i>Planificar la gestión de riesgos</i>	172
12.2.2	<i>Identificación de riesgos</i>	173
12.2.3	<i>Análisis de riesgos</i>	174
12.2.4	<i>Priorización de riesgos</i>	174
12.2.5	<i>Planificación de la gestión de cada riesgo</i>	174

Índice de Tablas

Tabla 1. Matriz de responsabilidades.....	32
Tabla 2. Riesgos del proyecto.....	41
Tabla 3. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Personal.....	41
Tabla 4. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Productividad del personal	42
Tabla 5. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Costes indirectos.....	42
Tabla 6. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Coste de los medios de producción	42
Tabla 7. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Beneficios deseados y necesidades de facturación	43
Tabla 8. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Horas productivas y no productivas	43
Tabla 9. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Precio hora (coste y venta)	43
Tabla 10. Partida 1: Arranque del proyecto.....	44
Tabla 11. Partida 2: Documentación	44
Tabla 12. Partida 3: Implementación	46
Tabla 13. Partida 4: Pruebas	46
Tabla 14. Partida 5: Despliegue y cierre	47
Tabla 15. Presupuesto de costes	47
Tabla 16. Presupuesto de cliente	48
Tabla 17. Bitácora de incidencias del proyecto	50
Tabla 18. Seguimiento de riesgos.....	51
Tabla 19. Partida 2 final: Documentación	55
Tabla 20. Partida 3 final: Implementación.....	57
Tabla 21. Presupuesto de costes final	57
Tabla 22. Especificación de caso de uso	62
Tabla 23. Subsistemas del Front-end	63
Tabla 24. Subsistemas del Back-end.....	64
Tabla 25. Descripción del método findAllBy() de la capa de repositorios	66
Tabla 26. Descripción del método findAll() de la capa de repositorios	66
Tabla 27. Descripción del método findById() de la capa de repositorios	66
Tabla 28. Descripción del método save() de la capa de repositorios	66
Tabla 29. Descripción del método deleteById() de la capa de repositorios	66
Tabla 30. Descripción del método findByCurrentUser() de la capa de servicios	67
Tabla 31. Descripción del método update() de la capa de servicios.....	67
Tabla 32. Descripción del método createNotificationForCurrentUser() de la capa de servicios	67
Tabla 33. Descripción del método delete() de la capa de servicios	67
Tabla 34. Descripción del método findOne() de la capa de servicios	68
Tabla 35. Descripción del método getPredictions() de la capa de servicios	68
Tabla 36. Descripción del método calculatePredictions() de la capa de servicios	68
Tabla 37. Descripción del método getNotificationsConfigByCurrentUser() de la capa de controladores	68
Tabla 38. Descripción del método updateNotificationsConfig() de la capa de controladores	69
Tabla 39. Descripción del método createNotifications() de la capa de controladores	69
Tabla 40. Descripción del método getNotification() de la capa de controladores.....	69
Tabla 41. Descripción del método deleteNotification() de la capa de controladores.....	69
Tabla 42. Descripción del método getPredictions() de la capa de controladores.....	69

Tabla 43. Análisis de caso de uso. Ver notificaciones	70
Tabla 44. Análisis de caso de uso. Eliminar notificaciones.....	71
Tabla 45. Análisis de caso de uso. Editar notificaciones de actividades	72
Tabla 46. Análisis de caso de uso. Editar notificaciones de asistencias.....	73
Tabla 47. Análisis de caso de uso. Editar notificaciones de encuestas	74
Tabla 48. Análisis de caso de uso. Crear asistencia con geolocalización	74
Tabla 49. Análisis de caso de uso. Registrar asistencia mediante geolocalización	75
Tabla 50. Análisis de caso de uso. Ver predicción de asignatura	76
Tabla 51. Análisis de caso de uso. Recalcular predicciones de una asignatura	77
Tabla 52. Análisis de caso de uso. Ver estadísticas de predicciones	77
Tabla 53. Especificación de pruebas unitarias	87
Tabla 54. Especificación de pruebas de integración	88
Tabla 55. Especificación técnica de pruebas unitarias	107
Tabla 56. Especificación técnica de pruebas de integración	110
Tabla 57. Especificación técnica de pruebas de usabilidad. Preguntas de carácter general	111
Tabla 58. Especificación técnica de pruebas de usabilidad. Preguntas cortas de usabilidad	112
Tabla 59. Especificación técnica de pruebas de usabilidad. Cuestionario para el responsable de las pruebas	113
Tabla 60. . Ejecución de pruebas unitarias	121
Tabla 61. Ejecución de pruebas de integración.....	123
Tabla 62. Usuario 1. Preguntas de carácter general	126
Tabla 63. Usuario 1. Preguntas cortas de usabilidad	127
Tabla 64. Usuario 1. Cuestionario para el responsable de las pruebas	128
Tabla 65. Usuario 2. Preguntas de carácter general	128
Tabla 66. Usuario 2. Preguntas cortas de usabilidad	129
Tabla 67. Usuario 2. Cuestionario para el responsable de las pruebas	130
Tabla 68. Usuario 3. Preguntas de carácter general	130
Tabla 69. Usuario 3. Preguntas cortas de usabilidad	131
Tabla 70. Usuario 3. Cuestionario para el responsable de las pruebas	132
Tabla 71. Usuario 4. Preguntas de carácter general	132
Tabla 72. Usuario 4. Preguntas cortas de usabilidad	133
Tabla 73. Usuario 4. Cuestionario para el responsable de las pruebas	134
Tabla 74. Usuario 5. Preguntas de carácter general	135
Tabla 75. Usuario 5. Preguntas cortas de usabilidad	136
Tabla 76. Usuario 5. Cuestionario para el responsable de las pruebas	136
Tabla 77. Checklist Nivel A	143
Tabla 78. Checklist Nivel AA.....	145
Tabla 79. Checklist Nivel AAA	146
Tabla 80. Estructura general del fichero anexo entregado [1]	171
Tabla 81. Estructura de la carpeta "TrackingApp-2.0" del fichero anexo entregado [1].....	171
Tabla 82. Tabla de definición de probabilidades [24]	172

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Diagrama PBS	33
Ilustración 2. Planificación general inicial WBS	34
Ilustración 3. Planificación general inicial WBS. Diagrama Gantt	34
Ilustración 4. Planificación Documentación (1) inicial WBS	35
Ilustración 5. Planificación Documentación (1) inicial WBS. Diagrama Gantt	35
Ilustración 6. Planificación Implementación inicial WBS	36
Ilustración 7. Planificación Implementación inicial WBS. Diagrama Gantt	37
Ilustración 8. Planificación Pruebas inicial WBS	37
Ilustración 9. Planificación Pruebas inicial WBS. Diagrama Gantt	38
Ilustración 10. Planificación Cierre de proyecto inicial WBS	38
Ilustración 11. Planificación Cierre de proyecto inicial WBS. Diagrama Gantt	38
Ilustración 12. Plan de seguimiento de la planificación	48
Ilustración 13. Planificación general final WBS.....	52
Ilustración 14. Planificación Documentación (1) final WBS	52
Ilustración 15. Planificación Implementación final WBS.....	53
Ilustración 16. Planificación Pruebas final WBS.....	53
Ilustración 17. Planificación Cierre de proyecto final WBS	54
Ilustración 18. Diagrama de clases preliminar	65
Ilustración 19. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Ver notificaciones	70
Ilustración 20. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Eliminar notificaciones	71
Ilustración 21. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Editar notificaciones de actividades ...	71
Ilustración 22. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Editar notificaciones de asistencias ...	72
Ilustración 23. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Editar notificaciones de encuestas.....	73
Ilustración 24. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Crear asistencia con geolocalización ...	74
Ilustración 25. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Registrar asistencia mediante geolocalización	75
Ilustración 26. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Ver predicción de asignatura	76
Ilustración 27. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Recalcular predicciones de una asignatura	76
Ilustración 28. Análisis de casos de uso. Diagrama de robustez. Ver estadísticas de predicciones	77
Ilustración 29. Vista general de menú superior	78
Ilustración 30. Menú de notificaciones desplegado	78
Ilustración 31. Vista de todas las notificaciones.....	79
Ilustración 32. Configuración de notificaciones.....	79
Ilustración 33. Formulario de creación de asistencia (1).....	80
Ilustración 34. Formulario de creación de asistencia (2).....	80
Ilustración 35. Vista de predicción para alumnos	81
Ilustración 36. Vista de predicción para profesores.....	81
Ilustración 37. Vista de estadísticas para profesores.....	82
Ilustración 38. Vista de predicción positiva	82
Ilustración 39. Vista de predicción negativa	82
Ilustración 40. Vista de predicción sin datos	82
Ilustración 41. Vista de predicción calculándose	83
Ilustración 42. Aviso de geolocalización	83

Ilustración 43. Diagrama de navegabilidad del alumno	84
Ilustración 44. Diagrama de navegabilidad del profesor	85
Ilustración 45. Diagrama de navegabilidad del administrador [1]	86
Ilustración 46. Diagrama de paquetes.....	91
Ilustración 47. Diagrama de despliegue	92
Ilustración 48. Diseño de clases. Diagrama de clases general.....	93
Ilustración 49. Diseño de clases. Diagrama de clases de repositorios	94
Ilustración 50. Diseño de clases. Diagrama de clases de servicios	94
Ilustración 51. Diseño de clases. Diagrama de clases de PredictionService	95
Ilustración 52. Diagrama de interacción. Editar notificaciones de asistencias, actividades o encuestas	96
Ilustración 53. Diagrama de interacción. Ver predicción de asignatura	97
Ilustración 54. Diagrama ER	99
Ilustración 55. Diseño de la interfaz. Menú superior.....	100
Ilustración 56. Diseño de la interfaz. Menú de notificaciones	100
Ilustración 57. Diseño de la interfaz. Vista de notificaciones.....	100
Ilustración 58. Diseño de la interfaz. Ajuste de notificaciones	101
Ilustración 59. Diseño de la interfaz. Formulario de creación de asistencia (1).....	101
Ilustración 60. Diseño de la interfaz. Formulario de creación de asistencia (2).....	102
Ilustración 61. Diseño de la interfaz. Vista de predicciones para alumnos	102
Ilustración 62. Diseño de la interfaz. Vista de predicción para profesores	103
Ilustración 63. Diseño de la interfaz. Vista de estadísticas para profesores.....	103
Ilustración 64. Diseño de la interfaz. Vista de predicción positiva	103
Ilustración 65. Diseño de la interfaz. Vista de predicción negativa	104
Ilustración 66. Diseño de la interfaz. Vista de predicción sin datos	104
Ilustración 67. Diseño de la interfaz. Vista de predicción calculándose	104
Ilustración 68. Diseño de la interfaz. Aviso de geolocalización	104
Ilustración 69. Ejecución de pruebas unitarias. NotificacionConfigTests	121
Ilustración 70. Ejecución de pruebas unitarias. NotificacionsTests.....	121
Ilustración 71. Ejecución de pruebas unitarias. PredictionTests	121
Ilustración 72. Ejecución de pruebas unitarias	122
Ilustración 73. Ejecución de pruebas de integración en Selenium IDE (1)	123
Ilustración 74. Ejecución de pruebas de integración en Selenium IDE (2)	124
Ilustración 75. Ejecución de pruebas de integración en Selenium IDE (3)	124
Ilustración 76. Ejecución de pruebas de integración en Selenium IDE (4)	125
Ilustración 77. Ejecución de pruebas de integración en Selenium IDE (5)	125
Ilustración 78. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Vista de predicciones en Google Chrome	137
Ilustración 79. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Ajustes de notificaciones en Google Chrome ..	137
Ilustración 80. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Vista de predicciones en Mozilla Firefox	138
Ilustración 81. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Ajustes de notificaciones en Mozilla Firefox ..	138
Ilustración 82. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Vista de predicciones en Microsoft Edge	139
Ilustración 83. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Ajustes de notificaciones en Microsoft Edge ..	139
Ilustración 84. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Wave Evaluation Tool (1)	140
Ilustración 85. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Wave Evaluation Tool (2)	140
Ilustración 86. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Wave Evaluation Tool (3)	140
Ilustración 87. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Wave Evaluation Tool (4)	141
Ilustración 88. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Wave Evaluation Tool (5)	141
Ilustración 89. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Wave Evaluation Tool. Contraste	142
Ilustración 90. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en móvil (1)	147

Ilustración 91. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en móvil (2)	148
Ilustración 92. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en móvil (3)	148
Ilustración 93. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en móvil (4)	149
Ilustración 94. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en móvil (5)	149
Ilustración 95. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en tablet (1).....	150
Ilustración 96. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en tablet (2).....	150
Ilustración 97. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en tablet (3).....	150
Ilustración 98. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en tablet (4).....	151
Ilustración 99. Ejecución de pruebas de rendimiento. Resumen de JMeter	151
Ilustración 100. Ejecución de pruebas de rendimiento. Peticiones exitosas y fallidas	152
Ilustración 101. Ejecución de pruebas de rendimiento. Tiempos de respuesta	152
Ilustración 102. Ejecución de pruebas de rendimiento. Distribución de tiempos de respuesta	153
Ilustración 103. Ejecución de pruebas de rendimiento. Transacciones por segundo	153
Ilustración 104. Comprobación de versión de Java.....	154
Ilustración 105. Comprobación de versión de Node.js y npm.....	154
Ilustración 106. Comprobación de versión de Docker	154
Ilustración 107. Selenium IDE	156
Ilustración 108. Selenium IDE. Vista de proyecto de pruebas.....	156
Ilustración 109. Manual de usuario. Inicio de sesión.....	157
Ilustración 110. Manual de usuario. Vista de grados.....	157
Ilustración 111. Manual de usuario. Vista de asignaturas	157
Ilustración 112. Manual de usuario. Detalles de asignatura	158
Ilustración 113. Manual de usuario. Detalles de asignatura. Predicciones (profesor).....	158
Ilustración 114. Manual de usuario. Detalles de asignatura. Predicciones (alumno)	159
Ilustración 115. Manual de usuario. Detalles de asignatura. Estadísticas	159
Ilustración 116. Manual de usuario. Detalles de asignatura. Vista de grupos.....	159
Ilustración 117. Manual de usuario. Detalles de grupo	160
Ilustración 118. Manual de usuario. Crear asistencia	161
Ilustración 119. Manual de usuario. Registrar asistencia	161
Ilustración 120. Manual de usuario. Menú de notificaciones	161
Ilustración 121. Manual de usuario. Configuración de notificaciones.....	161
Ilustración 122. Manual de usuario. Vista de notificaciones	162
Ilustración 123. Entidad Department en JDL [1]	162
Ilustración 124. Slice de un reducer [1]	163
Ilustración 125. Uso del useDispatch() en una vista [1].....	163
Ilustración 126. Uso de una action en una vista [1]	163
Ilustración 127. Uso del useSelector() en una vista [1].....	164
Ilustración 128. Archivo XML de las columnas de la BD de una entidad [1]	164
Ilustración 129. Código para incluir un archivo XML de entidad en el archivo master.xml [1]	164
Ilustración 130. Archivo JSON de internacionalización de una entidad [1]	165
Ilustración 131. Uso del componente <Translate/> [1].....	165
Ilustración 132. Uso de la función translate() [1]	165
Ilustración 133. Escalas de impacto sobre los principales objetivos del proyecto [13]	172
Ilustración 134. Matriz de probabilidad e impacto [13].....	173
Ilustración 135. Categorías de los riesgos [13]	173

Capítulo 1. Memoria del Proyecto

En este apartado, se describirán brevemente la motivación, objetivos y del proyecto, así como un resumen de los apartados de este documento.

1.1 Resumen de la Motivación, Objetivos y Alcance del Proyecto

El presente trabajo surge de la necesidad de mejorar el sistema de administración de actividades académicas existente, TrackingApp 2.0 [1]. Actualmente, este sistema permite visualizar las notas y estadísticas de los estudiantes, pero carece de herramientas predictivas que ayuden a identificar a tiempo a los alumnos en riesgo de suspender. Esta carencia puede afectar tanto a los estudiantes, que no reciben alertas sobre su desempeño, como a los docentes, que no cuentan con información proactiva para intervenir oportunamente.

Para abordar esta problemática, se propone la implementación de un sistema mejorado que incluya funcionalidades avanzadas como un motor de recomendación, notificaciones automáticas y un registro de asistencia automatizado mediante geolocalización. Con estas mejoras, se busca no solo optimizar la gestión académica, sino también facilitar la toma de decisiones para alumnos y profesores, promoviendo un aprendizaje más efectivo y una administración más eficiente.

El proyecto se enfocará en mejorar TrackingApp 2.0 a través de la incorporación de nuevas funcionalidades sin alterar su núcleo original. Las mejoras estarán dirigidas a la predicción del rendimiento académico, la automatización de notificaciones y la optimización del registro de asistencia.

Los principales objetivos del proyecto, por tanto, son los siguientes:

- Desarrollar un sistema de recomendación: implementar una herramienta que analice el rendimiento de los estudiantes y que notifique cuando exista un riesgo de suspenso.
- Implementar un sistema de notificaciones: crear un sistema de alertas automáticas con el fin de mejorar la comunicación y organización dentro del entorno educativo.
- Mejorar el registro de asistencia mediante geolocalización: incorporar un mecanismo IoT que registre la asistencia de los estudiantes utilizando tecnologías de geolocalización, garantizando un control más preciso.

1.2 Resumen de Todos los Aspectos

A continuación, se describe un resumen de todos los aspectos del proyecto comentados en las secciones posteriores:

- **Capítulo 2. Introducción:** este capítulo se centra en la justificación y objetivos del proyecto, así como una descripción de la situación actual.
- **Capítulo 3. Aspectos teóricos:** esta sección está destinada a describir brevemente aquellos conceptos, herramientas y tecnologías existentes que se van a usar en el proyecto.
- **Capítulo 4. Dirección y gestión del TFM:** en este capítulo se especifican las planificaciones, presupuestos y riesgos del proyecto.
- **Capítulo 5. Análisis:** en este capítulo se describen los requisitos, casos de uso y subsistemas y se planifica el plan de pruebas.
- **Capítulo 6. Diseño del sistema:** en este apartado se describe la arquitectura del sistema, base de datos, diseño de la interfaz y especificación de las pruebas.
- **Capítulo 7. Implementación del sistema:** en este capítulo se describen estándares, normas, lenguajes y herramientas usadas en el desarrollo. Además, se describe cómo funciona el sistema de recomendación.
- **Capítulo 8. Desarrollo de las pruebas:** en este apartado se muestran los resultados del plan de pruebas definido anteriormente.
- **Capítulo 9. Manuales del sistema:** en este capítulo se definen los manuales de instalación, ejecución, usuario y programador.
- **Capítulo 10. Conclusiones y ampliaciones:** en esta sección se muestran las conclusiones del sistema creado, así como posibles ampliaciones futuras.
- **Capítulo 11. Referencias bibliográficas:** en este apartado se muestran las referencias utilizadas durante el desarrollo.
- **Capítulo 12. Anexos:** en este capítulo se describe el contenido entregado con el proyecto, así como el plan de gestión de riesgos

Capítulo 2. Introducción

En este capítulo, se describe la justificación y objetivos del proyecto, así como una descripción de la situación actual.

2.1 Justificación del Proyecto

El proyecto parte de la necesidad de abordar uno de los problemas más persistentes en el ámbito universitario: el abandono de los estudios y el bajo rendimiento académico. Según el informe presentado por el Ministerio de Universidades en 2022 [2], el 13% de los estudiantes que inician un Grado en universidades presenciales abandona sus estudios, y más del 50% de estos abandonos ocurre durante el primer año. Entre los principales factores asociados se encuentran el bajo rendimiento académico, la falta de seguimiento individualizado, y la escasa capacidad de detección temprana del riesgo de fracaso por parte de las instituciones educativas.

Con el objetivo de mejorar el seguimiento del alumnado, se desarrolló inicialmente el sistema TrackingApp 2.0, orientado a mostrar las calificaciones y estadísticas de los estudiantes, así como a centralizar información académica relevante. No obstante, una de sus principales carencias es la falta de funcionalidades predictivas que permitan anticipar situaciones de riesgo académico. Ante esta limitación, el presente proyecto propone la incorporación un motor de recomendación basado en el análisis de las notas de los estudiantes. Este sistema ayudará a los alumnos y profesores a tomar decisiones que faciliten o mejoren la situación académica de los alumnos en un momento determinado del curso.

Además, el nuevo sistema incluye un módulo de notificaciones académicas (encuestas, entregas, asistencias, etc.) y una funcionalidad de registro de asistencia por geolocalización, lo que mejora la trazabilidad y el control del compromiso académico de los estudiantes. En conjunto, estas mejoras no solo automatizan procesos existentes, sino que ofrecen herramientas predictivas y de alerta temprana, alineadas con las recomendaciones del citado informe ministerial, para combatir el abandono y mejorar las tasas de éxito académico.

2.2 Objetivos del Proyecto

El objetivo general es desarrollar un sistema de recomendación que pueda detectar cómo van evolucionando los alumnos de una asignatura concreta, analizando sus actividades evaluables, para así poder informarles de sus probabilidades de aprobado. Esto permitirá anticipar el riesgo de fracaso académico y mejorar la gestión y seguimiento de los estudiantes. El proyecto también incluirá un sistema de asistencia basado en datos procedentes de sistemas IoT, como la geolocalización. Se incluirá además un sistema de notificaciones automatizadas.

Por tanto, los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

1. **Desarrollar un sistema de alerta temprana de seguimiento del rendimiento académico:** crear una herramienta que analice la evolución de los estudiantes en función de sus calificaciones y asistencias y muestre a los alumnos y profesores la probabilidad de aprobado, permitiendo la intervención a tiempo.
2. **Desarrollar un sistema de notificaciones:** desarrollar un sistema de notificaciones automáticas para alertar sobre actividades académicas, encuestas pendientes, y asistencias, mejorando la comunicación entre los estudiantes y profesores.
3. **Mejorar el registro de asistencia mediante geolocalización:** incorporar un sistema que registre la asistencia de los estudiantes utilizando tecnologías IoT de geolocalización, garantizando un control más preciso.

2.3 Estudio de la Situación Actual

En esta sección se identificarán sistemas similares al que se va a desarrollar.

2.3.1 Early Alert System de universidades estadounidenses

Descripción

Muchos centros universitarios de Estados Unidos implementan sistemas de alerta temprana basados en el seguimiento del rendimiento académico. Estos sistemas detectan patrones de bajo rendimiento mediante reglas establecidas o modelos predictivos, y notifican a los orientadores o tutores académicos para que puedan intervenir a tiempo [3].

Ventajas

- Basado en experiencias reales y validadas en entornos educativos.
- Facilita intervenciones tempranas personalizadas.
- Mejora la retención de estudiantes.

Inconvenientes

- Suele ser un sistema cerrado, poco adaptable a otras instituciones.
- Requiere una gran cantidad de datos históricos para ser eficaz.
- La intervención sigue dependiendo en muchos casos de personal externo (orientadores o tutores).

2.3.2 Moodle Learning Analytics

Descripción

Moodle Learning Analytics (también conocido como Inspire) es una funcionalidad integrada en la plataforma Moodle que permite analizar el comportamiento de los estudiantes en los cursos mediante el uso de modelos predictivos. Estos modelos pueden evaluar la participación del alumno, sus calificaciones, los accesos al aula virtual y otros indicadores para anticipar el riesgo de suspenso o abandono. Además, permite configurar acciones de intervención automatizadas, como notificaciones personalizadas o alertas para los docentes [4].

Ventajas

- Totalmente integrado en Moodle, una de las plataformas educativas más utilizadas en el mundo.

- Permite crear o personalizar modelos analíticos propios según las necesidades del curso o institución.
- Ofrece paneles visuales y estadísticas accesibles para docentes y administradores.
- Incluye un sistema de intervención automatizada basado en eventos disparadores (trigger-based actions).

Inconvenientes

- Requiere conocimientos técnicos avanzados para configurar y entrenar modelos personalizados.
- Su uso efectivo depende de la calidad y cantidad de datos recopilados por la plataforma.

2.3.3 IntelliBoard

Descripción

IntelliBoard es una plataforma de análisis de aprendizaje que se integra con sistemas de gestión del aprendizaje (LMS). Proporciona informes y paneles de control avanzados que permiten a educadores y administradores monitorear y analizar el rendimiento de los estudiantes, la participación en cursos y otras métricas clave [5].

Ventajas

- Proporciona una amplia gama de informes personalizables que ayudan a identificar tendencias y áreas de mejora en el aprendizaje.
- Facilita la toma de decisiones basadas en datos para mejorar la enseñanza y el aprendizaje.

Inconvenientes

- Al ser una solución de terceros, puede implicar costos adicionales para las instituciones educativas.
- La integración y configuración inicial pueden requerir soporte técnico especializado.

2.3.4 EdOptimize

Descripción

EdOptimize es una plataforma de análisis de aprendizaje de código abierto diseñada para instituciones de educación K-12. Ofrece una colección de tres paneles de datos extensivos que proporcionan análisis accionables sobre el comportamiento y rendimiento de los estudiantes. La plataforma incluye análisis de plataforma, análisis curricular y análisis de participación, permitiendo a los educadores identificar patrones de aprendizaje y áreas que requieren intervención [6].

Ventajas

- Al ser de código abierto, permite a las instituciones personalizar y adaptar la plataforma según sus necesidades específicas.
- Proporciona herramientas para identificar patrones de aprendizaje y mejorar el diseño curricular.
- Facilita la identificación de estudiantes en riesgo y la implementación de intervenciones tempranas.

Inconvenientes

- Requiere recursos técnicos para la implementación y mantenimiento de la plataforma.
- Puede no ser tan robusta o completa como soluciones comerciales más establecidas.
- La comunidad de soporte puede ser más limitada en comparación con soluciones más populares.

2.3.5 Canvas Analytics

Descripción

Canvas Analytics es una funcionalidad integrada en el sistema de gestión de aprendizaje Canvas. Proporciona a los instructores datos sobre la participación y el rendimiento de los estudiantes en sus cursos. Las herramientas analíticas incluyen informes sobre la actividad del curso, el progreso de los estudiantes y la interacción con los materiales del curso [7].

Ventajas

- Integración directa con la plataforma Canvas, facilitando el acceso a datos en tiempo real.
- Proporciona visualizaciones claras y detalladas del progreso y la participación de los estudiantes.

Inconvenientes

- La profundidad de los análisis puede ser limitada en comparación con herramientas analíticas especializadas.
- Dependencia exclusiva del ecosistema Canvas, lo que puede dificultar la integración con otros sistemas.
- Requiere que los instructores estén familiarizados con la interpretación de datos analíticos para una intervención efectiva.

2.3.6 Blackboard Analytics for Learn

Descripción

Blackboard Analytics for Learn es un servicio opcional que permite a los instructores generar diversos informes sobre el rendimiento de los estudiantes en sus cursos. Extrae datos de Blackboard Learn y los combina con información del sistema de información estudiantil de la institución para ofrecer análisis detallados [8].

Ventajas

- Ofrece una visión integral al combinar datos del LMS y del sistema de información estudiantil.
- Proporciona informes detallados que ayudan a identificar tendencias y patrones en el rendimiento estudiantil.
- Facilita la toma de decisiones basada en datos para mejorar la enseñanza y el aprendizaje.

Inconvenientes

- Es un servicio adicional que puede implicar costos extra para la institución.
- La configuración y personalización de los informes pueden requerir conocimientos técnicos avanzados.
- Al depender de la integración con el sistema de información estudiantil, cualquier inconsistencia en los datos puede afectar la precisión de los análisis.

Capítulo 3. Aspectos Teóricos

Esta sección está destinada a describir brevemente aquellos conceptos, herramientas y tecnologías existentes que vamos a usar en nuestro proyecto.

3.1 Sistema de recomendación

Un sistema de recomendación es un tipo de software que filtra y presenta información personalizada a los usuarios en función de sus preferencias, historial de interacción y datos contextuales. Su objetivo principal es reducir la sobrecarga de información y mejorar la experiencia del usuario al proporcionar sugerencias relevantes [9].

Estos sistemas han sido ampliamente adoptados en diversas industrias, como el comercio electrónico, el entretenimiento y la educación. Entre sus aplicaciones más conocidas se encuentran las recomendaciones de productos en Amazon, las sugerencias de películas en Netflix y la personalización de contenido en Spotify.

Los primeros sistemas de recomendación surgieron en la década de 1990. En 1992, Paul Resnick y Hal Varian desarrollaron GroupLens, un sistema de filtrado colaborativo para personalizar noticias. A finales de los 90, empresas como Amazon y Netflix comenzaron a implementar sistemas de recomendación en sus plataformas, lo que marcó un hito en la personalización de servicios digitales.

En el contexto de los sistemas de recomendación, un **ítem** es cualquier objeto o recurso que puede ser sugerido a un usuario, como productos en una tienda en línea, películas en una plataforma de streaming, o cursos en una plataforma educativa. Cada ítem cuenta con atributos como nombre, descripción, categoría o valoración, que ayudan a evaluar su relevancia o similitud con otros ítems. Para gestionar estos datos de manera eficiente, los ítems suelen almacenarse en **bases de datos relacionales** (véase el apartado 3.2. Base de datos relacional), donde se organizan en tablas con registros que contienen los atributos correspondientes. Este tipo de bases de datos facilita la realización de consultas complejas y el establecimiento de relaciones entre ítems y usuarios, lo que es fundamental para aplicar técnicas de recomendación como el filtrado colaborativo o el basado en contenido.

Existen 4 tipos principales de sistemas de recomendación:

- **Sistemas basados en contenido:** este tipo de sistema se fundamenta en las preferencias previas del usuario, tales como valoraciones, historial de navegación o interacciones anteriores. El objetivo es recomendar al usuario elementos similares a aquellos que ya le han gustado en el pasado, mediante el análisis de similitudes entre ítems y perfiles de usuario.
- **Sistemas de recomendación colaborativos:** a diferencia de los anteriores, estos sistemas no requieren información explícita sobre los ítems, sino que se basan en patrones de comportamiento compartidos entre usuarios. La idea principal es que, si

varios usuarios tienen gustos similares, es probable que también coincidan en futuras preferencias.

- **Sistemas híbridos:** combinan elementos de los sistemas basados en contenido y colaborativos, con el fin de superar las limitaciones de cada enfoque por separado. Existen múltiples estrategias de hibridación, como la combinación ponderada de resultados, el uso secuencial de métodos o la integración de características en un único modelo. Generalmente, los sistemas híbridos logran una mayor precisión en las recomendaciones y son más robustos frente a problemas comunes como el arranque en frío (cold-start) o dispersión (sparsity).
- **Sistemas de recomendación basados en inteligencia artificial:** utilizan algoritmos de aprendizaje automático para analizar grandes volúmenes de datos y ofrecer sugerencias personalizadas.

Uno de los problemas más típicos con los sistemas de recomendación es el arranque en frío, que hace referencia a las dificultades que enfrentan los sistemas de recomendación cuando deben generar sugerencias personalizadas en situaciones con escasa o nula información previa. Este problema afecta particularmente a los sistemas colaborativos y, en menor medida, a los basados en contenido [9].

Algunos casos de uso típicos de los sistemas de recomendación son:

- **Comercio electrónico:** sugieren productos en función del historial de compras o navegación del usuario (ej. Amazon, Mercado Libre).
- **Plataformas de streaming:** recomiendan películas, series o canciones basadas en gustos previos o comportamiento similar (ej. Netflix, Spotify).
- **Educación:** proponen recursos, actividades o rutas de aprendizaje personalizadas según el progreso y rendimiento del estudiante.
- **Redes sociales:** sugieren amigos, grupos o contenido relevante según las interacciones del usuario (ej. Facebook, LinkedIn).
- **Noticias y medios digitales:** personalizan titulares o artículos según los intereses detectados en cada lector.

Los sistemas de recomendación utilizan diferentes técnicas de recomendación para llevar a cabo su función:

3.1.1.1 *Minado de texto*

El minado de texto es una técnica que permite a los ordenadores leer y entender grandes cantidades de texto escrito para encontrar información útil o patrones ocultos. A diferencia del conteo de palabras, las técnicas modernas utilizan procesamiento del lenguaje natural y herramientas como ontologías o lógica difusa para captar el significado de las palabras. Esto

permite, por ejemplo, que los sistemas de recomendación sugieran contenidos relevantes, incluso si no se conocen bien las preferencias del usuario [9].

3.1.1.2 KNN

El algoritmo k-Nearest Neighbors (abreviado como KNN) es uno de los métodos más simples y ampliamente utilizados dentro del aprendizaje automático. Su fortaleza principal reside en una idea intuitiva: las observaciones similares tienden a tener resultados similares. Este enfoque fue formalizado inicialmente por Cover y Hart en 1967 [10].

KNN parte de un conjunto de datos históricos conocidos, y, ante un nuevo caso, busca los k casos más cercanos o similares (los llamados *vecinos más cercanos*). El valor de k determina cuántos vecinos se tendrán en cuenta. Por ejemplo, si k=3, se consultan los tres casos más parecidos.

La predicción se basa en el comportamiento mayoritario de estos vecinos. Por ejemplo, si la mayoría aprobaron, el nuevo estudiante probablemente aprobará; si la mayoría suspendieron, se predice un posible suspenso. Este principio lo convierte en un método eficaz tanto para clasificación como para regresión [11].

La clave del algoritmo está en cómo medir la similitud entre los datos. Las métricas de distancia más comunes son:

3.1.1.2.1 Similitud basada en distancia euclídea (normalizada inversamente)

La distancia euclídea mide la diferencia absoluta entre los valores correspondientes de dos vectores. En este caso, los vectores representan las calificaciones de dos estudiantes:

$$distancia(A, B) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2}$$

Para obtener una similitud entre 0 y 1, se normaliza la distancia dividiéndola entre la distancia máxima posible (por ejemplo, si las notas están entre 0 y 10):

$$similitud(A, B) = 1 - \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2}}{\sqrt{n * 10^2}} = 1 - \frac{distancia(A, B)}{distancia_{m\acute{a}x}}$$

Donde:

- n es el número de asignaturas comunes.
- a_i y b_i son las notas del estudiante A y B respectivamente.
- 10 es la nota máxima posible en cada asignatura.

Esta fórmula proporciona una medida de similitud directa, siendo 1 la similitud máxima (vectores idénticos) y 0 la mínima (vectores completamente opuestos).

3.1.1.2.2 Correlación de Pearson

La correlación de Pearson mide la relación lineal entre dos conjuntos de datos, independientemente de su escala o magnitud. Se calcula como:

$$r(A, B) = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})(b_i - \bar{b})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2}}$$

Donde:

- \bar{a} y \bar{b} son las medias de los vectores A y B respectivamente.

Esta métrica toma valores entre -1 y 1:

- 1: correlación perfectamente positiva
- 0: sin correlación.
- -1: correlación perfectamente inversa.

No tiene en cuenta la magnitud de los valores, solo la forma en que varían juntos.

3.1.1.2.3 Similitud del coseno

La similitud del coseno mide el ángulo entre dos vectores, indicando si tienen la misma dirección:

$$\text{coseno}(A, B) = \frac{\sum_{i=1}^n a_i * b_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^n b_i^2}}$$

Esta métrica también oscila entre -1 y 1:

- 1: vectores en la misma dirección.
- 0: vectores ortogonales (sin relación).
- -1: vectores en direcciones opuestas.

Como Pearson, ignora la magnitud de los valores, centrándose únicamente en el patrón o tendencia.

3.1.1.3 Clustering

El *clustering* es una técnica que agrupa datos similares en categorías llamadas *clústeres* y se utiliza frecuentemente en sistemas de recomendación porque reduce la redundancia y la ambigüedad. Uno de los métodos más conocidos es *K-means*, que organiza los datos en un número fijo de grupos según su similitud. Aunque es eficiente, *K-means* puede volverse lento si hay muchos usuarios o elementos. Para mejorar esto, algunos enfoques agrupan tanto a los usuarios como a los ítems según las valoraciones realizadas, lo que ayuda a superar problemas como la escalabilidad o la escasez de datos. Esta técnica se aplica especialmente en sistemas de recomendación en sectores como el turismo, la educación o el comercio electrónico [9].

3.1.1.4 Factorización de matrices

La *factorización de matrices* es una técnica de recomendación muy eficaz, popularizada por el concurso Netflix Prize. Consiste en convertir las valoraciones de los usuarios en vectores para descubrir patrones ocultos —llamados *factores latentes*— que explican tanto las preferencias de los usuarios como las características de los ítems. Esta técnica es especialmente útil cuando hay pocos datos y permite trabajar con información diversa, como clics, búsquedas o valoraciones explícitas. Un método destacado es *Singular Value Decomposition (SVD)*, que proyecta usuarios e ítems en un espacio común para predecir mejor qué recomendar. A diferencia de métodos tradicionales, esta técnica permite hacer recomendaciones incluso cuando se tiene poca información del usuario, lo que la hace muy adecuada en redes sociales u otros entornos reales [9].

3.1.1.5 Red neuronal

Una red neuronal es un modelo de inteligencia artificial inspirado en el cerebro humano, compuesto por capas de "neuronas" artificiales que procesan información y aprenden patrones a partir de grandes volúmenes de datos. Aunque tradicionalmente se usan en reconocimiento de voz, imágenes y traducción automática, su aplicación en sistemas de recomendación ha crecido en los últimos años. Estas redes se utilizan para mejorar la precisión de las recomendaciones, especialmente cuando hay pocos datos disponibles sobre los usuarios (problemas conocidos como *escasez de datos* o *cold start*). Por ejemplo, redes neuronales profundas (DNN) permiten interpretar señales implícitas y ruidosas del comportamiento del usuario, lo que ayuda a complementar la información y aumentar el rendimiento del sistema de recomendación [9].

3.2 Base de datos relacional

Una base de datos relacional es un sistema de almacenamiento de datos estructurado en tablas que están organizadas en filas y columnas, con relaciones entre ellas mediante claves primarias y foráneas. Fue propuesta en 1970 por Edgar F. Codd, un investigador de IBM, quien definió el

modelo relacional como un enfoque matemático para gestionar datos con mayor eficiencia y coherencia.

Las bases de datos relacionales utilizan el lenguaje SQL (Structured Query Language) para la manipulación y consulta de datos.

Las principales características de una base de datos relacional incluyen:

- Estructura basada en tablas: los datos se organizan en filas y columnas, donde cada fila representa un registro y cada columna un atributo del mismo.
- Uso de claves: la clave primaria identifica de manera única cada registro, mientras que las claves foráneas permiten establecer relaciones entre diferentes tablas, garantizando la integridad referencial de los datos.

Ejemplos populares de sistemas de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) incluyen MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL Server, Oracle Database y MariaDB, esta última utilizada para el desarrollo de este proyecto.

Capítulo 4. Dirección y gestión del TFM

En este capítulo se describirán las planificaciones iniciales y finales del proyecto, así como los presupuestos, riesgos e incidencias del mismo.

4.1 Planificación del proyecto

En este apartado, se explicará la planificación inicial del proyecto.

4.1.1 Identificación de interesados

Los interesados del proyecto son:

- La alumna, Vanesa Alonso Ramos.
- El tutor, Edward Rolando Núñez Valdez.
- La Universidad de Oviedo.
- La Escuela de Ingeniería Informática del Software.

4.1.2 OBS, PBS

En este apartado, se describirán el OBS y el PBS del proyecto. El OBS (Organization Breakdown Structure) define quién realiza cada actividad del proyecto, mientras que el PBS (Product Breakdown Structure) descompone jerárquicamente los productos necesarios para completarlo [12].

4.1.2.1 OBS

En este apartado se definirá el OBS del proyecto; para ello, se utilizará una matriz de responsabilidades.

Los trabajadores del proyecto son:

- Jefe de proyecto: JP
- Desarrollador junior: DJ
- Tester: T
- Arquitecto de software: AS
- Documentador: D

Tareas	Rol				
	JP	DJ	T	AS	D
Reunión inicial	X				
Requisitos y alternativas iniciales				X	
Planificación inicial	X				
Presupuesto inicial	X				
Diseño del modelo ER				X	
Back-end		X			
Front-end		X			
Investigación de sistemas existentes	X				
Pruebas			X		
Documentación (2)					X
Despliegue				X	
Cierre de proyecto	X				

Tabla 1. Matriz de responsabilidades

4.1.2.2 PBS

En este apartado se definirá el PBS del proyecto, que se puede ver en la siguiente imagen:

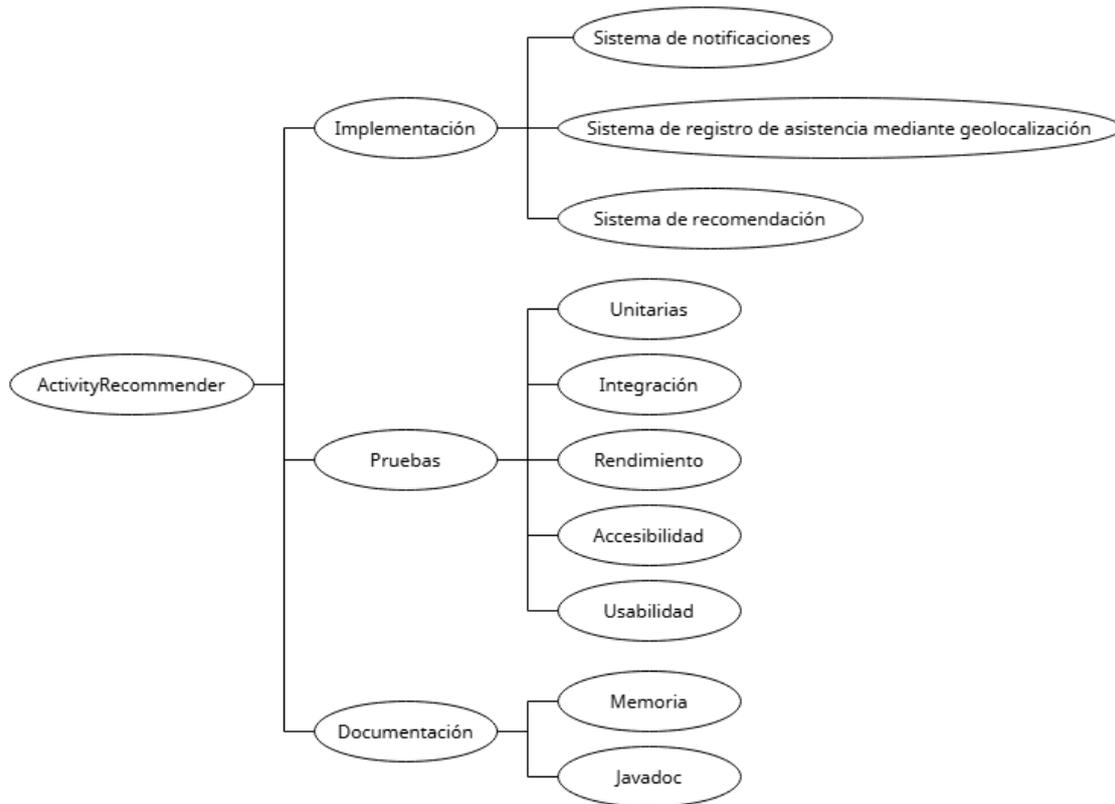


Ilustración 1. Diagrama PBS

4.1.3 Planificación Inicial. WBS

En este apartado, se definirá el WBS del proyecto. Se utilizarán tanto diagramas de Gantt como diagramas para ilustrar la descomposición del trabajo.

El WBS (Work Breakdown Structure) es una representación jerárquica de todos los trabajos que deben realizarse en el proyecto [12].

4.1.3.1 Tareas generales

La duración inicial del proyecto es de 42,13 días, equivalentes a 157,5 horas de trabajo, empezando el 10/2/2025 y finalizando el 25/4/2025.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
ActivityRecommender	42,13 días	lun 10/02/25	vie 25/04/25
Reunión inicial	2 horas	lun 10/02/25	lun 10/02/25
Documentación (1)	0,5 días	lun 31/03/25	lun 31/03/25
Implementación	6,63 días	mar 01/04/25	sáb 12/04/25
Pruebas	5,63 días	sáb 12/04/25	mar 22/04/25
Documentación (2)	40 horas	mar 01/04/25	mié 09/04/25
Despliegue	4 horas	mar 22/04/25	mié 23/04/25
Cierre de proyecto	0,88 días	mié 23/04/25	vie 25/04/25

Ilustración 2. Planificación general inicial WBS

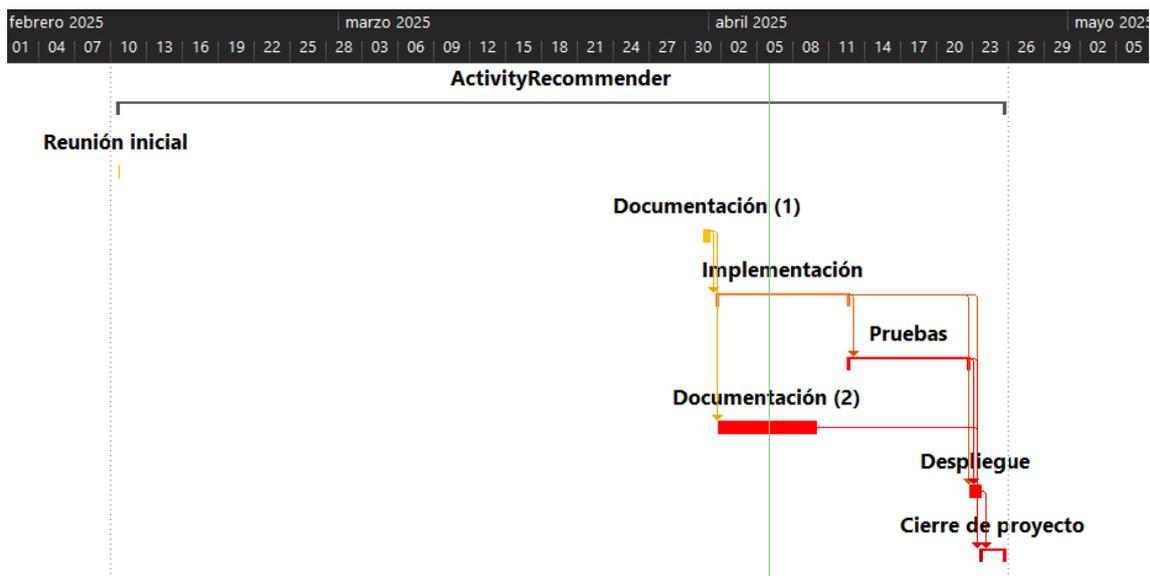


Ilustración 3. Planificación general inicial WBS. Diagrama Gantt

Se describirán a continuación algunas de las tareas mostradas anteriormente.

4.1.3.2 Documentación (1)

En este apartado se analizará la primera tarea resumen, “Documentación (1)”. En esta se establecen las bases para poder iniciar el proyecto. Tiene una duración estimada de 0.5 días, que equivalen a 6 horas de trabajo:

Documentación (1)	0,5 días	lun 31/03/25	lun 31/03/25
Requisitos y alternativas iniciales	2 horas	lun 31/03/25	lun 31/03/25
Planificación inicial	2 horas	lun 31/03/25	lun 31/03/25
Presupuesto inicial	2 horas	lun 31/03/25	lun 31/03/25

Ilustración 4. Planificación Documentación (1) inicial WBS

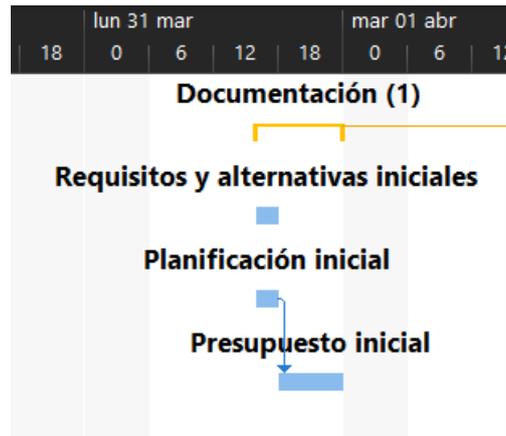


Ilustración 5. Planificación Documentación (1) inicial WBS. Diagrama Gantt

4.1.3.3 Implementación

En este apartado, se analizará la tarea de “Implementación”, que a su vez se divide en las diferentes fases del proyecto. Esta tarea engloba toda la construcción del proyecto y tiene una duración de 6,63 días, equivalentes a 53,5 horas de trabajo:

4 Implementación	6,63 días	mar 01/04/25	sáb 12/04/25
4 Implementación del sistema de notificaciones	1,5 días	mar 01/04/25	jue 03/04/25
Diseño del modelo ER	1 hora	mar 01/04/25	mar 01/04/25
Back-end	4 horas	mar 01/04/25	mié 02/04/25
Front-end	7 horas	mié 02/04/25	jue 03/04/25
4 Implementación del sistema de registro de asistencia mediante geolocalización	1 día	vie 04/04/25	sáb 05/04/25
Diseño del modelo ER	30 mins	vie 04/04/25	vie 04/04/25
Back-end	3 horas	vie 04/04/25	vie 04/04/25
Front-end	5 horas	vie 04/04/25	sáb 05/04/25
4 Implementación del sistema de recomendación	4,13 días	sáb 05/04/25	sáb 12/04/25
Investigación de sistemas existentes	20 horas	sáb 05/04/25	mié 09/04/25
Back-end	5 horas	jue 10/04/25	vie 11/04/25
Front-end	8 horas	vie 11/04/25	sáb 12/04/25

Ilustración 6. Planificación Implementación inicial WBS

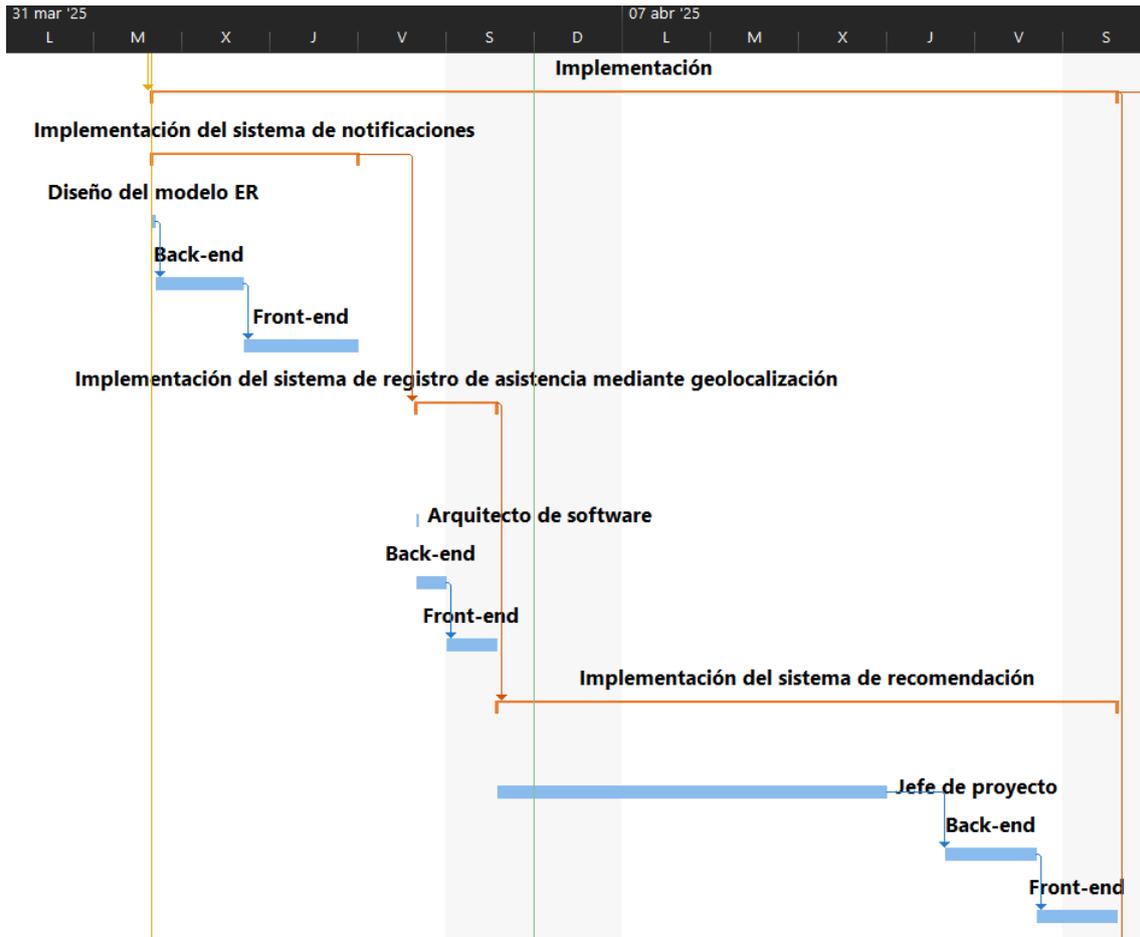


Ilustración 7. Planificación Implementación inicial WBS. Diagrama Gantt

4.1.3.4 Pruebas

En este apartado se define la tarea de “Pruebas”, que durará 5,63 días, equivalentes a 45 horas de trabajo. La tarea engloba todas las pruebas a realizar sobre el código creado en como resultado de las tareas de “Implementación”:

Pruebas	5,63 días	sáb 12/04/25	mar 22/04/25
Pruebas unitarias	5 horas	sáb 12/04/25	dom 13/04/25
Pruebas integración	15 horas	dom 13/04/25	jue 17/04/25
Pruebas rendimiento	5 horas	jue 17/04/25	vie 18/04/25
Pruebas accesibilidad	5 horas	vie 18/04/25	sáb 19/04/25
Pruebas usabilidad	15 horas	sáb 19/04/25	mar 22/04/25

Ilustración 8. Planificación Pruebas inicial WBS

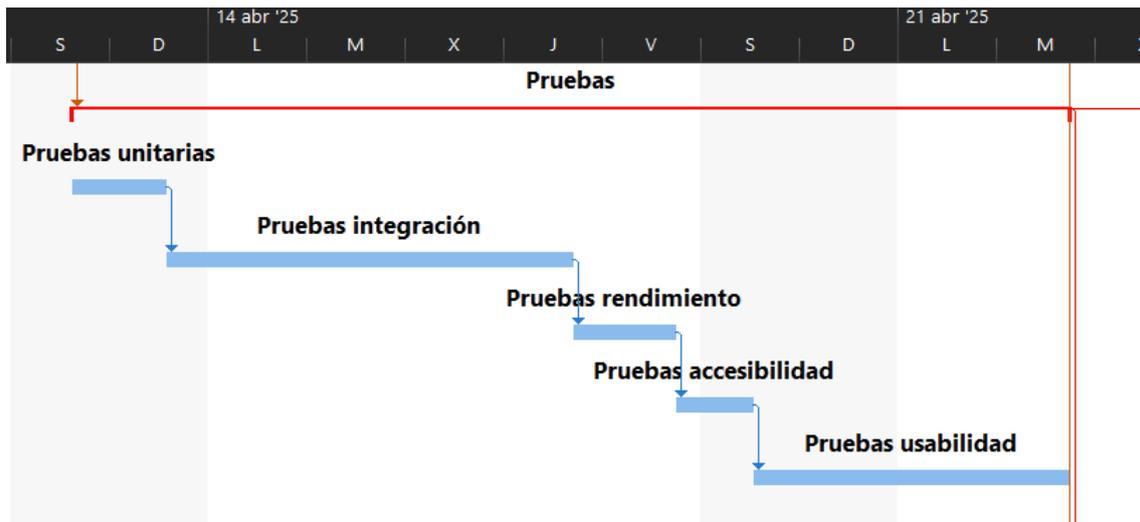


Ilustración 9. Planificación Pruebas inicial WBS. Diagrama Gantt

4.1.3.5 Cierre del proyecto

La última tarea, “Cierre de proyecto”, está prevista para finalizar el día 25/4/2024. Tiene una duración de 0,88 días, que equivalen a 7 horas de trabajo:

▲ Cierre de proyecto	0,88 días	mié 23/04/25	vie 25/04/25
Revisión final	5 horas	mié 23/04/25	jue 24/04/25
Reunión final	2 horas	jue 24/04/25	vie 25/04/25

Ilustración 10. Planificación Cierre de proyecto inicial WBS

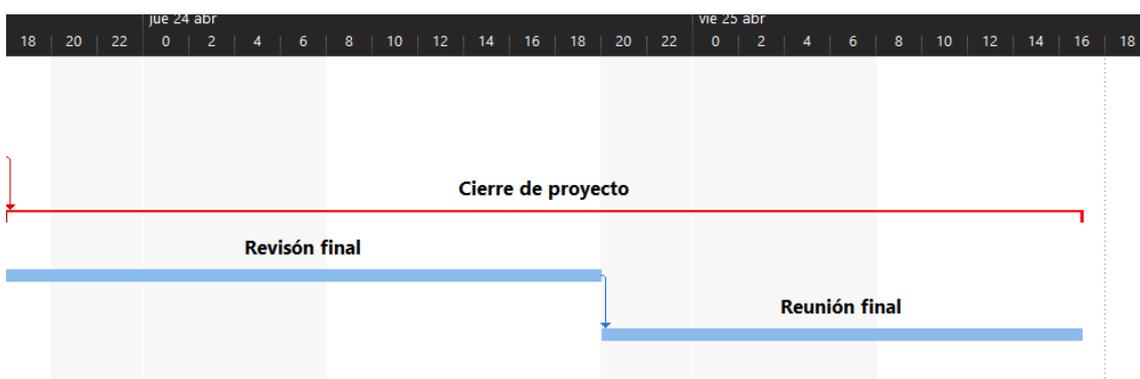


Ilustración 11. Planificación Cierre de proyecto inicial WBS. Diagrama Gantt

4.1.4 Riesgos.

En el presente apartado, se definirá todo lo relativo a los riesgos del proyecto.

4.1.4.1 Plan de gestión de riesgos.

El plan de gestión de riesgos se encuentra en el apartado de 12.2 Plan de Gestión de Riesgos en Anexos.

4.1.4.2 Identificación de riesgos

Se han identificado los siguientes riesgos, que han sido clasificados de acuerdo con lo especificado en la Ilustración 135. Categorías de los riesgos [13] del apartado Plan de Gestión de Riesgos en los Anexos.

4.1.4.2.1 Estimación del esfuerzo de las tareas incorrecto

El esfuerzo establecido por tarea en la planificación inicial podría ser incorrecto, lo que supondría un atraso en el desarrollo.

Este riesgo ha sido categorizado como riesgo de Gestión de Proyecto, Planificación.

4.1.4.2.2 Cambios en la licencia de Docker

Es posible que haya cambios en la licencia de Docker, software utilizado en ActivityRecommender; por ejemplo, podría pasar a ser licencia de pago.

Este riesgo ha sido categorizado como riesgo Externo, Mercado.

4.1.4.2.3 Hardware insuficiente en las máquinas virtuales

Es posible que, a la hora del despliegue, las máquinas virtuales no sean lo suficientemente potentes para manejar correctamente la aplicación.

Este riesgo ha sido categorizado como riesgo Técnico, Tecnología.

4.1.4.2.4 Retraso por falta de disponibilidad del equipo de desarrollo

Es posible que las prácticas en empresa externas del estudiante se extiendan, o que debido a las entregas semanales del máster el trabajo se retrase, entre otras posibles causas, perjudicando el correcto avance del proyecto.

Este riesgo ha sido categorizado como riesgo de Gestión de Proyecto, Planificación.

4.1.4.2.5 Problemas con el hardware de desarrollo

Existe la posibilidad de que el equipo utilizado para el desarrollo del proyecto (como el ordenador personal del estudiante) sufra fallos, daños o quede inoperativo, lo que dificultaría o incluso impediría continuar con el desarrollo de la aplicación. Este riesgo podría ocasionar retrasos significativos si no se cuenta con una alternativa o respaldo adecuado.

Este riesgo ha sido categorizado como riesgo Organizacional, Recursos.

4.1.4.2.6 Datos insuficientes reales para alimentar el sistema

Existe la posibilidad de que no se puedan conseguir suficientes datos reales para alimentar el sistema, al ser datos relativamente privados.

Este riesgo ha sido categorizado como riesgo Organizacional, Recursos.

4.1.4.3 Registro de riesgos

Nombre del Riesgo	Probabilidad	Impacto				Impacto	Respuesta al Riesgo	Estrategia
		Presup.	Planific.	Alcance	Calidad			
Estimación del esfuerzo de las tareas incorrecto	Muy Alta	Alto	Alto	Medio	Bajo	0,50	Se revisará periódicamente la planificación para reajustarla ante los posibles cambios	Mitigar el riesgo
Datos insuficientes reales para alimentar el sistema	Medio	Bajo	Medio	Alto	Crítico	0,45	Se utilizarán los datos disponibles, aunque sean pocos. Si son excesivamente escasos, se generarán datos sintéticos basándose en los reales	Asumir el riesgo
Retraso falta de disponibilidad del equipo de desarrollo	Alta	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	0,21	Se trabajará más horas en otros momentos	Mitigar el riesgo
Hardware insuficiente en las máquinas virtuales	Baja	Alto	Alto	Alto	Medio	0,17	Se buscará y utilizará otro hardware sustituto, o se desplegará en una plataforma que permita escalado en función de la demanda	Eliminar el riesgo

Problemas con el hardware de desarrollo	Baja	Alto	Alto	Alto	Medio	0,17	Se buscará otro hardware de desarrollo sustituto	Asumir el riesgo
Cambios en la licencia de Docker	Muy Baja	Alto	Alto	Alto	Alto	0,06	Se comprará la licencia	Asumir el riesgo

Tabla 2. Riesgos del proyecto

4.1.5 Presupuesto Inicial

En este apartado se definirá el presupuesto inicial del proyecto.

4.1.5.1 Definición de empresa

En este apartado, se definirá el personal, productividad del personal, costes indirectos y costes de los medios de producción y horas productivas y no productivas.

Para determinar el sueldo bruto de cada empleado, se llevó a cabo una investigación en diversos portales de empleo. En promedio, el salario de un desarrollador junior es de 21.000,00 € [14], el de un documentador es de 34.176,00 € [15], el de un arquitecto de software es de 53.000,00 € [16], el de un jefe de proyecto es de 47.000,00 € [17], y el de un tester es de 34.480,00 € [18].

4.1.5.1.1 Personal

En este apartado, se describirá el personal:

Personal	Número	Sueldo bruto	Coste salarial	Total
Desarrollador junior	1	21.000,00 €	28.612,50 €	28.612,50 €
Documentador	1	34.176,00 €	46.564,80 €	46.564,80 €
Arquitecto de software	1	53.000,00 €	72.212,50 €	72.212,50 €
Jefe de proyecto	1	47.100,00 €	64.173,75 €	64.173,75 €
Tester	1	34.480,00 €	46.979,00 €	46.979,00 €

Tabla 3. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Personal

4.1.5.1.2 Productividad del personal

En este apartado, se describirá la productividad del personal:

Personal	Total	Productividad	Coste directo	CI	Coste indirecto
Desarrollador junior	28.612,50 €	0,8	22.890,00 €	0,20	5.722,50 €
Documentador	46.564,80 €	0,8	37.251,84 €	0,20	9.312,96 €
Arquitecto de software	72.212,50 €	0,8	57.770,00 €	0,20	14.442,50 €
Jefe de proyecto	64.173,75 €	0,8	51.339,00 €	0,20	12.834,75 €
Tester	46.979,00 €	0,8	37.583,20 €	0,20	9.395,80 €

Tabla 4. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Productividad del personal

4.1.5.1.3 Costes indirectos

En este apartado, se describirán los costes indirectos:

Servicio	Coste mes	Coste año
Luz	10,00 €	120,00 €
Limpieza	20,00 €	240,00 €
Agua	5,00 €	60,00 €
Calefacción	20,00 €	240,00 €
Papelería oficina	5,00 €	60,00 €
Proveedor internet	50,00 €	600,00 €
Total	110,0 €	1.320,00 €

Tabla 5. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Costes indirectos

4.1.5.1.4 Costes de los medios de producción

En este apartado, se describirán los medios de producción:

Equipo/Licencia	Unidades	Precio	Coste total	Coste año	Tipo	Plazo
Portátil HP	1,00	800,00 €	800,00 €	160,00 €	Amortización	5,00
Ratón	1,00	15,00 €	15,00 €	3,00 €	Amortización	5,00
Samsung Galaxy S22	1,00	750,00 €	750,00 €	250,00 €	Amortización	3,00
Licencia Microsoft 365	1,00	69,00 €	69,00 €	69,00 €	Alquiler	-
Tablet Samsung S6 Lite	1,00	350,00 €	350,00 €	58,33 €	Amortización	6,00
Soporte de Cloud	1,00	30,00 €	30,00 €	30,00 €	Alquiler	-

Tabla 6. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Coste de los medios de producción

4.1.5.1.5 Beneficios deseados y necesidades de facturación

En este apartado, se describirán los beneficios deseados del proyecto y las necesidades de facturación:

Costes directos e indirectos	Beneficios deseados (25%)	Necesidades de facturación	Facturación posible	Margen entre coste total y facturación
260.432,88 €	65.108,22 €	325.541,10 €	341.818,16 €	5,00%

Tabla 7. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Beneficios deseados y necesidades de facturación

4.1.5.1.6 Horas productivas y no productivas

En este apartado, se describirán las horas productivas y no productivas. Se han estimado unas 1711 horas al año por trabajador [19].

Personal	Productividad	Horas/año por trabajador	Horas productivas/año por trabajador	Horas productivas/año total
Desarrollador junior	0,8	1711	1368,8	1368,8
Documentador	0,8	1711	1368,8	1368,8
Arquitecto de software	0,8	1711	1368,8	1368,8
Jefe de proyecto	0,8	1711	1368,8	1368,8
Tester	0,8	1711	1368,8	1368,8

Tabla 8. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Horas productivas y no productivas

4.1.5.1.7 Precio hora (coste y venta)

En este apartado, se describirá el precio hora:

Personal	Precio/hora	Horas productivas/año total	Facturación	Precio/hora sin beneficio
Desarrollador junior	33,07 €	1368,8	45.267,62 €	24,80 €
Documentador	46,19 €	1368,8	63.219,92 €	34,64 €
Arquitecto de software	64,92 €	1368,8	88.867,62 €	48,69 €
Jefe de proyecto	59,05 €	1368,8	80.828,87 €	44,29 €
Tester	46,49 €	1368,8	63.634,12 €	34,87 €

Tabla 9. Presupuesto inicial. Definición de empresa. Precio hora (coste y venta)

4.1.5.2 Presupuesto de Costes

En este apartado, se describirá el presupuesto de costes del proyecto, describiendo cada una de las partidas de este, así como un resumen final.

4.1.5.2.1 Partida 1: Arranque del proyecto

En este apartado, se describirá la primera partida del presupuesto de costes del proyecto, que engloba las tareas del arranque del proyecto:

I1	Recurso	Nombre de tarea	Trabajo	Unidades	Precio	Subtotal 6	Total
1		Reunión inicial			-	-	88,58 €
	1	Jefe de proyecto	2	horas	44,29 €	88,58 €	-

Tabla 10. Partida 1: Arranque del proyecto

4.1.5.2.2 Partida 2: Documentación

En este apartado, se describirá la segunda partida del presupuesto de costes del proyecto, que engloba las tareas de documentación del proyecto:

I	I	Recurs	Nombre de	Trabaj	Unidad	Preci	Subtotal	Subtotal	Total
1	2	o	tarea	o	es	o	6	2	
1			Documentación (1)			-	-	-	274,54 €
	1		Requisitos iniciales			-	-	97,39 €	-
		1	Arquitecto de software	2	horas	48,69 €	97,39 €	-	-
	2		Planificación inicial			-	-	88,58 €	-
		1	Jefe de proyecto	2	horas	44,29 €	88,58 €	-	-
	3		Presupuesto inicial			-	-	88,58 €	-
		1	Jefe de proyecto	2	horas	44,29 €	88,58 €	-	-
2			Documentación (2)			-	-	-	1.385,59 €
		1	Documentador	40	horas	34,64 €	1.385,59 €	-	-
									1.660,13 €

Tabla 11. Partida 2: Documentación

4.1.5.2.3 Partida 3: Implementación

En este apartado, se describirá la tercera partida del presupuesto de costes del proyecto, que engloba las tareas de implementación del proyecto:

1	1	1	Re	Nombre de tarea	Tr	Uni	Pr	Sub	Sub	Subt	Tot
1	2	3	curso		abajo	dad	ec	total	total	total	al
							io	16	13	2	
1				Implementación			-	-	-	-	1.752,51 €
	1			Importación del sistema de notificaciones			-	-	-	321,53 €	-
		1		Diseño del modelo ER			-	-	48,69 €	-	-
			1	Arquitecto de software	1	hora	48,69 €	48,69 €	-	-	-
		2		Back-end			-	-	99,21 €	-	-
			1	Desarrollador junior	4	hora	24,80 €	99,21 €	-	-	-
		3		Front-end			-	-	173,62 €	-	-
			1	Desarrollador junior	7	hora	24,80 €	173,62 €	-	-	-
	2			Implementación del sistema de registro de asistencia mediante geolocalización			-	-	-	222,77 €	-
		1		Diseño del modelo ER			-	-	24,35 €	-	-
			1	Arquitecto de software	0,5	hora	48,69 €	24,35 €	-	-	-
		2		Back-end			-	-	74,41 €	-	-
			1	Desarrollador junior	3	hora	24,80 €	74,41 €	-	-	-
		3		Front-end			-	-	124,02 €	-	-
			1	Desarrollador junior	5	hora	24,80 €	124,02 €	-	-	-
	3			Implementación del sistema de recomendación			-	-	-	1.208,21 €	-
		1		Investigación de sistemas existentes			-	-	885,76 €	-	-
			1	Jefe de proyecto	20	hora	44,29 €	885,76 €	-	-	-
		2		Back-end			-	-	124,02 €	-	-

		1	Desarrollador junior	5	hora s	24, 80 €	124, 02 €	-	-	-
	3		Front-end			-	-	198, 43 €	-	-
		1	Desarrollador junior	8	hora s	24, 80 €	198, 43 €	-	-	-
										1.752, 51€

Tabla 12. Partida 3: Implementación

4.1.5.2.4 Partida 4: Pruebas

En este apartado, se describirá la cuarta partida del presupuesto de costes del proyecto, que engloba las tareas de pruebas del proyecto:

I 1	I 2	Recurs o	Nombre de tarea	Trabaj o	Unidad es	Precio	Subtotal 6	Subtotal 2	Total
1			Pruebas			-	-	-	1.569,00 €
	1		Pruebas unitarias			-	-	174,33 €	-
		1	Tester	5	horas	34,87 €	174,33 €	-	-
	2		Pruebas integración			-	-	523,00 €	-
		1	Tester	15	horas	34,87 €	523,00 €	-	-
	3		Pruebas rendimiento			-	-	174,33 €	-
		1	Tester	5	horas	34,87 €	174,33 €	-	-
	4		Pruebas accesibilidad			-	-	174,33 €	-
		1	Tester	5	horas	34,87 €	174,33 €	-	-
	5		Pruebas usabilidad			-	-	523,00 €	-
		1	Tester	15	horas	34,87 €	523,00 €	-	-

Tabla 13. Partida 4: Pruebas

4.1.5.2.5 Partida 5: Despliegue y cierre

En este apartado, se describirá la quinta partida del presupuesto de costes del proyecto, que engloba las tareas de despliegue y cierre del proyecto:

I 1	I 2	Recurs o	Nombre de tarea	Trabajo	Unidad es	Preci o	Subtotal 6	Subtotal 2	Total
1			Despliegue			-	-	-	194,77 €
		1	Arquitecto de software	4	horas	48,69 €	194,77 €	-	-
2			Cierre de proyecto			-	-	-	310,02 €
	1		Revisión final			-	-	221,44 €	-
		1	Jefe de proyecto	5	horas	44,29 €	221,44 €	-	-
	2		Reunión final			-	-	88,58 €	-
		1	Jefe de proyecto	2	horas	44,29 €	88,58 €	-	-
									504,79 €

Tabla 14. Partida 5: Despliegue y cierre

4.1.5.2.6 Resumen

En este apartado, se describirá el resumen del presupuesto de costes del proyecto:

Partida	Item	Partida	Importe	Total
1		Arranque del proyecto		88,58 €
	1	Reunión inicial	88,58 €	
2		Documentación		1.660,13 €
	1	Documentación (1)	274,54 €	
	2	Documentación (2)	1.385,59 €	
3		Implementación		1.752,51 €
4		Pruebas		1.569,00 €
5		Despliegue y cierre		504,79 €
	1	Despliegue	194,77 €	
	2	Cierre de proyecto	310,02 €	
6		Otros costes		450,00 €
	1	Dietas	450,00 €	
				6.025,01 €

Tabla 15. Presupuesto de costes

4.1.5.3 Presupuesto de Cliente

En este apartado, se describirá el presupuesto de cliente del proyecto. Nótese como no aparecen las partidas de "Otros costes" y "Dietas", que no deben mostrarse al cliente. Además, se ha incluido el beneficio deseado (25%):

Partida	Item	Partida	Importe	Total
1		Arranque del proyecto		119,66 €
	1	Reunión inicial	119,66 €	
2		Documentación		2.242,66 €
	1	Documentación (1)	370,87 €	
	2	Documentación (2)	1.871,79 €	
3		Implementación		2.367,46 €
4		Pruebas		2.119,56 €
5		Despliegue y cierre		681,92 €
	1	Despliegue	263,11583 1	
	2	Cierre de proyecto	418,80126 7	
				7.531,26 €

Tabla 16. Presupuesto de cliente

4.2 Ejecución del proyecto

En este apartado, se describirá el plan de seguimiento, incidencias y riesgos ocurridos durante el desarrollo del proyecto.

4.2.1 Plan Seguimiento de Planificación.

En este apartado se especificará el plan de seguimiento de ActivityRecommender. Para ello, se introducirán las descripciones de 3 líneas base: inicial (amarillo), medio (naranja) y final (rojo):

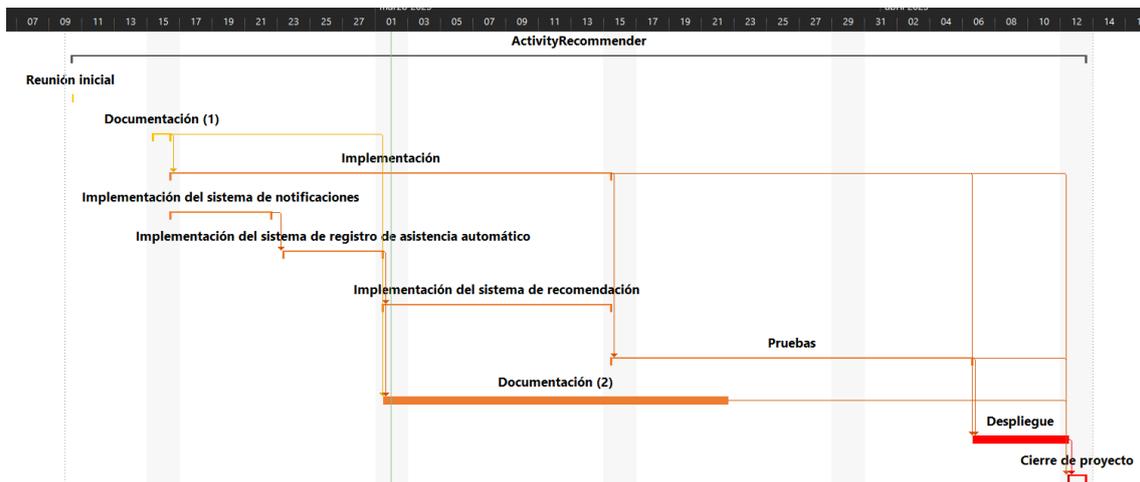


Ilustración 12. Plan de seguimiento de la planificación

Cada línea base cubre lo siguiente:

- La línea base inicial cubre lo necesario para arrancar el proyecto: la reunión inicial y la primera parte de la documentación.

- La línea base media cubre toda la implementación, pruebas y resto de la documentación, y es por tanto la más importante y crítica del proyecto.
- La línea base final cubre el despliegue y cierre del proyecto. Es la menos crítica.

Las líneas base se utilizarán como puntos de referencia para decidir si el proyecto va cumpliendo los tiempos establecidos según la planificación inicial. En caso de que alguna línea base sufra algún retraso, se irán replanificando y ajustando las líneas base posteriores a ese punto.

Además, durante el desarrollo se llevarán a cabo reuniones de seguimiento con el tutor para revisar el correcto avance del proyecto.

4.2.2 Bitácora de incidencias del proyecto.

A continuación, se mostrará la bitácora de incidencias del proyecto:

Fecha	Título	Descripción	Línea base	Resultado
2/4/2025	Error al mostrar el mapa para la geolocalización	Debido a políticas del backend de la propia aplicación, se bloqueaban las imágenes de las diferentes partes del mapa	Medio	Se tuvo que ajustar la configuración de seguridad del backend para permitir esas imágenes
18/4/2025	Lentitud excesiva en el procesamiento de predicciones	El procesamiento de los diferentes elementos necesarios para crear las predicciones era excesivamente lento	Medio	Se resolvió mejorando diferentes puntos del código para disminuir su complejidad computacional. Además, se incluyó el uso de paralelismo y concurrencia
28/4/2025	Imposibilidad de trabajo debido a apagón	Debido al apagón nacional, no se pudo avanzar en el proyecto durante todo el día	Medio	Se tuvo que recuperar el tiempo perdido durante los días posteriores
5/5/2025	Cálculos variables en	Debido a un mal	Medio	Se eliminó el paralelismo

	las predicciones	paralelismo, dado un mismo dataset se estaban calculando diferentes porcentajes		que causaba el error y se mejoró el código en otros puntos para mantener el rendimiento
6/5/2025	Máquina no disponible para hacer una prueba del despliegue	Posiblemente debido al apagón, la máquina pensaba para el despliegue no estaba disponible	Final	Se reinició la máquina

Tabla 17. Bitácora de incidencias del proyecto

4.2.3 Riesgos

En esta sección se detallarán los riesgos que ocurrieron durante el desarrollo del proyecto, los cuales fueron identificados en el apartado 4.1.4.2. Identificación de riesgos. Se materializaron 4 de los riesgos previstos:

Nombre del Riesgo	Probabilidad	Impacto					Impacto	Respuesta al Riesgo	Estrategia
		Presup.	Planific.	Alcance	Calidad				
Estimación del esfuerzo de las tareas incorrecto	Muy Alta	Alto	Alto	Medio	Bajo	0,50	Se revisará periódicamente la planificación para reajustarla ante los posibles cambios	Mitigar el riesgo	
Datos insuficientes reales para alimentar el sistema	Medio	Bajo	Medio	Alto	Crítico	0,45	Se utilizarán los datos disponibles, aunque sean pocos. Si son excesivamente escasos, se generarán datos sintéticos basándose en los reales	Asumir el riesgo	
Retraso falta de disponibilidad del equipo de desarrollo	Alta	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	0,21	Se trabajará más horas en otros momentos	Mitigar el riesgo	

Problemas con el hardware de desarrollo	Baja	Alto	Alto	Alto	Medio	0,17	Se buscará otro hardware de desarrollo sustituto	Asumir el riesgo
---	------	------	------	------	-------	------	--	------------------

Tabla 18. Seguimiento de riesgos

A continuación, se describe en detalle lo ocurrido con cada riesgo:

- **Estimación del esfuerzo de las tareas incorrecto:** algunas tareas se subestimaron demasiado, mientras que otras se sobreestimaron. Igualmente, supuso un retraso significativo en la planificación. Los incidentes relacionados con las predicciones en la bitácora están directamente relacionados con este riesgo.
- **Datos insuficientes reales para alimentar el sistema:** durante gran parte del desarrollo, se usaron datos sintéticos para ir probando el sistema. Aproximadamente a unos 17 días de finalizar el proyecto, se pudieron obtener datos reales, aunque no muy abundantes, que se utilizaron para dar los últimos ajustes al sistema.
- **Retraso falta de disponibilidad del equipo de desarrollo:** debido a varios factores, como las prácticas externas y múltiples compromisos de la estudiante, hubo días que no se pudo trabajar correctamente.
- **Problemas con el hardware de desarrollo:** debido al apagón, el portátil utilizado habitualmente por el estudiante se quedó sin batería, lo que impidió el correcto avance del proyecto. Se pudo aplicar el cierto modo la estrategia establecida para el riesgo, pues se utilizó otro portátil antiguo durante un tiempo hasta que a este se le acabó también la batería. Este riesgo está directamente relacionado con la incidencia del apagón en la bitácora.

4.3 Cierre del proyecto

En este apartado se definirá la planificación final, informe final de riesgos y presupuesto final de costes.

4.3.1 Planificación final

En este apartado, se comparará la planificación inicial con la final.

4.3.1.1 Tareas generales

La duración inicial del proyecto era 42,13 días, equivalentes a 157,5 horas de trabajo, mientras que la duración final fue de 35,63 días, equivalentes a 188,5 horas de trabajo. La razón por la cual son menos días de trabajo, pero más horas es porque para la planificación final se han tenido en cuenta los días en los que por diversas razones no se pudo trabajar, además de reajustar los horarios establecidos por recurso para reflejar lo trabajado en la planificación final.

ActivityRecommender	35,63 días	lun 10/02/25	jue 08/05/25
Reunión inicial	2 horas	lun 10/02/25	lun 10/02/25
▷ Documentación (1)	0,63 días	lun 31/03/25	mar 01/04/25
▷ Implementación	7,88 días	mar 01/04/25	dom 20/04/25
▷ Pruebas	5,63 días	dom 20/04/25	lun 05/05/25
Documentación (2)	60 horas	mar 01/04/25	sáb 19/04/25
Despliegue	4 horas	lun 05/05/25	mar 06/05/25
▷ Cierre de proyecto	0,88 días	mar 06/05/25	jue 08/05/25

Ilustración 13. Planificación general final WBS

4.3.1.2 Documentación (1)

Respecto a la planificación inicial, esta tarea se retrasó tan solo 1 día

Documentación (1)	0,63 días	lun 31/03/25	mar 01/04/25
Requisitos y alternativas iniciales	2 horas	lun 31/03/25	lun 31/03/25
Planificación inicial	1 hora	lun 31/03/25	lun 31/03/25
Presupuesto inicial	4 horas	lun 31/03/25	mar 01/04/25

Ilustración 14. Planificación Documentación (1) final WBS

4.3.1.3 Implementación

La tarea “Implementación” se retrasó 8 días respecto a la planificación inicial:

4 Implementación	7,88 días	mar 01/04/25	dom 20/04/25
4 Implementación del sistema de notificaciones	2 días	mar 01/04/25	dom 06/04/25
Diseño del modelo ER	1 hora	mar 01/04/25	mar 01/04/25
Back-end	10 horas	mié 02/04/25	sáb 05/04/25
Front-end	5 horas	sáb 05/04/25	dom 06/04/25
4 Implementación del sistema de registro de asistencia mediante geolocalización	1,13 días	dom 06/04/25	mié 09/04/25
Diseño del modelo ER	30 mins	dom 06/04/25	dom 06/04/25
Back-end	3 horas	dom 06/04/25	lun 07/04/25
Front-end	6 horas	lun 07/04/25	mié 09/04/25
4 Implementación del sistema de recomendación	4,75 días	mié 09/04/25	dom 20/04/25
Investigación de sistemas existentes	10 horas	mié 09/04/25	sáb 12/04/25
Back-end	20 horas	sáb 12/04/25	vie 18/04/25
Front-end	8 horas	vie 18/04/25	dom 20/04/25

Ilustración 15. Planificación Implementación final WBS

4.3.1.4 Pruebas

La tarea “Pruebas” se retrasó 13 días, si bien fue debido al retraso de las tareas anteriores y no a una mala estimación del esfuerzo de cada tarea, que se mantiene igual respecto a la inicial:

4 Pruebas	5,63 días	dom 20/04/25	lun 05/05/25
Pruebas unitarias	5 horas	dom 20/04/25	mié 23/04/25
Pruebas integración	15 horas	mié 23/04/25	dom 27/04/25
Pruebas rendimiento	5 horas	dom 27/04/25	mar 29/04/25
Pruebas accesibilidad	5 horas	mar 29/04/25	mié 30/04/25
Pruebas usabilidad	15 horas	jue 01/05/25	lun 05/05/25

Ilustración 16. Planificación Pruebas final WBS

4.3.1.5 Cierre del proyecto

La última tarea, “Cierre de proyecto”, finalizó el día 8/5/25, 13 días después de la fecha prevista, si bien no sufrió alteraciones respecto al esfuerzo requerido:

◄ Cierre de proyecto	0,88 días	mar 06/05/25	jue 08/05/25
Revisión final	5 horas	mar 06/05/25	jue 08/05/25
Reunión final	2 horas	jue 08/05/25	jue 08/05/25

Ilustración 17. Planificación Cierre de proyecto final WBS

4.3.2 Informe final de riesgos.

Durante la ejecución del proyecto se materializaron 4 de los riesgos identificados previamente en el apartado 4.1.4.2. Identificación de riesgos. A lo largo del desarrollo, se aplicaron las estrategias de respuesta planificadas para mitigar o asumir dichos riesgos. A continuación, se presenta un resumen de los principales aprendizajes y resultados relacionados con la gestión de riesgos:

- **Estimación incorrecta del esfuerzo de las tareas:** este fue uno de los riesgos con mayor impacto sobre la planificación. Algunas tareas fueron subestimadas, lo que ocasionó desajustes en el cronograma y exigió reajustes. Este riesgo destaca la importancia de realizar una planificación más precisa y flexible, incorporando márgenes de tiempo ante posibles desviaciones. La bitácora refleja algunos incidentes relacionados con este punto, lo que confirma su relevancia en el seguimiento del proyecto.
- **Datos insuficientes para alimentar el sistema de recomendación:** aunque inicialmente se contó con pocos datos reales, se aplicó la estrategia prevista: utilizar datos sintéticos durante el desarrollo. Esta medida permitió avanzar en el entrenamiento y validación del sistema. Cerca del final del proyecto se obtuvieron algunos datos reales, lo que posibilitó realizar los ajustes finales. A pesar del impacto potencial, el riesgo se gestionó de forma efectiva y no comprometió el cumplimiento de los objetivos.
- **Retrasos por falta de disponibilidad del equipo de desarrollo:** este riesgo también se manifestó, principalmente debido a la carga de trabajo externa y otras responsabilidades de la estudiante. Se mitigó parcialmente mediante la redistribución del tiempo de trabajo, aunque ocasionó una ligera pérdida de eficiencia en algunos tramos del cronograma.
- **Problemas con el hardware de desarrollo:** la pérdida temporal del equipo principal, causada por un apagón, afectó el ritmo de trabajo. Se aplicó la estrategia prevista, utilizando un equipo alternativo, aunque este también presentó limitaciones. Este

evento evidenció la necesidad de prever soluciones más robustas ante fallos de infraestructura.

En conjunto, la gestión de riesgos del proyecto fue adecuada, y las estrategias implementadas para abordar cada uno de estos riesgos han demostrado ser efectivas, ya que se logró minimizar el impacto de los riesgos materializados sin comprometer el alcance, la calidad ni la entrega del proyecto. El seguimiento continuo de los riesgos permitió una reacción oportuna ante los imprevistos, lo cual fue clave para la finalización satisfactoria del proyecto.

4.3.3 Presupuesto final de costes

A continuación, se muestran las diferencias entre el presupuesto inicial y final de costes, divididos en cada partida. Solo se mostrarán aquellas partidas que hayan sufrido cambios respecto a las horas dedicadas, para mayor claridad:

4.3.3.1 Partida 2: Documentación

En este apartado, se describirá la segunda partida del presupuesto de costes final del proyecto:

Recurso	Nombre de tarea	Trabajo	Unidades	Precio	Subtotal 6	Subtotal 2	Total
	Documentación (1)			-	-	-	318,83 €
	Requisitos iniciales			-	-	97,39 €	-
1	<i>Arquitecto de software</i>	2	horas	48,69 €	97,39 €	-	-
	Planificación inicial			-	-	44,29 €	-
1	<i>Jefe de proyecto</i>	1	horas	44,29 €	44,29 €	-	-
	Presupuesto inicial			-	-	177,15 €	-
1	<i>Jefe de proyecto</i>	4	horas	44,29 €	177,15 €	-	-
	Documentación (2)			-	-	-	2.078,39 €
1	Documentador	60	horas	34,64 €	2.078,39 €	-	-
							2.397,21 €

Tabla 19. Partida 2 final: Documentación

4.3.3.2 Partida 3: Implementación

En este apartado, se describirá la tercera partida del presupuesto de costes final del proyecto:

1	2	3	4	5	Re cu rs o	Nombre de tarea	Tr ab aj o	Uni da des	Pr ec io	Sub tot al 6	Sub tot al 3	Sub tot al 2	Tot al
1						Implementación			-	-	-	-	1.780,89 €
	1					Importación del sistema de notificaciones			-	-	-	420,74 €	-
		1				Diseño del modelo ER			-	-	48,69 €	-	-
				1		Arquitecto de software	1	hora s	48,69 €	48,69 €	-	-	-
		2				Back-end			-	-	248,03 €	-	-
				1		Desarrollador junior	10	hora s	24,80 €	248,03 €	-	-	-
		3				Front-end			-	-	124,02 €	-	-
				1		Desarrollador junior	5	hora s	24,80 €	124,02 €	-	-	-
	2					Implementación del sistema de registro de asistencia mediante geolocalización			-	-	-	222,77 €	-
		1				Diseño del modelo ER			-	-	24,35 €	-	-
				1		Arquitecto de software	0,5	hora s	48,69 €	24,35 €	-	-	-
		2				Back-end			-	-	74,41 €	-	-
				1		Desarrollador junior	3	hora s	24,80 €	74,41 €	-	-	-
		3				Front-end			-	-	124,02 €	-	-
				1		Desarrollador junior	5	hora s	24,80 €	124,02 €	-	-	-
	3					Implementación del sistema de recomendación			-	-	-	1.137,37 €	-
		1				Investigación de sistemas existentes			-	-	442,88 €	-	-
				1		Jefe de proyecto	10	hora s	44,29 €	442,88 €	-	-	-
		2				Back-end			-	-	496,07 €	-	-

					1	Desarrollador junior	20	hora s	24 ,8 0 €	496, 07 €	-	-	-
		3				Front-end			-	-	198, 43 €	-	-
					1	Desarrollador junior	8	hora s	24 ,8 0 €	198, 43 €	-	-	-

Tabla 20. Partida 3 final: Implementación

4.3.3.2.1 Resumen

En este apartado, se describirá el resumen del presupuesto de costes final del proyecto, 765,46€ más que el inicial:

Partida	Item	Partida	Importe	Total
1		Arranque del proyecto		88,58 €
	1	Reunión inicial	88,58 €	
2		Documentación		2.397,21 €
	1	Documentación (1)	318,83 €	
	2	Documentación (2)	2.078,39 €	
3		Implementación		1.780,89 €
4		Pruebas		1.569,00 €
5		Despliegue y cierre		504,79 €
	1	Despliegue	194,77 €	
	2	Cierre de proyecto	310,02 €	
6		Otros costes		450,00 €
	1	Dietas	450,00 €	
				6.790,47 €

Tabla 21. Presupuesto de costes final

Capítulo 5. Análisis

Este apartado contendrá toda la especificación de requisitos, casos de uso y subsistemas. Además, se planificará el plan de pruebas.

5.1 Definición del Sistema

En este apartado, se describirá la definición del sistema a desarrollar.

5.1.1 Determinación del Alcance del Sistema

El presente proyecto tiene como objetivo mejorar el sistema de administración de actividades académicas ya existente, TrackingApp 2.0, incorporando nuevas funcionalidades que permitan una gestión más eficiente y proactiva del rendimiento y la asistencia de los estudiantes.

Se establecen los siguientes límites del desarrollo en términos de lo que se implementará y lo que quedará fuera de esta versión del sistema:

1. **Motor de recomendación predictivo:**
 - a. Implementación de un sistema de recomendación basado en el análisis de las calificaciones y asistencias de los estudiantes.
 - b. Información a profesores y alumnos sobre la probabilidad de aprobado.
2. **Sistema de notificaciones:**
 - a. Implementación de notificaciones automáticas para recordar fechas importantes relacionadas con actividades académicas, asistencias y encuestas.
 - b. Posibilidad de configurar las notificaciones.
3. **Registro mejorado de asistencia:**
 - a. Incorporación de un sistema basado en geolocalización para registrar la asistencia de los estudiantes.
4. **No se modificará la funcionalidad existente de TrackingApp 2.0:**
 - a. Las funcionalidades previas del sistema, como la visualización de notas y estadísticas, permanecerán sin cambios.
 - b. No se realizará una reestructuración completa de la plataforma, sino que se ampliará con nuevos módulos.

5. **No se incluirán funcionalidades avanzadas de inteligencia artificial fuera del alcance del motor de recomendación:**
 - a. No se desarrollará un sistema de tutoría personalizada ni un chatbot educativo.
 - b. No se contemplará el análisis de sentimientos o procesamiento del lenguaje natural en esta fase.

5.2 Requisitos del Sistema

En este apartado, se definirán los requisitos del sistema.

5.2.1 Obtención de los Requisitos del Sistema

En este apartado, se definirán los requisitos funcionales y no funcionales del sistema.

5.2.1.1 *Requisitos funcionales*

En este apartado, se definirán los requisitos funcionales del sistema. Se describirán únicamente los requisitos relativos a lo añadido en este proyecto; lo relativo al resto del sistema se encuentra definido en la memoria de TrackingApp 2.0 [1].

5.2.1.1.1 **Notificaciones**

- RF.NO.1. El sistema permitirá a los usuarios con rol PROFESOR recibir notificaciones sobre asistencias, encuestas y actividades.
- RF.NO.1.1. El sistema enviará una notificación a los usuarios cuando se cumpla una de las siguientes condiciones:
- RF.NO.1.2. Una asistencia tiene una fecha de cierre próxima.
- RF.NO.1.3. Una encuesta tiene una fecha de cierre próxima.
- RF.NO.1.4. Una actividad tiene una fecha de cierre próxima.
- RF.NO.2. El sistema permitirá a los usuarios con rol ALUMNO recibir notificaciones sobre asistencias, encuestas y actividades.
- RF.NO.2.1. Se cumplirá lo especificado en RF.NO.1.1.
- RF.NO.3. El sistema permitirá a los usuarios con rol PROFESOR eliminar notificaciones.
- RF.NO.4. El sistema permitirá a los usuarios con rol ALUMNO eliminar notificaciones.
- RF.NO.5. El sistema permitirá a los usuarios con rol PROFESOR configurar sus preferencias de notificaciones.
- RF.NO.5.1. El sistema permitirá a los usuarios activar o desactivar las notificaciones de cada tipo:
- RF.NO.5.1.1. Notificaciones de asistencias.
- RF.NO.5.1.2. Notificaciones de encuestas.
- RF.NO.5.1.3. Notificaciones de actividades.

- RF.NO.5.2. El sistema permitirá a los usuarios configurar la antelación con la que desean recibir cada tipo de notificación.
 - RF.NO.5.2.1. Los valores de antelación permitidos se especificarán en horas.
 - RF.NO.5.2.1.1. El valor mínimo será 1 hora.
 - RF.NO.5.2.1.2. El valor máximo serán 168 horas.
- RF.NO.6. El sistema permitirá a los usuarios con rol ALUMNO configurar sus preferencias de notificaciones.
 - RF.NO.6.1. Se cumplirá lo especificado en RF.NO.3.1.
- RF.NO.7. Las notificaciones se actualizarán cada 30 segundos.

5.2.1.1.2 Registro de asistencia mediante geolocalización

- RF.AS.1. El sistema permitirá a usuarios con rol PROFESOR la creación de asistencias con coordenadas.
 - RF.AS.1.1. Las coordenadas serán:
 - RF.AS.1.1.1. Latitud.
 - RF.AS.1.1.2. Longitud.
 - RF.AS.1.2. Las coordenadas tendrán una precisión de 4 decimales.
 - RF.AS.1.3. El usuario podrá elegir las coordenadas de las siguientes formas:
 - RF.AS.1.3.1. Escribiendo los valores.
 - RF.AS.1.3.2. Seleccionando en un mapa.
- RF.AS.2. El sistema permitirá a los usuarios con rol ADMINISTRADOR la creación de asistencias con coordenadas.
 - RF.AS.2.1. Se cumplirá lo especificado en RF.AS.1.
- RF.AS.3. El sistema permitirá a usuarios con rol ALUMNO confirmar una asistencia con coordenadas.
 - RF.AS.3.1. La asistencia podrá confirmarse si la geolocalización del usuario indica que se encuentra en un radio de 30 metros.
- RF.AS.4. El sistema permitirá a usuarios con rol PROFESOR confirmar una asistencia con coordenadas.
 - RF.AS.4.1. Se cumplirá lo especificado en RF.AS.3.1.
- RF.AS.5. El sistema permitirá a usuarios con rol PROFESOR confirmar la asistencia de un alumno.
 - RF.AS.5.1. No será necesario que se cumpla lo especificado en RF.AS.3.1.

5.2.1.1.3 Sistema de recomendación

- RF.REC.1. El sistema de recomendación analizará las calificaciones y asistencias de los alumnos para predecir la posibilidad de aprobar.
- RF.REC.2. El sistema permitirá a los usuarios con rol PROFESOR visualizar una lista de alumnos con su predicción de una asignatura.
- RF.REC.3. La lista incluirá:
 - RF.REC.3.1. Nombre del alumno.
 - RF.REC.3.2. Probabilidad de aprobado.

- RF.REC.4. El sistema permitirá a los usuarios con rol ALUMNO visualizar su predicción de una asignatura.
- RF.REC.5. El sistema permitirá a los usuarios con rol PROFESOR recalcular las predicciones de una asignatura.
- RF.REC.6. El sistema permitirá a los usuarios con rol PROFESOR ver estadísticas de las predicciones.
- RF.REC.6.1. Se mostrará la media de las predicciones.
- RF.REC.6.2. Se mostrará un gráfico de barras con el desglose de las predicciones.
- RF.REC.7. El sistema recalculará automáticamente las predicciones de todas las asignaturas cada 10 días.

5.2.1.2 Requisitos no funcionales

- RNF.1. El sistema será compatible con Google Chrome, Microsoft Edge y Mozilla Firefox.
- RNF.2. El sistema será compatible con el protocolo HTTP.
- RNF.3. El sistema será compatible con el protocolo HTTPS.
- RNF.4. El sistema deberá soportar una carga de al menos 500 usuarios conectados de manera simultánea.
- RNF.5. El sistema tendrá un tiempo de respuesta medio de menos de 1 segundo.

5.2.2 Identificación de Actores del Sistema

Un actor es algo o alguien que reside fuera del sistema y que interactúa con el mismo (actor primario) o bien es algo o alguien sobre el que el sistema actúa (actor secundario). Un actor puede ser una persona, un dispositivo, otro sistema o un subsistema.

A continuación, se describirán los actores de ActivityRecommender.

5.2.2.1 Usuario no identificado

Usuario que no ha iniciado sesión en la aplicación. Solo puede iniciar sesión y cambiar el idioma.

5.2.2.2 Usuario identificado administrador

Un usuario autenticado con rol de administrador puede acceder a la aplicación para visualizar, crear, editar y eliminar cualquier entidad del sistema, además de consultar información general de administración.

5.2.2.3 Usuario identificado alumno

Un usuario autenticado con rol de alumno puede acceder a la información de los grados, asignaturas y grupos en los que está inscrito, así como consultar sus actividades, asistencias, calificaciones y encuestas.

5.2.2.4 Usuario identificado profesor

Un usuario autenticado con rol de profesor puede acceder a la información de los grados, asignaturas y grupos en los que está registrado. Puede consultar sus actividades, sus asistencias y las de sus alumnos, así como las calificaciones y encuestas respondidas por ellos. Además, puede crear y editar actividades, calificaciones, asistencias y encuestas, visualizar estadísticas y gráficos sobre el rendimiento de sus alumnos, e importar y exportar actas.

5.2.3 Especificación de Casos de Uso

En este apartado se describirá la especificación de los casos de uso de ActivityRecommender. Solo se incluirán los casos de uso relativos a la nueva funcionalidad añadida, y por tanto no se describirán aquellos casos de uso ya presentes en la aplicación original.

Nombre del caso de uso	Descripción
Ver notificaciones	El profesor o alumno podrá consultar las notificaciones
Eliminar notificaciones	El profesor o alumno podrá eliminar las notificaciones
Editar notificaciones de actividades	Profesores y alumnos podrán editar los ajustes de las notificaciones de actividades. Elegirá si activarlas o no, y, en caso de hacerlo, la antelación en horas de la notificación
Editar notificaciones de asistencias	Profesores y alumnos podrán editar los ajustes de las notificaciones de asistencias. Elegirá si activarlas o no, y, en caso de hacerlo, la antelación en horas de la notificación
Editar notificaciones de encuestas	Profesores y alumnos podrán editar los ajustes de las notificaciones de encuestas. Elegirá si activarlas o no, y, en caso de hacerlo, la antelación en horas de la notificación
Crear asistencia con geolocalización	Profesores y administradores podrán crear una asistencia con datos de geolocalización
Registrar asistencia mediante geolocalización	Profesores y alumnos podrán registrar una asistencia cuando se encuentre en la ubicación y horas indicadas en la misma
Ver predicción de asignatura	Los profesores y alumnos podrán ver las predicciones de aprobados y suspensos de una asignatura concreta
Recalcular predicción de una asignatura	Los profesores podrán recalcular las predicciones de una asignatura
Ver estadísticas de predicciones	Los profesores podrán ver las estadísticas de las predicciones junto con las estadísticas de las calificaciones

Tabla 22. Especificación de caso de uso

5.3 Identificación de los Subsistemas en la Fase de Análisis

El objetivo de esta sección es analizar el sistema para poder descomponerlo en sistemas más pequeños (subsistemas) que faciliten su posterior análisis.

5.3.1 Descripción de los Subsistemas

En esta sección se enumerarán todos los subsistemas identifiquemos en la aplicación. Los subsistemas son agrupaciones de paquetes y clases que tienen un objetivo propósito común.

5.3.1.1 Front-end

El front-end modela la interfaz gráfica de la aplicación. Se divide a su vez en varios subsistemas.

Subsistema	Función
Rutas	Enrutar las diferentes URLs de la aplicación. Asigna a cada URL una vista diferente
Contenido estático	Incluye los archivos CSS, imágenes y archivos de internacionalización de la aplicación
Vistas	Se encarga de la interfaz gráfica de la aplicación
Dominio	Entidades del modelo entidad-relación
Gestor de estado y peticiones	Manejar el estado de la aplicación y realiza peticiones HTTP al back-end.

Tabla 23. Subsistemas del Front-end

5.3.1.2 Back-end

El back-end se encarga de la lógica de la aplicación. Se divide en varios subsistemas:

Subsistema	Función
Controladores	Recibe y procesa las peticiones HTTP que envía el front-end.
Servicios	Realiza las operaciones lógicas de la aplicación, validando y filtrando los datos según los permisos del usuario actual. Cabe destacar que la lógica del sistema de recomendación se encuentra en esta capa.
Repositorios	Realizar el acceso a la base de datos.

Dominio	Entidades del modelo entidad-relación
Seguridad y configuración	Configuración del subsistema del back-end, así como de la seguridad de este (por ejemplo, protección de rutas)

Tabla 24. Subsistemas del Back-end

5.3.1.3 Persistencia

Este subsistema es la base de datos de la aplicación, encargada de la persistencia de toda la información de esta.

5.3.1.4 Pruebas

Este subsistema es el encargado de las pruebas de la aplicación.

5.3.2 Descripción de los Interfaces entre Subsistemas

Todos los subsistemas del Back-end se comunican directamente entre sí. En particular, el subsistema de Controladores interactúa principalmente con el subsistema de Servicios y, en ciertos casos, con el subsistema de Repositorios para evitar referencias circulares. El subsistema de Servicios se conecta exclusivamente con el de Repositorios, que a su vez se comunica con el subsistema de Persistencia.

De manera similar, los subsistemas del Front-end también mantienen comunicación directa entre ellos. El subsistema de Gestión de estado y peticiones se encarga de enviar solicitudes HTTP al subsistema de Controladores del Back-end a través de una API REST, estableciendo así la conexión entre el Front-end y el Back-end de la aplicación.

Toda la comunicación entre estos subsistemas se realizará de forma local, dentro de la misma máquina.

5.4 Diagrama de Clases Preliminar del Análisis

En este apartado se definirá el diagrama de clases preliminar.

5.4.1 Diagrama de Clases

El diagrama general de las clases es el siguiente:

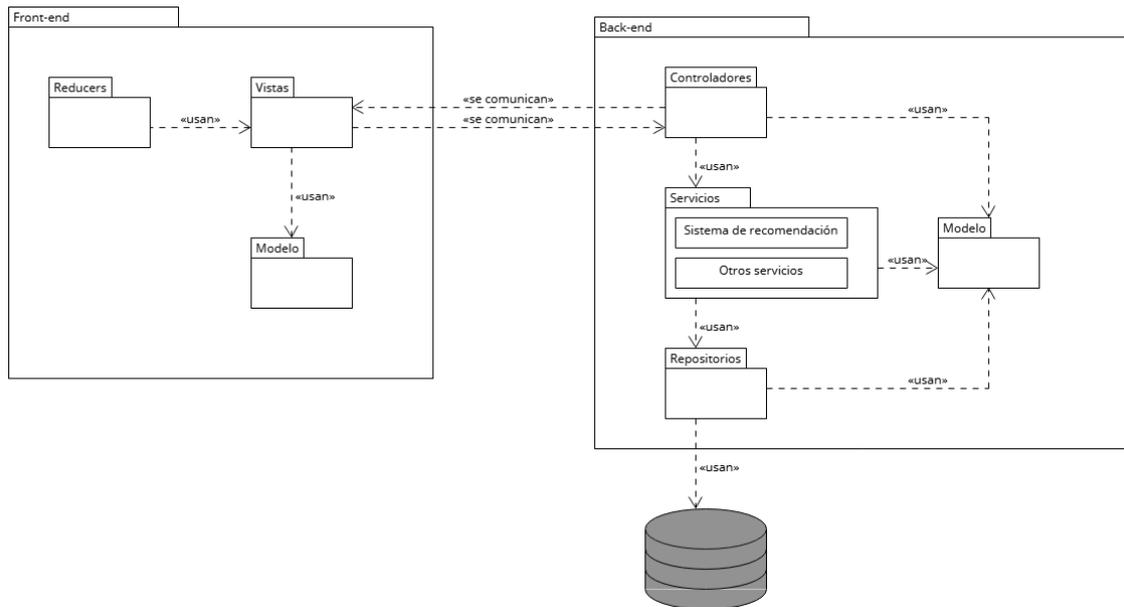


Ilustración 18. Diagrama de clases preliminar

5.4.2 Descripción de las Clases

En este apartado, se describirán las clases anteriormente identificadas. Únicamente se explicarán aquellas clases añadidas en ActivityRecommender; la definición de las demás clases se encuentra en la memoria del TFG TrackingApp 2.0 [1].

5.4.2.1 Repositorios

Se espera que se añadan 2 nuevos repositorios, `NotificationsConfigRepository` y `NotificationsRepository`, que contengan los siguientes métodos:

Nombre del Método	<code>findAllBy()</code>
Descripción	Busca todas las configuraciones atendiendo a una paginación concreta
Return	<code>Flux<NotificationsConfig></code>
Atributos	

Pageable pageable: objeto que contiene la paginación

Tabla 25. Descripción del método findAllBy() de la capa de repositorios

Nombre del Método
findAll()
Descripción
Busca todas las configuraciones de un tipo
Return
Flux<NotificationsConfig>
Atributos
-

Tabla 26. Descripción del método findById() de la capa de repositorios

Nombre del Método
findById()
Descripción
Busca una configuración concreta
Return
Mono<NotificationsConfig>
Atributos
Long id: el id del objeto a buscar

Tabla 27. Descripción del método findById() de la capa de repositorios

Nombre del Método
save()
Descripción
Guarda una configuración concreta
Return
Mono<NotificationsConfig>
Atributos
NotificationsConfig notification: la configuración concreta

Tabla 28. Descripción del método save() de la capa de repositorios

Nombre del Método
deleteById()
Descripción
Elimina una configuración concreta
Return
Mono<Void>
Atributos
Long id: id de la configuración a borrar

Tabla 29. Descripción del método deleteById() de la capa de repositorios

5.4.2.2 Servicios

Se espera que se añadan 3 nuevos servicios. El primero, NotificationsConfigRepository, contendrá los siguientes métodos principales:

Nombre del Método
findByCurrentUser()
Descripción
Busca todas las configuraciones del usuario que inició sesión
Return
Flux<NotificationsConfig>
Atributos

Tabla 30. Descripción del método findByCurrentUser() de la capa de servicios

Nombre del Método
update()
Descripción
Actualiza una configuración concreta
Return
Mono<NotificationsConfig>
Atributos
NotificationsConfig notification: la configuración concreta

Tabla 31. Descripción del método update() de la capa de servicios

El segundo, NotificationsService, contendrá los siguientes métodos principales:

Nombre del Método
createNotificationsForCurrentUser()
Descripción
Crea y busca las notificaciones del usuario actual
Return
Flux<Notification>
Atributos

Tabla 32. Descripción del método createNotificationForCurrentUser() de la capa de servicios

Nombre del Método
delete()
Descripción
Elimina una notificación
Return
Mono<Void>
Atributos
Long id: el id de la notificación a eliminar

Tabla 33. Descripción del método delete() de la capa de servicios

Nombre del Método
findOne()
Descripción
Busca una notificación
Return
Mono<Notification>

Atributos
Long id: el id de la notificación a buscar

Tabla 34. Descripción del método findOne() de la capa de servicios

El tercero, PredictionService, contendrá los siguientes métodos:

Nombre del Método
getPredictions()
Descripción
Devuelve las predicciones para alumnos
Return
Flux<Prediction>
Atributos
Long subjectAndCourseId: el id de la asignatura y curso de los alumnos a predecir

Tabla 35. Descripción del método getPredictions() de la capa de servicios

Nombre del Método
calculatePredictions()
Descripción
Calcula y devuelve las predicciones para alumnos
Return
Flux<Prediction>
Atributos
Long subjectAndCourseId: el id de la asignatura y curso de los alumnos a predecir

Tabla 36. Descripción del método calculatePredictions() de la capa de servicios

5.4.2.3 Controladores

Se espera que se añadan 3 nuevos controladores. El primero, NotificationsConfigResource, contendrá los siguientes métodos principales:

Nombre del Método
getNotificationsConfigByCurrentUser()
Descripción
Busca todas las configuraciones
Return
Mono<ResponseEntity<NotificationsConfig>>
Atributos
-

Tabla 37. Descripción del método getNotificationsConfigByCurrentUser() de la capa de controladores

Nombre del Método
updateNotificationsConfig()
Descripción
Actualiza una configuración concreta
Return

Mono<ResponseEntity<NotificationsConfig>>
Atributos
NotificationsConfig notification: la configuración concreta

Tabla 38. Descripción del método updateNotificationsConfig() de la capa de controladores

El segundo, NotificationResource, contendrá los siguientes métodos principales:

Nombre del Método
createNotifications()
Descripción
Crea y busca las notificaciones del usuario actual
Return
Mono<ResponseEntity<List<Notification>>>
Atributos

Tabla 39. Descripción del método createNotifications() de la capa de controladores

Nombre del Método
getNotification()
Descripción
Busca una notificación concreta
Return
Mono<ResponseEntity<Notification>>
Atributos
Long id: el id de la notificación a buscar

Tabla 40. Descripción del método getNotification() de la capa de controladores

Nombre del Método
deleteNotification()
Descripción
Borra una notificación concreta
Return
Mono<ResponseEntity<Void>>
Atributos
Long id: el id de la notificación a buscar

Tabla 41. Descripción del método deleteNotification() de la capa de controladores

El tercero, PredictionResource, contendrá el siguiente método:

Nombre del Método
getPredictions()
Descripción
Devuelve las predicciones para alumnos
Return
Mono<ResponseEntity<List<Prediction>>>
Atributos
Long subjectAndCourseId: el id de la asignatura y curso de los alumnos a predecir

Tabla 42. Descripción del método getPredictions() de la capa de controladores

5.5 Análisis de Casos de Uso y Escenarios

En esta sección se describirán los casos de uso identificados anteriormente de forma detallada, a través de sus escenarios. Los escenarios describen las interacciones entre los usuarios y el sistema.

5.5.1 Ver notificaciones

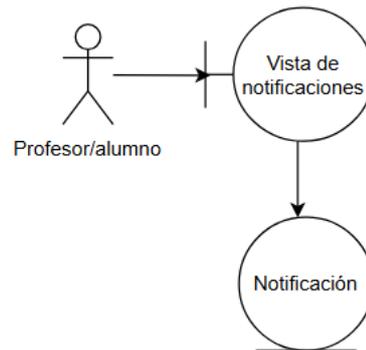


Ilustración 19. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Ver notificaciones

Ver notificaciones	
Precondiciones	El usuario inició sesión y tiene rol PROFESOR o rol ALUMNO
Postcondiciones	
Actores	Iniciado y finalizado por un usuario validado con rol PROFESOR o ALUMNO
Descripción	El profesor o alumno selecciona el menú de notificaciones El profesor o alumno consulta las notificaciones
Variaciones (escenarios secundarios)	El profesor o alumno selecciona el menú de notificaciones El profesor o alumno selecciona "ver más notificaciones" El profesor o alumno consulta las notificaciones
Excepciones	
Notas	

Tabla 43. Análisis de caso de uso. Ver notificaciones

5.5.2 Eliminar notificaciones

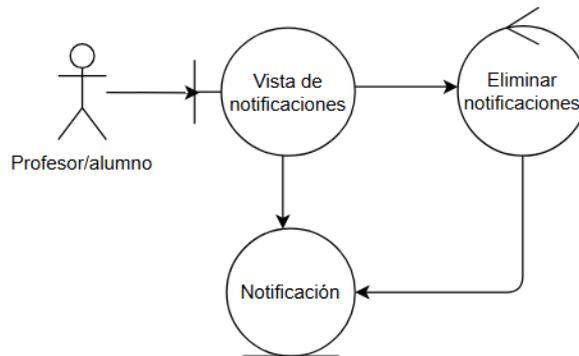


Ilustración 20. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Eliminar notificaciones

Ver notificaciones	
Precondiciones	El usuario inició sesión y tiene rol PROFESOR o rol ALUMNO
Postcondiciones	
Actores	Iniciado y finalizado por un usuario validado con rol PROFESOR o ALUMNO
Descripción	El profesor o alumno selecciona el menú de notificaciones El profesor o alumno selecciona “ver más notificaciones” El profesor o alumno elimina notificaciones
Variaciones (escenarios secundarios)	
Excepciones	
Notas	

Tabla 44. Análisis de caso de uso. Eliminar notificaciones

5.5.3 Editar notificaciones de actividades

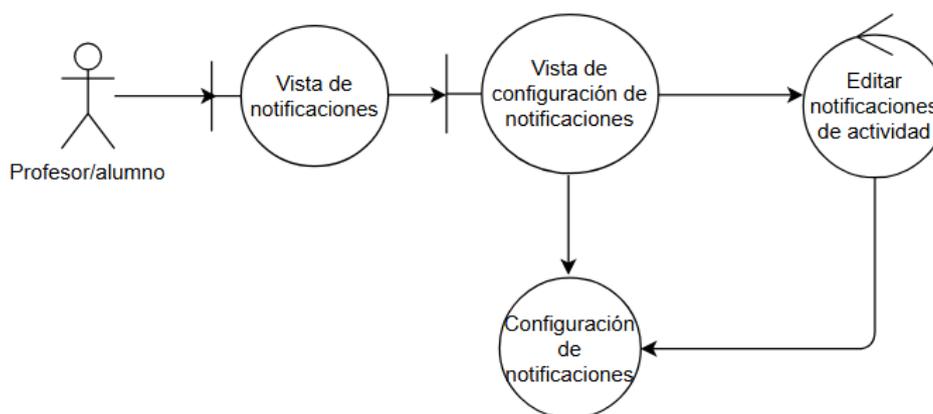


Ilustración 21. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Editar notificaciones de actividades

Editar notificaciones de actividades	
Precondiciones	El usuario inició sesión y tiene rol PROFESOR o rol ALUMNO
Postcondiciones	Los ajustes de notificaciones de actividades son actualizados
Actores	Iniciado y finalizado por un usuario validado con rol PROFESOR o ALUMNO
Descripción	El profesor o alumno selecciona el menú de notificaciones El profesor o alumno selecciona editar la configuración de notificaciones El profesor o alumno selecciona desactivar las notificaciones de actividades El profesor o alumno guarda la configuración
Variaciones (escenarios secundarios)	El profesor o alumno selecciona el menú de notificaciones El profesor o alumno selecciona editar la configuración de notificaciones El profesor o alumno selecciona activar las notificaciones de actividades El profesor o alumno edita las horas de antelación El profesor o alumno guarda la configuración
Excepciones	
Notas	

Tabla 45. Análisis de caso de uso. Editar notificaciones de actividades

5.5.4 Editar notificaciones de asistencias

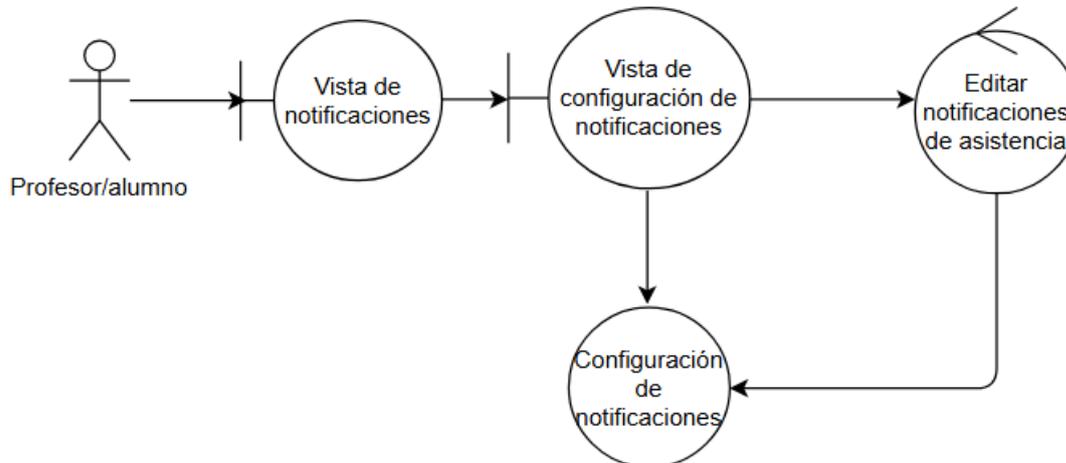


Ilustración 22. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Editar notificaciones de asistencias

Editar notificaciones de asistencias	
Precondiciones	El usuario inició sesión y tiene rol PROFESOR o rol ALUMNO
Postcondiciones	Los ajustes de notificaciones de asistencias son actualizados
Actores	Iniciado y finalizado por un usuario validado con rol PROFESOR o ALUMNO
Descripción	El profesor o alumno selecciona el menú de notificaciones

	<p>El profesor o alumno selecciona editar la configuración de notificaciones</p> <p>El profesor o alumno selecciona desactivar las notificaciones de asistencias</p> <p>El profesor o alumno guarda la configuración</p>
Variaciones (escenarios secundarios)	<p>El profesor o alumno selecciona el menú de notificaciones</p> <p>El profesor o alumno selecciona editar la configuración de notificaciones</p> <p>El profesor o alumno selecciona activar las notificaciones de asistencias</p> <p>El profesor o alumno edita las horas de antelación</p> <p>El profesor o alumno guarda la configuración</p>
Excepciones	
Notas	

Tabla 46. Análisis de caso de uso. Editar notificaciones de asistencias

5.5.5 Editar notificaciones de encuestas

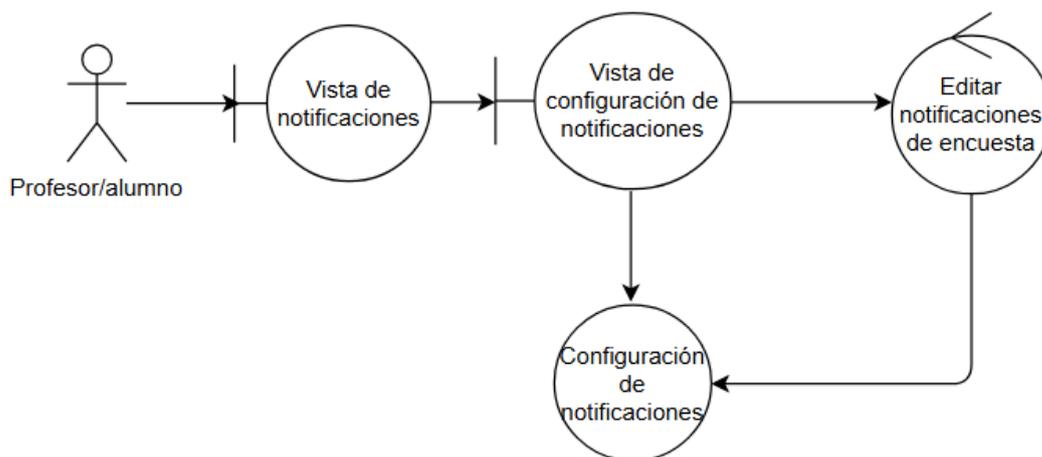


Ilustración 23. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Editar notificaciones de encuestas

Editar notificaciones de encuestas	
Precondiciones	El usuario inició sesión y tiene rol PROFESOR o rol ALUMNO
Postcondiciones	Los ajustes de notificaciones de encuestas son actualizados
Actores	Iniciado y finalizado por un usuario validado con rol PROFESOR o ALUMNO
Descripción	<p>El profesor o alumno selecciona el menú de notificaciones</p> <p>El profesor o alumno selecciona editar la configuración de notificaciones</p> <p>El profesor o alumno selecciona desactivar las notificaciones de encuestas</p> <p>El profesor o alumno guarda la configuración</p>

Variaciones (escenarios secundarios)	El profesor o alumno selecciona el menú de notificaciones El profesor o alumno selecciona editar la configuración de notificaciones El profesor o alumno selecciona activar las notificaciones de encuestas El profesor o alumno edita las horas de antelación El profesor o alumno guarda la configuración
Excepciones	
Notas	

Tabla 47. Análisis de caso de uso. Editar notificaciones de encuestas

5.5.6 Crear asistencia con geolocalización

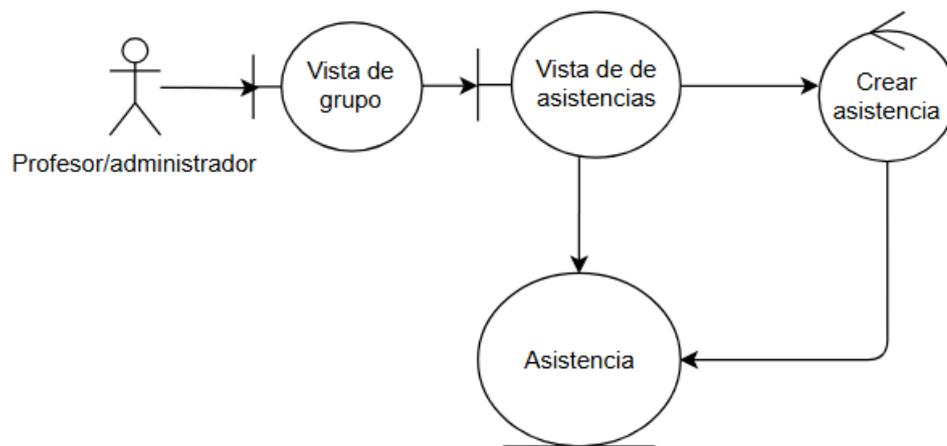


Ilustración 24. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Crear asistencia con geolocalización

Crear asistencia con geolocalización	
Precondiciones	El usuario inició sesión y tiene rol PROFESOR o rol ADMINISTRADOR
Postcondiciones	Una nueva asistencia con geolocalización es creada
Actores	Iniciado y finalizado por un usuario validado con rol PROFESOR o ADMINISTRADOR
Descripción	El profesor o administrador accede a un grupo El profesor o administrador crea una asistencia con los campos de texto
Variaciones (escenarios secundarios)	<p>Escenario secundario 1 El profesor o administrador accede a un grupo El profesor o administrador crea una asistencia con el mapa</p> <p>Escenario secundario 2 El administrador accede al panel de administración El administrador crea una asistencia con el mapa</p> <p>Escenario secundario 3 El administrador accede al panel de administración El administrador crea una asistencia con los campos de texto</p>
Excepciones	
Notas	

Tabla 48. Análisis de caso de uso. Crear asistencia con geolocalización

5.5.7 Registrar asistencia mediante geolocalización

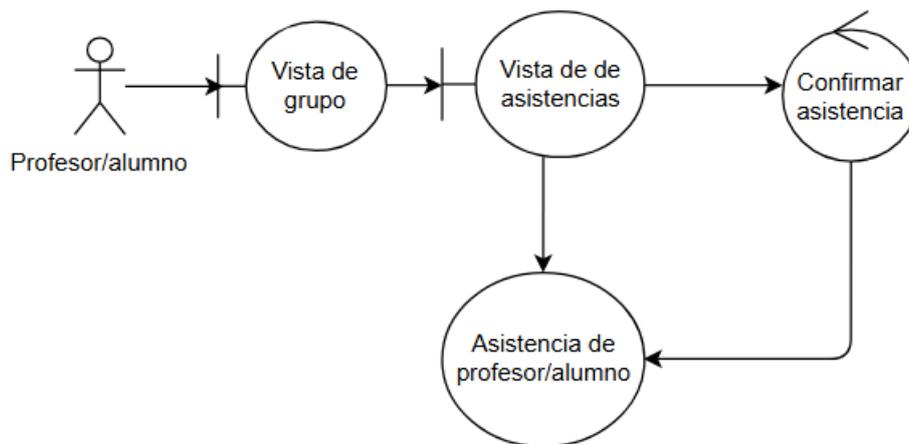


Ilustración 25. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Registrar asistencia mediante geolocalización

Registrar asistencia mediante geolocalización	
Precondiciones	El usuario inició sesión y tiene rol PROFESOR o rol ALUMNO
Postcondiciones	Una nueva asistencia de profesor o alumno es creada
Actores	Iniciado y finalizado por un usuario validado con rol PROFESOR o ALUMNO
Descripción	El profesor o alumno accede a un grupo El profesor o alumno registra su propia asistencia
Variaciones (escenarios secundarios)	
Excepciones	La asistencia no puede ser registrada pues la geolocalización actual no se encuentra en un radio de 30 metros respecto a las coordenadas de la asistencia
Notas	

Tabla 49. Análisis de caso de uso. Registrar asistencia mediante geolocalización

5.5.8 Ver predicción de asignatura

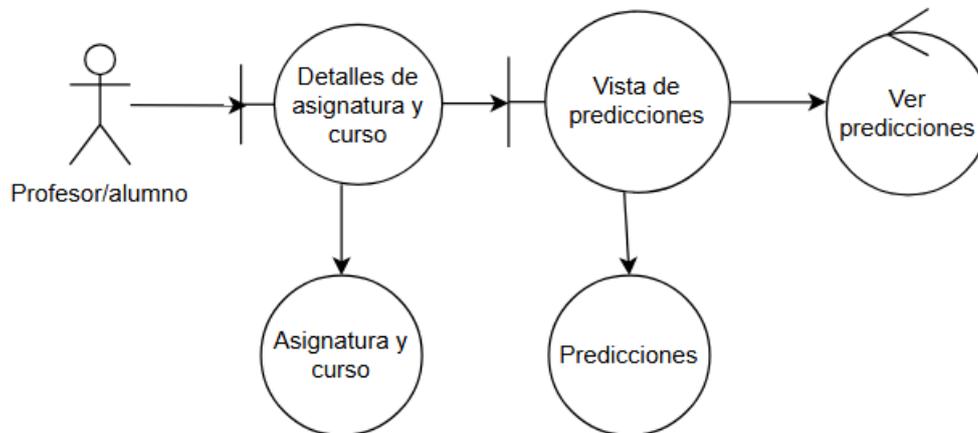


Ilustración 26. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Ver predicción de asignatura

Ver predicción de asignatura	
Precondiciones	El usuario inició sesión y tiene rol PROFESOR o rol ALUMNO
Postcondiciones	
Actores	Iniciado y finalizado por un usuario validado con rol PROFESOR o ALUMNO
Descripción	El profesor o alumno accede a una asignatura El profesor o alumno accede a la vista de predicciones El profesor o alumno ve la predicción
Variaciones (escenarios secundarios)	
Excepciones	La predicción no se puede mostrar pues aún no hay datos disponibles suficientes
Notas	

Tabla 50. Análisis de caso de uso. Ver predicción de asignatura

5.5.9 Recalcular predicciones de una asignatura

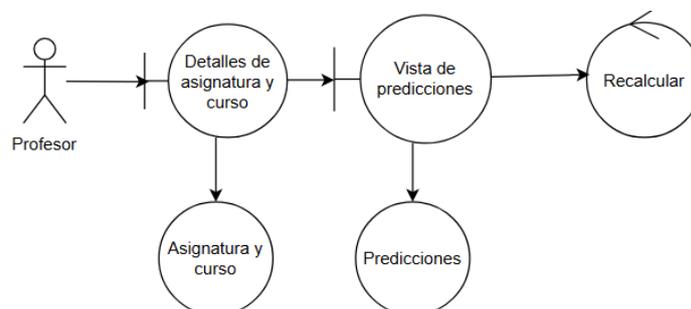


Ilustración 27. Análisis de caso de uso. Diagrama de robustez. Recalcular predicciones de una asignatura

Exportar informe de predicción	
Precondiciones	El usuario inició sesión y tiene rol PROFESOR
Postcondiciones	Se recalcularán las predicciones para la asignatura
Actores	Iniciado y finalizado por un usuario validado con rol PROFESOR
Descripción	El profesor accede a una asignatura El profesor accede a la vista de predicciones El profesor recalcula las predicciones
Variaciones (escenarios secundarios)	
Excepciones	
Notas	

Tabla 51. Análisis de caso de uso. Recalcular predicciones de una asignatura

5.5.10 Ver estadísticas de predicciones

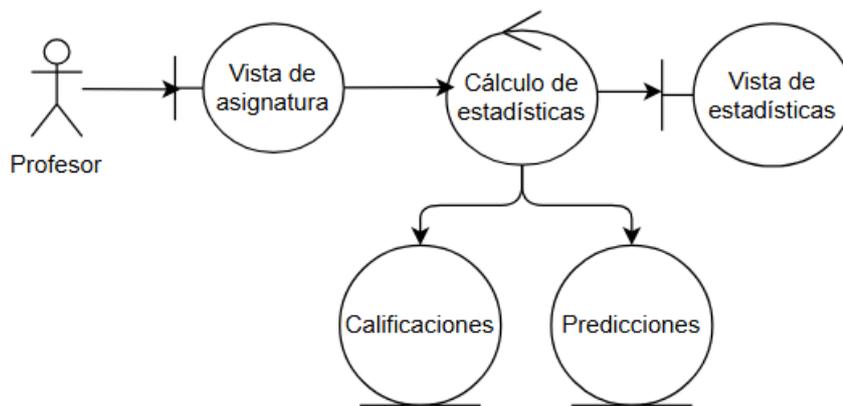


Ilustración 28. Análisis de casos de uso. Diagrama de robustez. Ver estadísticas de predicciones

Ver estadísticas de asignatura	
Precondiciones	El usuario inició sesión y tiene rol PROFESOR
Postcondiciones	
Actores	Iniciado y finalizado por un usuario validado con rol PROFESOR
Descripción	El profesor elegirá una asignatura El profesor elegirá ver las estadísticas El sistema mostrará estadísticas de las predicciones de los alumnos de la asignatura
Escenarios secundarios	
Excepciones	
Notas	

Tabla 52. Análisis de caso de uso. Ver estadísticas de predicciones

5.6 Análisis de Interfaces de Usuario

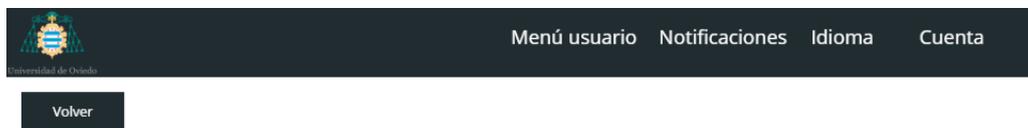
En este apartado, se definirán las interfaces de usuario del sistema.

5.6.1 Descripción de la Interfaz

En esta sección se describirá la especificación de las interfaces de usuario. Se mostrarán únicamente las interfaces añadidas en este proyecto.

5.6.1.1 Sistema de notificaciones

El menú superior tendrá una nueva opción:



Contenido

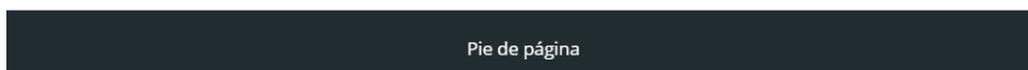


Ilustración 29. Vista general de menú superior

El menú de notificaciones, al abrirlo, tendrá el siguiente aspecto:



Ilustración 30. Menú de notificaciones desplegado

La vista de todas las notificaciones tendrá el siguiente aspecto:

Mensaje	Fecha	Enlace	
Mensaje	2025-03-04	Enlace	Eliminar
Mensaje	2025-01-01	Enlace	Eliminar
Mensaje	2024-12-01	Enlace	Eliminar

Ilustración 31. Vista de todas las notificaciones

La configuración de las notificaciones será de la siguiente forma:

Configuración de notificaciones

Activar notificaciones de actividades
Horas de antelación: 1...

Activar notificaciones de encuestas
Horas de antelación: 1...

Activar notificaciones de asistencias
Horas de antelación: 1...

Guardar

Ilustración 32. Configuración de notificaciones

5.6.1.2 Registro de asistencia mediante geolocalización

El aspecto del registro de asistencia es igual al ya presente en TrackingApp. La única diferencia es el formulario de creación de una asistencia:

{Otros campos}

Seleccionar en mapa

Latitud:

43

Longitud:

-5

Guardar

Ilustración 33. Formulario de creación de asistencia (1)

{Otros campos}

Coordenadas



Guardar

Ilustración 34. Formulario de creación de asistencia (2)

5.6.1.3 Sistema de recomendación

Para un alumno, tendrá un aspecto como este, en la propia vista de calificaciones:



The screenshot shows the student prediction view. At the top, there is a navigation bar with the University of Oviedo logo, a 'Volver' button, and links for 'Menú usuario', 'Idioma', and 'Cuenta'. Below the navigation bar, the title 'Nombre de asignatura' is displayed. A table with three columns: 'Curso', 'Calificaciones', and 'Actividades' is shown. The 'Curso' column contains a dropdown menu with 'Predicción' selected. Below this, a table displays the student's performance across different activities:

Alumno	Teoría	Seminario	Prácticas	Asistencia	Nota final
DNI	10	10	10	✓	10

At the bottom of the page, there is a 'Pie de página' section.

Ilustración 35. Vista de predicción para alumnos

Y para los profesores:



The screenshot shows the teacher prediction view. At the top, there is a navigation bar with the University of Oviedo logo, a 'Volver' button, and links for 'Menú usuario', 'Idioma', and 'Cuenta'. Below the navigation bar, the title 'Nombre de asignatura' is displayed. A table with five columns: 'Curso', 'Calificaciones', 'Actividades', 'Estadísticas', and 'Predicciones' is shown. The 'Curso' column contains a dropdown menu with 'Predicción' selected. Below this, a table displays the student's performance across different activities:

Alumno	Predicción
DNI	Predicción
DNI	Predicción
DNI	Predicción

To the right of the table, there is a 'Recalcular' button and a page number '4'. At the bottom of the page, there is a 'Pie de página' section.

Ilustración 36. Vista de predicción para profesores

Además, la vista de estadísticas contendrá nuevos diagramas:



Ilustración 37. Vista de estadísticas para profesores

5.6.2 Descripción del Comportamiento de la Interfaz

Para las predicciones consideradas positivas, se mostrará en un color verde parecido al siguiente:

Predicción

Ilustración 38. Vista de predicción positiva

Por el contrario, si son negativas, sería como el siguiente:

Predicción

Ilustración 39. Vista de predicción negativa

Si no hubiera suficientes datos aun para realizar la predicción, sería lo siguiente:

Predicción no disponible

Ilustración 40. Vista de predicción sin datos

Mientras las predicciones se estén calculando, aparecerá algo similar a lo siguiente:

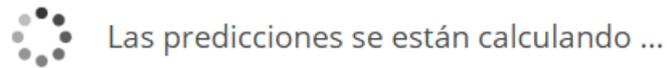


Ilustración 41. Vista de predicción calculándose

En cuanto a las asistencias, en caso de que se intentara registrar una asistencia y no se estuviera dentro del área, aparecería un aviso similar al siguiente:

No estás en el área. No se puede
confirmar la asistencia

Ilustración 42. Aviso de geolocalización

5.6.3 Diagrama de Navegabilidad

En esta sección se mostrará la navegación que habrá entre las pantallas del sistema:

5.6.3.1 Alumno

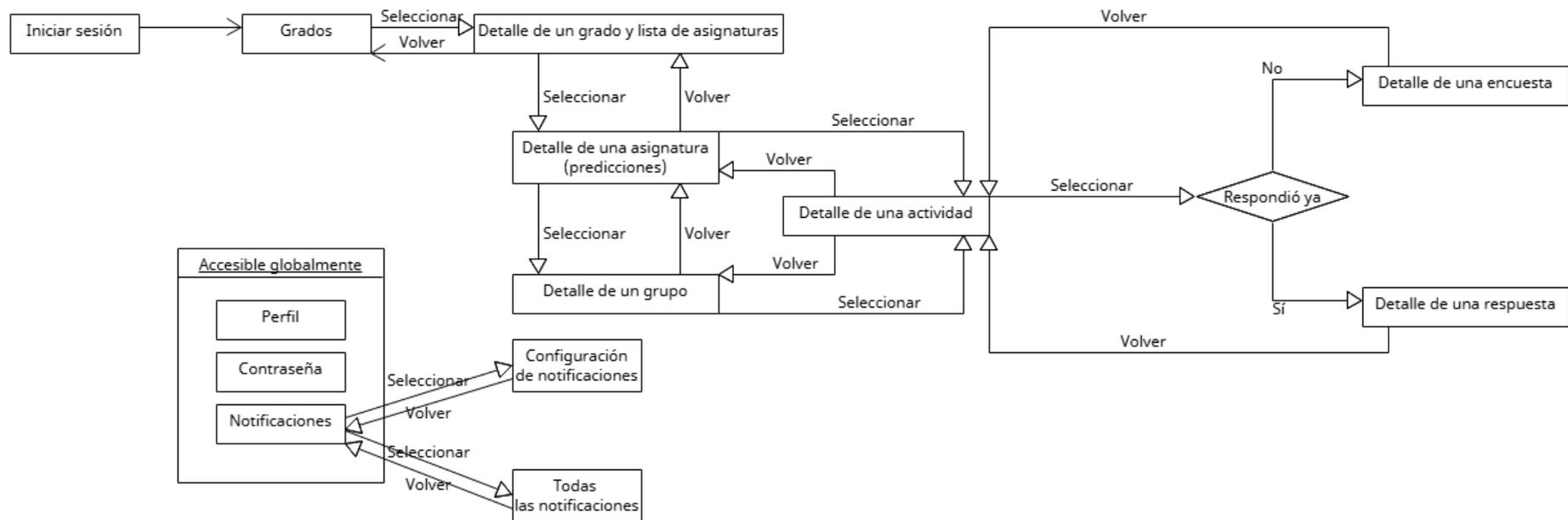


Ilustración 43. Diagrama de navegabilidad del alumno

5.6.3.2 Profesor

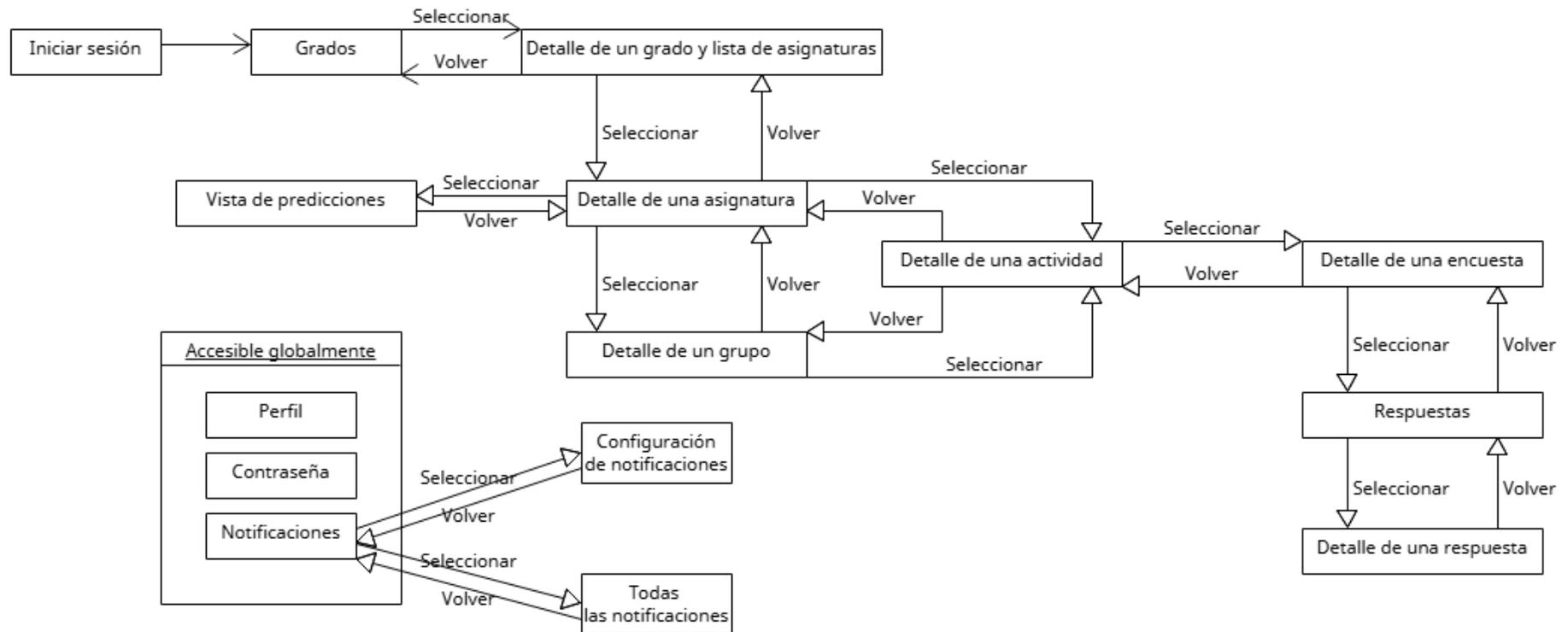


Ilustración 44. Diagrama de navegabilidad del profesor

5.6.3.3 Administrador

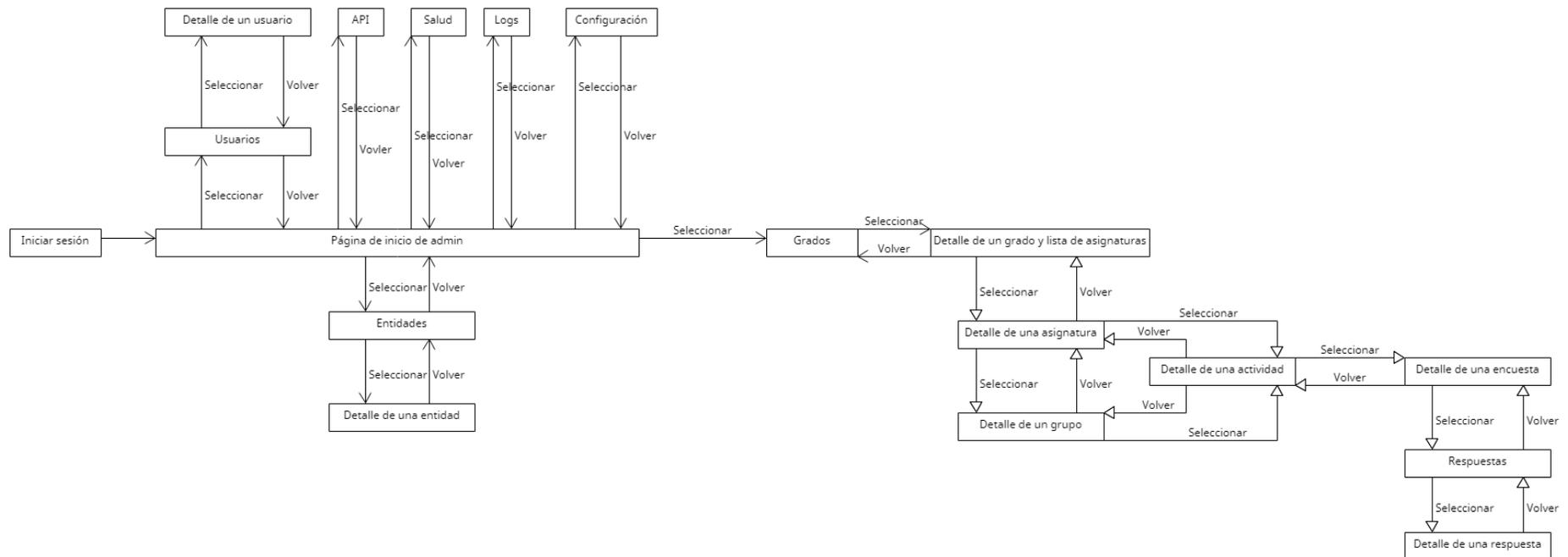


Ilustración 45. Diagrama de navegabilidad del administrador [1]

5.7 Especificación del Plan de Pruebas

En esta sección se creará y diseñará el plan de pruebas de ActivityRecommender.

5.7.1 Pruebas Unitarias

Las pruebas unitarias permiten verificar el correcto funcionamiento de un módulo de código, o en este caso, de una clase individual con una función específica. Su objetivo es garantizar que cada módulo opere de manera adecuada de forma independiente.

En ActivityRecommender, se han llevado a cabo pruebas unitarias utilizando JUnit y Mockito para evaluar la funcionalidad de ciertos servicios de la aplicación.

A continuación, las pruebas unitarias diseñadas:

Prueba	Resultado esperado
Crear configuración de notificaciones	Se crea una configuración
Editar configuración de notificaciones (desactivar todo)	Las notificaciones son editadas (todo desactivado)
Editar configuración de notificaciones (tiempos)	Las notificaciones son editadas (se establecen tiempos)
Editar parcialmente configuración de notificaciones (tiempos)	Las notificaciones son editadas parcialmente (se establecen tiempos)
Contar número de configuraciones	Se cuentan todas las configuraciones
Encontrar por ID	La configuración es devuelta
Encontrar por usuario actual	La configuración es devuelta
Eliminar por ID	La configuración es eliminada
Eliminar usuario con configuración de notificaciones asociada	Se elimina el usuario y la configuración
Predecir nota siendo un alumno (aprobado)	La predicción devuelve 0.5 o más
Predecir nota siendo un alumno (suspense)	La predicción devuelve menos de 0.5
Predecir nota con falta de datos (no hay esa asignatura en cursos pasados)	La predicción devuelve -1
Predecir nota con falta de datos (no hay actividades pasadas)	La predicción devuelve -1
Predecir nota con falta de datos (no hay alumnos pasados)	La predicción devuelve -1
Predecir nota con falta de datos (no hay notas pasadas)	La predicción devuelve -1
Predecir notas de varios alumnos siendo profesor	La predicción devuelve 0.5 o más
Crear notificaciones para usuario actual	Se crean y devuelven las notificaciones, sin duplicados
Eliminar notificación	Se elimina la notificación

Tabla 53. Especificación de pruebas unitarias

5.7.2 Pruebas de Integración

Las pruebas de integración consisten en evaluar el funcionamiento de varios componentes al combinarse para desempeñar una función específica. Su propósito es garantizar que el sistema en su conjunto opere correctamente y que su interacción con otros sistemas sea adecuada, asegurando el cumplimiento de todas las especificaciones funcionales y técnicas.

Descripción de la prueba	Caso de uso	Resultado esperado
Ver notificaciones en el menú	Ver notificaciones	El sistema muestra las notificaciones
Ver todas las notificaciones	Ver notificaciones	El sistema muestra las notificaciones
Eliminar notificación	Eliminar notificaciones	El sistema elimina las notificaciones
Editar notificaciones de asistencias	Editar notificaciones de asistencias	El sistema actualiza la configuración
Editar notificaciones de encuestas	Editar notificaciones de encuestas	El sistema actualiza la configuración
Crear asistencia con geolocalización como profesor (mapa)	Crear asistencia con geolocalización	El sistema crea la asistencia
Crear asistencia con geolocalización como administrador (texto)	Crear asistencia con geolocalización	El sistema crea la asistencia
Registrar asistencia mediante geolocalización (está en el área)	Registrar asistencia mediante geolocalización	El sistema registra la asistencia
Registrar asistencia mediante geolocalización (no está en el área)	Registrar asistencia mediante geolocalización	El sistema no registra la asistencia
Ver predicción de asignatura como alumno	Ver predicción de asignatura	El sistema muestra la predicción del alumno
Ver predicción de asignatura como profesor	Ver predicción de asignatura	El sistema muestra las predicciones de los alumnos
Recalcular predicción de asignatura	Recalcular predicción de asignatura	Las predicciones se recalculan y muestran
Ver estadísticas de predicciones	Ver estadísticas de predicciones	Las estadísticas de predicciones se muestran

Tabla 54. Especificación de pruebas de integración

5.7.3 Pruebas de Usabilidad

Estas pruebas evalúan el nivel de satisfacción del usuario con el producto final. Para ello, se analizarán distintos escenarios y se realizarán pruebas con usuarios reales, recopilando sus opiniones sobre la aplicación. Los resultados se registrarán a través de cuestionarios.

5.7.4 Pruebas de Accesibilidad

Las pruebas de accesibilidad verificarán que el sistema cumple con los estándares WCAG 2.1 y evaluarán su adaptabilidad en distintos dispositivos. Para ello, se utilizarán las extensiones Wave Evaluation Tool en Chrome y Web Developer en Firefox.

5.7.5 Pruebas de Rendimiento

Las pruebas de rendimiento medirán la velocidad de ejecución del sistema en diversas tareas. Para ello, se evaluarán las operaciones más frecuentes utilizando el software JMeter.

Capítulo 6. Diseño del Sistema

En este capítulo, se describe la arquitectura del sistema, base de datos, diseño de la interfaz y especificación de las pruebas.

6.1 Arquitectura del Sistema

En este apartado, se definirán los diagramas de paquetes y de despliegue del proyecto. Un diagrama de paquetes se utiliza para organizar y agrupar los elementos del modelo en "paquetes" o módulos, permitiendo visualizar la estructura del sistema y mostrando sus relaciones de dependencia. Un diagrama de despliegue muestra la arquitectura física del sistema, indicando nodos (servidores o dispositivos) y las conexiones entre ellos. A continuación, se muestran ambos diagramas:

6.1.1 Diagramas de Paquetes

En este apartado, se mostrará el diagrama de paquetes final de la aplicación:

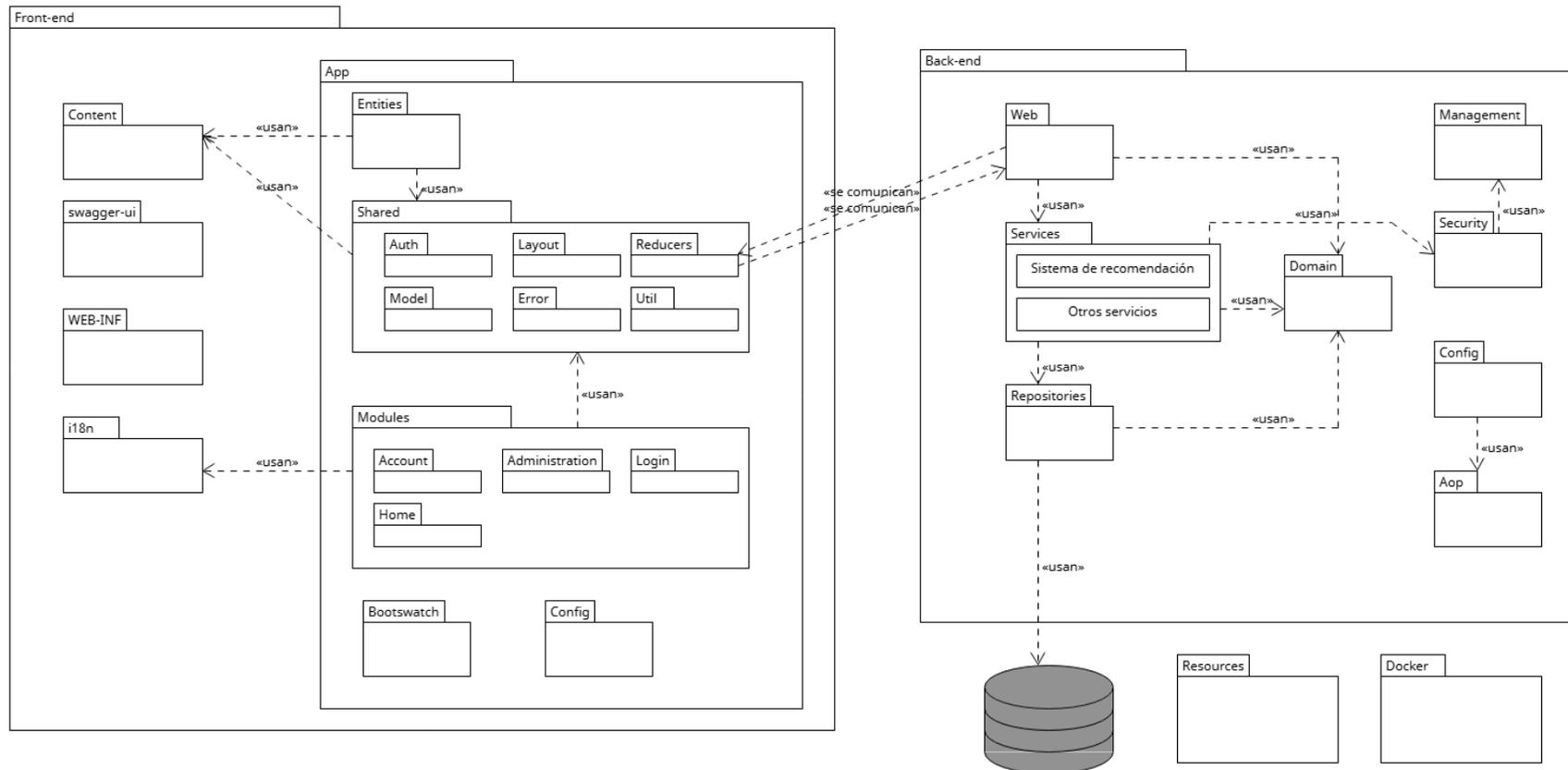


Ilustración 46. Diagrama de paquetes

6.1.2 Diagramas de Despliegue

Esta sección presentará el diagrama de despliegue de ActivityRecommender. La aplicación se desplegará en un servidor Linux, ejecutándose en contenedores Docker:

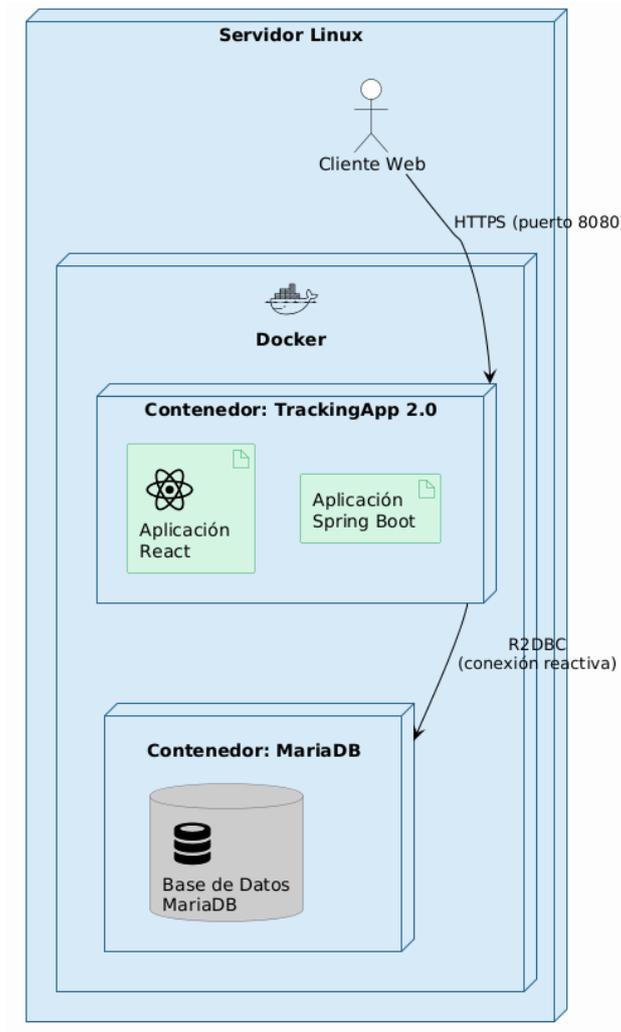


Ilustración 47. Diagrama de despliegue

6.2 Diseño de Clases

En esta sección se representarán los diagramas que muestren los paquetes y las clases que formarán parte de la implementación final del sistema.

6.2.1 Diagrama de Clases

En este apartado se mostrarán los diagramas de clases que componen la aplicación.

6.2.1.1 General

El esquema general de las clases es el siguiente:

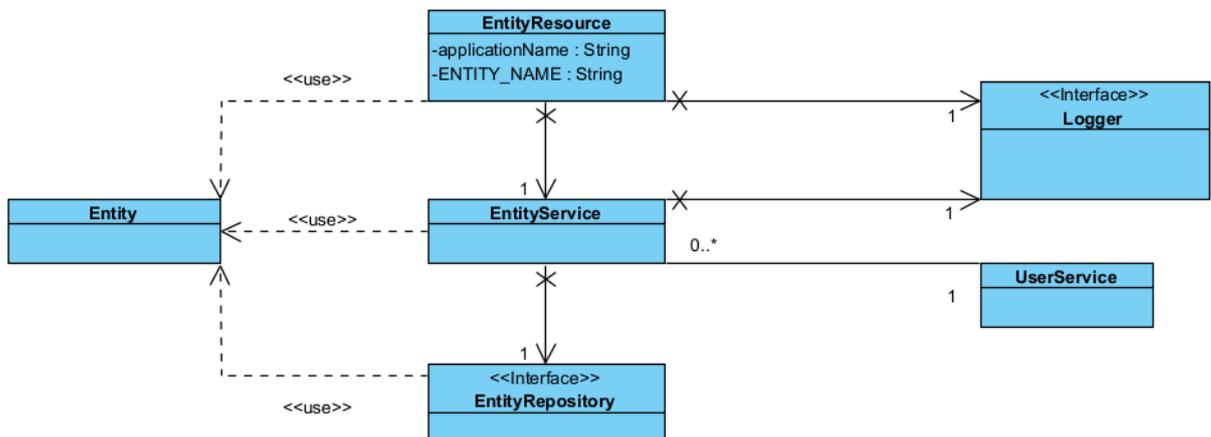


Ilustración 48. Diseño de clases. Diagrama de clases general

Siendo “Entity” como cualquier entidad presente en la aplicación, salvo la entidad “User”.

6.2.1.2 Repositorios

Los repositorios siguen la siguiente estructura:

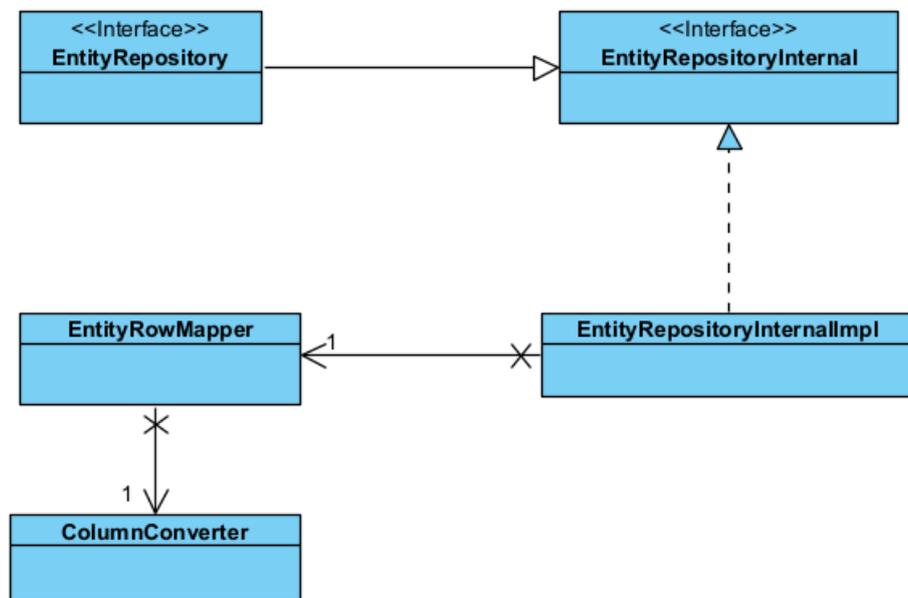


Ilustración 49. Diseño de clases. Diagrama de clases de repositorios

6.2.1.3 Servicios

El esquema general de los servicios es el siguiente. En este caso, se trata de un diagrama en el que se muestran las entidades concretas. Nótese que todos los servicios se comunican con el UserService, que no aparece en este diagrama para que sea más claro:

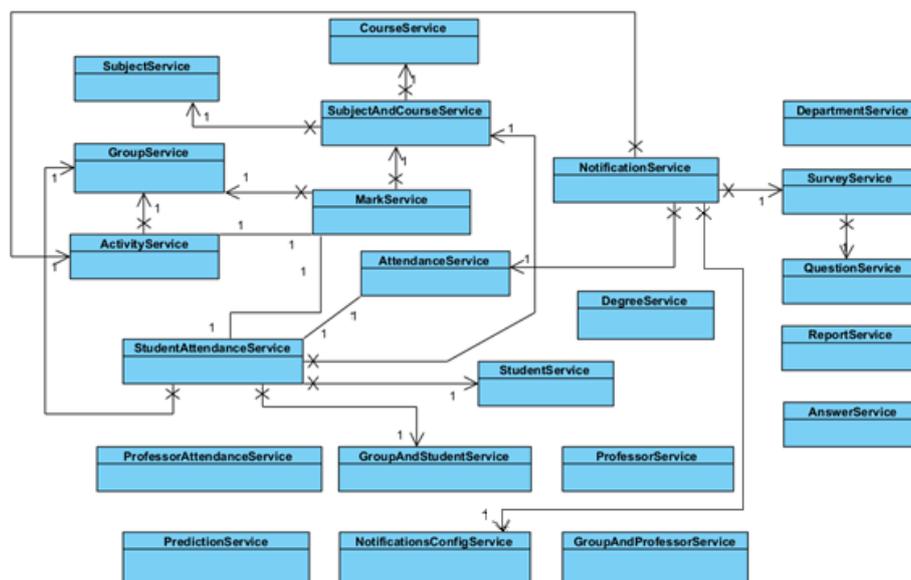


Ilustración 50. Diseño de clases. Diagrama de clases de servicios

El PredictionService se comunica, a su vez, con varios servicios mostrados en el diagrama anterior. Por claridad, se mostrarán estas relaciones en un nuevo diagrama:

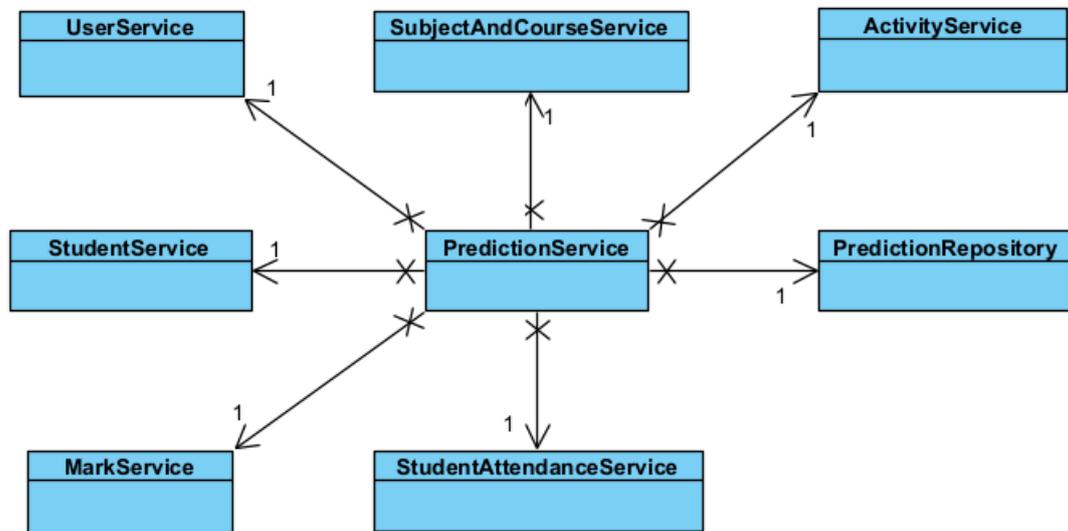


Ilustración 51. Diseño de clases. Diagrama de clases de PredictionService

6.3 Diagramas de Interacción

Esta sección se usará para evolucionar y detallar los diagramas de robustez que hemos desarrollado en el análisis usando diagramas de interacción. Se detallarán los casos de uso siguientes, por ser los más habituales:

- Editar notificaciones de asistencias, actividades o encuestas (por simplicidad, se usará un diagrama para los 3)
- Ver predicción de asignatura

6.3.1 Editar notificaciones de asistencias, actividades o encuestas

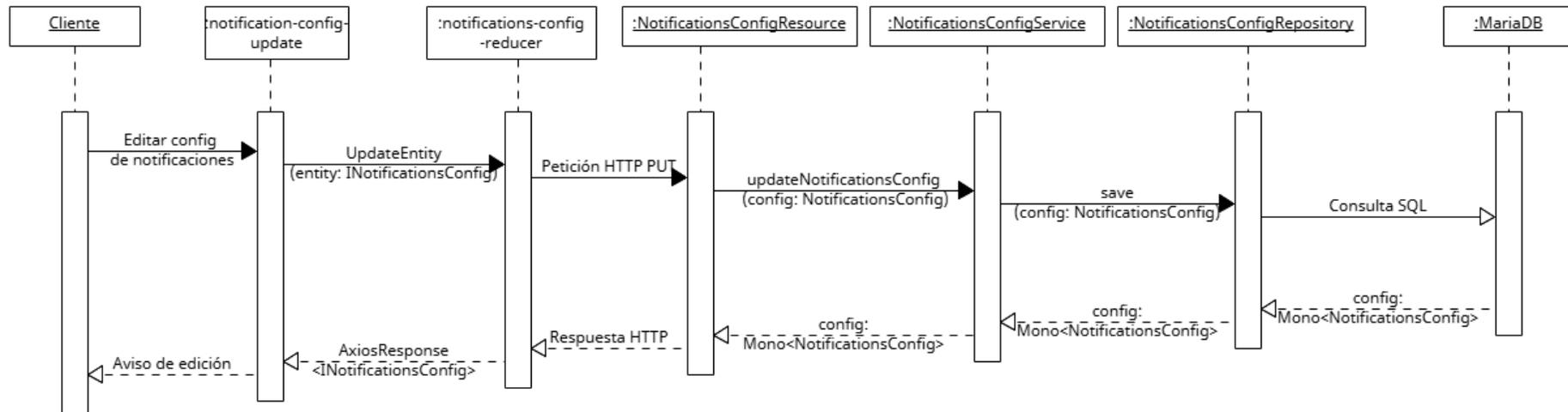


Ilustración 52. Diagrama de interacción. Editar notificaciones de asistencias, actividades o encuestas

6.3.2 Ver predicción de asignatura

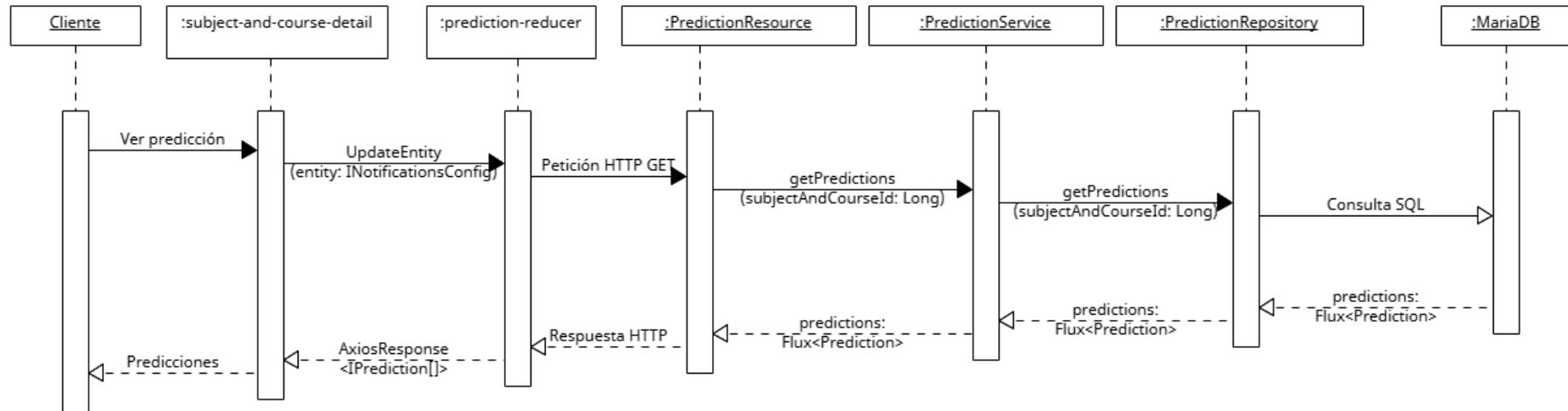


Ilustración 53. Diagrama de interacción. Ver predicción de asignatura

6.4 Diseño de la Base de Datos

En sección se describirá todo lo relativo al sistema de gestión de bases de datos.

6.4.1 Descripción del SGBD Usado

ActivityRecommender emplea MariaDB en su versión 10.8.3 como sistema de gestión de bases de datos.

6.4.2 Integración del SGBD en Nuestro Sistema

La integración del sistema de gestión de bases de datos con ActivityRecommender se lleva a cabo mediante:

- **R2DBC**: una especificación para el acceso no bloqueante a bases de datos relacionales, basada en flujos reactivos [20].
- **Liquibase**: una biblioteca de código abierto, independiente de la base de datos, que permite realizar un seguimiento, gestionar y aplicar cambios en el esquema de la base de datos [21]. Se emplea para definir el esquema de la base de datos en formato XML.
- **Spring Data**: una tecnología de Spring que facilita el acceso a bases de datos mediante el uso de repositorios [22].

6.4.3 Diagrama E-R

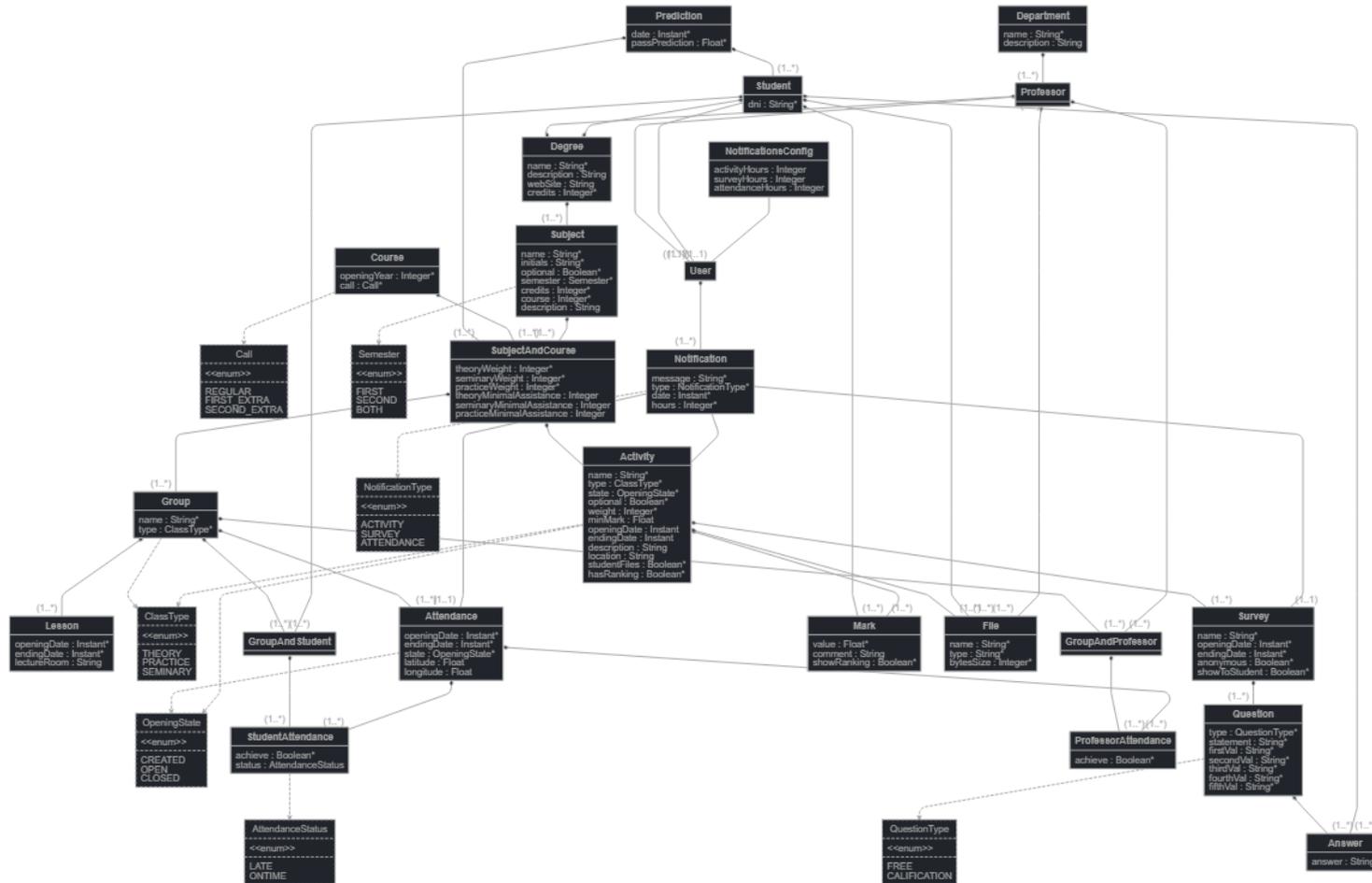


Ilustración 54. Diagrama ER

6.5 Diseño de la Interfaz

A continuación, se muestra la versión final de la interfaz de la aplicación.

6.5.1 Sistema de notificaciones

El menú superior tiene el siguiente aspecto:

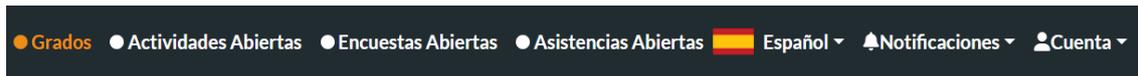


Ilustración 55. Diseño de la interfaz. Menú superior

El menú de notificaciones, al abrirlo, se ve de la siguiente forma:

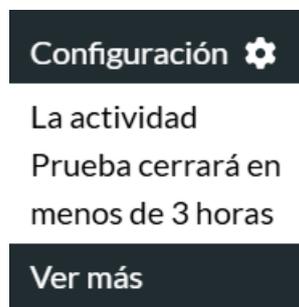


Ilustración 56. Diseño de la interfaz. Menú de notificaciones

La vista de todas las notificaciones se ve de la siguiente forma:



Ilustración 57. Diseño de la interfaz. Vista de notificaciones

La configuración de las notificaciones de un usuario tiene el siguiente aspecto:

Ajustes de notificaciones para uo000095

Activar notificaciones para actividades

Activar notificaciones para encuestas

Horas de antelación:

Activar notificaciones para asistencias

Horas de antelación:

[← Volver](#)

[Guardar](#)

Ilustración 58. Diseño de la interfaz. Ajuste de notificaciones

6.5.2 Registro de asistencia mediante geolocalización

El formulario de creación de una asistencia tiene el siguiente aspecto final:

Crear o editar Asistencia ×

Apertura

 📅

Cierre

 📅

Seleccionar en mapa

Latitud

Longitud

[Guardar](#)

Ilustración 59. Diseño de la interfaz. Formulario de creación de asistencia (1)

Crear o editar Asistencia



Apertura

22/04/2025 00:00



Cierre

22/04/2025 00:00



Escribir coordenadas

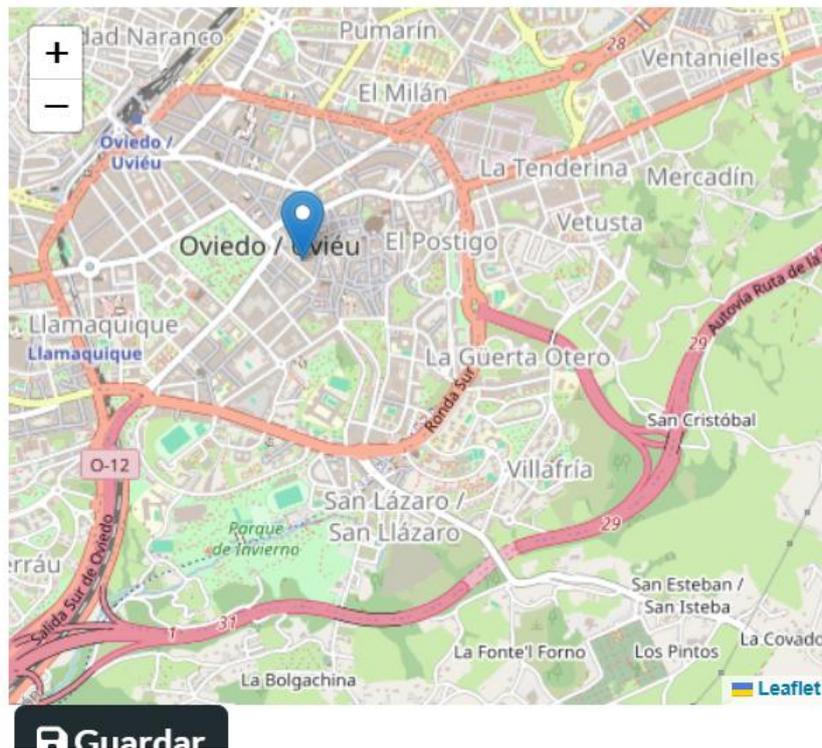


Ilustración 60. Diseño de la interfaz. Formulario de creación de asistencia (2)

6.5.3 Sistema de recomendación

La vista final de predicciones para un alumno tiene el siguiente aspecto:

Curso	Calificaciones	Actividades			
Probabilidad de aprobado: ▲ 10.0%					
Alumno	Teoría	Seminario	Prácticas	Asistencia	Nota Final
18097643W	1.62	3.90	3.60	✔	2.67

Ilustración 61. Diseño de la interfaz. Vista de predicciones para alumnos

Y para un profesor, el siguiente:

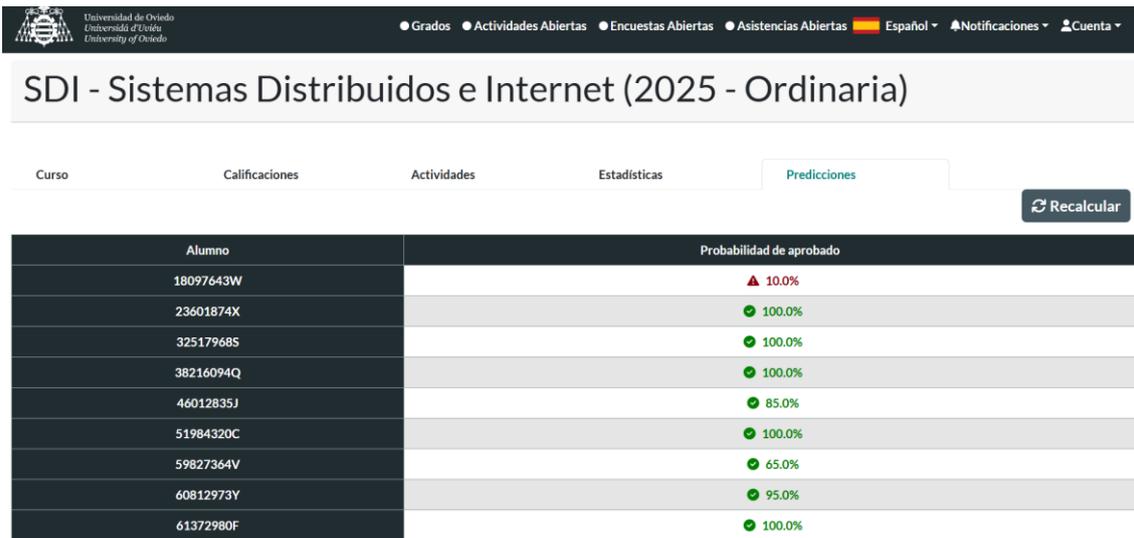


Ilustración 62. Diseño de la interfaz. Vista de predicción para profesores

La vista final de estadísticas tendrá el siguiente aspecto:



Ilustración 63. Diseño de la interfaz. Vista de estadísticas para profesores

6.5.4 Comportamiento de la interfaz

Cuando una predicción sea positiva, se verá de la siguiente forma:

✓ 90.0%

Ilustración 64. Diseño de la interfaz. Vista de predicción positiva

Cuando sea negativa:

 **10.0%**

Ilustración 65. Diseño de la interfaz. Vista de predicción negativa

Cuando no haya datos suficientes:

 **Predicción no disponible**

Ilustración 66. Diseño de la interfaz. Vista de predicción sin datos

Mientras las predicciones se están calculando, se verá lo siguiente:

 Las predicciones se están calculando...

Ilustración 67. Diseño de la interfaz. Vista de predicción calculándose

Cuando se intente registrar una asistencia y no se esté en el área, se verá:

 No estás en el área. No se puede  confirmar la asistencia

Ilustración 68. Diseño de la interfaz. Aviso de geolocalización

6.6 Especificación Técnica del Plan de Pruebas

En esta sección, se describirá cómo se aplicarán las pruebas diseñadas.

6.6.1 Pruebas Unitarias

Esta sección contendrá la descripción de la aplicación de las pruebas unitarias descritas anteriormente.

Prueba	Método	Descripción
Crear configuración de notificaciones	testSaveNotificationsConfig()	<ul style="list-style-type: none"> Se crea una configuración Se guarda la configuración

Editar configuración de notificaciones (desactivar todo)	testUpdateDeactivateNotificationsConfig()	<ul style="list-style-type: none"> • Se crea una configuración • Se actualiza la configuración
Editar configuración de notificaciones (tiempos)	testUpdateHoursNotificationsConfig()	<ul style="list-style-type: none"> • Se crea una configuración • Se actualiza la configuración
Editar parcialmente configuración de notificaciones (tiempos)	testParcialUpdateHoursNotificationsConfig()	<ul style="list-style-type: none"> • Se crea una configuración • Se actualiza parcialmente la configuración
Contar número de configuraciones	testCountAllNotificationsConfig()	<ul style="list-style-type: none"> • Se cuenta el número de configuraciones
Encontrar por ID	testFindNotificationsConfig()	<ul style="list-style-type: none"> • Se crea una configuración • Se encuentra la configuración
Encontrar por usuario actual	testFindNotificationsConfigByUser()	<ul style="list-style-type: none"> • Se crea una configuración • Se encuentra la configuración
Eliminar por ID	testDeleteNotifiactionsConfig()	<ul style="list-style-type: none"> • Se crea una configuración • Se borra la configuración
Eliminar usuario con configuración de notificaciones asociada	testDeleteNotificationsConfig()	<ul style="list-style-type: none"> • Se crea un usuario • Se borra el usuario
Predecir nota siendo un alumno (aprobado)	testPredictPass()	<ul style="list-style-type: none"> • Se configura para que sea un usuario alumno el que pide la predicción • Se configuran los usuarios pasados y sus notas para que los más similares al actual hayan aprobado • Se hace la predicción
Predecir nota siendo un alumno (suspense)	testPredictFail()	<ul style="list-style-type: none"> • Se configura para que sea un usuario

		<p>alumno el que pide la predicción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se configuran los usuarios pasados y sus notas para que los más similares al actual hayan suspendido • Se hace la predicción
Predecir nota con falta de datos (no hay esa asignatura en cursos pasados)	<code>testPredictNoPastSubjectAndCourses()</code>	<ul style="list-style-type: none"> • Se configura para que sea un usuario alumno el que pide la predicción • Se configura para que no haya la misma asignatura en cursos pasados • Se hace la predicción
Predecir nota con falta de datos (no hay actividades pasadas)	<code>testPredictNoPastActivities()</code>	<ul style="list-style-type: none"> • Se configura para que sea un usuario alumno el que pide la predicción • Se configura para que no haya actividades en cursos pasados • Se hace la predicción
Predecir nota con falta de datos (no hay alumnos pasados)	<code>testPredictNoPastStudents()</code>	<ul style="list-style-type: none"> • Se configura para que sea un usuario alumno el que pide la predicción • Se configura para que no haya alumnos en cursos pasados en la misma asignatura • Se hace la predicción
Predecir nota con falta de datos (no hay notas pasadas)	<code>testPredictNoPastMarks()</code>	<ul style="list-style-type: none"> • Se configura para que sea un usuario

		<p>alumno el que pide la predicción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se configura para que no haya notas de la misma asignatura en cursos pasados • Se hace la predicción
Predecir notas de varios alumnos siendo profesor	testPredictProfessor()	<ul style="list-style-type: none"> • Se configura para que sea un usuario profesor el que pide la predicción • Se configuran los usuarios pasados y sus notas para que los más similares al actual hayan aprobado • Se hace la predicción
Crear notificaciones para usuario actual	testCreateNotificationsForCurrentUser()	<ul style="list-style-type: none"> • Se configuran las notificaciones existentes • Se configuran las actividades, encuestas y asistencias por cerrar. Una de las actividades por cerrar ya aparece en una notificación existente • Se generan las notificaciones • Se comprueba que se ha generado el número correcto de notificaciones
Eliminar notificación	testDelete()	<ul style="list-style-type: none"> • Se elimina una notificación

Tabla 55. Especificación técnica de pruebas unitarias

6.6.2 Pruebas de Integración

En esta sección se detalla el plan técnico para las pruebas de integración. La mayoría de las pruebas se han llevado a cabo utilizando Selenium IDE, aunque algunas han requerido ser

ejecutadas manualmente. En particular, las pruebas que deben realizarse manualmente corresponden al caso de uso “Registrar asistencia mediante geolocalización”, pues Selenium IDE no es capaz de registrar correcta y programáticamente la localización actual del usuario. Los tests automatizados con Selenium IDE deben ejecutarse en un orden específico para asegurar su correcto funcionamiento. Además, tras cada ejecución completa del conjunto de pruebas, es necesario reiniciar la base de datos con los datos de prueba.

Descripción de la prueba	Caso de uso	Descripción
Ver notificaciones en el menú	Ver notificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como profesor • Se abre el menú de notificaciones • Se ven las notificaciones
Ver todas las notificaciones	Ver notificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como profesor • Se abre el menú de notificaciones • Se selecciona “ver más” • Se ven todas las notificaciones
Eliminar notificación	Eliminar notificaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como profesor • Se abre el menú de notificaciones • Se selecciona “ver más” • Se ven todas las notificaciones • Se borra una notificación
Editar notificaciones de actividades	Editar notificaciones de actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como profesor • Se abre el menú de notificaciones • Se selecciona “configuración” • Se edita la configuración para actividades
Editar notificaciones de asistencias	Editar notificaciones de asistencias	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como profesor • Se abre el menú de notificaciones • Se selecciona “configuración” • Se edita la configuración para asistencias
Editar notificaciones de encuestas	Editar notificaciones de encuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como profesor • Se abre el menú de notificaciones • Se selecciona “configuración” • Se edita la configuración para encuestas

Crear asistencia con geolocalización como profesor (mapa)	Crear asistencia con geolocalización	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como profesor • Se selecciona un grado • Se selecciona una asignatura y curso • Se selecciona un grupo • Se crea una asistencia con geolocalización con el mapa
Crear asistencia con geolocalización como administrador (texto)	Crear asistencia con geolocalización	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como administrador • Se va al panel de administración de asistencias • Se crea una asistencia con geolocalización con los campos de texto
Registrar asistencia mediante geolocalización (está en el área)	Registrar asistencia mediante geolocalización	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como profesor • Se selecciona un grado • Se selecciona una asignatura y curso • Se selecciona un grupo • Se crea una asistencia • Se registra la asistencia
Registrar asistencia mediante geolocalización (no está en el área)	Registrar asistencia mediante geolocalización	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como profesor • Se selecciona un grado • Se selecciona una asignatura y curso • Se selecciona un grupo • Se crea una asistencia • No se registra la asistencia pues no se está en el área
Ver predicción de asignatura como alumno	Ver predicción de asignatura	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como alumno • Se selecciona un grado • Se selecciona una asignatura y curso • Se va al apartado de calificaciones y predicción
Ver predicción de asignatura como profesor	Ver predicción de asignatura	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como profesor • Se selecciona un grado

		<ul style="list-style-type: none"> • Se selecciona una asignatura y curso • Se va al apartado de predicciones
Recalcular predicción de asignatura	Recalcular predicción de asignatura	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como profesor • Se selecciona un grado • Se selecciona una asignatura y curso • Se va al apartado de predicciones • Se selecciona “recalcular predicción”
Ver estadísticas de predicciones	Ver estadísticas de predicciones	<ul style="list-style-type: none"> • Se inicia sesión como profesor • Se selecciona un grado • Se selecciona una asignatura y curso • Se va al apartado de estadísticas • Se ven las estadísticas de predicciones

Tabla 56. Especificación técnica de pruebas de integración

6.6.3 Pruebas de Usabilidad

Este tipo de pruebas determinan la satisfacción del cliente con el producto final. Las pruebas de usabilidad tratan de evaluar la aplicación en su funcionamiento real.

6.6.3.1 Actividades de las Pruebas de Usabilidad

Se definirán una serie de cuestionarios que serán utilizados para las pruebas de usabilidad.

6.6.3.1.1 Preguntas de carácter general

Se muestra a continuación el cuestionario a utilizar:

¿Usa un ordenador frecuentemente?

1. Todos los días
2. Varias veces a la semana
3. Ocasionalmente
4. Nunca o casi nunca

<p>¿Qué tipo de actividades realiza con el ordenador?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Es parte de mi trabajo o profesión 2. Lo uso básicamente para ocio 3. Solo empleo aplicaciones estilo Office 4. Únicamente leo el correo y navego ocasionalmente
<p>¿Ha usado alguna vez software como el de esta prueba?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sí, he empleado software similar 2. No, aunque si empleo otros programas que me ayudan a realizar tareas similares 3. No, nunca
<p>¿Qué busca Vd. Principalmente en un programa?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Que sea fácil de usar 2. Que sea intuitivo 3. Que sea rápido 4. Que tenga todas las funciones necesarias

Tabla 57. Especificación técnica de pruebas de usabilidad. Preguntas de carácter general

6.6.3.1.2 Actividades guiadas

Las actividades guiadas son:

- Ver notificaciones en el menú
- Ver todas las notificaciones
- Eliminar notificación
- Editar los ajustes de notificaciones (activar/desactivar notificaciones y editar el tiempo)
- Crear asistencia con coordenadas
- Ver las predicciones (como alumno y profesor)
- Recalcular las predicciones
- Ver estadísticas de predicciones

6.6.3.1.3 Preguntas Cortas sobre la Aplicación y Observaciones

Preguntas Cortas de Usabilidad				
	Funciones de la Aplicación			
Facilidad de Uso	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
<i>¿Sabe dónde está dentro de la aplicación?</i>				
<i>¿Le resulta sencillo el uso de la aplicación?</i>				
Funcionalidad	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
<i>¿Funciona cada tarea como Vd. Espera?</i>				

<i>¿El tiempo de respuesta de la aplicación es muy grande?</i>				
<i>¿Es sencillo el menú de notificaciones?</i>				
<i>¿Es sencillo acceder a la vista de todas las notificaciones?</i>				
<i>¿Es sencillo eliminar una notificación?</i>				
<i>¿Es sencilla la configuración de las notificaciones?</i>				
<i>¿Es sencillo crear una asistencia con coordenadas?</i>				
<i>¿Son intuitivas y fáciles de comprender las predicciones?</i>				
<i>¿Es sencillo recalcular las predicciones?</i>				
<i>¿Son intuitivas y fáciles de comprender las estadísticas predicciones?</i>				
Calidad del Interfaz				
Aspectos gráficos	Muy Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Nada Adecuado
<i>El tipo y tamaño de letra es</i>				
<i>Los iconos e imágenes usados son</i>				
<i>Los colores empleados son</i>				
Diseño de la Interfaz		Si	No	A veces
<i>¿Le resulta fácil de usar?</i>				
<i>¿El diseño de las pantallas es claro y atractivo?</i>				
<i>¿Cree que el programa está bien estructurado?</i>				
Observaciones				
<i>Cualquier comentario del usuario</i>				

Tabla 58. Especificación técnica de pruebas de usabilidad. Preguntas cortas de usabilidad

6.6.3.1.4 Cuestionario para el Responsable de las Pruebas

Se debe desarrollar un cuestionario para que el responsable de las pruebas pueda anotar distintos aspectos que observe durante la realización de las pruebas.

Aspecto Observado	Notas
<i>El usuario comienza a trabajar de forma rápida por las tareas</i>	
<i>Tiempo en realizar cada tarea</i>	
<i>Errores leves cometidos</i>	

Errores graves cometidos
El usuario puede navegar correctamente
El usuario puede ver las notificaciones en el menú
El usuario puede ver todas las notificaciones
El usuario puede eliminar notificaciones
El usuario puede configurar correctamente los ajustes de notificaciones
El usuario puede ver las predicciones siendo alumno
El usuario puede ver las predicciones siendo profesor
El usuario puede recalcular las predicciones siendo profesor
El usuario puede ver las estadísticas de predicciones

Tabla 59. Especificación técnica de pruebas de usabilidad. Cuestionario para el responsable de las pruebas

6.6.4 Pruebas de Accesibilidad

Para las pruebas de accesibilidad, se completará una lista de verificación para asegurar que la aplicación cumpla con el nivel WCAG 2.1, utilizando la extensión WAVE Evaluation Tool de Chrome.

Además, la aplicación será probada en diversos navegadores, como Google Chrome, Mozilla Firefox y Microsoft Edge. Con el apoyo de la extensión Web Developer de Firefox, también se evaluará la adaptabilidad en distintas resoluciones de pantalla.

6.6.5 Pruebas de Rendimiento

Se llevará a cabo una serie de pruebas para medir el consumo de recursos del sistema al realizar ciertas operaciones. Solo se evaluarán aquellas operaciones consideradas más importantes y frecuentes. Para realizar estas pruebas, se utilizará el programa JMeter (<https://jmeter.apache.org/>).

Capítulo 7. Implementación del Sistema

En este capítulo, se describe cómo funciona el sistema de recomendación, así como estándares, normas, lenguajes y herramientas usadas en el desarrollo.

7.1 Sistema de recomendación

En este apartado, se explicará la implementación del sistema de recomendación para su uso en un entorno académico. Si bien no es un sistema de recomendación al uso (pues no se utiliza para recomendar productos), se ha utilizado la filosofía de estos para aplicarlo al problema existente.

7.1.1 Algoritmo utilizado

Se ha utilizado un sistema de recomendación híbrido, que utiliza el siguiente algoritmo principal:

1. En un punto del curso, se quieren obtener la predicción de un alumno. Obtenemos un vector que contenga sus datos hasta el momento: notas de las actividades y porcentaje de asistencias cumplidas hasta el momento.
2. Obtenemos los datos históricos de otros alumnos de la misma asignatura de años anteriores. Al estar utilizando datos de otros usuarios, en este caso estaríamos aplicando la filosofía de un sistema de recomendación colaborativo.

Es posible que, en casos de alumnos repetidores, se obtengan datos del propio alumno del que estamos tratando de obtener una predicción. En estos casos, al estar utilizando datos del propio usuario, es cuando podría considerarse un sistema de recomendación basado en contenido.

3. Usando las fechas de las actividades y asistencias podemos saber en qué punto temporal nos encontramos. Al ser la misma asignatura, podemos obtener un "estado parcial" de las notas de esos alumnos en las mismas fechas en los años anteriores. En este punto, tendríamos datos parciales de notas de esos alumnos y, además, su nota final.
4. Se calculan similitudes entre los vectores de los usuarios antiguos y del usuario actual. Una vez realizado lo anteriormente explicado, se utiliza el algoritmo KNN para obtener los K-vecinos más similares. Para este trabajo se ha utilizado $K=20$, aunque se debería ajustar según el volumen de datos históricos. Ya que tenemos los datos sobre si estos vecinos aprobaron o no la asignatura, podemos hacer la predicción.

Se optó por KNN por su simplicidad, interpretabilidad y buen rendimiento en contextos con datos estructurado, como el sistema académico desarrollado. A diferencia de técnicas como

clustering o *factorización de matrices*, KNN no requiere una fase de entrenamiento compleja ni supuestos sobre la estructura interna de los datos. Esto facilita su implementación y adaptación continua conforme se recopilan nuevos registros.

Aunque el *clustering* (como K-means) es útil para agrupar usuarios o ítems y reducir la redundancia, su uso está más orientado a segmentación y exploración de patrones que a la predicción directa de calificaciones. Además, requiere definir de antemano el número de clústeres y puede no adaptarse bien cuando las variables clave son notas o asistencias con una interpretación cuantitativa directa.

Por otro lado, la *factorización de matrices* (como SVD) es muy potente para detectar patrones latentes en grandes volúmenes de datos, especialmente en sistemas con muchos usuarios y elementos. Sin embargo, su complejidad y dependencia de grandes cantidades de datos dispersos la hacen menos adecuada para un entorno educativo donde el número de ítems y usuarios es limitado y los datos son más estructurados que implícitos.

Respecto al uso de *redes neuronales*, si bien estas pueden ofrecer alta precisión en tareas complejas, implican una carga computacional considerable, requieren grandes conjuntos de datos para el entrenamiento (de los que no se dispone para este sistema), y presentan una naturaleza de "caja negra" que dificulta la interpretación de los resultados.

En cuanto a la *minería de texto*, su uso está orientado principalmente al análisis de contenido no estructurado, como respuestas abiertas, foros o documentos. Aunque es valiosa en otros ámbitos del aprendizaje (como el análisis de sentimientos o la extracción de conceptos), no resulta adecuada para la predicción de calificaciones basadas en variables cuantitativas estructuradas como notas numéricas y porcentajes de asistencia.

KNN, en cambio, permite predecir la nota de un estudiante basándose en el historial de otros con características similares (asistencias y calificaciones previas) de manera directa, transparente y eficaz, lo que lo convierte en una elección idónea para el sistema a desarrollar.

7.1.1.1 Elección del algoritmo de cálculo de similitud

En este trabajo se opta por utilizar la similitud basada en la distancia euclídea normalizada, en lugar de Pearson o coseno, por las siguientes razones:

- Importancia de la magnitud absoluta de las notas: la diferencia entre obtener un 9 o un 4 en una asignatura es crítica en un sistema de predicción académica. Métricas como Pearson o coseno podrían considerar como "similares" a dos estudiantes que siguen un patrón similar, aunque uno esté aprobando y otro suspendiendo.
- Interpretabilidad: la similitud euclídea normalizada proporciona valores fácilmente interpretables entre 0 y 1, lo que facilita su uso en visualizaciones, umbrales de decisión y explicaciones al usuario.
- Simplicidad y eficiencia computacional: esta métrica no requiere centrar o normalizar los datos previamente (como sí ocurre con Pearson), ni el uso de operaciones vectoriales

complejas (como en el coseno), lo cual permite su uso eficiente en aplicaciones en tiempo real o con grandes volúmenes de datos.

- Alineación con el objetivo del sistema: el propósito del sistema es predecir el riesgo de suspenso y realizar recomendaciones personalizadas. Para ello, no basta con identificar tendencias similares, sino que es necesario comparar el rendimiento real. La métrica euclídea capta adecuadamente estas diferencias.
- Penalización por diferencias en la cantidad de datos comparados: adicionalmente, se introduce un factor de penalización cuando los vectores de notas de los estudiantes difieren en tamaño. Esta penalización, que disminuye la similitud en función del cuadrado de la diferencia de longitudes, evita considerar como altamente similares a estudiantes que han realizado un número muy distinto de actividades evaluables, lo que mejora la fiabilidad del sistema al reducir comparaciones poco representativas.
- Consideración de la asistencia como dimensión adicional: además del rendimiento académico, se incorpora la asistencia como criterio complementario en el cálculo de similitud. Esta dimensión se pondera con un 20 % frente al 80 % que representa la similitud basada en las notas. De esta forma, se valora también el compromiso del estudiante con la asignatura, mejorando la personalización de las recomendaciones generadas por el sistema.

7.1.2 Posible problema: cold-start

Uno de los problemas más habituales en los sistemas de recomendación es el conocido como *cold-start* o *arranque en frío*. Este se produce cuando el sistema no puede generar recomendaciones fiables debido a la falta de datos históricos sobre el usuario, los ítems o ambos.

Se pueden distinguir tres variantes principales de este problema:

- Cold-start de usuario: sucede cuando un nuevo usuario (en este caso, un estudiante) entra en el sistema y aún no dispone de suficientes datos (por ejemplo, calificaciones) que permitan comparar su evolución con la de otros usuarios previos.
- Cold-start de ítem: ocurre cuando se introduce un nuevo ítem, como una asignatura, para el cual no existen registros anteriores de rendimiento académico.
- Cold-start global: afecta al sistema en sus etapas iniciales, cuando la base de datos general es insuficiente para extraer patrones significativos.

El sistema propuesto en este trabajo utiliza un modelo basado en la comparación entre trayectorias académicas de estudiantes para predecir la probabilidad de aprobar o suspender. Para ello, se calcula la similitud entre vectores de calificaciones de estudiantes actuales y anteriores.

Si un estudiante tiene pocas calificaciones registradas o acaba de incorporarse, no se pueden establecer comparaciones significativas con otros perfiles, lo que impide calcular similitudes fiables. Esto puede derivar en:

- Ausencia de predicciones o recomendaciones personalizadas.
- Evaluaciones erróneas del riesgo de suspenso (falsos positivos o falsos negativos).
- Disminución de la precisión global del sistema.

En el caso del *cold-start* de ítem, la presencia de nuevas asignaturas sin datos anteriores puede impedir que se generen predicciones fiables.

En el caso de este proyecto, el sistema ha sido diseñado para no mostrar ninguna predicción cuando no se disponga de suficientes datos. Esto se aplica tanto a casos en los que el estudiante aún no tiene calificaciones registradas, como a situaciones donde no existen datos históricos de otros estudiantes con los que establecer comparaciones. De este modo, se evita inducir a errores de interpretación y se mantiene la transparencia en la fiabilidad del sistema.

7.2 Estándares y Normas Seguidos

Se ha seguido la “Instrucción 1/2019 de la secretaría general sobre la publicación de datos personales en los procedimientos administrativos” de la Universidad de Oviedo.

Se ha seguido lo aprendido en las siguientes asignaturas del grado para la realización de ActivityRecommender:

- Introducción a la Programación, Metodología de la Programación, Tecnologías y Paradigmas de la Programación y Diseño del Software para el código en general.
- Estructuras de Datos, Bases de Datos y Repositorios de Información para el tratamiento de la base de datos.
- Software y Estándares para la Web y Comunicación Persona Máquina para mejorar la accesibilidad del sistema.
- Arquitectura del Software para el front-end (React) y despliegue de la aplicación.
- Sistemas Distribuidos e Internet para el back-end (SpringBoot).
- Seguridad de Sistemas Informáticos para la seguridad del sistema.
- Ingeniería de Requisitos para la correcta elaboración de los requisitos del sistema.
- Calidad, Validación y Verificación del Software para la correcta elaboración de los casos de prueba.
- Dirección y Planificación de Proyectos Informáticos para la correcta elaboración de la planificación, WBS y presupuesto del proyecto.
- Aspectos Sociales, Legales, Éticos y Profesionales de la Informática para el correcto cumplimiento de la RGPD.

Y se ha seguido lo siguiente de las asignaturas de máster:

- Ciencia de datos en Sistemas Web, para la elección a la hora de elegir el sistema de recomendación.
- Experiencia de Usuario, para las pruebas de usabilidad.
- Diseño y programación de Interfaces de Usuario, para el correcto diseño de la interfaz.
- Gestión y Administración de bases de datos, para el tratamiento de la base de datos.
- Administración Segura de Servidores Web, para la seguridad del sistema.

7.3 Lenguajes de Programación

Los lenguajes de programación empleados en este proyecto han sido TypeScript y Java. La elección de estos lenguajes se debe a los siguientes motivos:

- **Familiaridad:** la alumna ya posee experiencia y dominio en ambos lenguajes.
- **Compatibilidad con los frameworks:** dado que el proyecto utiliza React y Spring Boot, las opciones disponibles eran JavaScript o TypeScript para el frontend y Java para el backend. Se optó por TypeScript debido a su tipado y a la familiaridad con el lenguaje.

7.4 Herramientas y Programas Usados para el Desarrollo

En este apartado, se describirán las herramientas y programas utilizadas durante el desarrollo:

- Visual Studio Code 1.88.1: <https://code.visualstudio.com/download>
- Microsoft Office 365: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/get-office-and-microsoft-365-oem-download-page>
- Microsoft Excel 365: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/get-office-and-microsoft-365-oem-download-page>
- Microsoft Teams 365: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/get-office-and-microsoft-365-oem-download-page>
- Node 21.7.1: <https://nodejs.org/en/download>
- NPM 10.5.0: <https://nodejs.org/en/download>
- Java 17.0.1: <https://www.oracle.com/java/technologies/javase/jdk17-archive-downloads.html>
- Docker 20.10.23: <https://docs.docker.com/desktop/install/windows-install/>
- Docker Desktop 4.17.1: <https://docs.docker.com/desktop/install/windows-install/>
- Git 2.39.1: <https://git-scm.com/download/win>
- GitHub: <https://github.com/>
- JHipster 8.2.1: <https://www.jhipster.tech/installation/>
- MariaDB 10.8.3: <https://mariadb.com/kb/en/getting-installing-and-upgrading-mariadb/>
- SpringBoot 2.7.3: <https://spring.io/projects/spring-boot>

- HeidiSQL 12.6.0.6765: <https://www.heidisql.com/download.php>
- Mendeley Reference Manager 2.112.0: <https://www.mendeley.com/download-reference-manager/windows>
- React 18.2.0: <https://es.react.dev/>
- Redux 4.2.0: <https://redux.js.org/introduction/installation>
- Bootstrap 5.2.0: <https://getbootstrap.com/>
- Bootswatch 5.2.0: <https://bootswatch.com/>
- Liquibase 2.1.1: <https://www.liquibase.com/download>
- Mockito 5.3.1: <https://site.mockito.org/>
- Selenium IDE 3.17.2: <https://chromewebstore.google.com/detail/selenium-ide/mooikfkahbdckldjindioackbalphokd?pli=1>
- Wave Evaluation Tool 3.2.5.3: <https://chromewebstore.google.com/detail/wave-evaluation-tool/jbbplnpkjmmeebjpifedlgcdilocofh>
- Web Developer 2.0.5: <https://addons.mozilla.org/es/firefox/addon/web-developer/>
- JMeter 5.6.3: https://jmeter.apache.org/download_jmeter.cgi
- Postman 11.41.4: <https://www.postman.com/downloads/>
- IntelliJ IDEA 2024.3 (Ultimate Edition): <https://www.jetbrains.com/idea/download/?section=windows>

Capítulo 8. Desarrollo de las Pruebas

En este capítulo, se muestran los resultados del plan de pruebas definido anteriormente.

8.1 Pruebas Unitarias

En este apartado se describirá el resultado de las pruebas unitarias diseñadas y descritas anteriormente, así como los resultados obtenidos.

Prueba	Resultado esperado	Resultado obtenido
Crear configuración de notificaciones	La configuración es creada	El mismo que el esperado
Editar configuración de notificaciones (desactivar todo)	La configuración es editada	El mismo que el esperado
Editar configuración de notificaciones (tiempos)	La configuración es editada	El mismo que el esperado
Editar parcialmente configuración de notificaciones (tiempos)	La configuración es editada	El mismo que el esperado
Contar número de configuraciones	Se obtiene el número de configuraciones	El mismo que el esperado
Encontrar por ID	Se obtiene la configuración	El mismo que el esperado
Encontrar por usuario actual	Se obtiene la configuración	El mismo que el esperado
Eliminar por ID	Se elimina la configuración	El mismo que el esperado
Eliminar usuario con configuración de notificaciones asociada	Se elimina el usuario y configuración	El mismo que el esperado
Predecir nota siendo un alumno (aprobado)	La predicción devuelve 0.5 o más	El mismo que el esperado
Predecir nota siendo un alumno (suspense)	La predicción es menor de 0.5	El mismo que el esperado
Predecir nota con falta de datos (no hay esa asignatura en cursos pasados)	La predicción es -1	El mismo que el esperado
Predecir nota con falta de datos (no hay actividades pasadas)	La predicción es -1	El mismo que el esperado
Predecir nota con falta de datos (no hay alumnos pasados)	La predicción es -1	El mismo que el esperado
Predecir nota con falta de datos (no hay notas pasadas)	La predicción es -1	El mismo que el esperado
Predecir notas de varios alumnos siendo profesor	La predicción devuelve 0.5 o más	El mismo que el esperado

Crear notificaciones para usuario actual	Se crean y devuelven las notificaciones, sin duplicados	El mismo que el esperado
Eliminar notificación	Se elimina la notificación	El mismo que el esperado

Tabla 60. . Ejecución de pruebas unitarias

En la siguiente imagen, se puede ver la ejecución de las pruebas unitarias en Visual Studio Code:

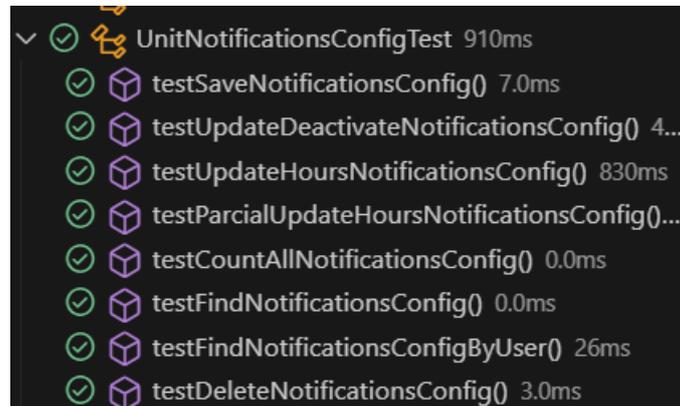


Ilustración 69. Ejecución de pruebas unitarias. NotificacionConfigTests

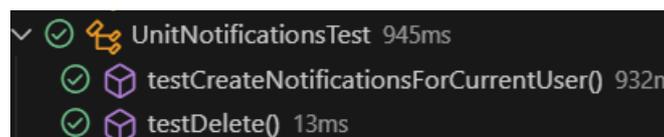


Ilustración 70. Ejecución de pruebas unitarias. NotificacionsTests

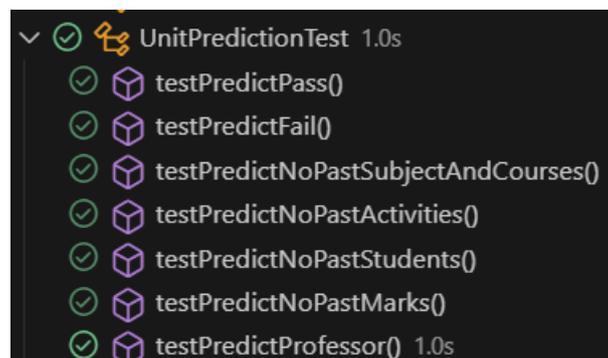


Ilustración 71. Ejecución de pruebas unitarias. PredictionTests

Las pruebas ya presentes en las versiones anteriores de la aplicación siguen funcionando:

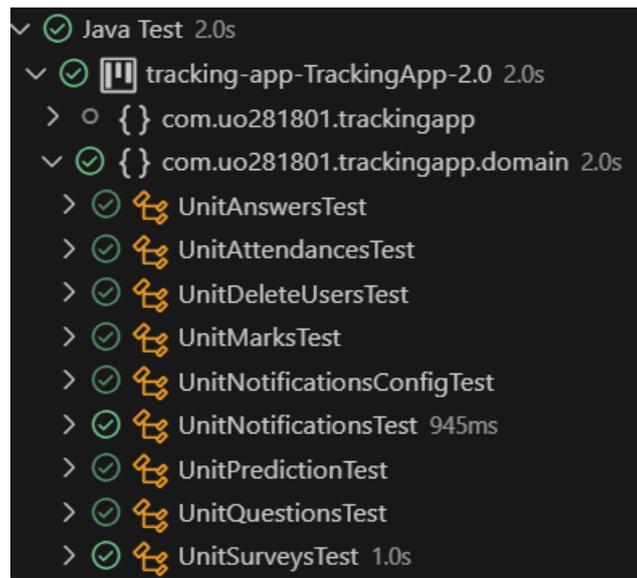


Ilustración 72. Ejecución de pruebas unitarias

8.2 Pruebas de Integración

En esta sección, se anotan los resultados de la ejecución de las pruebas funcionales ya diseñadas anteriormente:

Descripción de la prueba	Caso de uso	Resultado esperado	Resultado obtenido
Ver notificaciones en el menú	Ver notificaciones	El sistema muestra las notificaciones	El mismo que el esperado
Ver todas las notificaciones	Ver notificaciones	El sistema muestra las notificaciones	El mismo que el esperado
Eliminar notificación	Eliminar notificaciones	El sistema elimina las notificaciones	El mismo que el esperado
Editar notificaciones de actividades	Editar notificaciones de actividades	El sistema actualiza la configuración	El mismo que el esperado
Editar notificaciones de asistencias	Editar notificaciones de asistencias	El sistema actualiza la configuración	El mismo que el esperado
Editar notificaciones de encuestas	Editar notificaciones de encuestas	El sistema actualiza la configuración	El mismo que el esperado
Crear asistencia con geolocalización como profesor (mapa)	Crear asistencia con geolocalización	El sistema crea la asistencia	El mismo que el esperado
Crear asistencia con geolocalización como administrador (texto)	Crear asistencia con geolocalización	El sistema crea la asistencia	El mismo que el esperado
Registrar asistencia mediante geolocalización (está en el área)	Registrar asistencia mediante geolocalización	El sistema registra la asistencia	El mismo que el esperado

Registrar asistencia mediante geolocalización (no está en el área)	Registrar asistencia mediante geolocalización	El sistema no registra la asistencia	El mismo que el esperado
Ver predicción de asignatura como alumno	Ver predicción de asignatura	El sistema muestra la predicción del alumno	El mismo que el esperado
Ver predicción de asignatura como profesor	Ver predicción de asignatura	El sistema muestra las predicciones de los alumnos	El mismo que el esperado
Recalcular predicción de asignatura	Recalcular predicción de asignatura	Las predicciones se recalculan y muestran	El mismo que el esperado
Ver estadísticas de predicciones	Ver estadísticas de predicciones	Las estadísticas de predicciones se muestran	El mismo que el esperado

Tabla 61. Ejecución de pruebas de integración

En la siguiente imagen, se puede ver la ejecución de las pruebas de integración en Selenium IDE. Se puede apreciar que las pruebas ya presentes en el sistema siguen funcionando (si bien alguna ha tenido que ser ajustada ligeramente por los cambios en la base de datos e interfaz):

- ✓ 01-Iniciar sesión con cuenta de administrador
- ✓ 02-Iniciar sesión con cuenta de profesor
- ✓ 03-Iniciar sesión con cuenta de estudiante
- ✓ 04-Iniciar sesión con usuario inexistente
- ✓ 05-Iniciar sesión con una contraseña incorrecta
- ✓ 06-Obtener grados con cuenta de administrador
- ✓ 07-Obtener grados con una cuenta con acceso a vario
- ✓ 08-Obtener grados con una cuenta con acceso a solo
- ✓ 09-Obtener grados con una cuenta sin acceso a ningun
- ✓ 10-Obtener asignaturas con cuenta de administrador
- ✓ 11-Obtener asignaturas con una cuenta con acceso a
- ✓ 12-Obtener asignaturas con una cuenta sin acceso a r
- ✓ 13-Obtener grupos con cuenta de administrador
- ✓ 14-Obtener grupos con una cuenta con acceso a vario
- ✓ 15-Obtener actividades de un grupo con cuenta de adr
- ✓ 16-Obtener actividades de una convocatoria con cuent
- ✓ 17-Obtener actividades de una convocatoria con cuent
- ✓ 18-Obtener actividades de un grupo que no tiene activ

Ilustración 73. Ejecución de pruebas de integración en Selenium IDE (1)

- ✓ 19-Obtener calificaciones de un grupo con cuenta d
- ✓ 20-Obtener calificaciones de un grupo con cuenta d
- ✓ 21-Obtener calificaciones de una convocatoria con c
- ✓ 22-Obtener calificaciones de una convocatoria con c
- ✓ 23-Crear actividad desde una convocatoria
- ✓ 24-Crear actividad desde un grupo
- ✓ 25-Crear actividad con datos erróneos
- ✓ 26-Editar actividad
- ✓ 27-Editar actividad con datos erróneos
- ✓ 28-Crear calificación
- ✓ 29-Crear calificación con datos erróneos
- ✓ 30-Editar calificación
- ✓ 31-Editar calificación con datos erróneos
- ✓ 32-Borrar calificación
- ✓ 33-Borrar actividad
- ✓ 34-Crear asistencia
- ✓ 35-Confirmar asistencia de un estudiante
- ✓ 36-Editar asistencia de un estudiante

Ilustración 74. Ejecución de pruebas de integración en Selenium IDE (2)

- ✓ 37-Borrar asistencia de un estudiante
- ✓ 38-Confirmar asistencia con una cuenta de estudiante
- ✓ 39-Ver encuestas con cuenta de profesor
- ✓ 40-Ver encuestas con cuenta de estudiante
- ✓ 41-Crear encuesta desde cero
- ✓ 42-Crear encuesta predeterminada
- ✓ 43-Crear encuesta con datos erróneos
- ✓ 44-Mostrar encuesta a estudiantes
- ✓ 45-Editar encuesta
- ✓ 46-Editar encuesta con datos erróneos
- ✓ 47-Borrar encuesta
- ✓ 48-Crear pregunta de respuesta libre
- ✓ 49-Crear pregunta con datos erróneos
- ✓ 50-Crear pregunta de calificación
- ✓ 51-Borrar pregunta

Ilustración 75. Ejecución de pruebas de integración en Selenium IDE (3)

- ✓ 52-Contestar encuesta abierta
- ✓ 53-Contestar encuesta cerrada
- ✓ 54-Ver respuestas como profesor
- ✓ 55-Ver respuestas como alumno
- ✓ 56-Ver estadísticas de asignatura
- ✓ 57-Ver estadísticas de grupo
- ✓ 58-Ver estadísticas de actividad
- ✓ 59-Activar ranking de notas
- ✓ 60-Dejar de participar en ranking de notas
- ✓ 61-Participar en ranking de notas
- ✓ 62-Ver lista de notas
- ✓ 63-Ver gráficas de notas
- ✓ 64-Crear curso a partir de otro
- ✓ 65-Crear curso a partir de otro con datos erróneos
- ✓ 66-Confirmar asistencia con una cuenta de profesor

Ilustración 76. Ejecución de pruebas de integración en Selenium IDE (4)

En la siguiente imagen, se puede ver la ejecución de las pruebas de integración que han podido ser automatizadas en ActivityRecommender:

- ✓ 67-Ver notificaciones en el menú
- ✓ 68-Ver todas las notificaciones
- ✓ 69-Eliminar notificación
- ✓ 70-Editar notificaciones de actividades
- ✓ 71-Editar notificaciones de asistencias
- ✓ 72-Editar notificaciones de encuestas
- ✓ 73-Crear asistencia con geolocalización como profesor
- ✓ 74-Crear asistencia con geolocalización como administ
- ✓ 75-Ver predicción de asignatura como alumno
- ✓ 76-Ver predicción de asignatura como profesor
- ✓ 77-Recalcular predicción de asignatura
- ✓ 78-Ver estadísticas de predicciones

Ilustración 77. Ejecución de pruebas de integración en Selenium IDE (5)

8.3 Pruebas de Usabilidad

A partir de los cuestionarios diseñados anteriormente se muestran a continuación los resultados de las pruebas de usabilidad.

Para realizar estas pruebas se ha utilizado una población de 5 personas, entre las que hay:

- 2 hombres y 3 mujeres.
- Edades comprendidas entre los 22 y 68 años.
- Personas con estudios básicos de primaria, formación profesional superior y grado universitario.

8.3.1 Usuario 1

El usuario 1 es un hombre de 22 años con estudios de ingeniería.

Preguntas de carácter general

¿Usa un ordenador frecuentemente?	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los días
¿Qué tipo de actividades realiza con el ordenador?	<ul style="list-style-type: none"> • Es parte de mi trabajo o profesión
¿Ha usado alguna vez software como el de esta prueba?	<ul style="list-style-type: none"> • No, nunca
¿Qué busca Vd. Principalmente en un programa?	<ul style="list-style-type: none"> • Que tenga todas las funciones necesarias

Tabla 62. Usuario 1. Preguntas de carácter general

Preguntas Cortas sobre la Aplicación y Observaciones

Preguntas Cortas de Usabilidad				
Facilidad de Uso	Funciones de la Aplicación			
	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
<i>¿Sabe dónde está dentro de la aplicación?</i>	X			
<i>¿Le resulta sencillo el uso de la aplicación?</i>	X			
Funcionalidad	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
<i>¿Funciona cada tarea como Vd. Espera?</i>	X			

¿El tiempo de respuesta de la aplicación es muy grande?		X		
¿Es sencilla el menú de notificaciones?	X			
¿Es sencillo acceder a la vista de todas las notificaciones?	X			
¿Es sencillo eliminar una notificación?	X			
¿Es sencilla la configuración de las notificaciones?	X			
¿Es sencillo crear una asistencia con coordenadas?	X			
¿Son intuitivas y fáciles de comprender las predicciones?	X			
¿Es sencillo recalcular las predicciones?	X			
¿Son intuitivas y fáciles de comprender las estadísticas predicciones?	X			
Calidad del Interfaz				
Aspectos gráficos	Muy Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Nada Adecuado
El tipo y tamaño de letra es	X			
Los iconos e imágenes usados son		X		
Los colores empleados son	X			
Diseño de la Interfaz		Si	No	A veces
¿Le resulta fácil de usar?		X		
¿El diseño de las pantallas es claro y atractivo?		X		
¿Cree que el programa está bien estructurado?		X		
Observaciones				
Cualquier comentario del usuario				

Tabla 63. Usuario 1. Preguntas cortas de usabilidad

Cuestionarios para el responsable de las pruebas

Aspecto Observado	Notas
El usuario comienza a trabajar de forma rápida por las tareas	Sí
Tiempo en realizar cada tarea	Corto. Menos de 1 minuto en cada tarea
Errores leves cometidos	No
Errores graves cometidos	No
El usuario puede navegar correctamente	Sí

<i>El usuario puede ver las notificaciones en el menú</i>	Sí
<i>El usuario puede ver todas las notificaciones</i>	Sí
<i>El usuario puede eliminar notificaciones</i>	Sí
<i>El usuario puede configurar correctamente los ajustes de notificaciones</i>	Sí
<i>El usuario puede ver las predicciones siendo alumno</i>	Sí
<i>El usuario puede ver las predicciones siendo profesor</i>	Sí
<i>El usuario puede recalcular las predicciones</i>	Sí
<i>El usuario puede ver las estadísticas de predicciones</i>	Sí

Tabla 64. Usuario 1. Cuestionario para el responsable de las pruebas

8.3.2 Usuario 2

El usuario 2 es un hombre de 63 años con estudios universitarios superiores en medicina.

Preguntas de carácter general

¿Usa un ordenador frecuentemente?
<ul style="list-style-type: none"> Varias veces a la semana
¿Qué tipo de actividades realiza con el ordenador?
<ul style="list-style-type: none"> Solo empleo aplicaciones estilo Office
¿Ha usado alguna vez software como el de esta prueba?
<ul style="list-style-type: none"> No, nunca
¿Qué busca Vd. Principalmente en un programa?
<ul style="list-style-type: none"> Que sea intuitivo

Tabla 65. Usuario 2. Preguntas de carácter general

Preguntas Cortas sobre la Aplicación y Observaciones

Preguntas Cortas de Usabilidad				
Funciones de la Aplicación				
Facilidad de Uso	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
<i>¿Sabe dónde está dentro de la aplicación?</i>		X		
<i>¿Le resulta sencillo el uso de la aplicación?</i>		X		

Funcionalidad	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
¿Funciona cada tarea como Vd. Espera?	X			
¿El tiempo de respuesta de la aplicación es muy grande?			X	
¿Es sencilla el menú de notificaciones?		X		
¿Es sencillo acceder a la vista de todas las notificaciones?	X			
¿Es sencillo eliminar una notificación?	X			
¿Es sencilla la configuración de las notificaciones?		X		
¿Es sencillo crear una asistencia con coordenadas?	X			
¿Son intuitivas y fáciles de comprender las predicciones?	X			
¿Es sencillo recalcular las predicciones?	X			
¿Son intuitivas y fáciles de comprender las estadísticas predicciones?	X			
Calidad del Interfaz				
Aspectos gráficos	Muy Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Nada Adecuado
El tipo y tamaño de letra es		X		
Los iconos e imágenes usados son		X		
Los colores empleados son	X			
Diseño de la Interfaz		Si	No	A veces
¿Le resulta fácil de usar?				X
¿El diseño de las pantallas es claro y atractivo?		X		
¿Cree que el programa está bien estructurado?		X		
Observaciones				
Cualquier comentario del usuario				

Tabla 66. Usuario 2. Preguntas cortas de usabilidad

Cuestionarios para el responsable de las pruebas

Aspecto Observado	Notas
El usuario comienza a trabajar de forma rápida por las tareas	Sí, a veces se para a pensar
Tiempo en realizar cada tarea	Relativamente corto. Menos de 2 minutos en cada tarea

Errores leves cometidos	No
Errores graves cometidos	No
El usuario puede navegar correctamente	Sí
El usuario puede ver las notificaciones en el menú	Sí
El usuario puede ver todas las notificaciones	Sí
El usuario puede eliminar notificaciones	Sí
El usuario puede configurar correctamente los ajustes de notificaciones	Sí, se paró a pensar un poco
El usuario puede ver las predicciones siendo alumno	Sí, tardó algo en encontrarlo
El usuario puede ver las predicciones siendo profesor	Sí
El usuario puede recalcular las predicciones	Sí
El usuario puede ver las estadísticas de predicciones	Sí

Tabla 67. Usuario 2. Cuestionario para el responsable de las pruebas

8.3.3 Usuario 3

El usuario 3 es una mujer de 54 años con estudios de formación profesional de grado superior en asistencia sociosanitaria.

Preguntas de carácter general

¿Usa un ordenador frecuentemente?
<ul style="list-style-type: none"> Ocasionalmente
¿Qué tipo de actividades realiza con el ordenador?
<ul style="list-style-type: none"> Lo uso básicamente para ocio
¿Ha usado alguna vez software como el de esta prueba?
<ul style="list-style-type: none"> No, nunca
¿Qué busca Vd. Principalmente en un programa?
<ul style="list-style-type: none"> Que sea rápido

Tabla 68. Usuario 3. Preguntas de carácter general

Preguntas Cortas sobre la Aplicación y Observaciones

Preguntas Cortas de Usabilidad
Funciones de la Aplicación

Facilidad de Uso	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
¿Sabe dónde está dentro de la aplicación?		X		
¿Le resulta sencillo el uso de la aplicación?		X		
Funcionalidad	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
¿Funciona cada tarea como Vd. Espera?		X		
¿El tiempo de respuesta de la aplicación es muy grande?		X		
¿Es sencilla el menú de notificaciones?	X			
¿Es sencillo acceder a la vista de todas las notificaciones?	X			
¿Es sencillo eliminar una notificación?	X			
¿Es sencilla la configuración de las notificaciones?		X		
¿Es sencillo crear una asistencia con coordenadas?			X	
¿Son intuitivas y fáciles de comprender las predicciones?		X		
¿Es sencillo recalcular las predicciones?		X		
¿Son intuitivas y fáciles de comprender las estadísticas predicciones?	X			
Calidad del Interfaz				
Aspectos gráficos	Muy Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Nada Adecuado
El tipo y tamaño de letra es		X		
Los iconos e imágenes usados son		X		
Los colores empleados son	X			
Diseño de la Interfaz		Si	No	A veces
¿Le resulta fácil de usar?				X
¿El diseño de las pantallas es claro y atractivo?		X		
¿Cree que el programa está bien estructurado?				X
Observaciones				
Cualquier comentario del usuario				

Tabla 69. Usuario 3. Preguntas cortas de usabilidad

Cuestionarios para el responsable de las pruebas

Aspecto Observado	Notas
<i>El usuario comienza a trabajar de forma rápida por las tareas</i>	Sí
<i>Tiempo en realizar cada tarea</i>	Corto. Menos de 2 minutos en cada tarea
<i>Errores leves cometidos</i>	No
<i>Errores graves cometidos</i>	No
<i>El usuario puede navegar correctamente</i>	Sí
<i>El usuario puede ver las notificaciones en el menú</i>	Sí
<i>El usuario puede ver todas las notificaciones</i>	Sí
<i>El usuario puede eliminar notificaciones</i>	Sí
<i>El usuario puede configurar correctamente los ajustes de notificaciones</i>	Sí, le costó encontrar los ajustes, pero una vez llegó lo entendió rápido
<i>El usuario puede ver las predicciones siendo alumno</i>	Sí
<i>El usuario puede ver las predicciones siendo profesor</i>	Sí
<i>El usuario puede recalcular las predicciones</i>	Sí
<i>El usuario puede ver las estadísticas de predicciones</i>	Sí

Tabla 70. Usuario 3. Cuestionario para el responsable de las pruebas

8.3.4 Usuario 4

El usuario 4 es una mujer de 68 años con estudios básico de educación primaria.

Preguntas de carácter general

¿Usa un ordenador frecuentemente?
<ul style="list-style-type: none"> Ocasionalmente
¿Qué tipo de actividades realiza con el ordenador?
<ul style="list-style-type: none"> Únicamente leo el correo y navego ocasionalmente
¿Ha usado alguna vez software como el de esta prueba?
<ul style="list-style-type: none"> No, nunca
¿Qué busca Vd. Principalmente en un programa?
<ul style="list-style-type: none"> Que sea fácil de usar

Tabla 71. Usuario 4. Preguntas de carácter general

Preguntas Cortas sobre la Aplicación y Observaciones

Preguntas Cortas de Usabilidad				
Funciones de la Aplicación				
Facilidad de Uso	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
<i>¿Sabe dónde está dentro de la aplicación?</i>			X	
<i>¿Le resulta sencillo el uso de la aplicación?</i>		X		
Funcionalidad	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
<i>¿Funciona cada tarea como Vd. Espera?</i>			X	
<i>¿El tiempo de respuesta de la aplicación es muy grande?</i>				X
<i>¿Es sencilla el menú de notificaciones?</i>			X	
<i>¿Es sencillo acceder a la vista de todas las notificaciones?</i>		X		
<i>¿Es sencillo eliminar una notificación?</i>	X			
<i>¿Es sencilla la configuración de las notificaciones?</i>		X		
<i>¿Es sencillo crear una asistencia con coordenadas?</i>			X	
<i>¿Son intuitivas y fáciles de comprender las predicciones?</i>			X	
<i>¿Es sencillo recalcular las predicciones?</i>		X		
<i>¿Son intuitivas y fáciles de comprender las estadísticas predicciones?</i>		X		
Calidad del Interfaz				
Aspectos gráficos	Muy Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Nada Adecuado
<i>El tipo y tamaño de letra es</i>			X	
<i>Los iconos e imágenes usados son</i>		X		
<i>Los colores empleados son</i>		X		
Diseño de la Interfaz		Si	No	A veces
<i>¿Le resulta fácil de usar?</i>				X
<i>¿El diseño de las pantallas es claro y atractivo?</i>		X		
<i>¿Cree que el programa está bien estructurado?</i>				X
Observaciones				
Cualquier comentario del usuario				

Tabla 72. Usuario 4. Preguntas cortas de usabilidad

Cuestionarios para el responsable de las pruebas

Aspecto Observado	Notas
<i>El usuario comienza a trabajar de forma rápida por las tareas</i>	Sí
<i>Tiempo en realizar cada tarea</i>	Medio. Unos 3-4 minutos en cada tarea
<i>Errores leves cometidos</i>	Sí, se confundió al desactivar las notificaciones de actividades (intentó poner "0" en las horas en vez de desactivarlo directamente)
<i>Errores graves cometidos</i>	No
<i>El usuario puede navegar correctamente</i>	Sí, relativamente
<i>El usuario puede ver las notificaciones en el menú</i>	Sí, tardó algo en ver el menú
<i>El usuario puede ver todas las notificaciones</i>	Sí
<i>El usuario puede eliminar notificaciones</i>	Sí
<i>El usuario puede configurar correctamente los ajustes de notificaciones</i>	Sí
<i>El usuario puede ver las predicciones siendo alumno</i>	Sí
<i>El usuario puede ver las predicciones siendo profesor</i>	Sí
<i>El usuario puede recalcular las predicciones</i>	Sí
<i>El usuario puede ver las estadísticas de predicciones</i>	Sí, tardó un poco en ver la pestaña

Tabla 73. Usuario 4. Cuestionario para el responsable de las pruebas

8.3.5 Usuario 5

El usuario 5 es una mujer de 35 años con estudios de formación profesional superior en radiología.

Preguntas de carácter general

¿Usa un ordenador frecuentemente?	<ul style="list-style-type: none"> Varias veces a la semana
¿Qué tipo de actividades realiza con el ordenador?	<ul style="list-style-type: none"> Solo empleo aplicaciones estilo Office
¿Ha usado alguna vez software como el de esta prueba?	<ul style="list-style-type: none"> No, aunque sí empleo otros programas que me ayudan a realizar tareas similares
¿Qué busca Vd. Principalmente en un programa?	

- Que sea fácil de usar

Tabla 74. Usuario 5. Preguntas de carácter general

Preguntas Cortas sobre la Aplicación y Observaciones

Preguntas Cortas de Usabilidad				
Funciones de la Aplicación				
Facilidad de Uso	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
<i>¿Sabe dónde está dentro de la aplicación?</i>	X			
<i>¿Le resulta sencillo el uso de la aplicación?</i>		X		
Funcionalidad	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
<i>¿Funciona cada tarea como Vd. Espera?</i>	X			
<i>¿El tiempo de respuesta de la aplicación es muy grande?</i>			X	
<i>¿Es sencilla el menú de notificaciones?</i>	X			
<i>¿Es sencillo acceder a la vista de todas las notificaciones?</i>	X			
<i>¿Es sencillo eliminar una notificación?</i>	X			
<i>¿Es sencilla la configuración de las notificaciones?</i>		X		
<i>¿Es sencillo crear una asistencia con coordenadas?</i>	X			
<i>¿Son intuitivas y fáciles de comprender las predicciones?</i>			X	
<i>¿Es sencillo recalcular las predicciones?</i>	X			
<i>¿Son intuitivas y fáciles de comprender las estadísticas predicciones?</i>	X			
Calidad del Interfaz				
Aspectos gráficos	Muy Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Nada Adecuado
<i>El tipo y tamaño de letra es</i>	X			
<i>Los iconos e imágenes usados son</i>	X			
<i>Los colores empleados son</i>	X			
Diseño de la Interfaz		Si	No	A veces
<i>¿Le resulta fácil de usar?</i>		X		
<i>¿El diseño de las pantallas es claro y atractivo?</i>		X		

<i>¿Cree que el programa está bien estructurado?</i>	X
Observaciones	
Cualquier comentario del usuario	

Tabla 75. Usuario 5. Preguntas cortas de usabilidad

Cuestionarios para el responsable de las pruebas

Aspecto Observado	Notas
<i>El usuario comienza a trabajar de forma rápida por las tareas</i>	Sí
<i>Tiempo en realizar cada tarea</i>	Corto. Menos de 2 minutos en cada tarea
<i>Errores leves cometidos</i>	No
<i>Errores graves cometidos</i>	No
<i>El usuario puede navegar correctamente</i>	Sí
<i>El usuario puede ver las notificaciones en el menú</i>	Sí
<i>El usuario puede ver todas las notificaciones</i>	Sí
<i>El usuario puede eliminar notificaciones</i>	Sí
<i>El usuario puede configurar correctamente los ajustes de notificaciones</i>	Sí
<i>El usuario puede ver las predicciones siendo alumno</i>	Sí
<i>El usuario puede ver las predicciones siendo profesor</i>	Sí
<i>El usuario puede recalcular las predicciones</i>	Sí
<i>El usuario puede ver las estadísticas de predicciones</i>	Sí

Tabla 76. Usuario 5. Cuestionario para el responsable de las pruebas

8.3.6 Observaciones

En general, las pruebas han obtenido resultados positivos con todos los usuarios; se han ajustado únicamente los tamaños de algunas letras.

8.4 Pruebas de Accesibilidad

A continuación, se detallan las pruebas de accesibilidad.

8.4.1 Revisión Preliminar

En este apartado, se probará la aplicación en diferentes navegadores web. Se mostrarán vistas representativas añadidas en ActivityRecommender.

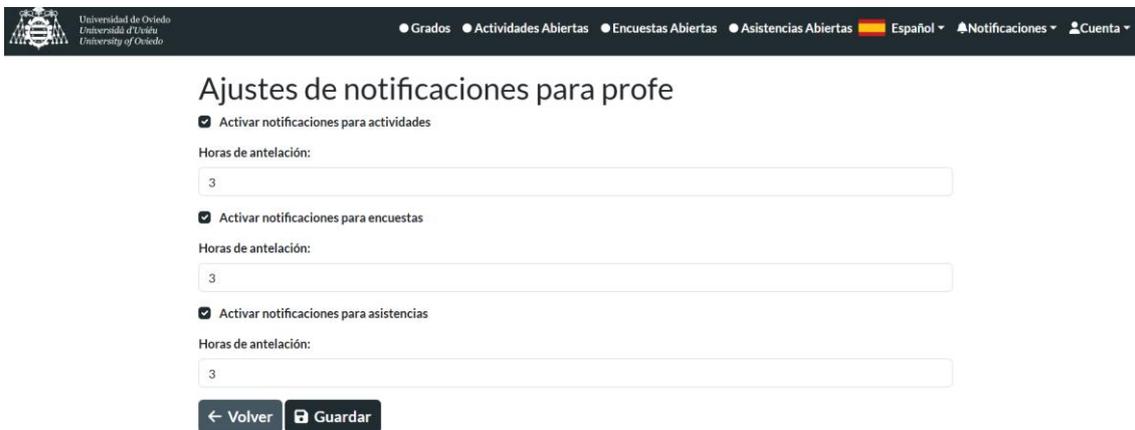
A continuación, la vista del sistema desde el navegador Google Chrome:



The screenshot shows the user interface for the course 'SDI - Sistemas Distribuidos e Internet (2025 - Ordinaria)'. The navigation bar includes links for Grados, Actividades Abiertas, Encuestas Abiertas, Asistencias Abiertas, and a language selector set to Español. The main content area has tabs for Curso, Calificaciones, Actividades, Estadísticas, and Predicciones. A 'Recalcular' button is visible. Below the tabs is a table with the following data:

Alumno	Probabilidad de aprobado
18097643W	▲ 10.0%
23601874X	● 100.0%
32517968S	● 100.0%
38216094Q	● 100.0%
46012835J	● 85.0%
51984320C	● 100.0%
59827364V	● 65.0%
60812973Y	● 95.0%
61372980F	● 100.0%

Ilustración 78. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Vista de predicciones en Google Chrome



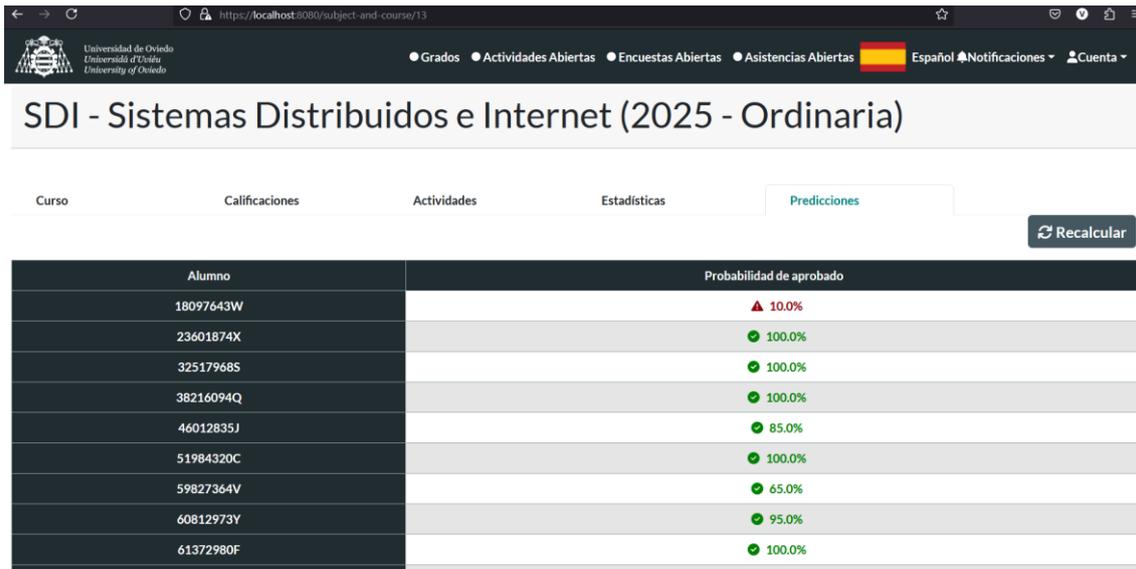
The screenshot shows the 'Ajustes de notificaciones para profe' settings page. It features three notification categories, each with a checked 'Activar notificaciones' checkbox and a 'Horas de antelación' input field set to 3:

- Activar notificaciones para actividades. Horas de antelación: 3
- Activar notificaciones para encuestas. Horas de antelación: 3
- Activar notificaciones para asistencias. Horas de antelación: 3

At the bottom, there are buttons for '← Volver' and 'Guardar'.

Ilustración 79. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Ajustes de notificaciones en Google Chrome

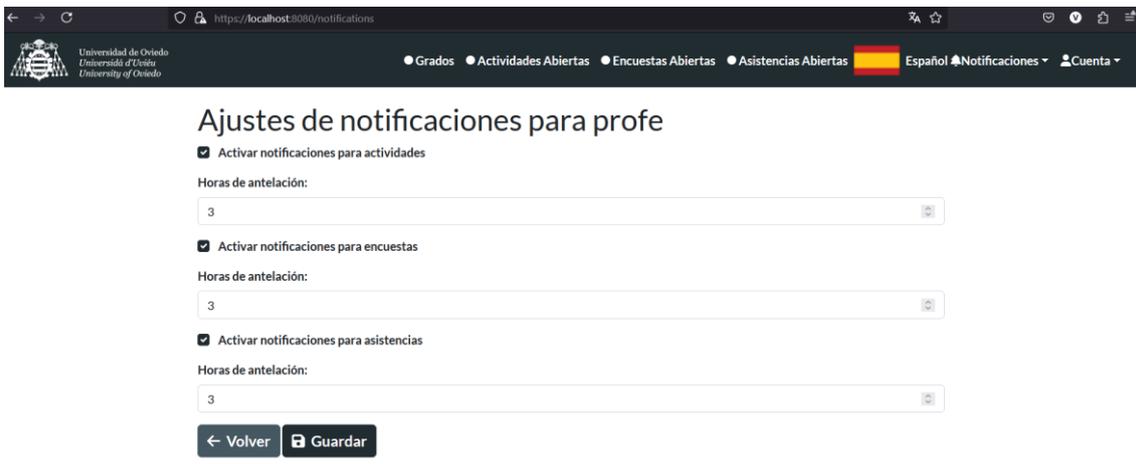
A continuación, la vista del sistema desde el navegador Mozilla Firefox:



The screenshot shows a web application interface for a course titled "SDI - Sistemas Distribuidos e Internet (2025 - Ordinaria)". The interface includes a navigation menu with options like "Grados", "Actividades Abiertas", "Encuestas Abiertas", and "Asistencias Abiertas". The main content area displays a table of prediction results for various students. The table has two columns: "Alumno" (Student ID) and "Probabilidad de aprobado" (Probability of passing). The probabilities range from 10.0% to 100.0%.

Alumno	Probabilidad de aprobado
18097643W	▲ 10.0%
23601874X	● 100.0%
32517968S	● 100.0%
38216094Q	● 100.0%
46012835J	● 85.0%
51984320C	● 100.0%
59827364V	● 65.0%
60812973Y	● 95.0%
61372980F	● 100.0%

Ilustración 80. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Vista de predicciones en Mozilla Firefox



The screenshot shows a web application interface for notification settings. The title is "Ajustes de notificaciones para profe". There are three sections, each with a checked checkbox and a "Horas de antelación:" input field set to "3". The sections are: "Activar notificaciones para actividades", "Activar notificaciones para encuestas", and "Activar notificaciones para asistencias". At the bottom, there are two buttons: "← Volver" and "Guardar".

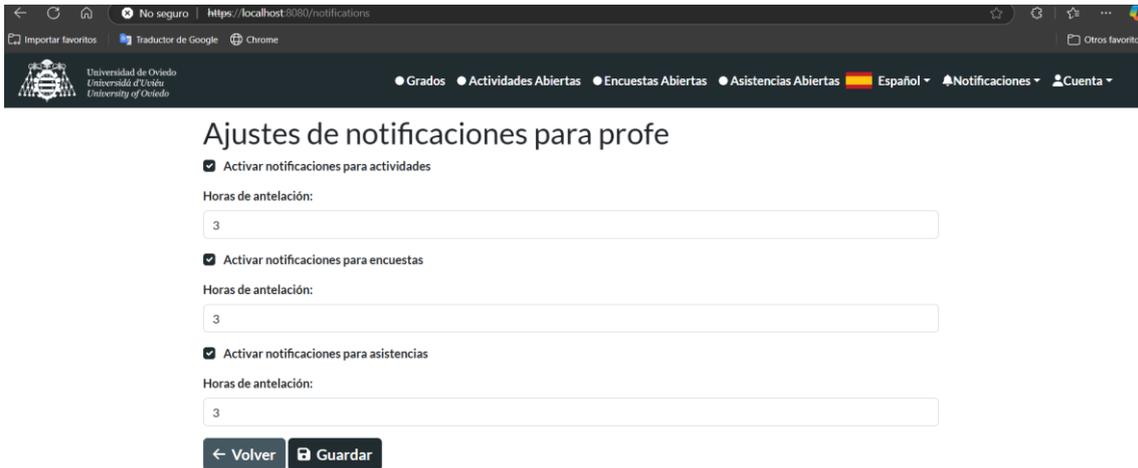
Ilustración 81. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Ajustes de notificaciones en Mozilla Firefox

Finalmente, la vista del sistema desde el navegador Microsoft Edge:



Alumno	Probabilidad de aprobado
18097643W	▲ 10.0%
23601874X	● 100.0%
32517968S	● 100.0%
38216094Q	● 100.0%
46012835J	● 85.0%
51984320C	● 100.0%
59827364V	● 65.0%
60812973Y	● 95.0%

Ilustración 82. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Vista de predicciones en Microsoft Edge



Ajustes de notificaciones para profe

Activar notificaciones para actividades

Horas de antelación: 3

Activar notificaciones para encuestas

Horas de antelación: 3

Activar notificaciones para asistencias

Horas de antelación: 3

[← Volver](#) [Guardar](#)

Ilustración 83. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Ajustes de notificaciones en Microsoft Edge

8.4.2 Evaluación automática

Se ha utilizado la extensión de Chrome Wave Evaluation Tool en pantallas representativas ActivityRecommender. En las siguientes imágenes se puede ver los resultados:

The screenshot shows the Wave Evaluation Tool interface. On the left, a summary panel displays: 0 Errors, 0 Contrast Errors, 3 Alerts, 8 Features, 66 Structural Elements, and 121 ARIA. A message states: "Congratulations! No errors were detected! Manual testing is still necessary to ensure compliance and optimal accessibility." The main content area shows a table with columns for 'Curso' and 'Calificaciones'. A 'Recalcular' button is visible at the top right.

Alumno	Probabilidad de aprobado
18097643W	10.0%
23601874X	100.0%
32517968S	100.0%
38216094Q	100.0%
46012835J	85.0%
51984320C	100.0%

Ilustración 84. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Wave Evaluation Tool (1)

The screenshot shows a notification message in the Wave Evaluation Tool. The notification text is: "La actividad Prueba cerrará en menos de 3 horas" (The activity test will close in less than 3 hours). The notification includes a 'Mensaje' (Message) icon, a 'Fecha' (Date) of 01/05/25 16:04, and an 'Enlace' (Link) labeled 'Ver actividad'. There is also an 'Eliminar' (Delete) button.

Ilustración 85. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Wave Evaluation Tool (2)

The screenshot shows the notification settings for user 'uo000095'. The settings are as follows:

- Activar notificaciones para actividades (Activate notifications for activities)
- Horas de antelación: 3
- Activar notificaciones para encuestas (Activate notifications for surveys)
- Horas de antelación: 3
- Activar notificaciones para asistencias (Activate notifications for assistance)

Ilustración 86. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Wave Evaluation Tool (3)

The screenshot shows the WAVE Evaluation Tool interface. On the left, a 'Summary' panel displays the following statistics: 0 Errors, 3 Alerts, 52 Structural Elements, 0 Contrast Errors, 8 Features, and 100 ARIA. A 'View details' button is located at the bottom of this panel. The main area shows a progress indicator with the text 'Las predicciones se están calculando...' (Predictions are being calculated...) and a series of small icons representing different accessibility categories.

Ilustración 87. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Wave Evaluation Tool (4)

The screenshot shows the WAVE Evaluation Tool interface with a table of student results. The table has two columns: 'Alumno' (Student) and 'Probabilidad de aprobado' (Probability of passing). The table lists 10 students, all of whom have a 'Predicción no disponible' (Prediction not available) status. The 'Alumno' column contains student IDs, and the 'Probabilidad de aprobado' column contains a status icon and the text 'Predicción no disponible'.

Alumno	Probabilidad de aprobado
01212981F	Predicción no disponible
04258535Q	Predicción no disponible
10828401R	Predicción no disponible
11446114A	Predicción no disponible
12089735S	Predicción no disponible
12173161C	Predicción no disponible
14844314E	Predicción no disponible
16110551V	Predicción no disponible
16527290L	Predicción no disponible

Ilustración 88. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Wave Evaluation Tool (5)

En las siguientes imágenes se puede apreciar el contraste de la aplicación. La aplicación tiene un contraste de aproximadamente 8,59:1, lo suficientemente alto como para cumplir con los niveles AA y AAA del WCAG:

The screenshot shows the Wave Evaluation Tool interface. On the left, the 'Contrast' panel is active, showing a contrast ratio of 8.59:1. The main content area displays a table with the following data:

Curso	Calificaciones	Actividades	Estadísticas	Predicciones
Alumno			Probabilidad de aprobado	
18097643W			10.0%	
23601874X			100.0%	
32517968S			100.0%	
38216094Q			100.0%	
46012835J			85.0%	
51984320C			100.0%	

Ilustración 89. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Wave Evaluation Tool. Contraste

8.4.3 Checklist del WCAG 2.1

La siguiente tabla es el checklist que el WCAG proporciona para verificar las pautas de accesibilidad de la aplicación web.

Puntos de verificación Nivel A:

	SI	NO	N/A
1.1.1 Contenido no de texto: Proporcionar alternativas de texto para contenido que no sea de texto	X		
1.2.1 Solo audio y solo vídeo (pregrabado): Proporcione una alternativa al contenido solo de vídeo y solo de audio			X
1.2.2 Subtítulos (pregrabados): Proporcione subtítulos para vídeos con audio			X
1.2.3 Descripción de audio o alternativa multimedia (pregrabado): El vídeo con audio tiene una segunda alternativa			X
1.3.1 Información y relaciones: Estructura lógica	X		
1.3.2 Secuencia significativa: Presente el contenido en un orden significativo	X		
1.3.3 Características sensoriales: Utilice más de un sentido para las instrucciones	X		
1.4.1 Uso del color: No utilice una presentación que dependa únicamente del color	X		
1.4.2 Control de audio: No reproduzca audio automáticamente			X
2.1.1 Teclado: Accesible solo con teclado	X		
2.1.2 Sin bloqueo de teclado: No impida el uso de teclado a los usuarios	X		
2.1.4 Accesos directos: Proporcionar un mecanismo para configurar los métodos abreviados de teclado		X	

2.2.1 Temporización ajustable: Los límites de tiempo tienen controles de usuario			X
2.2.2 Pausa, Detener, Ocultar: Proporcionar controles de usuario para mover contenido			X
2.3.1 Tres destellos o menos: Ningún contenido parpadea más de tres veces por segundo	X		
2.4.1 Bloques de derivación: Proporcione un enlace "Skip to Content"			X
2.4.2 Página titulada: Utilice títulos de página útiles y claros	X		
2.4.3 Orden de enfoque: Orden lógico	X		
2.4.4 Propósito del enlace (en contexto): El propósito de cada enlace se desprende claramente de su contexto	X		
2.5.1 Gestos de puntero: todas las funciones que utilizan gestos multipunto o basados en rutas para hacer una operación se pueden hacer con un solo puntero sin gestos, a menos que sea esencial.	X		
2.5.2 Cancelación del puntero: Para ayudar a evitar la activación involuntaria de los controles, evite la activación no esencial del evento descendente (por ejemplo, onmousedown) al hacer clic, tocar o presionar la pantalla durante mucho tiempo.	X		
2.5.3 Etiqueta en Nombre: Para los componentes de la interfaz de usuario con etiquetas que incluyen texto o imágenes de texto, el nombre contiene el texto que se presenta visualmente.	X		
2.5.4 Motion Actuation: La funcionalidad que se activa moviendo el dispositivo (como agitar o desplazar un dispositivo móvil) o por el movimiento del usuario (como saludar a una cámara) se puede desactivar y la funcionalidad equivalente se proporciona a través de controles estándar como botones			X
3.1.1 Idioma de la página: La página tiene un idioma asignado	X		
3.2.1 Enfoque: Los elementos no cambian cuando reciben enfoque	X		
3.2.2 En la entrada: Los elementos no cambian cuando reciben la entrada	X		
3.3.1 Identificación de errores: Identificar claramente los errores de entrada	X		
3.3.2 Etiquetas o Instrucciones: Etiquetar elementos y dar instrucciones	X		
4.1.1 Análisis: No hay errores de código importantes	X		
4.1.2 Nombre, Rol, Valor: Construir todos los elementos pensando en la accesibilidad	X		

Tabla 77. Checklist Nivel A

Puntos de verificación Nivel AA:

	SI	NO	N/A
--	----	----	-----

1.2.4 Subtítulos (en vivo): Los vídeos en directo tienen subtítulos			X
1.2.5 Descripción de audio (pregrabada): los usuarios tienen acceso a la descripción de audio para el contenido de vídeo			X
1.3.4 Orientación: El contenido no restringe su vista y operación a una sola orientación de visualización, como vertical u horizontal, a menos que una orientación de visualización específica sea esencial	X		
1.3.5 Identificar propósito de entrada: los campos de entrada que recopilan ciertos tipos de información de usuario tienen definido un atributo de autocompletar adecuado		X	
1.4.3 Contraste (mínimo): La relación de contraste entre texto y fondo es de al menos 4,5:1	X		
1.4.4 Cambiar el tamaño del texto: El texto se puede redimensionar al 200% sin pérdida de contenido o función	X		
1.4.5 Imágenes de texto: No utilice imágenes de texto	X		
1.4.10 Reflujo: No se produce ninguna pérdida de contenido o funcionalidad y se evita el desplazamiento horizontal cuando el contenido se presenta con un ancho de 320 píxeles	X		
1.4.11 Contraste no de texto: Existe una relación de contraste de al menos 3:1 para diferenciar objetos gráficos (como iconos y componentes de gráficos o gráficos) y componentes de interfaz personalizados por el autor (como botones, controles de formulario y enfoque indicadores/esquemas)	X		
1.4.12 Espaciado de texto: No se produce pérdida de contenido o funcionalidad cuando el usuario adapta la altura de la línea de texto/espaciado a 1,5 veces el tamaño de la fuente, el espaciado de párrafo a 2 veces el tamaño de la fuente, el espaciado de palabras a .16 veces el tamaño de la fuente y el espaciado de letras a .12 veces el tamaño de la fuente	X		
1.4.13 Contenido en Hover o Focus: Cuando se presenta contenido adicional en el hover del cursor o en el focus del teclado: el contenido que aparece se puede descartar (generalmente a través de la tecla Esc) sin mover el puntero o el foco del teclado, a menos que el contenido presente un error de entrada o no oculte ni interfiera con el contenido de otra página; el puntero se puede mover al nuevo contenido sin que el contenido desaparezca; el nuevo contenido debe permanecer visible hasta que el puntero o el foco del teclado se aleje del control desencadenador, se descarte el nuevo contenido o el nuevo contenido ya no sea relevante			X
2.4.5 Múltiples maneras: Ofrecer varias maneras de encontrar páginas	X		

2.4.6 Encabezados y etiquetas: Utilice encabezados y etiquetas transparentes	X		
2.4.7 Enfoque visible: Asegúrese de que el foco del teclado sea visible y claro	X		
3.1.2 Idioma de las piezas: Indique a los usuarios cuándo cambia el idioma de una página	X		
3.2.3 Navegación consistente: Utilice los menús de forma coherente	X		
3.2.4 Identificación consistente: Utilice iconos y botones de forma consistente	X		
3.3.3 Sugerencia de error: Sugerir correcciones cuando los usuarios cometen errores	X		
3.3.4 Prevención de errores (Legal, Financiero, Datos): Reducir el riesgo de errores de entrada de datos confidenciales	X		
4.1.3 Mensajes de estado: los mensajes de estado se programar considerando roles o propiedades del usuario y presentarse al mismo mediante tecnologías de asistencia sin recibir el foco.	X		

Tabla 78. Checklist Nivel AA

Puntos de verificación Nivel AAA:

	SI	NO	N/A
1.2.6 Lenguaje de señas (pregrabado): Proporcione traducciones de lengua de signos para vídeos			X
1.2.7 Descripción de audio ampliada (pregrabada): Proporcione una descripción de audio ampliada para los vídeos			X
1.2.8 Alternativa de medios (pregrabado): Proporcione una alternativa de texto a los videos			X
1.2.9 Solo audio (en vivo): Proporcione alternativas para el audio en directo			X
1.3.6 Identificar propósito: el propósito de los componentes de interfaz de usuario, iconos y regiones se puede determinar programáticamente	X		
1.4.6 Contraste (mejorado): La relación de contraste entre texto y fondo es de al menos 7:1	X		
1.4.7 Audio de fondo bajo o sin fondo: El audio es claro para que los oyentes escuchen			X
1.4.8 Presentación visual: Ofrezca a los usuarios una gama de opciones de presentación			X
1.4.9 Imágenes de texto (sin excepción): No utilice imágenes de texto		X	
2.1.3 Teclado (sin excepción): Solo accesible con teclado, sin excepción		X	
2.2.3 Sin tiempo: Sin límites de tiempo	X		
2.2.4 Interrupciones: No interrumpa a los usuarios	X		

2.2.5 Re-autenticación: Guarde los datos del usuario al volver a autenticar	X		
2.2.6 Tiempos de espera: Se advierte a los usuarios de la duración de cualquier inactividad del usuario que pueda causar la pérdida de datos, a menos que los datos se conserven durante más de 20 horas cuando el usuario no realice ninguna acción		X	
2.3.2 Tres destellos: Ningún contenido parpadea más de tres veces por segundo	X		
2.3.3 Animación de interacciones: La animación de movimiento activada por interacción se puede desactivar, a menos que la animación sea esencial para la funcionalidad o la información que se transmite			X
2.4.8 Ubicación: Haga saber a los usuarios dónde se encuentran	X		
2.4.9 Propósito del enlace (solo enlace): El propósito de cada enlace se desprende claramente de su texto	X		
2.4.10 Encabezados de sección: Dividir el contenido con encabezados	X		
2.5.5 Tamaño de destino: Los objetivos en los que se puede hacer clic tienen al menos 44 por 44 píxeles de tamaño a menos que se proporcione un objetivo alternativo de ese tamaño, el objetivo esté en línea (por ejemplo, un vínculo dentro de una oración), el objetivo no se modifique por el autor (por ejemplo, una casilla de verificación predeterminada) o el tamaño del objetivo es esencial que sea pequeño para la funcionalidad	X		
2.5.6 Mecanismos de entrada simultánea: El contenido web no restringe el uso de las modalidades de entrada disponibles en una plataforma, excepto cuando la restricción sea esencial, necesaria para garantizar la seguridad del contenido o necesaria para respetar la configuración del usuario	X		
3.1.3 Palabras inusuales: Explicar cualquier palabra extraña			X
3.1.4 Abreviaturas: Explicar las abreviaturas	X		
3.1.5 Nivel de lectura: Los usuarios con nueve años de escuela pueden leer su contenido	X		
3.1.6 Pronunciación: Explique las palabras que sean difíciles de pronunciar			X
3.2.5 Cambio a petición: No cambie elementos en su sitio web hasta que los usuarios pregunten	X		
3.3.5 Ayuda: Proporcione ayuda e instrucciones detalladas		X	
3.3.6 Prevención de errores (Todos): Reducir el riesgo de todos los errores de entrada		X	

Tabla 79. Checklist Nivel AAA

8.4.4 Accesibilidad con Dispositivos Móviles

A continuación, se presenta la accesibilidad del sistema en distintas resoluciones. Para ello, se ha empleado la extensión “Web Developer” de Firefox, que permite simular diferentes tamaños de pantalla.

Así se vería el sistema en un móvil Samsung Galaxy S20+ (384x854):

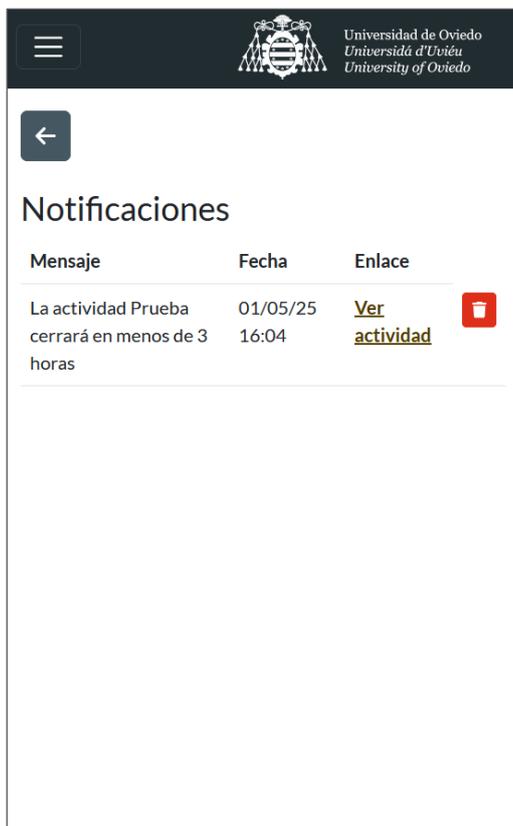
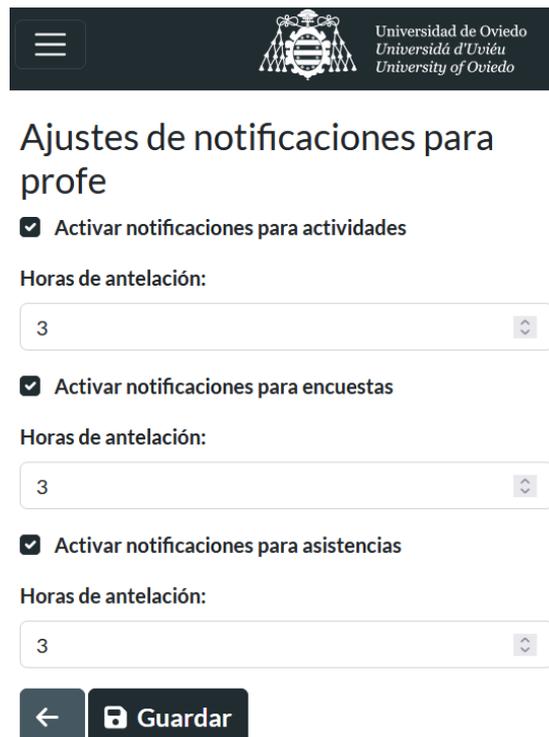


Ilustración 90. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en móvil (1)



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Ajustes de notificaciones para profe

Activar notificaciones para actividades

Horas de antelación:

3

Activar notificaciones para encuestas

Horas de antelación:

3

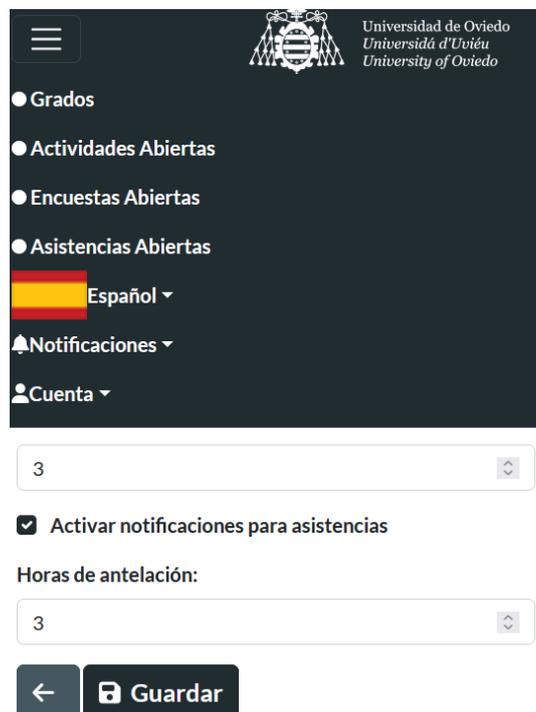
Activar notificaciones para asistencias

Horas de antelación:

3

[←](#) [Guardar](#)

Ilustración 91. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en móvil (2)



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

- Grados
- Actividades Abiertas
- Encuestas Abiertas
- Asistencias Abiertas
-  Español ▾
-  Notificaciones ▾
-  Cuenta ▾

3

Activar notificaciones para asistencias

Horas de antelación:

3

[←](#) [Guardar](#)

Ilustración 92. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en móvil (3)



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

SDI - Sistemas Distribuidos e Internet (2024 - Ordinaria)

Curso Calificaciones

Actividades Estadísticas

Predicciones

Recalcular

Alumno	Probabilidad de aprobado
18097643W	⚠️ 10.0%
23601874X	✅ 100.0%
32517968S	✅ 100.0%
38216094Q	✅ 100.0%
46012835J	✅ 85.0%
51984320C	✅ 100.0%

Ilustración 93. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en móvil (4)



Ilustración 94. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en móvil (5)

Y así, en una Samsung Galaxy Tab A 8.0 (1280x800):

Universidad de Oviedo
Universidá d'Oviéu
University of Oviedo

● Grados ● Actividades Abiertas ● Encuestas Abiertas ● Asistencias Abiertas 🇪🇸 Español 🔊 Notificaciones 👤 Cuenta

[← Volver](#)

Notificaciones

Mensaje	Fecha	Enlace	
La actividad Prueba cerrará en menos de 3 horas	01/05/25 16:04	Ver actividad	Eliminar

Ilustración 95. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en tablet (1)

Universidad de Oviedo
Universidá d'Oviéu
University of Oviedo

● Grados ● Actividades Abiertas ● Encuestas Abiertas ● Asistencias Abiertas 🇪🇸 Español 🔊 Notificaciones 👤 Cuenta

SDI - Sistemas Distribuidos e Internet (2024 - Ordinaria)

Curso Calificaciones Actividades Estadísticas **Predicciones**

[Recalcular](#)

Alumno	Probabilidad de aprobado
18097643W	▲ 10.0%
23601874X	● 100.0%
32517968S	● 100.0%
38216094Q	● 100.0%
46012835J	● 85.0%
51984320C	● 100.0%
59827364V	● 65.0%
60812973Y	● 95.0%
61372980F	● 100.0%

Ilustración 96. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en tablet (2)

Universidad de Oviedo
Universidá d'Oviéu
University of Oviedo

● Grados ● Actividades Abiertas ● Encuestas Abiertas ● Asistencias Abiertas 🇪🇸 Español 🔊 Notificaciones 👤 Cuenta

Ajustes de notificaciones para profe

Activar notificaciones para actividades

Horas de antelación:

Activar notificaciones para encuestas

Horas de antelación:

Activar notificaciones para asistencias

Horas de antelación:

[← Volver](#) [Guardar](#)

Ilustración 97. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en tablet (3)



Ilustración 98. Ejecución de pruebas de accesibilidad. Visualización en tablet (4)

8.5 Pruebas de Rendimiento

Este apartado presenta la ejecución y los resultados de las pruebas de rendimiento. Las pruebas se han realizado sobre una máquina Linux de 4GB de RAM. Se han evaluado las siguientes funcionalidades añadidas en este proyecto: obtener predicciones, actualizar configuración de notificaciones, obtener notificaciones y crear asistencia con coordenadas. Las pruebas se llevaron a cabo simulando la concurrencia de 680 usuarios, pues, tras algunos intentos, se ha podido comprobar que es a partir de ese número aproximado de usuarios cuando el sistema puede comenzar a tener problemas para servir todas las peticiones a la vez correctamente.

En la siguiente imagen se puede apreciar un resumen de las pruebas:

Requests	Executions			Response Times (ms)							Throughput		Network (KB/sec)	
	Label	#Samples	FAIL	Error %	Average	Min	Max	Median	90th pct	95th pct	99th pct	Transactions/s	Received	Sent
Total		3400	896	26.35%	2450.40	0	6692	2837.00	5063.40	5481.90	6160.90	165.32	268.41	0.00
Get current notifications config		680	179	26.32%	1754.72	0	3610	2409.50	2660.80	2716.85	2762.57	71.19	88.93	0.00
Get notifications		680	179	26.32%	2354.71	0	3421	3185.50	3371.90	3387.00	3404.00	42.43	81.40	0.00
Get predictions		680	179	26.32%	2121.05	0	3244	2749.00	3179.90	3191.00	3224.57	53.75	116.66	0.00
Post attendance		680	179	26.32%	2267.06	0	3396	3002.00	3310.90	3349.95	3382.38	35.82	52.33	0.00
Update notifications config		680	180	26.47%	3754.46	0	6692	5061.00	5889.60	6160.50	6562.90	82.47	108.78	0.00

Ilustración 99. Ejecución de pruebas de rendimiento. Resumen de JMeter

Y aquí, un resumen de las peticiones exitosas y con fallos. Se puede observar que la mayoría (en verde), son exitosas:

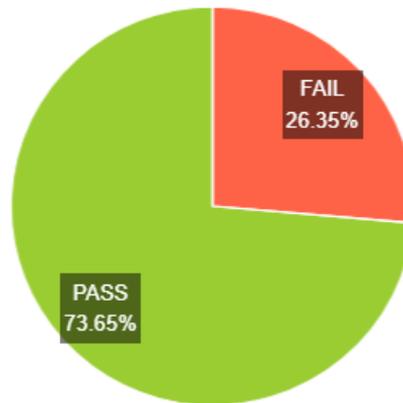


Ilustración 100. Ejecución de pruebas de rendimiento. Peticiones exitosas y fallidas

El siguiente gráfico muestra el tiempo medio de respuesta de los distintos endpoints a lo largo del tiempo. Se observa que todos incrementan progresivamente, lo que indica una posible saturación del sistema bajo carga sostenida. El endpoint "Update notifications config" destaca con los tiempos de respuesta más altos, superando los 5000 ms:

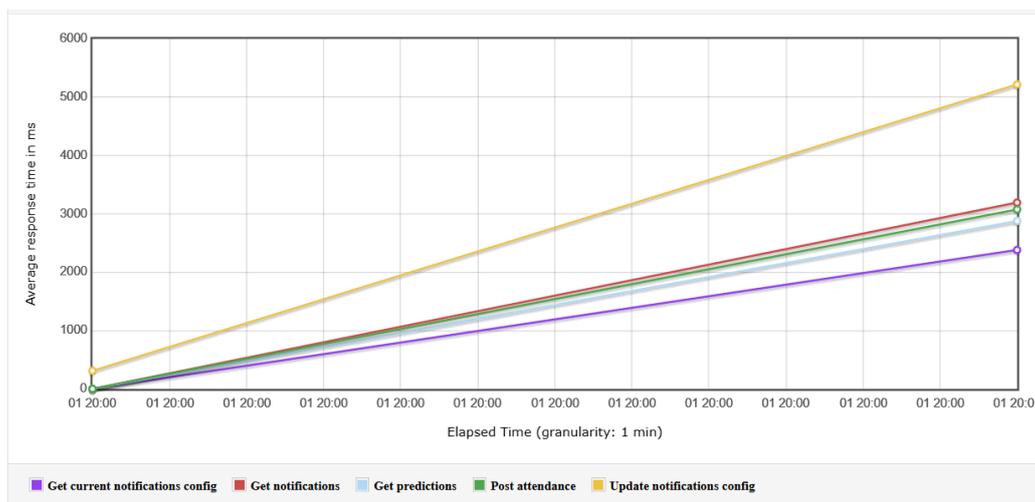


Ilustración 101. Ejecución de pruebas de rendimiento. Tiempos de respuesta

Y aquí, se puede ver la distribución del tiempo de respuesta. Se observa que la mayoría de los endpoints responden entre 2400 y 3500 ms. Sin embargo, el endpoint "Update notifications config" presenta una gran variabilidad, con muchas respuestas extremadamente rápidas y otras muy lentas (hasta 6500 ms):

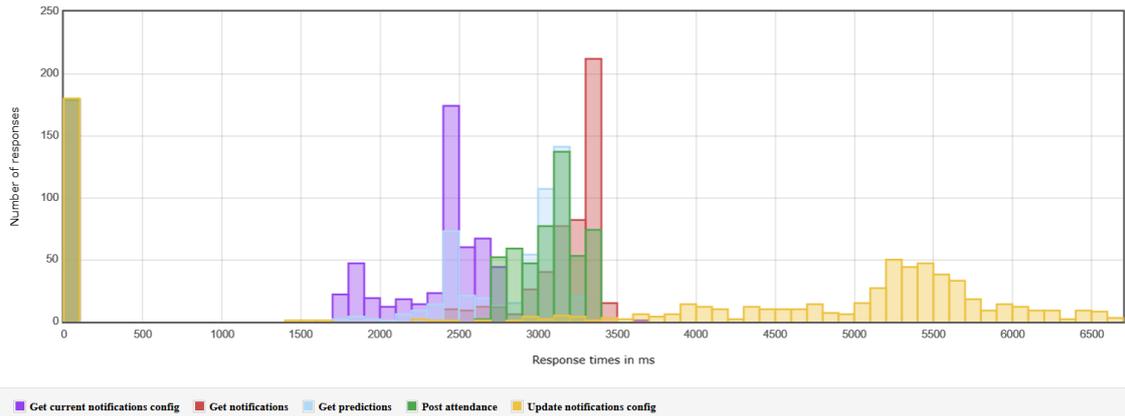


Ilustración 102. Ejecución de pruebas de rendimiento. Distribución de tiempos de respuesta

Este gráfico muestra el número de transacciones por segundo a lo largo del tiempo. Se observa una ejecución progresiva, alcanzando un máximo de aproximadamente 8 transacciones por segundo tras un minuto:

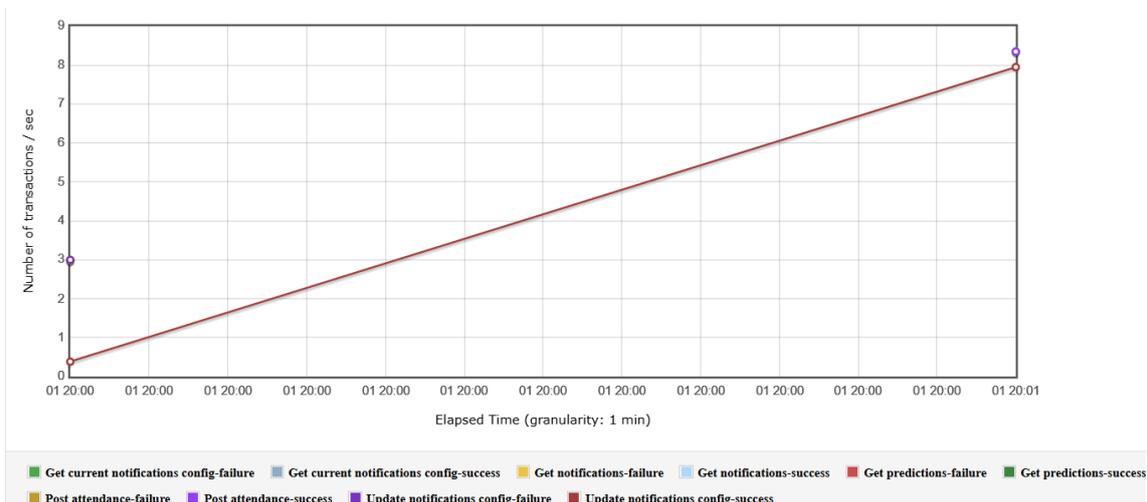


Ilustración 103. Ejecución de pruebas de rendimiento. Transacciones por segundo

En resumen, las pruebas demuestran que el sistema ofrece un buen rendimiento general, aunque podría experimentar sobrecargas si un gran número de usuarios realiza transacciones simultáneamente. Aun así, el porcentaje de éxito en las transacciones es alto. El endpoint 'Update notifications config' es el que presenta mayores problemas de rendimiento y tiempos de respuesta en comparación con los demás, aunque en términos generales mantiene un desempeño aceptable.

Capítulo 9. Manuales del Sistema

En este apartado, se describirán los manuales de instalación, ejecución, usuario y programador del sistema.

9.1 Manual de Instalación

Este manual detalla el proceso de instalación de la aplicación. Para ello, es necesario instalar Java, Node.js, npm, Docker y Selenium IDE.

Durante el desarrollo, se ha utilizado Java en su versión [17.0.1](#). Para verificar que la instalación se ha realizado correctamente, se debe ejecutar el comando `java --version` en una terminal. Si todo está en orden, se mostrará un resultado similar a la siguiente ilustración:

```
C:\Users\valon>java --version
java 17.0.1 2021-10-19 LTS
Java(TM) SE Runtime Environment (build 17.0.1+12-LTS-39)
Java HotSpot(TM) 64-Bit Server VM (build 17.0.1+12-LTS-39, mixed mode, sharing)
```

Ilustración 104. Comprobación de versión de Java

En cuanto a Node.js y npm, se ha utilizado la versión [21.7.1](#) de Node.js y la versión 10.5.0 de npm. El instalador ofrece la opción de instalar npm junto con Node.js. Para comprobar que la instalación ha sido exitosa, se deben ejecutar los siguientes comandos en la terminal:

```
C:\Users\valon>node --version
v21.7.1

C:\Users\valon>npm --version
10.5.0
```

Ilustración 105. Comprobación de versión de Node.js y npm

Para instalar Docker, basta con acceder al siguiente enlace: <https://www.docker.com/products/docker-desktop/> y descargar el instalador. Una vez completada la instalación, se recomienda ejecutar una comprobación en la terminal para asegurarse de que todo funciona correctamente.

```
C:\Users\valon>docker --version
Docker version 20.10.23, build 7155243
```

Ilustración 106. Comprobación de versión de Docker

Para las pruebas de integración, se requiere instalar Selenium IDE. Es una extensión de Mozilla Firefox, que se puede obtener a través del siguiente enlace: https://addons.mozilla.org/es-ES/firefox/addon/selenium-ide/?utm_source=addons.mozilla.org&utm_medium=referral&utm_content=search

9.2 Manual de Ejecución

Primero, es necesario iniciar el daemon de Docker, lo cual se puede hacer simplemente abriendo la aplicación Docker Desktop.

Luego, en el directorio raíz del proyecto, se deben ejecutar los siguientes comandos en la consola:

- `./gradlew -Pprod bootJar jibDockerBuild`
- `docker-compose -f src/main/docker/app.yml up`

Alternativamente, también se puede ejecutar directamente “`npm run docker:start`”, que ejecutará automáticamente los anteriores comandos.

Estos comandos generarán dos imágenes de Docker: una para la aplicación y otra para la base de datos. La aplicación estará disponible en <https://localhost:8080/>, mientras que la base de datos se ejecutará en el puerto 3306.

Para ejecutar los tests unitarios, es necesario ejecutar los archivos ubicados en `src/test/java/com/uo281801/trackingapp/domain` utilizando JUnit.

Para ejecutar los tests de integración, primero debe ejecutarse la aplicación y cargar los datos de prueba, que se encuentran en el archivo “`ActivityRecommenderSQLData.sql`” en la carpeta “`util`”. Para cargar los datos, se debe acceder a la base de datos desde cualquier aplicación gestora de bases de datos. Especificaremos los siguientes datos para iniciar sesión en la base de datos:

- Hostname: 127.0.0.1
- Puerto: 3306
- Usuario: root, alternativamente también puede ser trackinguser
- Contraseña: password

Tras cargar los datos, abriremos la extensión de Selenium IDE del navegador, y seleccionaremos la opción “`open an existing Project`”, cargando el archivo “`ActivityRecommender.side`” de la carpeta “`util`”:



What would you like to do?

[Record a new test in a new project](#)

[Open an existing project](#)

[Create a new project](#)

[Close Selenium IDE](#)

To learn more on Selenium IDE and how to use it visit the [the Selenium IDE project page](#).

Ilustración 107. Selenium IDE

Una vez abierto el proyecto, pulsamos el botón “Run all tests”:

	Command	Target
1	open	https://localhost:8080/
2	set window size	858x816
3	type	id=username
4	click	id=password
5	type	id=password
6	click	css=.w-100 > span
7	assert text	css=.alert > span
8	click	css=#account-menu > .d-flex > span

Ilustración 108. Selenium IDE. Vista de proyecto de pruebas

9.3 Manual de Usuario

En este manual se explicará lo necesario para poder entender las nuevas funcionalidades añadidas en el sistema. No se explicarán aquellas funcionalidades ya presentes (disponibles en la memoria [1] original) a no ser que los pasos sean necesarios para comprender lo añadido en esta versión.

Para realizar cualquier función, lo primero es iniciar sesión en la aplicación:

BIENVENIDO

Usuario

uo281801



Contraseña

••••••••



Iniciar sesión

Ilustración 109. Manual de usuario. Inicio de sesión

Tanto profesores como alumnos serán redirigidos a la siguiente pantalla. Desde ella y desde todas las demás podremos acceder al menú de notificaciones, que se explicará más adelante:

Nombre	Creditos	Sitio Web
Ingeniería Informática del Software	240	Sitio Web
Ingeniería Informática en Tecnologías de la Información	240	Sitio Web

Ilustración 110. Manual de usuario. Vista de grados

Elegiremos ahora un grado de los disponibles, y podremos ver las asignaturas, convocatorias y años que tenemos disponibles para ese grado:

Iniciales	Nombre	Creditos	Semestre	Curso	Apertura	Convocatoria
SDI	Sistemas Distribuidos e Internet	6	Segundo	3	2020	Ordinaria
SDI	Sistemas Distribuidos e Internet	6	Segundo	3	2020	Primera Extraordinaria
SDI	Sistemas Distribuidos e Internet	6	Segundo	3	2020	Segunda Extraordinaria

Ilustración 111. Manual de usuario. Vista de asignaturas

Si seleccionamos una de las asignaturas, veremos sus detalles. Los profesores y alumnos no ven exactamente la misma vista, pues los alumnos no tienen disponible la pestaña “predicciones”:

← Volver

SDI - Sistemas Distribuidos e Internet (2024 - Primera Extraordinaria)

Curso Calificaciones Actividades Estadísticas Predicciones

▼ Guía docente

Descripción

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Fusce lobortis, ipsum vel sagittis lacinia, sapien ipsum varius velit, at fringilla nisl magna sed nibh. Suspendisse potenti. Aliquam ac sapien in lectus bibendum consequat. Duis eleifend

Información general

Curso: 3

Creditos: 6

Segundo semestre

Ilustración 112. Manual de usuario. Detalles de asignatura

Para los profesores, si quieren ver las predicciones para la asignatura seleccionada, deberán ir al menú de “predicciones”. Nótese que en el menú de “calificaciones” se ven las notas acumuladas hasta el momento, no las definitivas, por lo que es posible que se vea una “nota final” de, por ejemplo, un 3, pero una probabilidad de aprobado de, por ejemplo, 70%. Nótese que los profesores pueden recalculer las predicciones de sus alumnos haciendo click en el botón “recalculer”, si bien el sistema lo actualiza periódicamente sin intervención humana:

← Volver

SDI - Sistemas Distribuidos e Internet (2024 - Primera Extraordinaria)

Curso Calificaciones Actividades Estadísticas Predicciones

Recalcular

Alumno	Probabilidad de aprobado
18097643W	▲ 10.0%
23601874X	● 100.0%
32517968S	● 100.0%
38216094Q	● 100.0%
46012835J	● 85.0%
51984320C	● 100.0%
59827364V	● 65.0%

Ilustración 113. Manual de usuario. Detalles de asignatura. Predicciones (profesor)

Los alumnos deberán ir directamente al menú de “calificaciones”, donde verán la probabilidad de aprobado actual y las notas acumuladas hasta el momento:

[← Volver](#)

SDI - Sistemas Distribuidos e Internet (2024 - Ordinaria)

Curso

Calificaciones

Actividades

Probabilidad de aprobado: ▲ 10.0%

Alumno	Teoría	Seminario	Prácticas	Asistencia	Nota Final
18097643W	1.62	3.90	3.60	✓	2.67

Ilustración 114. Manual de usuario. Detalles de asignatura. Predicciones (alumno)

Los profesores podrán ver las estadísticas de las calificaciones y predicciones actuales yendo a la pestaña “estadísticas”:

SDI - Sistemas Distribuidos e Internet (2024 - Ordinaria)

Curso

Calificaciones

Actividades

Estadísticas

Predicciones

Estadísticas

Nota media 3.74

% medio de predicción de aprobado 50

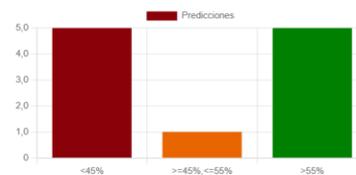
Suspense/Aprobado



Resumen notas



Resumen predicciones

**Ilustración 115. Manual de usuario. Detalles de asignatura. Estadísticas**

Para crear una asistencia y añadirle coordenadas, el profesor debe ir a la pestaña “curso” de una asignatura, al subpartado de “grupos”, y seleccionar el grupo para el que quiere crear una asistencia:

[← Volver](#)

SDI - Sistemas Distribuidos e Internet (2020 - Ordinaria)

Curso

Calificaciones

Actividades

Estadísticas

Predicciones

> Guia docente

▼ Grupos

Importar estudiantes matriculados

Teoría

T1

Seminario

S1

Prácticas

L1

Ilustración 116. Manual de usuario. Detalles de asignatura. Vista de grupos

Una vez seleccionado un grupo, el profesor deberá ir a la pestaña de “asistencias” del grupo. Los profesores podrán ver las asistencias de todos los alumnos de ese grupo (menú Asistencia de Alumno) y de las suyas propias (menú Asistencia de Profesor); los alumnos solo podrán ver las suyas propias:

← Volver

SDI - Sistemas Distribuidos e Internet

L1 - Prácticas
2020 - Segunda Extraordinaria

Peso: 50 %
Nota mínima: 4
Asistencia mínima: 0 %
Actividades

Curso: 3
Creditos: 6
Segundo semestre
Estadísticas

Calificaciones Asistencias

+ Añadir Asistencia Importar Acta

Asistencia de Alumno Asistencia de Profesor

Alumno	29/04	Cumple Asistencia(>=0%)
71810928Y	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Ilustración 117. Manual de usuario. Detalles de grupo

El profesor podrá crear una nueva asistencia haciendo click sobre el botón “añadir asistencia”. Desde ahí, podrá completar los detalles, así como añadir a mano o con el mapa unas coordenadas si quiere:

X

Crear o editar Asistencia

Apertura

29/04/2025 00:00

Cierre

29/04/2025 00:00

Seleccionar en mapa

Latitud

Longitud

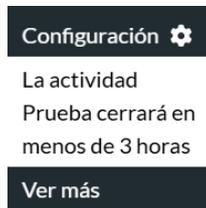
Ilustración 118. Manual de usuario. Crear asistencia

Una vez creada, tanto profesores como alumnos pueden registrar su asistencia desde esa misma vista, haciendo click en el botón:

Asistencia de Alumno	Asistencia de Profesor
Profesor	29/04
11223344Y	

Ilustración 119. Manual de usuario. Registrar asistencia

Finalmente, desde cualquier punto se pueden consultar las notificaciones, y por tanto, desde el propio menú se puede acceder a la configuración de las mismas haciendo click en “configuración”:

**Ilustración 120. Manual de usuario. Menú de notificaciones**

La configuración de notificaciones permite desactivar o activar los avisos de cierre para encuestas, actividades y asistencias, así como editar con cuántas horas de antelación se quiere una notificación para cada una:

Ajustes de notificaciones para profe

Activar notificaciones para actividades

Activar notificaciones para encuestas

Horas de antelación:

Activar notificaciones para asistencias

Horas de antelación:

Volver

Guardar

Ilustración 121. Manual de usuario. Configuración de notificaciones

Si desde el menú de notificaciones hacemos click sobre “Ver más”, podremos ver el histórico de todas las notificaciones, pudiendo eliminarlas o acceder a la encuesta, actividad o asistencia a la que hacen referencia:

[← Volver](#)

Notificaciones

Mensaje	Fecha	Enlace	
La actividad Prueba cerrará en menos de 3 horas	01/05/25 16:04	Ver actividad	Eliminar
La actividad Prueba2 cerrará en menos de 3 horas	01/05/25 19:57	Ver actividad	Eliminar
La encuesta Nombre cerrará en menos de 3 horas	01/05/25 19:57	Ver encuesta	Eliminar
La asistencia 2025/04/30 22:00 cerrará en menos de 3 horas	01/05/25 19:57	Ver asistencia	Eliminar

Ilustración 122. Manual de usuario. Vista de notificaciones

9.4 Manual del Programador

Este manual proporciona información para ayudar a otros desarrolladores a ampliar, modificar o comprender la construcción de ActivityRecommender.

La aplicación está desarrollada en React y Spring, por lo que es necesario tener conocimientos en estas tecnologías para su mantenimiento y expansión. Además, se utiliza JHipster para generar el código base de nuevas entidades. La comunicación entre el frontend y el backend se gestiona mediante Redux y Axios, por lo que también es recomendable estar familiarizado con estas herramientas.

9.4.1 Crear entidad

Para el proyecto se ha utilizado el generador automático de JHipster. Utilizando JDL (JHipster Domain Language) en <https://start.jhipster.tech/jdl-studio/>, se crea la entidad deseada (para este ejemplo, utilizaré "Department") y se descarga el archivo JDL. Luego, se ejecuta el comando `jhipster import-jdl <mi-archivo>` para generar los archivos en Spring y React necesarios.

```
entity Department {  
  name String required unique,  
  description String  
}
```

Ilustración 123. Entidad Department en JDL [1]

En el front-end, se generarán archivos en la carpeta `src/main/webapp/app/entities/department`, incluyendo vistas para eliminar, modificar y listar la entidad, así como un archivo `department.model.ts`. Los reducers se encargan de realizar llamadas al back-end, gestionando el estado de la entidad a través de las diferentes "actions" y el "DepartmentSlice".

```

export const DepartmentSlice = createEntitySlice({
  name: 'department',
  initialState,
  extraReducers(builder) {
    builder
      .addCase(getEntity.fulfilled, (state, action) => {
        state.loading = false;
        state.entity = action.payload.data;
      })
      .addCase(deleteEntity.fulfilled, state => {
        state.updating = false;
        state.updateSuccess = true;
        state.entity = {};
      })
      .addMatcher(isFulfilled(getEntities, getAllDepartments), (state, action) => {
        const { data, headers } = action.payload;

        return {
          ...state,
          loading: false,
          entities: data,
          totalItems: parseInt(headers['x-total-count'], 10),
        };
      });
  })
}

```

Ilustración 124. Slice de un reducer [1]

Una vez tenemos nuestro reducer creado, vamos al archivo “src/main/webapp/app/entities/reducers.ts” y añadimos nuestro reducer con los demás en la constante “entitiesReducers”. Una vez hecho esto, ya podremos realizar llamadas a la API desde una vista. Para ello, primero debemos usar el useAppDispatch() de la siguiente forma:

```

export const DepartmentUpdate = () => {
  const dispatch = useAppDispatch();
}

```

Ilustración 125. Uso del useAppDispatch() en una vista [1]

Ahora podemos una llamada al backend usando una action del reducer:

```

} else {
  dispatch(getEntity(id));
}

```

Ilustración 126. Uso de una action en una vista [1]

Después, utilizando las constantes de la siguiente imagen, podremos controlar el estado:

```
const departmentEntity = useAppSelector(state => state.department.entity);
const loading = useAppSelector(state => state.department.loading);
const updating = useAppSelector(state => state.department.updating);
const updateSuccess = useAppSelector(state => state.department.updateSuccess);
```

Ilustración 127. Uso del useAppSelector() en una vista [1]

En el back-end, JHipster crea los archivos DepartmentResource.java (controlador para recibir las peticiones HTTP), DepartmentService.java (lógica de negocio), DepartmentRepository.java (consultas a la base de datos; se habrá creado también DepartmentRepositoryInternalImpl.java, la implementación interna del repositorio anterior, y DepartmentSqlHelper.java, clase de utilidad que maneja las columnas de la base de datos), siguiendo la estructura típica de SpringBoot.

En el directorio “src/main/resources/config/liquibase/changelog” se habrá generado un nuevo archivo xml “<fecha-de-creación>_added_entity_Department.xml”:

```
<changeSet id="20230315193359-1" author="jhipster">
  <createTable tableName="department">
    <column name="id" type="bigint" autoIncrement="true">
      <constraints primaryKey="true" nullable="false"/>
    </column>
    <column name="name" type="varchar(255)">
      <constraints nullable="false" unique="true" uniqueConstraintName="ux_department__name" />
    </column>
    <column name="description" type="varchar(255)">
      <constraints nullable="true" />
    </column>
    <!-- jhipster-needle-liquibase-add-column - JHipster will add columns here -->
  </createTable>
</changeSet>
```

Ilustración 128. Archivo XML de las columnas de la BD de una entidad [1]

Se deberá modificar el archivo “src/main/resources/config/liquibase/master.xml” para añadir este nuevo archivo:

```
<include file="config/liquibase/changelog/20230315193359_added_entity_Department.xml" relativeToChangelogFile="false"/>
```

Ilustración 129. Código para incluir un archivo XML de entidad en el archivo master.xml [1]

9.4.2 Internacionalización

La aplicación está diseñada para ser internacionalizada en cualquier idioma. Todos los textos de las vistas se encuentran en la carpeta “src/main/webapp/i18n”. Cada idioma tiene su propia subcarpeta, y dentro de cada una de ellas se incluyen varios archivos JSON: uno para cada entidad y un archivo “global” con textos comunes.

```

{
  "trackingApp": {
    "department": {
      "home": {
        "title": "Departments",
        "refreshListLabel": "Refresh list",
        "createLabel": "Create a new Department",
        "createOrEditLabel": "Create or edit a Department",
        "notFound": "No Departments found"
      },
      "created": "A new Department is created with identifier {{ param }}",
      "updated": "A Department is updated with identifier {{ param }}",
      "deleted": "A Department is deleted with identifier {{ param }}",
      "delete": {
        "question": "Are you sure you want to delete Department {{ id }}?"
      },
      "detail": {
        "title": "Department"
      },
      "id": "ID",
      "name": "Name",
      "description": "Description",
      "professors": "Professors"
    }
  }
}

```

Ilustración 130. Archivo JSON de internacionalización de una entidad [1]

Para hacer uso de la internacionalización en el código, hay 2 formas:

- Usando el componente `<Translate/>`:

```

<h2 id="trackingApp.department.home.createOrEditLabel" data-cy="DepartmentCreateUpdateHeading">
  <Translate contentKey="trackingApp.department.home.createOrEditLabel">Create or edit a Department</Translate>
</h2>

```

Ilustración 131. Uso del componente `<Translate/>` [1]

- Usando la función `translate`:

```

validate={{
  required: { value: true, message: translate('entity.validation.required') },
  pattern: {

```

Ilustración 132. Uso de la función `translate()` [1]

9.4.3 Sistema de recomendación

La lógica principal del sistema de recomendación se encuentra en la clase `PredictionService`, ubicada en `src/main/java/com.uo281801.trackingapp/service/PredictionService`. Para poder modificar o ampliar su funcionamiento, es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El método principal es `getPredictionsForStudents()`, responsable de recopilar los datos históricos necesarios para la predicción, incluyendo notas y asistencias de cursos anteriores.
- El proceso de predicción se organiza en el método `predict()`, donde se seleccionan los k vecinos más similares para cada estudiante actual. Para ello, se utiliza la clase `PredictionData`, que encapsula:
 - Una lista de notas del estudiante.
 - El porcentaje de asistencia cumplido.
 - Si aprobó o no (para estudiantes históricos).
 - La similitud calculada con respecto a otros estudiantes.
 - El ID del estudiante.

Esta clase ofrece el método `calculateSimilarity()`, que aplica la distancia euclídea normalizada, incluyendo una penalización por diferencia de tamaño entre vectores y una ponderación adicional basada en la asistencia, para obtener la similitud con otro objeto `PredictionData`.

- Un componente clave del sistema es el mapa `Map<Long, List<PredictionData>>` `neighbours`, que asocia a cada estudiante actual una lista de vecinos con sus respectivas similitudes.
- Una vez calculadas las similitudes, los vecinos se ordenan de mayor a menor y se seleccionan los k más similares. El método `calculatePassProbability()` utiliza esta lista de vecinos para estimar la probabilidad de aprobado. Lo hace considerando el atributo de si aprobaron o no los vecinos seleccionados, y devuelve un objeto `Prediction` por cada estudiante, incluyendo su probabilidad de éxito y el identificador de curso y asignatura correspondiente.

Capítulo 10. Conclusiones y

Ampliaciones

En este capítulo, se muestran las conclusiones del sistema creado, así como posibles ampliaciones futuras.

10.1 Conclusiones

A lo largo de este trabajo se ha desarrollado un sistema de alerta temprana para el seguimiento del rendimiento académico de los estudiantes, integrado en la aplicación *TrackingApp 2.0*. La solución final incorpora tres componentes clave: un sistema de predicción de la probabilidad de aprobado basado en el análisis de las notas obtenidas en actividades evaluables, un módulo de registro de asistencia mejorado mediante tecnologías IoT, y un sistema de notificaciones académicas.

Los resultados obtenidos durante la validación del sistema en un entorno simulado han sido satisfactorios y se encuentran dentro de lo esperado. El sistema fue capaz de identificar correctamente patrones asociados al bajo rendimiento académico y mostrar información útil tanto para el alumnado como para el profesorado, cumpliendo así con los objetivos iniciales del proyecto. Además, el sistema de geolocalización para el registro de asistencia demostró ser una alternativa eficaz y menos intrusiva frente a métodos tradicionales como listas manuales o códigos QR.

Las decisiones de diseño y las tecnologías seleccionadas han sido justificadas por criterios de escalabilidad, precisión y viabilidad técnica. Se optó por integrar modelos de predicción simples pero interpretables, adecuados para el contexto educativo y fácilmente adaptables a nuevas asignaturas. Las mejoras implementadas permiten anticiparse a situaciones de riesgo académico, facilitando intervenciones tempranas y personalizadas que pueden marcar la diferencia en el rendimiento del estudiante.

10.2 Ampliaciones

A continuación, se describirán posibles ampliaciones futuras.

10.2.1 Envío de correos automáticos

Además de las notificaciones en la propia aplicación, sería interesante incluir la opción de que se envíen avisos al propio correo de los alumnos o profesores.

10.2.2 Mensajes directos entre usuarios

Incluir un sistema de mensajería simple entre usuarios en tiempo real, que además permita ver el historial de mensajes pasados.

10.2.3 Radio de geolocalización configurable

A la hora de crear una asistencia con geolocalización, los profesores podrían además elegir el radio en el cual se deberían encontrar los estudiantes para poder registrar la asistencia, en vez del radio fijo que se utiliza actualmente.

10.2.4 Recomendaciones de actividades

Ahora mismo el sistema de recomendación solo informa a los usuarios de sus probabilidades de aprobar, pero no les da ningún tipo de retroalimentación de qué deberían hacer para mejorar o mantener el ritmo. Una posible ampliación sería mejorar el sistema de recomendación para que informara a los alumnos de qué actividades deberían realizar o reforzar.

Capítulo 11. Referencias Bibliográficas

- [1] V. Alonso Ramos, "TrackingApp 2.0: Sistema mejorado de gestión y seguimiento de la evaluación continua de actividades académicas." Accessed: Mar. 03, 2025. [Online]. Available: <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/72884>
- [2] M. Fernández-Mellizo, "ANÁLISIS DEL ABANDONO DE LOS ESTUDIANTES DE GRADO EN LAS UNIVERSIDADES PRESENCIALES EN ESPAÑA," Madrid, Mar. 2022. Accessed: May 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.ciencia.gob.es/InfoGeneralPortal/documento/72c9ebf2-d105-40a9-b7da-357b30316499>
- [3] "Early Alert Systems in Higher Education," Nov. 2014. Accessed: Apr. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.hanoverresearch.com/wp-content/uploads/2017/08/Early-Alert-Systems-in-Higher-Education.pdf>
- [4] "Analytics." Accessed: Apr. 08, 2025. [Online]. Available: <https://docs.moodle.org/405/en/Analytics>
- [5] "IntelliBoard." Accessed: Apr. 08, 2025. [Online]. Available: <https://intelliboard.net/>
- [6] "EdOptimize." Accessed: Apr. 08, 2025. [Online]. Available: <https://edoptimize.com/>
- [7] "Canvas Community." Accessed: Apr. 08, 2025. [Online]. Available: <https://community.canvaslms.com/>
- [8] "Analytics for Learn." Accessed: Apr. 08, 2025. [Online]. Available: https://help.blackboard.com/es-es/Learn/Instructor/Ultra/Performance/Analytics_for_Learn
- [9] H. Ko, S. Lee, Y. Park, and A. Choi, "A Survey of Recommendation Systems: Recommendation Models, Techniques, and Application Fields," Jan. 2022.
- [10] T. M. Cover and P. E. Hart, "Nearest neighbor pattern classification," <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=18>, vol. 13, no. 1, pp. 21–27, Jan. 1967.
- [11] D. W. Aha, D. Kibler, and M. K. Albert, "Instance-based learning algorithms," *Mach Learn*, vol. 6, no. 1, pp. 37–66, Jan. 1991.

-
- [12] A. A. Juan Fuente and B. López Pérez, "Organización de los recursos y del proyecto," in *Dirección y planificación de proyectos informáticos*, 0.093., 2022, ch. 3, pp. 71–71.
- [13] Project Management Institute, *Project Management Body of Knowledge*, 5th ed. 2013.
- [14] "Salario medio para Programador Junior en España, 2024." Accessed: May 24, 2024. [Online]. Available: <https://es.talent.com/salary?job=programador+junior>
- [15] "Documentador de software salarios." Accessed: May 24, 2024. [Online]. Available: <https://es.jooble.org/salary/documentador-de-software#yearly>
- [16] "Salario medio para Arquitecto De Software en España, 2024." Accessed: May 24, 2024. [Online]. Available: <https://es.talent.com/salary?job=arquitecto+de+software>
- [17] "Sueldos para el puesto de Jefe De Proyecto en España." Accessed: May 24, 2024. [Online]. Available: https://www.glassdoor.es/Sueldos/jefe-de-proyecto-software-sueldo-SRCH_K00,16_KE17,25.htm
- [18] "Salario medio para Tester Software en España, 2024." Accessed: May 24, 2024. [Online]. Available: <https://es.talent.com/salary?job=tester+software>
- [19] "Disposición 2665 del BOE núm. 37 de 2025." Accessed: Mar. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/2025/02/12/pdfs/BOE-A-2025-2665.pdf>
- [20] "Usa el controlador R2DBC de código abierto." Accessed: Mar. 07, 2025. [Online]. Available: <https://cloud.google.com/spanner/docs/use-oss-r2dbc?hl=es-419#:~:text=R2DBC%20es%20una%20especificaci%C3%B3n%20para,el%20controlador%20R2DBC%20de%20Spanner.>
- [21] "Integra Spanner en Liquibase." Accessed: Mar. 07, 2025. [Online]. Available: <https://cloud.google.com/spanner/docs/use-liquibase?hl=es-419#:~:text=Liquibase%20es%20una%20biblioteca%20de,como%20XML%2C%20YAML%20y%20JSON.>
- [22] Andrei Maftai, "Introduction to Spring Data." Accessed: Mar. 07, 2025. [Online]. Available: <https://hyperskill.org/learn/step/16299>
- [23] B.W. Boehm, *Software risk management: principles and practices*. IEEE, 1991.
- [24] A. Adolfo Juan Fuente and B. López Pérez, "Dirección y Planificación de Proyectos Informaticos," Feb. 2022.

Capítulo 12. Anexos

En este capítulo se describe el contenido entregado con el proyecto, así como el plan de gestión de riesgos.

12.1 Contenido Entregado en los Anexos

En este apartado, se verán los archivos entregados. Nótese que pone “TrackingApp-2.0” pues ese es el nombre de la aplicación en sí, si bien el presente proyecto tiene de nombre “ActivityRecommender”:

Directorio	Contenido
./	Contiene un fichero README.TXT explicando toda esta estructura.
./TrackingApp-2.0	Contiene toda la estructura de directorios del proyecto para desarrollo. Ver la tabla Tabla 81. Estructura de la carpeta “TrackingApp-2.0” del fichero anexo entregado [1]

Tabla 80. Estructura general del fichero anexo entregado [1]

Se muestra aquí el contenido del directorio de desarrollo de la tabla anterior, “TrackingApp-2.0”:

Directorio	Contenido
./.devcontainer	Contiene archivos de configuración contenedores.
./.husky	Contiene archivos de configuración de Husky, que permite ejecutar tareas antes de un commit o un push.
./.jhipster	Contiene archivos para la generación de la aplicación.
./gradle	Contiene archivos de configuración de Gradle.
./src	Contiene los ficheros de código fuente .
./src/main	Contiene el código de front y backend, así como archivos de configuración de Docker.
./src/test	Contiene todas las pruebas unitarias utilizadas en el proceso de prueba automatizado.
./util	Contiene la documentación Javadoc (en javadoc/index.html), los archivos SQL con los datos de prueba y las pruebas de integración.
./webpack	Contiene archivos de configuración de Webpack.

Tabla 81. Estructura de la carpeta “TrackingApp-2.0” del fichero anexo entregado [1]

12.2 Plan de Gestión de Riesgos

A continuación, se describen las estrategias de gestión de riesgos seguidos en el proyecto. La metodología a usar está basada en la de Boehm [23] y la del y la del Project Management Body of Knowledge (PMBOK) [13].

12.2.1 Planificar la gestión de riesgos

Se contemplan 3 fases principales:

- Planificar la gestión de riesgos, en la que se decidirán las políticas a seguir.
- Valoración de riesgos, compuesta por Identificación, Análisis y Priorización de Riesgos.
- Gestión de riesgos, compuesta por la Planificación de la Gestión de cada Riesgo, Resolución de Riesgos y Monitorización de Riesgos.

En la siguiente tabla se especifican las etiquetas y probabilidades de que un riesgo ocurra:

Etiqueta	Rango	Valor usado para los cálculos (y en la Matriz de Probabilidad/Impacto)
Muy bajo	[0%...20%]	10%
Bajo	(20%...40%]	30%
Medio	(40%...60%]	50%
Alto	(60%...80%]	70%
Muy alto	(80%...100%]	90%

Tabla 82. Tabla de definición de probabilidades [24]

Los riesgos del proyecto se priorizarán según su nivel de impacto. Para definir cada riesgo, se considerarán los valores que se muestran en la siguiente imagen.

Condiciones definidas para las escalas de impacto de un riesgo sobre los objetivos principales del proyecto (Se muestran ejemplos para impactos negativos únicamente)					
Objetivos de proyecto	Escala relativa o numérica				
	Muy bajo / 5%	Bajo / 10%	Moderado / 20%	Alto / 40%	Muy alto / 80%
Coste	Incremento del coste insignificante	Incremento del coste <10%	Incremento del coste entre el 10-20%	Incremento del coste entre el 20-40%	Incremento del coste >40%
Tiempo	Incremento de tiempo insignificante	Incremento de tiempo <5%	Incremento de tiempo entre el 5-10%	Incremento de tiempo entre el 10-20%	Incremento de tiempo >20%
Alcance	Reducciones del alcance inapreciables	Afectadas áreas poco importantes del alcance	Afectadas áreas importantes del alcance	Reducciones del alcance inaceptables para el cliente	El resultado final del proyecto no es realmente útil
Calidad	La degradación de la calidad es inapreciable	Sólo las aplicaciones muy exigentes se ven afectadas	La reducción de la calidad requiere la aceptación del cliente	Reducción de la calidad inaceptable para el cliente	El resultado final del proyecto no es realmente útil

Esta tabla presenta ejemplos de definiciones de impacto para cuatro objetivos de proyecto diferentes. Debe ser ajustada en el proceso de elaboración del Plan de Riesgos a cada proyecto concreto y a los umbrales de riesgo de la organización. Las definiciones del impacto deben ser desarrolladas para los riesgos positivos (oportunidades) de una manera similar.

Ilustración 133. Escalas de impacto sobre los principales objetivos del proyecto [13]

Se tendrá en cuenta la Matriz de Probabilidad e Impacto:

Matriz de Probabilidad e Impacto

Probabilidad	Amenazas					Oportunidades				
0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04
0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02
0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01
	0,05 Muy bajo	0,10 Bajo	0,20 Moderado	0,40 Alto	0,80 Muy Alto	0,80 Muy Alto	0,40 Alto	0,20 Moderado	0,10 Bajo	0,05 Muy Bajo
	Impacto Negativo					Impacto Positivo				

Cada riesgo es evaluado de acuerdo a la probabilidad de que ocurra y al impacto en algún objetivo si ocurriera. Los umbrales de tolerancia de cada organización se trasladan a la matriz, de manera que las áreas verde, amarilla y roja indiquen estos umbrales para la priorización de riesgos.

Ilustración 134. Matriz de probabilidad e impacto [13]

Los riesgos serán categorizados de acuerdo con el siguiente esquema:

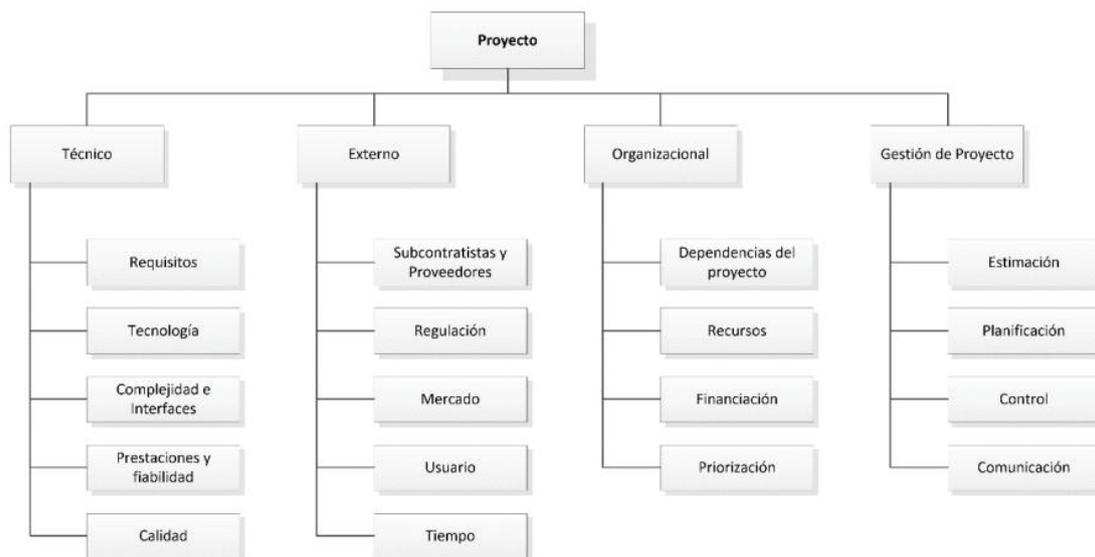


Ilustración 135. Categorías de los riesgos [13]

12.2.2 Identificación de riesgos

En esta fase se detectan los posibles riesgos del proyecto. Los riesgos identificados para este proyecto se encuentran en el apartado 4.1.4.2. Identificación de riesgos.

12.2.3 Análisis de riesgos

En esta fase, se asigna una probabilidad e impacto a cada riesgo. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Probabilidad:** representa el porcentaje de posibilidades de que el riesgo se materialice.
- **Impacto:** hace referencia a las consecuencias que tendría la ocurrencia del riesgo.
- **Categoría:** los riesgos se clasificarán según las categorías establecidas en Ilustración 135.
Categorías de los riesgos

12.2.4 Priorización de riesgos

Los riesgos serán ordenados de acuerdo con su impacto, desde el más alto hasta el más bajo, con el fin de facilitar su gestión.

12.2.5 Planificación de la gestión de cada riesgo

Para abordar cada riesgo identificado, se aplicarán las siguientes estrategias:

- **Eliminar:** consiste en suprimir los factores que originan el riesgo.
- **Mitigar:** se busca reducir las posibles consecuencias negativas del riesgo.
- **Asumir:** implica aceptar el riesgo sin implementar medidas específicas para eliminarlo o reducirlo.