



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo



Escuela de
Ingeniería
Informática
Universidad de Oviedo

LABORATORIO DE AEROSOLES

Modificación del programa de gestión de datos y comunicación para diferentes
ionizadores de partículas

Grado en Ingeniería Informática del Software

Trabajo de Fin de Grado

Autor

Alonso Álvarez Díaz-Ordóñez

Tutores

Enrique González Plaza
Maidá María Domat Rodríguez

Agradecimientos

En primer lugar, gracias a mis tutores Maidá y Enrique por su ayuda a lo largo del desarrollo de este proyecto.

Gracias a mis amigos, por haber estado ahí para apoyarme y distraerme del trabajo cuando era necesario un descanso.

Finalmente, gracias a mi familia, en especial a mi madre por haberme apoyado siempre.

Índice de contenido

Agradecimientos.....	1
1. Introducción	9
1.1. Justificación.....	9
1.2. Situación inicial	9
1.3. Objetivos.....	9
2. Aspectos teóricos	10
3. Planificación	15
3.1. Planificación del proyecto.....	15
3.1.1. Identificación de interesados	15
3.1.2. OBS y PBS	15
3.1.3. Planificación inicial.....	18
3.1.3.1. Planificación de Fase de análisis	19
3.1.3.2. Planificación de Fase de diseño	20
3.1.3.3. Planificación de Fase de desarrollo.....	20
3.1.3.4. Planificación de Fase de implantación	21
3.1.4. Riesgos	21
3.1.4.1. Plan de gestión de riesgos	22
3.1.4.2. Identificación de riesgos	22
3.1.5. Presupuesto inicial	24
3.2. Cierre del proyecto	25
3.2.1. Planificación final	25
3.2.1.1. Planificación de fase de diseño.....	26
3.2.1.2. Planificación de fase de desarrollo	26
3.2.1.3. Planificación de fase de implantación	27
3.2.2. Informe de riesgos.....	27
3.2.3. Presupuesto final.....	28
4. Análisis.....	29
4.1. Definición del sistema.....	29
4.2. Requisitos del sistema.....	29
4.2.1. Obtención de los requisitos del sistema	29
4.2.1.1. Requisitos funcionales del sistema	29
4.2.1.2. Requisitos no funcionales	31
4.2.2. Identificación de actores del sistema.....	31
4.2.3. Especificación de casos de uso.....	31

4.3.	Análisis de casos de uso.....	33
4.3.1.	Caso de uso 1: Cambiar idioma.....	33
4.3.2.	Caso de uso 2: Activar rampa.....	33
4.3.3.	Caso de uso 3: Visualizar datos medidos	34
4.3.4.	Caso de uso 4: Empezar medición.....	34
4.3.5.	Caso de uso 5: Parar medición	34
4.3.6.	Caso de uso 6: Exportar informe.....	35
4.3.7.	Caso de uso 7: Importar script	35
4.3.8.	Caso de uso 8: Editar parámetro de dispositivo.....	35
4.4.	Análisis de clases.....	36
4.4.1.	Diagrama de clases.....	36
4.4.2.	Descripción de las clases.....	36
4.5.	Definición de interfaces de usuario	37
4.6.	Especificación del plan de pruebas.....	38
4.6.1.	Pruebas unitarias.....	38
4.6.2.	Pruebas de usabilidad	40
5.	Diseño.....	40
5.1.	Arquitectura del sistema	40
5.1.1.	Diagrama de paquetes	41
5.1.2.	Diagrama de despliegue.....	42
5.2.	Diseño de clases.....	44
5.3.	Diagrama de actividad	46
5.3.1.	Realizar medidas	46
5.3.2.	Exportar informe	47
5.4.	Especificación técnica del plan de pruebas	47
5.4.1.	Pruebas unitarias.....	47
5.4.2.	Pruebas de usabilidad	49
5.4.2.1.	Preguntas de carácter general	49
5.4.2.2.	Actividades guiadas	50
5.4.2.3.	Preguntas cortas sobre la aplicación y observaciones.....	51
5.4.2.4.	Cuestionario para el responsable de las pruebas	51
6.	Implementación	52
6.1.	Estándares y normas seguidos.....	52
6.1.1.	Zigbee.....	52
6.2.	Lenguajes de programación, lenguajes de dominio y librerías.....	52

6.2.1.	Java	53
6.2.2.	Maven.....	53
6.2.3.	Python	54
6.2.4.	JFreeChart	54
6.2.5.	Log4j	55
6.2.6.	JSerialComm.....	55
6.2.7.	JUnit	55
6.3.	Herramientas y programas utilizados para el desarrollo	56
6.3.1.	SQLite	56
6.3.2.	Git.....	56
6.3.3.	XCTU	57
6.3.4.	Intelij	57
6.3.5.	Microsoft Project.....	58
6.3.6.	Microsoft Excel	58
6.3.7.	Microsoft Word	59
6.3.8.	Microsoft PowerPoint.....	59
6.3.9.	Draw.io	59
6.4.	Problemas encontrados	60
6.4.1.	Librería RxTx	60
6.4.2.	Documentación protocolos de comunicación.....	60
6.4.3.	Desconfiguración de los controladores.....	60
7.	Desarrollo de las pruebas.....	60
7.1.	Pruebas unitarias	60
7.2.	Pruebas de usabilidad.....	63
7.2.1.	Preguntas de carácter general.....	63
7.2.2.	Preguntas cortas sobre la aplicación y observaciones	64
8.	Anexos	64
8.1.	Presupuesto	64
8.1.1.	Presupuesto inicial	64
8.1.1.1.	Partidas iniciales	65
8.1.1.2.	Presupuesto inicial de costes y cliente	67
8.1.2.	Presupuesto final.....	67
8.1.2.1.	Partidas finales.....	67
8.1.2.2.	Presupuesto final de costes y cliente.....	69
8.2.	Plan de gestión de riesgos	70

8.2.1.	Metodología.....	70
8.2.2.	Categorías de riesgo.....	70
8.2.3.	Probabilidad e impacto.....	71
8.3.	Ampliaciones.....	73
8.3.1.	Nuevas traducciones.....	73
8.3.2.	Diferentes cargadores.....	73
8.3.3.	Nuevos sensores.....	73
8.3.4.	Versión con Arduino.....	73
8.4.	Formato Scripts.....	74
8.4.1.	Valores de entrada.....	74
8.4.2.	Valores de salida.....	74
8.5.	Bibliografía.....	74

Índice de ilustraciones

Ilustración 1.	Esquema de dispositivos HW.....	10
Ilustración 2.	Fórmula del voltaje DMA.....	10
Ilustración 3.	Fórmula de la movilidad eléctrica.....	10
Ilustración 4.	Esquema interno del DMA.....	11
Ilustración 5.	Funcionamiento del DMA.....	11
Ilustración 6.	Conexión de los módulos auxiliares de control de caudales al DMA.....	12
Ilustración 7.	OBS.....	15
Ilustración 8.	PBS general.....	16
Ilustración 9.	PBS Análisis y Diseño.....	17
Ilustración 10.	PBS Desarrollo e Implantación.....	18
Ilustración 11.	Planificación general.....	19
Ilustración 12.	Planificación general - Diagrama de Gantt.....	19
Ilustración 13.	Planificación análisis.....	19
Ilustración 14.	Planificación análisis - Diagrama Gantt.....	19
Ilustración 15.	Planificación diseño.....	20
Ilustración 16.	Planificación diseño - Diagrama Gantt.....	20
Ilustración 17.	Planificación desarrollo.....	20
Ilustración 18.	Planificación desarrollo - Diagrama Gantt.....	21
Ilustración 19.	Planificación implantación.....	21
Ilustración 20.	Planificación implantación - Diagrama Gantt.....	21
Ilustración 21.	Planificación general final.....	25
Ilustración 22.	Planificación general final - Diagrama de Gantt.....	25
Ilustración 23.	Planificación final diseño.....	26
Ilustración 24.	Planificación final diseño - Diagrama Gantt.....	26
Ilustración 25.	Planificación final desarrollo.....	26
Ilustración 26.	Planificación final desarrollo - Diagrama Gantt.....	27
Ilustración 27.	Planificación final implantación.....	27
Ilustración 28.	Planificación final implantación - Diagrama Gantt.....	27

Ilustración 29. Diagrama de casos de uso	31
Ilustración 30. Diagrama de clases del análisis	36
Ilustración 31. Prototipo interfaz 1.....	37
Ilustración 32. Prototipo interfaz 2.....	38
Ilustración 33. Diagrama de paquetes.....	41
Ilustración 34. Diagrama de despliegue	42
Ilustración 35. Imagen módulo Zigbee.....	43
Ilustración 36. Diagrama de clases	45
Ilustración 37. Diagrama de actividad - Realizar medidas.....	46
Ilustración 38. Diagrama de actividad - Exportar informe	47
Ilustración 39. Logo Zigbee.....	52
Ilustración 40. Logo Java.....	53
Ilustración 41. Logo Maven	53
Ilustración 42. Logo Python.....	54
Ilustración 43. Logo JFreeChart	54
Ilustración 44. Logo Log4j.....	55
Ilustración 45. Logo JSerialComm.....	55
Ilustración 46. Logo JUnit	55
Ilustración 47. Logo SQLite	56
Ilustración 48. Logo Git.....	56
Ilustración 49. Logo XCTU.....	57
Ilustración 50. Logo IntelliJ	57
Ilustración 51. Logo MS Project.....	58
Ilustración 52. Logo MS Excel	58
Ilustración 53. Logo MS Word	59
Ilustración 54. Logo MS PowerPoint.....	59
Ilustración 55. Logo Draw.io	59
Ilustración 56. Ejecución de las pruebas automáticas.....	61
Ilustración 57. Método de Boehm.....	70
Ilustración 58. Categorías del riesgo método Boehm	71
Ilustración 59. Probabilidad del riesgo	71
Ilustración 60. Escala de impacto	72
Ilustración 61. Matriz de probabilidad e impacto	72
Ilustración 62. Registro de riesgos.....	73

Índice de tablas

Tabla 1. Distribución de carga del CC-8020	13
Tabla 2. Distribución de carga para cargador radioactivo	14
Tabla 3. Canales de comunicación de los dispositivos	14
Tabla 4. Impacto riesgo falta de documentación	22
Tabla 5. Impacto riesgo mala planificación	22
Tabla 6. Impacto riesgo baja por enfermedad	23
Tabla 7. Impacto riesgo falta de conocimiento	23
Tabla 8. Impacto riesgo equipos averiados	23
Tabla 9. Impacto riesgo código fuente	24
Tabla 10. Presupuesto de costes inicial.....	24

Tabla 11. Presupuesto de cliente inicial	25
Tabla 12. Presupuesto de costes final	28
Tabla 13. Presupuesto de cliente final.....	28
Tabla 14. Caso de uso 1: Cambiar idioma.....	32
Tabla 15. Caso de uso 2: Activar rampa.....	32
Tabla 16. Caso de uso 3: Visualizar datos medidos	32
Tabla 17. Caso de uso 4: Empezar medición	32
Tabla 18. Caso de uso 5: Parar medición.....	32
Tabla 19. Caso de uso 6: Exportar informe.....	32
Tabla 20. Caso de uso 7: Importar script.....	32
Tabla 21. Caso de uso 8: Editar parámetro de dispositivo	33
Tabla 22. Análisis Caso de uso 1: Cambiar idioma.....	33
Tabla 23. Análisis Caso de uso 2: Activar rampa.....	33
Tabla 24. Análisis Caso de uso 3: Visualizar datos medidos	34
Tabla 25. Análisis Caso de uso 4: Empezar medición	34
Tabla 26. Análisis Caso de uso 5: Parar medición.....	34
Tabla 27. Análisis Caso de uso 6: Exportar informe.....	35
Tabla 28. Análisis Caso de uso 7: Importar script.....	35
Tabla 29. Análisis clase MainWindow	36
Tabla 30. Análisis clase CommModule	36
Tabla 31. Análisis clase ExportModule	37
Tabla 32. Pruebas unitarias - Caso de uso 1	38
Tabla 33. Pruebas unitarias - Caso de uso 2	38
Tabla 34. Pruebas unitarias - Caso de uso 3	39
Tabla 35. Pruebas unitarias - Caso de uso 4.....	39
Tabla 36. Pruebas unitarias - Caso de uso 5	39
Tabla 37. Pruebas unitarias - Caso de uso 6	39
Tabla 38. Pruebas unitarias - Caso de uso 7	39
Tabla 39. Pruebas unitarias - Caso de uso 8	40
Tabla 40. Protocolo de comunicaciones.....	43
Tabla 41. Ejemplos protocolo de comunicación.....	43
Tabla 42. Juego de caracteres ASCII	44
Tabla 43. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 1	47
Tabla 44. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 2	48
Tabla 45. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 3	48
Tabla 46. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 4	48
Tabla 47. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 5	48
Tabla 48. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 6	49
Tabla 49. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 7	49
Tabla 50. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 8	49
Tabla 51. Preguntas de carácter general	50
Tabla 52. Actividades guiadas.....	50
Tabla 53. Cuestionario de preguntas cortas y observaciones	51
Tabla 54. Cuestionario para el responsable de las pruebas	51
Tabla 55. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 1.....	61
Tabla 56. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 2.....	61
Tabla 57. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 3.....	62

Tabla 58. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 4.....	62
Tabla 59. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 5.....	62
Tabla 60. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 6.....	62
Tabla 61. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 7.....	63
Tabla 62. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 8.....	63
Tabla 63. Respuesta Preguntas de carácter general.....	63
Tabla 64. Respuesta preguntas cortas sobre la aplicación	64
Tabla 65. Precios de los perfiles profesionales.....	65
Tabla 66. Partida inicial análisis.....	65
Tabla 67. Partida inicial diseño	65
Tabla 68. Partida inicial desarrollo	66
Tabla 69. Partida inicial implantación.....	66
Tabla 70. Partida inicial otros	66
Tabla 71. Presupuesto inicial de costes	67
Tabla 72. Presupuesto inicial de cliente	67
Tabla 73. Partida final análisis	68
Tabla 74. Partida final diseño	68
Tabla 75. Partida final de desarrollo.....	68
Tabla 76. Partida final implantación	69
Tabla 77. Partida final otros.....	69
Tabla 78. Presupuesto final de costes	69
Tabla 79. Presupuesto final de cliente.....	70

1. Introducción

1.1. Justificación

El laboratorio de aerosoles de la Escuela Politécnica de Mieres cuenta con un conjunto de dispositivos que se pueden interconectar para medir y exportar una serie de datos relacionados con la metrología de los iones y las partículas de aerosoles.

El problema es el programa de control de los dispositivos. Este programa está desactualizado y no cumple con funciones básicas que mejorarían mucho la usabilidad del programa y facilitarían la interacción con el mismo.

1.2. Situación inicial

Contamos con 5 dispositivos principales además de otro dispositivo opcional que se comunican de manera inalámbrica, tanto entre ellos como con el programa de control.

Para la comunicación entre los equipos contamos con un programa desarrollado por la empresa IONER [1]. Este programa comunica los equipos a través de Zigbee [2] permitiendo controlar los parámetros de entrada y salida de los equipos (Caudal de aire, voltaje aplicado, etc.)

1.3. Objetivos

Los equipos son prototipos que salieron a la venta sin estar completamente desarrollados, así que la ayuda que se pueda sacar de manuales y de la propia empresa desarrolladora está bastante limitada.

El programa de control que viene con los equipos está desarrollado en Labview, un entorno de desarrollo ideado para desarrollar sistemas usando un lenguaje de programación visual gráfico.

El programa no se adapta bien a la pantalla del ordenador, por lo que dificulta la realización de ciertas tareas. Además, a la hora de exportar los datos, el fichero obtenido muestra información dependiendo de qué parte de la aplicación tenga el foco, de tal forma que queda sin registrar información importante para el posterior análisis.

También se muestra información irrelevante en la propia interfaz del programa, que ha quedado ahí con intención de usarse en el futuro desarrollo que nunca siguió.

Se planea crear un nuevo programa de control que solucione estos problemas principales, creando una interfaz útil, clara y adaptable, junto con un sistema adecuado para la exportación de datos para su posterior análisis. Además de permitir la implementación de mejoras en la comunicación en un futuro, o ampliar a otros equipos, como la posibilidad de personalizar los algoritmos de cálculo para mejorar la precisión.

2. Aspectos teóricos

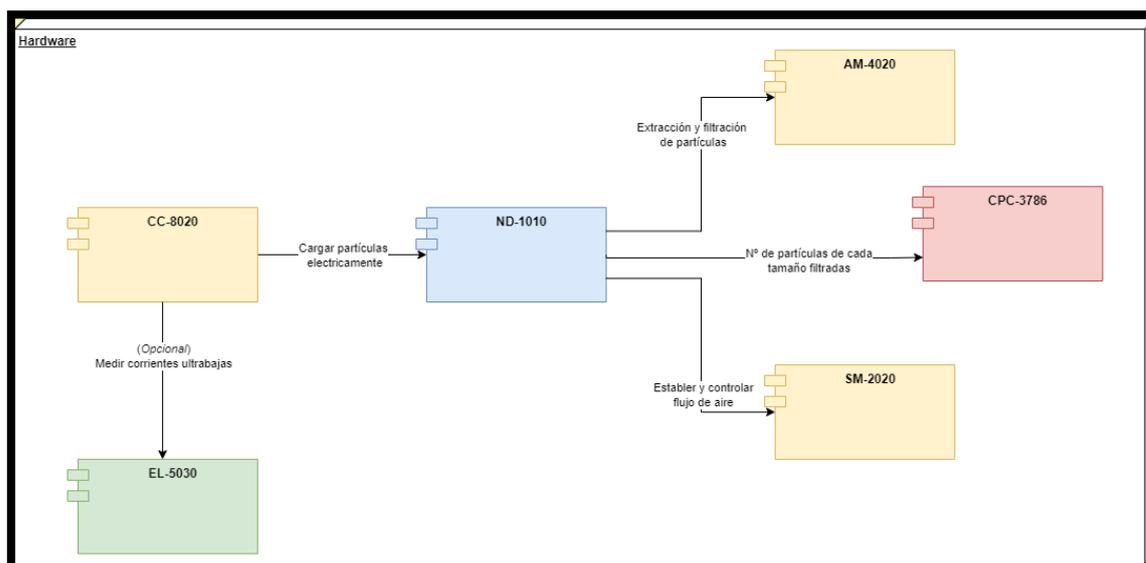


Ilustración 1. Esquema de dispositivos HW

El laboratorio cuenta con una serie de dispositivos descritos a continuación:

- **ND-1010 (Differential Mobility Analyzer):** Es el módulo central, su funcionamiento consiste en un flujo de aire con partículas de aerosol de múltiples tamaños que se diluye con aire limpio filtrado en una proporción 10:1. Dentro del dispositivo se aplica un voltaje para crear una diferencia de potencial entre las placas del dispositivo que afecte a las diferentes partículas, desviando su trayectoria en función de su tamaño permitiendo contarlas y clasificarlas.

Voltaje de clasificación del DMA, según caudales Q y movilidad eléctrica Z de las partículas:

$$V = \frac{Q \Delta_r}{Z \Delta_x \Delta_z}$$

Ilustración 2. Fórmula del voltaje DMA

Movilidad eléctrica:

$$Z_p = \frac{|\vec{u}_e|}{|\vec{E}|} = \frac{qe}{F_r} = \frac{qeC_c(D_p)}{3\pi\mu D_p}$$

Ilustración 3. Fórmula de la movilidad eléctrica

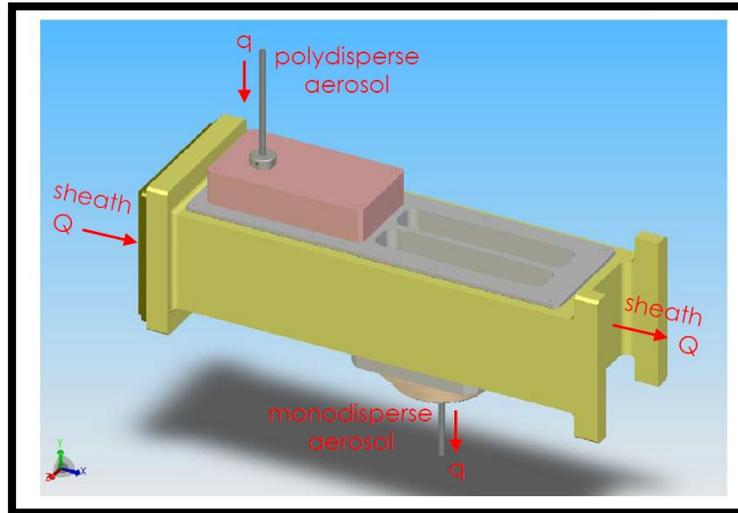


Ilustración 4. Esquema interno del DMA

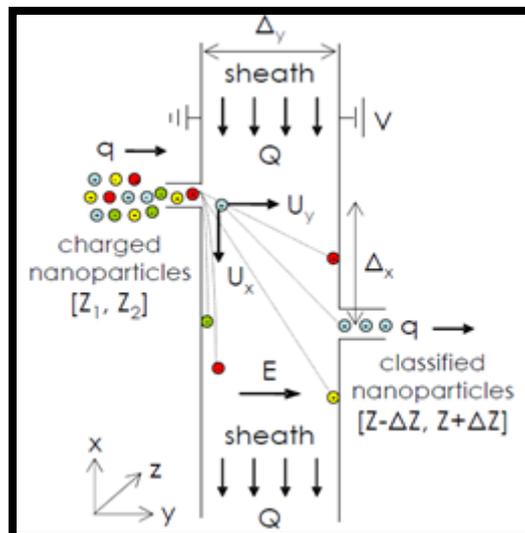


Ilustración 5. Funcionamiento del DMA

- **AM-4020:** Módulo auxiliar que se utiliza para la conducción del caudal q con aerosoles para su clasificación.
- **SM-2020:** Módulo auxiliar usado para establecer y controlar el flujo de aire de dilución Q .

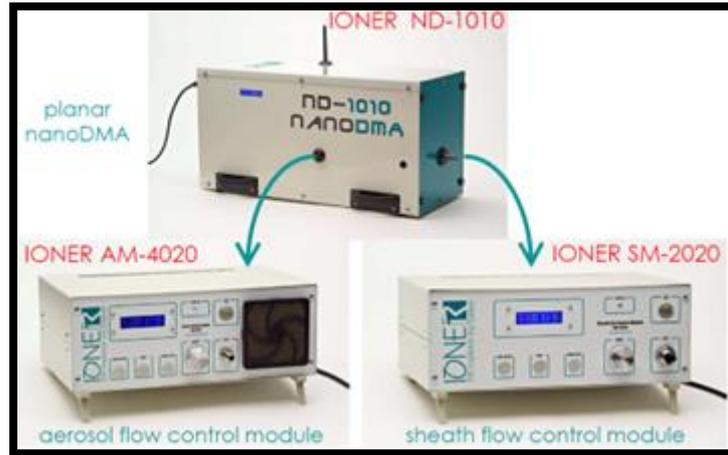


Ilustración 6. Conexión de los módulos auxiliares de control de caudales al DMA

- **CC-8020 (Cargador Corona):** Este módulo es el que se encarga de introducir carga en las partículas de aerosol antes de que entren en el módulo central.

Existen varios métodos para ionizar partículas, pastillas radioactivas (Kr-85, Am-241), descarga de una punta con una gran diferencia de potencial (efecto corona), rayos X, precipitadores electrostáticos, etc.

En todos los casos, la carga adquirida puede ser positiva o negativa (cargadores unipolares, como este cargador corona), o positiva y negativa (cargadores bipolares, como los radioactivos). Para todos los casos, conocer su distribución de carga de antemano permite calcular el tamaño de las partículas a través de su movilidad eléctrica.

3.0 kV					
Charge state	0	1	2	3	4
Particle size (nm)	Fraction charged				
10.47	0.84	0.16	0.00		
15.94	0.53	0.44	0.04		
21.41	0.40	0.53	0.07		
26.88	0.27	0.58	0.13	0.02	
32.34	0.22	0.49	0.25	0.04	
37.81	0.22	0.36	0.36	0.05	

3.2 kV					
Charge state	0	1	2	3	4
Particle size (nm)	Fraction charged				
10.47	0.78	0.22	0.00		
15.94	0.53	0.45	0.02		
21.41	0.38	0.51	0.11	0.00	
26.88	0.31	0.27	0.38	0.04	
32.34	0.29	0.15	0.47	0.09	
37.81	0.29	0.11	0.45	0.15	

3.4 kV					
Charge state	0	1	2	3	4
Particle size (nm)	Fraction charged				
10.47	0.78	0.22			
15.94	0.56	0.38	0.05	0.00	
21.41	0.45	0.31	0.22	0.02	
26.88	0.44	0.13	0.35	0.09	0.00
32.34	0.38	0.11	0.33	0.18	0.02
37.81	0.36	0.09	0.31	0.24	0.05

3.6 kV					
Charge state	0	1	2	3	4
Particle size (nm)	Fraction charged				
10.47	0.82	0.18			
15.94	0.67	0.31	0.02		
21.41	0.56	0.18	0.24	0.02	
26.88	0.47	0.11	0.27	0.13	0.02
32.34	0.42	0.09	0.22	0.20	0.07
37.81	0.40	0.07	0.16	0.25	0.11

Tabla 1. Distribución de carga del CC-8020

Particle Diameter Midpoint, nm	Mobility Midpoint cm ² /Vs	Fraction of Total Particle Concentration That Carries This Number (-6 to +6) of Charges												
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6
2.21	4.216E-01	0	0	0	0	0	0.0091	0.98268	0.0082	0	0	0	0	0
2.55	3.164E-01	0	0	0	0	0	0.0105	0.98007	0.0094	0	0	0	0	0
2.94	2.375E-01	0	0	0	0	0	0.0123	0.97691	0.0108	0	0	0	0	0
3.40	1.783E-01	0	0	0	0	0	0.0144	0.9731	0.0125	0	0	0	0	0
3.92	1.339E-01	0	0	0	0	0	0.0169	0.9685	0.0146	0	0	0	0	0
4.53	1.005E-01	0	0	0	0	0	0.0200	0.96297	0.0170	0	0	0	0	0
5.23	7.553E-02	0	0	0	0	0	0.0237	0.95634	0.0199	0	0	0	0	0
6.04	5.675E-02	0	0	0	0	0	0.0282	0.94842	0.0234	0	0	0	0	0
6.98	4.265E-02	0	0	0	0	0	0.0335	0.939	0.0275	0	0	0	0	0
8.06	3.207E-02	0	0	0	0	0	0.0398	0.92787	0.0323	0	0	0	0	0
9.31	2.412E-02	0	0	0	0	0	0.0472	0.9148	0.0380	0	0	0	0	0
10.75	1.815E-02	0	0	0	0	0	0.0559	0.89968	0.0445	0	0	0	0	0
12.41	1.367E-02	0	0	0	0	0	0.0659	0.88202	0.0520	0	0	0	0	0
14.33	1.030E-02	0	0	0	0	0	0.0774	0.86198	0.0606	0	0	0	0	0
16.55	7.767E-03	0	0	0	0	0	0.0903	0.83938	0.0703	0	0	0	0	0
19.11	5.862E-03	0	0	0	0	0	0.1047	0.81425	0.0810	0	0	0	0	0
22.07	4.429E-03	0	0	0	0	0.0004	0.1205	0.78618	0.0928	0.0002	0	0	0	0
25.48	3.351E-03	0	0	0	0	0.0008	0.1375	0.75588	0.1054	0.0004	0	0	0	0
29.43	2.539E-03	0	0	0	0	0.0015	0.1554	0.72334	0.1188	0.0009	0	0	0	0
33.98	1.927E-03	0	0	0	0	0.0029	0.1739	0.68883	0.1327	0.0017	0	0	0	0
39.24	1.465E-03	0	0	0	0	0.0051	0.1926	0.65272	0.1467	0.0029	0	0	0	0
45.32	1.116E-03	0	0	0	0	0.0084	0.2109	0.61545	0.1605	0.0048	0	0	0	0
52.33	8.532E-04	0	0	0	0	0.0131	0.2282	0.57755	0.1737	0.0075	0	0	0	0
60.43	6.539E-04	0	0	0	0	0.0195	0.2440	0.53969	0.1857	0.0111	0	0	0	0
69.78	5.030E-04	0	0	0	0	0.0278	0.2576	0.5026	0.1963	0.0157	0	0	0	0
80.58	3.885E-04	0	0	0	0.0012	0.0379	0.2686	0.46539	0.2050	0.0213	0.0005	0	0	0
93.06	3.014E-04	0	0	0	0.0026	0.0497	0.2766	0.4304	0.2115	0.0280	0.0012	0	0	0
107.46	2.350E-04	0	0	0.0001	0.0051	0.0628	0.2812	0.39728	0.2155	0.0356	0.0023	0	0	0
124.09	1.843E-04	0	0	0.0004	0.0091	0.0767	0.2825	0.36632	0.2169	0.0439	0.0041	0.0001	0	0
143.30	1.454E-04	0	0	0.0010	0.0146	0.0909	0.2804	0.33774	0.2158	0.0525	0.0066	0.0004	0	0
165.48	1.154E-04	0	0.0001	0.0023	0.0220	0.1047	0.2751	0.31172	0.2122	0.0612	0.0099	0.0008	0	0
191.10	9.227E-05	0	0.0003	0.0044	0.0309	0.1174	0.2671	0.28841	0.2065	0.0694	0.0139	0.0015	0.0001	0
220.67	7.428E-05	0.0001	0.0009	0.0077	0.0411	0.1285	0.2568	0.26786	0.1989	0.0768	0.0185	0.0026	0.0002	0
254.83	6.021E-05	0.0002	0.0019	0.0125	0.0522	0.1376	0.2448	0.25006	0.1898	0.0829	0.0234	0.0043	0.0005	0
294.27	4.914E-05	0.0005	0.0037	0.0187	0.0634	0.1443	0.2316	0.23483	0.1797	0.0873	0.0284	0.0064	0.0010	0.0001
339.82	4.036E-05	0.0012	0.0066	0.0262	0.0742	0.1486	0.2178	0.22184	0.1690	0.0901	0.0333	0.0090	0.0017	0.0002
392.42	3.336E-05	0.0025	0.0108	0.0348	0.0842	0.1505	0.2039	0.21058	0.1581	0.0910	0.0378	0.0120	0.0028	0.0005
453.16	2.772E-05	0.0046	0.0162	0.0440	0.0929	0.1503	0.1904	0.20035	0.1474	0.0903	0.0417	0.0151	0.0043	0.0009
523.30	2.315E-05	0.0079	0.0229	0.0534	0.1001	0.1481	0.1777	0.19035	0.1372	0.0883	0.0449	0.0183	0.0060	0.0016
604.30	1.941E-05	0.0123	0.0305	0.0623	0.1056	0.1445	0.1661	0.1797	0.1278	0.0854	0.0474	0.0214	0.0080	0.0025
697.83	1.634E-05	0.0180	0.0386	0.0705	0.1093	0.1398	0.1560	0.16748	0.1194	0.0821	0.0490	0.0242	0.0102	0.0036
805.84	1.380E-05	0.0246	0.0469	0.0775	0.1113	0.1345	0.1475	0.15282	0.1121	0.0789	0.0499	0.0266	0.0123	0.0050
930.57	1.169E-05	0.0319	0.0547	0.0831	0.1117	0.1289	0.1410	0.13491	0.1063	0.0763	0.0501	0.0286	0.0144	0.0064

Tabla 2. Distribución de carga para cargador radioactivo

- **EL-5030 (Electrómetro):** Módulo opcional que mide las corrientes ultrabajas (femtoAmperios) generadas por los gases ionizados. Funciona de manera autónoma y proporciona información complementaria a los demás dispositivos.
- **CPC (Condensation Particle Counter):** Módulo opcional de otra compañía y ajeno al conjunto principal de dispositivos. Este se puede conectar a la salida del módulo central para contar el número de partículas en bruto en un volumen de aire ($\#/cm^3$) sin tener en cuenta carga, forma o tamaño.

En cuanto a la comunicación, los dispositivos se comunican de manera inalámbrica a través de protocolos de comunicación Zigbee:

CANAL	EQUIPO
96	DMA ND-1010
93	EL-5030
91	AM-4020
90	SM-2020

Velocidad de comunicación del ZigBee: 115200

Tabla 3. Canales de comunicación de los dispositivos

3. Planificación

3.1. Planificación del proyecto

En este apartado se tratarán todas las partes que conciernen a la planificación de un proyecto para garantizar la correcta realización de este dentro de unos márgenes, tanto temporales como económicos.

3.1.1. Identificación de interesados

Se han identificado una serie de organizaciones y/o personas cuyas opiniones han de ser tenidas en cuenta por su interés en el proyecto.

- Tutores del TFG
- Investigadores del laboratorio de aerosoles
- Futuros desarrolladores de la aplicación

3.1.2. OBS y PBS

En el siguiente diagrama OBS (Organization Breakdown Structure) se muestran las responsabilidades sobre la realización de las tareas del proyecto mediante un organigrama del proyecto.

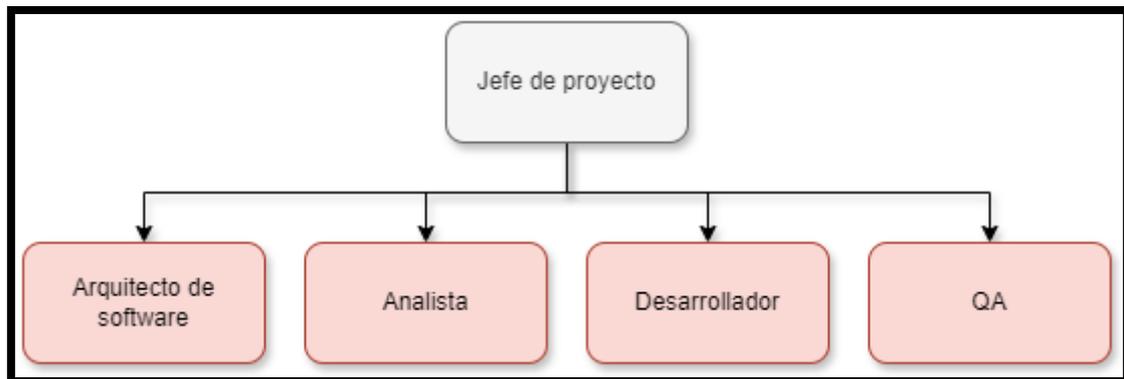


Ilustración 7. OBS

En este diagrama PBS (Product Breakdown Structure) se muestran los diferentes objetivos del proyecto representados como productos.

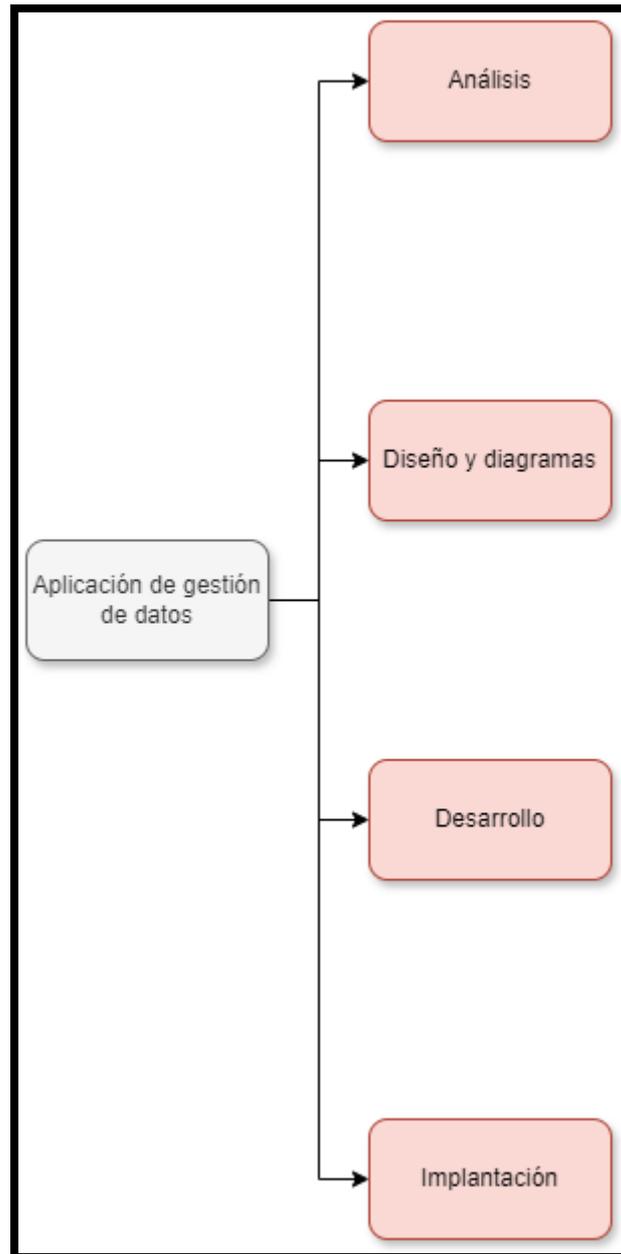


Ilustración 8. PBS general

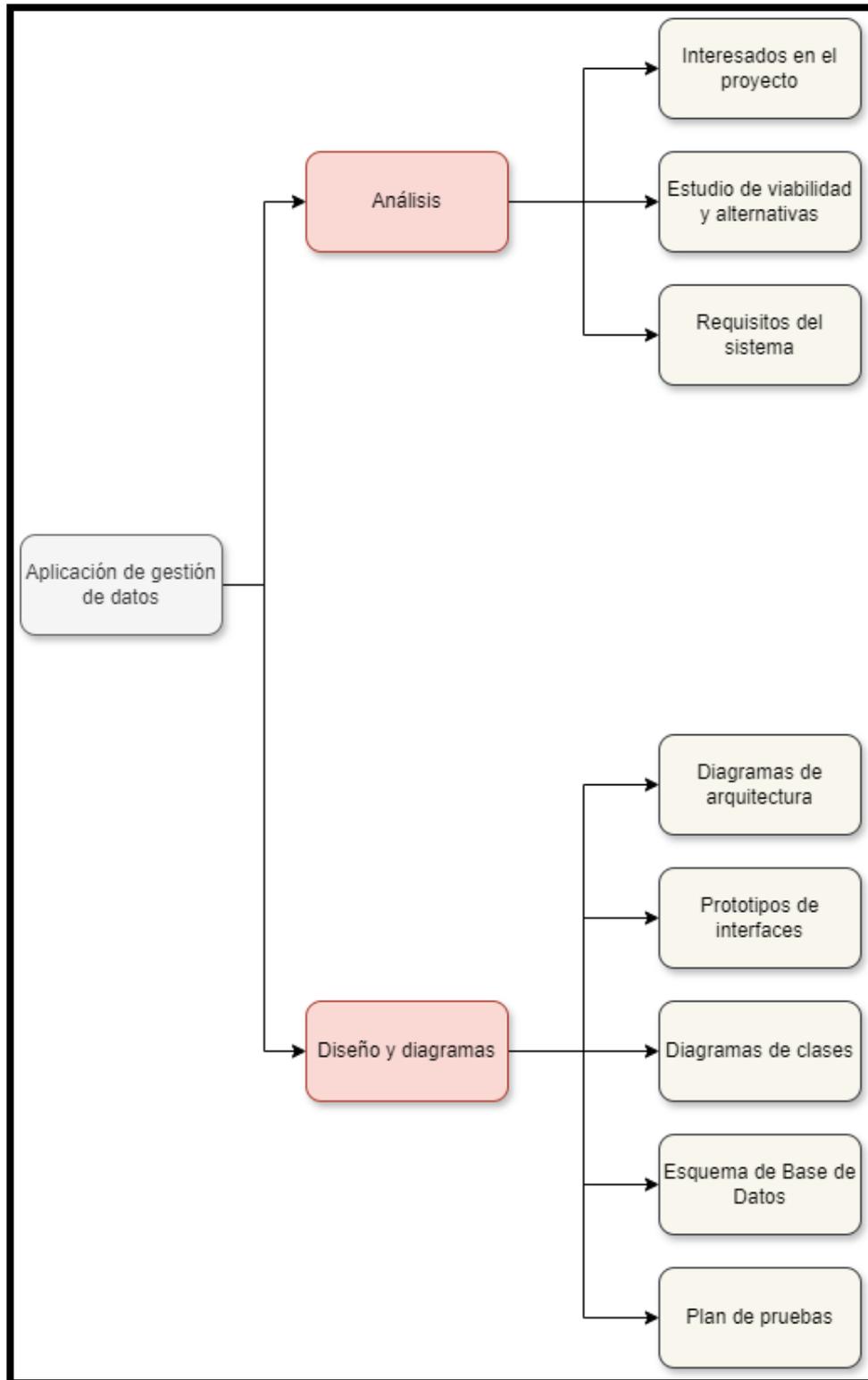


Ilustración 9. PBS Análisis y Diseño

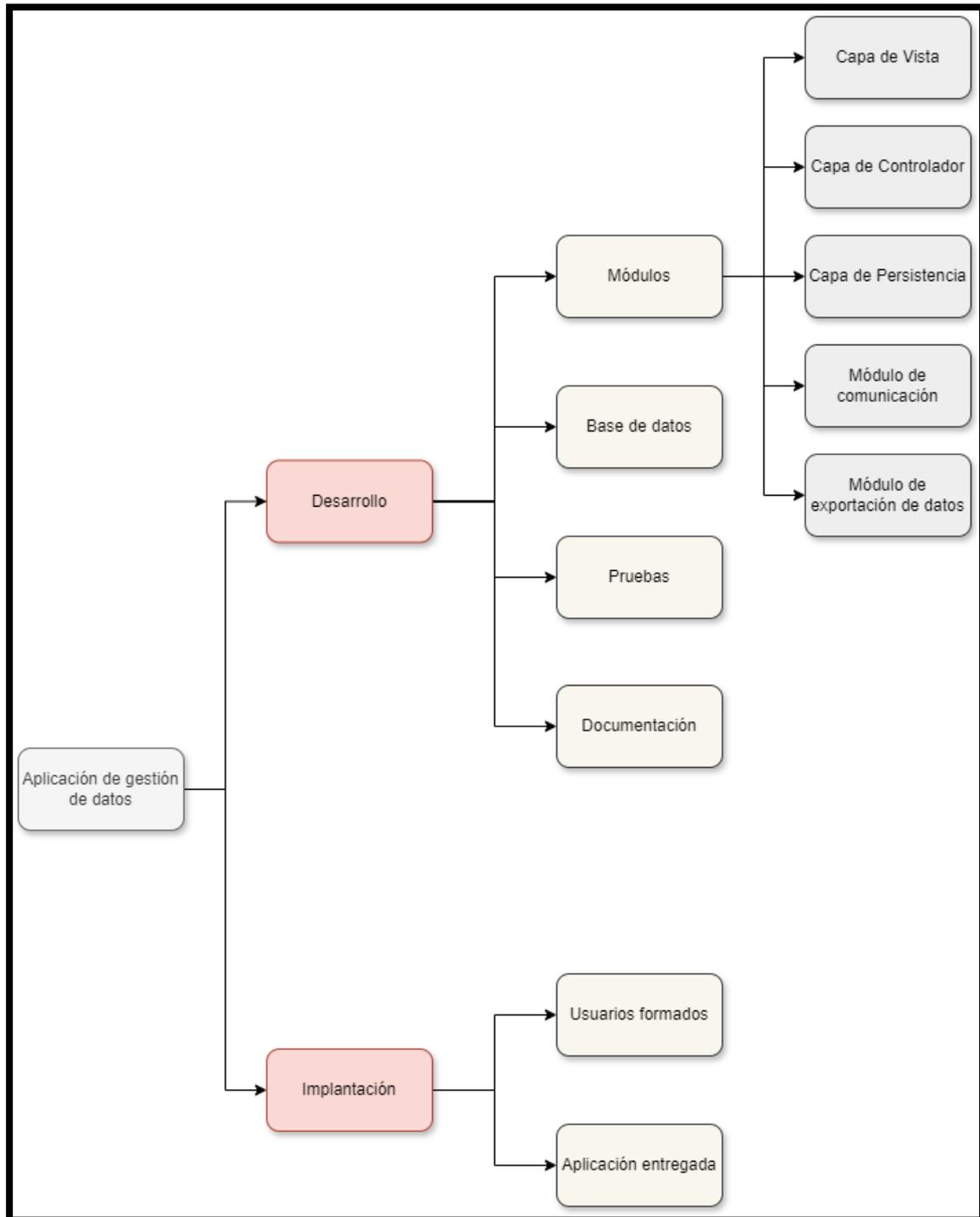


Ilustración 10. PBS Desarrollo e Implantación

3.1.3. Planificación inicial

En este apartado se mostrará una planificación de las tareas que se van a abordar a lo largo de la duración del proyecto. Esto combinado con los actores que realizarán dichas tareas está representado en el WBS (Work Breakdown Structure).

Se estima una duración inicial de 33 días para el proyecto, empezando el día 1 de febrero de 2024 y finalizando el día 18 de marzo de 2024.

▾ Trabajo Fin de Grado	33 días	jue 01/02/24	lun 18/03/24
▷ Análisis	6 días	jue 01/02/24	jue 08/02/24
▷ Diseño	9 días	jue 01/02/24	mar 13/02/24
▷ Desarrollo	22 días	mié 14/02/24	jue 14/03/24
▷ Implantación	2 días	vie 15/03/24	lun 18/03/24

Ilustración 11. Planificación general

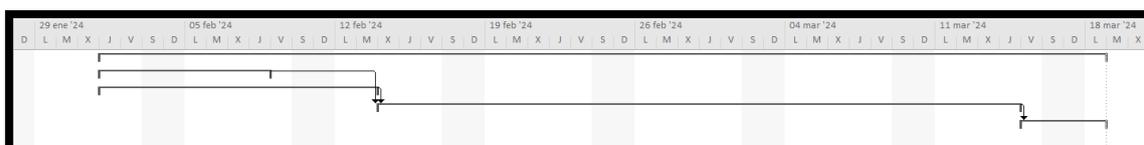


Ilustración 12. Planificación general - Diagrama de Gantt

3.1.3.1. Planificación de Fase de análisis

En esta fase participaran principalmente tanto arquitecto como analista software y se irá analizando el estado inicial del proyecto.

▾ Análisis	6 días	jue 01/02/24	jue 08/02/24
Identificación de interesados	1 día	jue 01/02/24	jue 01/02/24
Estudio de situación actual	2 días	vie 02/02/24	lun 05/02/24
Requisitos	3 días	mar 06/02/24	jue 08/02/24

Ilustración 13. Planificación análisis

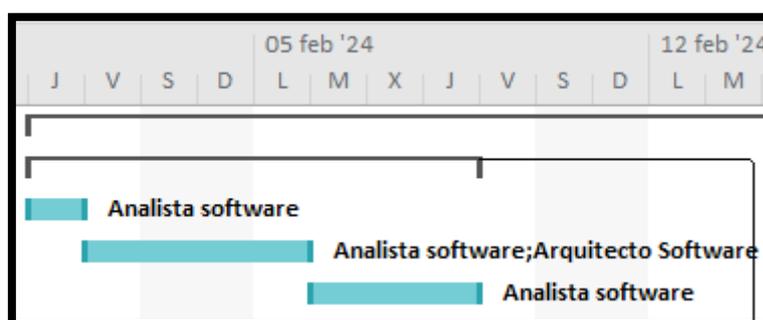


Ilustración 14. Planificación análisis - Diagrama Gantt

3.1.3.2. Planificación de Fase de diseño

Una vez acabada la fase de análisis, se empezará a diseñar la estructura del proyecto, principalmente será el arquitecto quien tenga más peso en esta fase.

▾ Diseño	9 días	jue 01/02/24	mar 13/02/24
Diseño de arquitectura	2 días	mar 06/02/24	mié 07/02/24
Diseño de interfaces	1 día	jue 01/02/24	jue 01/02/24
Diseño de clases	1 día	jue 08/02/24	jue 08/02/24
Diseño de Base de Datos	2 días	vie 09/02/24	lun 12/02/24
Diseño de pruebas	1 día	mar 13/02/24	mar 13/02/24

Ilustración 15. Planificación diseño

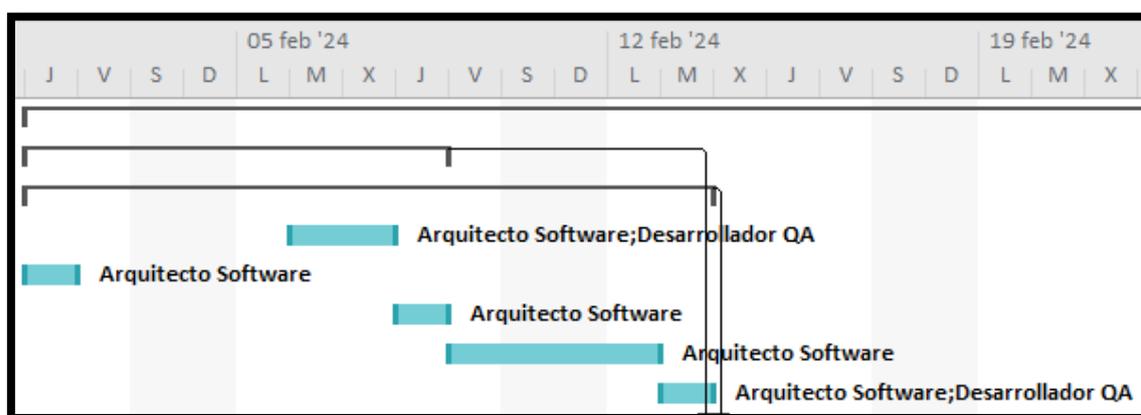


Ilustración 16. Planificación diseño - Diagrama Gantt

3.1.3.3. Planificación de Fase de desarrollo

Finalmente, los desarrolladores con ayuda del arquitecto empiezan a desarrollar los diferentes módulos que componen el sistema.

▾ Desarrollo	22 días	mié 14/02/24	jue 14/03/24
▾ Desarrollo de los módulos	17 días	mié 14/02/24	jue 07/03/24
Módulo vista	4 días	mié 14/02/24	lun 19/02/24
Módulo controlador	6 días	jue 22/02/24	jue 29/02/24
Módulo persistencia	4 días	vie 16/02/24	mié 21/02/24
Módulo comunicación	3 días	vie 01/03/24	mar 05/03/24
Módulo exportación	2 días	mié 06/03/24	jue 07/03/24
Desarrollo Base de Datos	2 días	mié 14/02/24	jue 15/02/24
Desarrollo pruebas	3 días	vie 08/03/24	mar 12/03/24
Desarrollo documentación	2 días	mié 13/03/24	jue 14/03/24

Ilustración 17. Planificación desarrollo

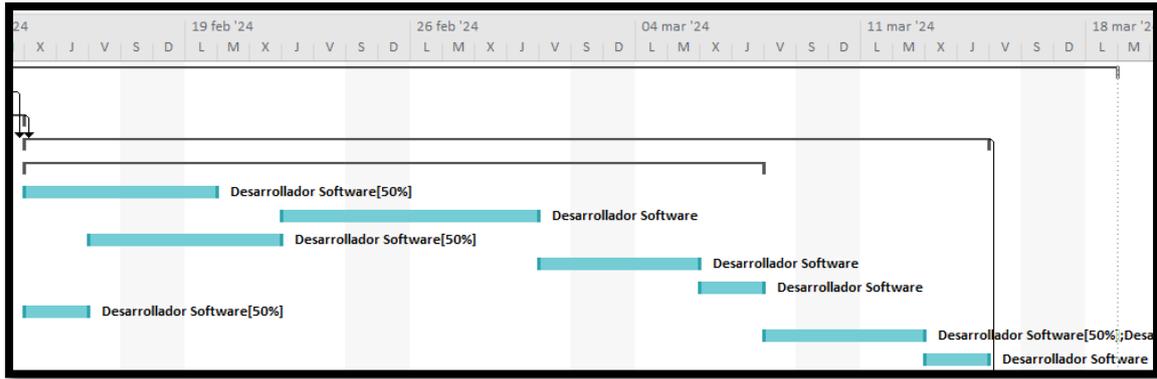


Ilustración 18. Planificación desarrollo - Diagrama Gantt

3.1.3.4. Planificación de Fase de implantación

Una última fase en la que se hará entrega de la aplicación y se impartirá una formación sobre el uso de la misma.

Implantación	2 días	vie 15/03/24	lun 18/03/24
Formación	1 día	vie 15/03/24	vie 15/03/24
Entrega	1 día	lun 18/03/24	lun 18/03/24

Ilustración 19. Planificación implantación

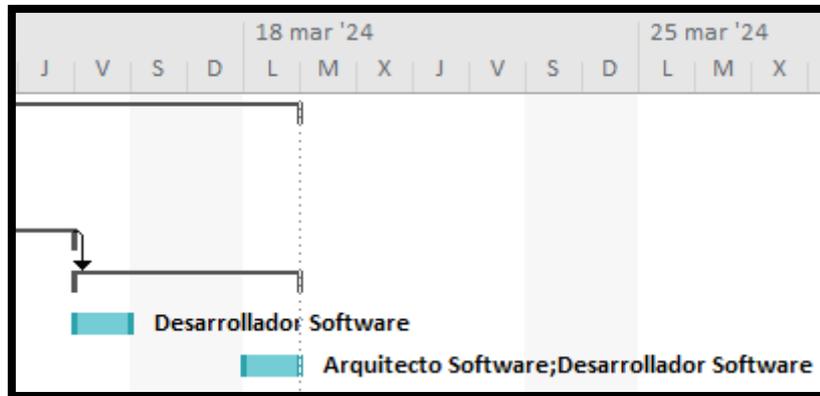


Ilustración 20. Planificación implantación - Diagrama Gantt

3.1.4. Riesgos

En este apartado se presentarán una lista de posibles riesgos que afectan al correcto desarrollo del proyecto, además de un plan de gestión el cual describe el proceso a seguir a la hora de lidiar con ellos.

3.1.4.1. Plan de gestión de riesgos

El plan de gestión de riesgos se encuentra detallado en el apartado [8.2. Plan de gestión de riesgos](#).

3.1.4.2. Identificación de riesgos

Los riesgos identificados en la planificación del proyecto y su impacto sobre el mismo son los siguientes:

- **Falta de documentación sobre sistema inicial:**

Probabilidad	Impacto				Impacto
	Presup.	Planific.	Alcance	Calidad	
Muy Alta	Medio	Alto	Alto	Medio	0,50

Tabla 4. Impacto riesgo falta de documentación

Los equipos utilizados son prototipos que nunca salieron al mercado, por lo que es posible que no se cuente con una documentación fiable y que la empresa suministradora de los equipos no ofrezca soporte de cara a posibles dudas.

En este caso, la estrategia escogida es **asumir el riesgo**.

- **Mala planificación:**

Probabilidad	Impacto				Impacto
	Presup.	Planific.	Alcance	Calidad	
Media	Alto	Crítico	Bajo	Bajo	0,45

Tabla 5. Impacto riesgo mala planificación

Una o varias partes de la planificación del proyecto cuentan con una estimación que no se corresponde con la realidad.

La estrategia elegida es **asumir el riesgo**, por lo que se intentará realizar la planificación lo mejor posible para intentar evitar la aparición de tareas no planificadas.

- **Baja por enfermedad:**

Probabilidad	Impacto				Impacto
	Presup.	Planific.	Alcance	Calidad	
Media	Alto	Alto	Medio	Medio	0,28

Tabla 6. Impacto riesgo baja por enfermedad

Una o varias de las personas asignadas al proyecto se quedan de baja por enfermedad de forma parcial o indefinida.

En este caso, se **mitigaría el riesgo**, intentando cubrir las bajas resultantes lo antes posible asignando o contratando a nuevos trabajadores capacitados para el desarrollo del proyecto.

- **Falta de conocimiento de los desarrolladores:**

Probabilidad	Impacto				Impacto
	Presup.	Planific.	Alcance	Calidad	
Media	Medio	Medio	Medio	Alto	0,28

Tabla 7. Impacto riesgo falta de conocimiento

Los desarrolladores asociados al proyecto no son expertos en las tecnologías utilizadas en el desarrollo de este.

Se intentará **eliminar el riesgo**, para ello se buscará asignar desarrolladores que tengan buen conocimiento de las tecnologías aplicadas al proyecto, además de dar formación para los que no tengan tanto conocimiento.

- **Equipos averiados:**

Probabilidad	Impacto				Impacto
	Presup.	Planific.	Alcance	Calidad	
Baja	Crítico	Crítico	Crítico	Crítico	0,27

Tabla 8. Impacto riesgo equipos averiados

Uno o varios de los equipos físicos utilizados en el laboratorio de aerosoles para medir datos sobre las partículas introducidas en el sistema se rompen.

En este caso, no quedaría más remedio que **asumir el riesgo**, sin los equipos utilizados para medir y tratar las partículas de aerosoles el proyecto no podría continuar, aunque es poco probable que eso suceda.

- **Perdida del código fuente:**

Probabilidad	Impacto				Impacto
	Presup.	Planific.	Alcance	Calidad	
Baja	Alto	Alto	Medio	Medio	0,17

Tabla 9. Impacto riesgo código fuente

Pérdida parcial o completa del código fuente del proyecto.

La estrategia adoptada sería la **eliminación del riesgo**, usando sistemas de control de versiones y creando copias de seguridad de manera frecuente.

3.1.5. Presupuesto inicial

En este apartado se mostrará un resumen del presupuesto inicial del proyecto, formado usando los anteriores apartados para definir las tareas junto con los recursos que se usaran en cada una de ellas (jefe de proyecto, arquitecto de software, analista, etc.)

El desglose completo del presupuesto se mostrará en el apartado [8.1.1. Presupuesto inicial](#).

Presupuesto de costes		
Cod.	Partida	Total
1	Análisis	€ 1.344,00
2	Diseño	€ 2.088,00
3	Desarrollo	€ 2.856,00
4	Implantación	€ 528,00
5	Otros costes	€ 7.392,00
Total		€ 14.208,00

Tabla 10. Presupuesto de costes inicial

Presupuesto de costes		
Cod.	Partida	Total
1	Análisis	€ 4.080,00
2	Diseño	€ 4.824,00
3	Desarrollo	€ 5.592,00
4	Implantación	€ 3.264,00
Total (sin IVA)		€ 17.760,00
IVA		21%
Total		€ 21.489,60

Tabla 11. Presupuesto de cliente inicial

3.2. Cierre del proyecto

En los siguientes apartados se mostrarán las desviaciones que ha sufrido el proyecto con respecto a la planificación inicial, junto con un informe de riesgos y un nuevo presupuesto final.

3.2.1. Planificación final

La planificación final muestra cambios en las fases de diseño, desarrollo e implantación, que serán descritos con más detalles en los siguientes apartados.

La estimación final pasa a ser de 40 días de duración para el proyecto, empezando el día 1 de febrero de 2024 y finalizando el día 27 de marzo de 2024.

▲ Trabajo Fin de Grado	40 días	jue 01/02/24	mié 27/03/24
▷ Análisis	6 días	jue 01/02/24	jue 08/02/24
▷ Diseño	11 días	jue 01/02/24	jue 15/02/24
▷ Desarrollo	26 días	vie 16/02/24	vie 22/03/24
▷ Implantación	3 días	lun 25/03/24	mié 27/03/24

Ilustración 21. Planificación general final



Ilustración 22. Planificación general final - Diagrama de Gantt

3.2.1.1. Planificación de fase de diseño

Durante el desarrollo del sistema hubo que cambiar el planteamiento de los módulos que se estaban desarrollando. De esta forma, el diseño de las pruebas que se realizó en su momento tuvo que ser revisado y corregido de acuerdo con el nuevo funcionamiento de los módulos del sistema.

▾ Diseño	11 días	jue 01/02/24	jue 15/02/24
Diseño de arquitectura	2 días	mar 06/02/24	mié 07/02/24
Diseño de interfaces	1 día	jue 01/02/24	jue 01/02/24
Diseño de clases	1 día	jue 08/02/24	jue 08/02/24
Diseño de Base de Datos	2 días	vie 09/02/24	lun 12/02/24
Diseño de pruebas	3 días	mar 13/02/24	jue 15/02/24

Ilustración 23. Planificación final diseño

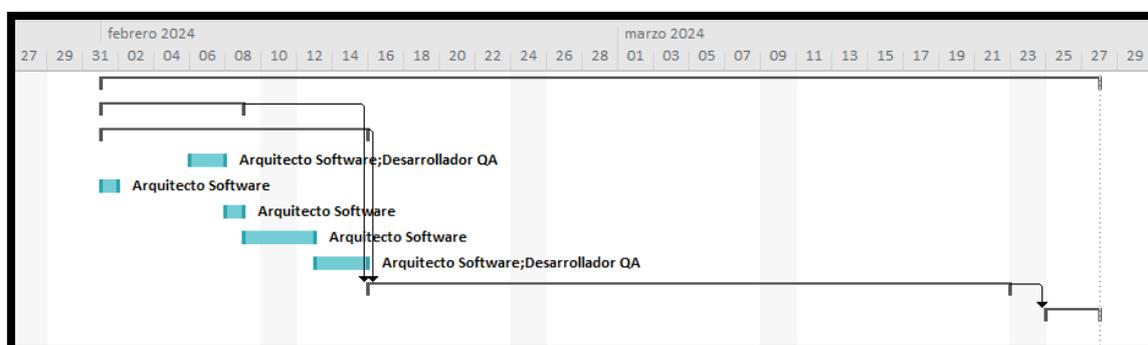


Ilustración 24. Planificación final diseño - Diagrama Gantt

3.2.1.2. Planificación de fase de desarrollo

El desarrollo del módulo de comunicación requirió más tiempo del estimado en un inicio en mayor parte por la falta de conocimiento sobre las tecnologías utilizadas, a lo que se añadió el lento funcionamiento del equipo utilizado para probar este módulo.

▾ Desarrollo	26 días	vie 16/02/24	vie 22/03/24
▾ Desarrollo de los módulos	21 días	vie 16/02/24	vie 15/03/24
Módulo vista	4 días	vie 16/02/24	mié 21/02/24
Módulo controlador	6 días	lun 26/02/24	lun 04/03/24
Módulo persistencia	4 días	mar 20/02/24	vie 23/02/24
Módulo comunicación	7 días	mar 05/03/24	mié 13/03/24
Módulo exportación	2 días	jue 14/03/24	vie 15/03/24
Desarrollo Base de Datos	2 días	vie 16/02/24	lun 19/02/24
Desarrollo pruebas	3 días	lun 18/03/24	mié 20/03/24
Desarrollo documentación	2 días	jue 21/03/24	vie 22/03/24

Ilustración 25. Planificación final desarrollo

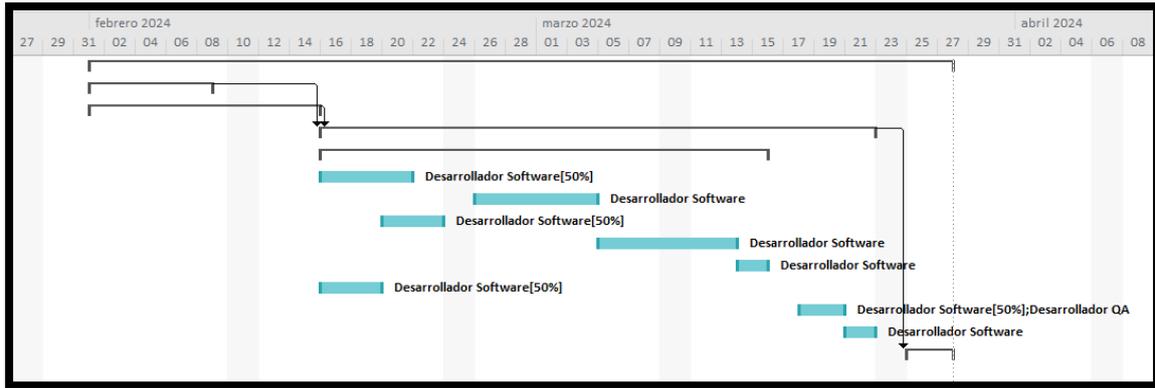


Ilustración 26. Planificación final desarrollo - Diagrama Gantt

3.2.1.3. Planificación de fase de implantación

Se pidió extender la formación dada al cliente con el fin de poder aclarar dudas y que la entrega del sistema pudiera realizarse sin inconvenientes.

Implantación	3 días	lun 25/03/24	mié 27/03/24
Formación	2 días	lun 25/03/24	mar 26/03/24
Entrega	1 día	mié 27/03/24	mié 27/03/24

Ilustración 27. Planificación final implantación



Ilustración 28. Planificación final implantación - Diagrama Gantt

3.2.2. Informe de riesgos

En este apartado se listan los riesgos más importantes que han impactado en el desarrollo del proyecto y como ha sido ese impacto.

- **Falta de documentación sobre el sistema inicial:**

Como se estimó en un inicio, las dudas que se iban planteando a la hora de desarrollar el proyecto no pudieron ser respondidas por la empresa suministradora y la documentación existente era escasa.

Por suerte, el impacto de este riesgo fue reducido al poder hacer alguna reunión puntual con el anterior desarrollador de la aplicación inicial del sistema, permitiendo así resolver problemas que fueron surgiendo durante el desarrollo.

- **Mala planificación:**

Las estimaciones de esfuerzo iniciales que se realizaron fueron demasiado optimistas, provocando que hubiera que aumentar el tiempo dedicado a ciertas tareas y en consecuencia reorganizar la planificación de las demás.

- **Falta de conocimiento de los desarrolladores:**

La falta de conocimiento del negocio junto con la poca experiencia con alguna de las tecnologías seleccionadas supuso una ralentización del desarrollo de las tareas que inicialmente no se habían estimado como muy exigentes en cuanto a horas se refiere.

3.2.3. Presupuesto final

A continuación, el resumen del presupuesto final del proyecto una vez realizados los cambios descritos en los apartados anteriores.

El desglose del presupuesto final puede encontrarse en el apartado [8.1.2. Presupuesto final](#).

Presupuesto de costes		
Cod.	Partida	Total
1	Análisis	€ 1.344,00
2	Diseño	€ 2.840,00
3	Desarrollo	€ 3.400,00
4	Implantación	€ 672,00
5	Otros costes	€ 7.392,00
Total		€ 15.648,00

Tabla 12. Presupuesto de costes final

Presupuesto de costes		
Cod.	Partida	Total
1	Análisis	€ 4.170,00
2	Diseño	€ 5.666,00
3	Desarrollo	€ 6.226,00
4	Implantación	€ 3.498,00
Total (sin IVA)		€ 19.560,00
IVA		21%
Total		€ 23.667,60

Tabla 13. Presupuesto de cliente final

4. Análisis

En la siguiente sección se realizará el análisis del sistema, donde se irán viendo, entre otros, los requisitos del sistema, casos de uso, prototipos de interfaces y pruebas del programa.

4.1. Definición del sistema

El sistema será utilizado como unidad central de control de los dispositivos físicos usados en el laboratorio de aerosoles.

El sistema permitirá al usuario monitorizar las medidas tomadas sobre las partículas de aerosoles por los dispositivos físicos, además de permitir la edición de las propiedades de los dispositivos físicos con el fin de configurar correctamente diferentes perfiles de experimentos.

También permitirá al usuario importar scripts de Python que se usaran para el cálculo del diámetro de las partículas de aerosol ya que este dependerá del tipo de cargador que se utilice en el sistema.

El sistema contará con una función de rampa que permitirá mediante una progresión matemática probar diferentes voltajes a unos intervalos de tiempo equidistantes.

Se permitirá exportar los datos medidos durante la ejecución de los experimentos a un archivo en formato XLS.

El sistema será implementado como una aplicación de escritorio que tendrá una interfaz amigable y adaptable a diferentes tamaños de pantalla. Además, el sistema contará con una base de datos interna que almacenará los datos medidos de los dispositivos durante la sesión, que será limpiada una vez se cierre la misma.

4.2. Requisitos del sistema

En este apartado se tratarán los requisitos del sistema, además de los actores del sistema y la especificación de los casos de uso.

4.2.1. Obtención de los requisitos del sistema

4.2.1.1. Requisitos funcionales del sistema

RF1. El sistema permitirá la comunicación con los dispositivos de medida.

RF1.1. El sistema permitirá editar las propiedades de los dispositivos de medida.

RF1.2. El sistema permitirá leer las propiedades de los dispositivos de medida.

RF1.2.1. El sistema mostrará estas propiedades en forma de gráficas con los siguientes valores (eje x contra eje y):

RF1.2.1.1. Voltaje (V) contra movilidad eléctrica ($cm^3/V.s$).

RF1.2.1.2. Tiempo (s) contra corriente eléctrica (fA).

RF1.2.1.3. Tiempo (s) contra caudal de aire (SLP).

RF1.3. El sistema permitirá al usuario establecer una rampa a la hora de realizar las medidas, solicitando los siguientes datos:

RF1.3.1. Límite inferior y superior (V).

RF1.3.1.1. Puede ser un número positivo o negativo.

RF1.3.1.2. El límite inferior debe ser menor que el límite superior.

RF1.3.2. Factor de progresión.

RF1.3.1.1. Tiene que ser un número positivo.

RF1.3.1.2. Tiene que ser un número mayor que 0.

RF1.3.3. Tipo de progresión.

RF1.3.1.1. Tiene que ser positiva o negativa.

RF1.3.1.2. Tiene que ser aritmética o geométrica.

RF2. El sistema permitirá al usuario importar scripts de Python para realizar el cálculo del diámetro de las partículas.

RF3. El sistema permitirá al usuario exportar un informe con los datos medidos.

RF3.1. El sistema notificará al usuario para que elija un para el cálculo del diámetro de las partículas si no se ha elegido con anterioridad.

RF3.2. El formato del archivo exportado será XLS.

RF3.3. El informe contará con las siguientes columnas:

RF3.3.1. Tiempo (s)

RF3.3.2. Voltaje (V)

RF3.3.3. Corriente (fA)

RF3.3.4. SP She. (SLP)

RF3.3.5. PV She. (SLP)

RF3.3.6. SP Ext. (SLP)

RF3.3.7. PV Ext. (SLP)

RF3.3.8. Movilidad ($cm^3/V.s$)

RF3.3.9. Dpz (nm)

RF4. El sistema estará disponible tanto en inglés como en castellano.

4.2.1.2. Requisitos no funcionales

RNF1. El sistema contará con una interfaz usable y responsiva que se adapte a varios tamaños de pantalla.

RNF2. El sistema tendrá un log con los errores capturados.

RNF3. El sistema será escalable para incorporar fácilmente futuras ampliaciones.

4.2.2. Identificación de actores del sistema

En este sistema solo contaremos con un tipo de actor. Este usuario genérico será cualquier persona que use el sistema y tendrá a su disposición todas las funcionalidades que presenta el sistema.

4.2.3. Especificación de casos de uso



Ilustración 29. Diagrama de casos de uso

Nombre del caso de uso

Cambiar idioma

Descripción

El usuario elegirá en que idioma se mostrará la interfaz del sistema.

Tabla 14. Caso de uso 1: Cambiar idioma

Nombre del caso de uso

Activar rampa

Descripción

El usuario elegirá antes de comenzar las medidas si quiere aplicar una rampa, proporcionando los datos de entrada necesarios.

Tabla 15. Caso de uso 2: Activar rampa

Nombre del caso de uso

Visualizar datos medidos

Descripción

El usuario podrá ver los datos que están siendo medidos en las gráficas que se muestran en la interfaz.

Tabla 16. Caso de uso 3: Visualizar datos medidos

Nombre del caso de uso

Empezar medición

Descripción

El usuario comenzará a guardar los datos medidos por los dispositivos físicos durante un periodo de tiempo.

Tabla 17. Caso de uso 4: Empezar medición

Nombre del caso de uso

Parar medición

Descripción

El usuario podrá parar de leer y guardar los datos medidos por los dispositivos físicos.

Tabla 18. Caso de uso 5: Parar medición

Nombre del caso de uso

Exportar informe

Descripción

El usuario podrá elegir exportar un informe con los datos recabados de las anteriores medidas para su posterior análisis.

Tabla 19. Caso de uso 6: Exportar informe

Nombre del caso de uso

Importar script

Descripción

El usuario podrá elegir un script de Python que se utilizará para el cálculo del diámetro de las partículas medidas por los dispositivos físicos.

Tabla 20. Caso de uso 7: Importar script

Nombre del caso de uso

Editar parámetro de dispositivo

Descripción

El usuario podrá editar los parámetros de entrada de los dispositivos de medida a través del sistema en lugar de hacerlo accediendo a los controles físicos de los dispositivos.

Tabla 21. Caso de uso 8: Editar parámetro de dispositivo

4.3. Análisis de casos de uso

4.3.1. Caso de uso 1: Cambiar idioma

Cambiar idioma

Precondiciones	-
Postcondiciones	-
Actores	Usuario
Descripción	El usuario seleccionará en el menú superior la opción “opciones” > “idioma” y seleccionará el idioma deseado. Acto seguido el sistema cambiará la interfaz al idioma seleccionado.
Excepciones	-

Tabla 22. Análisis Caso de uso 1: Cambiar idioma

4.3.2. Caso de uso 2: Activar rampa

Activar rampa

Precondiciones	-
Postcondiciones	-
Actores	Usuario
Descripción	El usuario rellena los campos de configuración del panel de la rampa y pulsa el botón “activar”. El usuario empezará una medición y la rampa irá actualizando los valores cada 2 segundos.
Excepciones	El usuario ha rellenado los campos de configuración con valores inválidos. Se notificará al usuario con un mensaje explicando cual es el error cometido.

Tabla 23. Análisis Caso de uso 2: Activar rampa

4.3.3. Caso de uso 3: Visualizar datos medidos

Visualizar datos medidos

Precondiciones	El usuario debe de haber empezado una medición
Postcondiciones	-
Actores	Usuario
Descripción	Mientras una medición está en curso, el usuario podrá ver reflejados en las gráficas los datos medidos por los dispositivos físicos. Estas gráficas se irán actualizando mientras la medición siga en curso.
Excepciones	-

Tabla 24. Análisis Caso de uso 3: Visualizar datos medidos

4.3.4. Caso de uso 4: Empezar medición

Empezar medición

Precondiciones	-
Postcondiciones	-
Actores	Usuario
Descripción	El usuario seleccionará el botón de empezar la medición en la esquina superior izquierda y el sistema empezará a tomar las medidas, comunicándose con los dispositivos físicos y guardando en BD las medidas tomadas.
Excepciones	El sistema se encargará de guardar en un fichero de log los errores de comunicación con los dispositivos.

Tabla 25. Análisis Caso de uso 4: Empezar medición

4.3.5. Caso de uso 5: Parar medición

Parar medición

Precondiciones	Debe de haber una medición en curso
Postcondiciones	-
Actores	Usuario
Descripción	El usuario seleccionará el botón de parar la medición en la esquina superior izquierda y el sistema detendrá la comunicación con los dispositivos físicos.
Excepciones	-

Tabla 26. Análisis Caso de uso 5: Parar medición

4.3.6. Caso de uso 6: Exportar informe

Exportar informe

Precondiciones	Debe de haber comenzado y terminado una medición
Postcondiciones	-
Actores	Usuario
Descripción	El usuario seleccionará el botón exportar en el menú superior “archivo”. El sistema le pedirá al usuario el número máximo de cargas para realizar el cálculo del diámetro de las partículas y la ubicación donde exportar el archivo.
Excepciones	Si no se ha importado previamente un script para calcular el diámetro de las partículas, se le pedirá al usuario una vez seleccione el botón de exportar.

Tabla 27. Análisis Caso de uso 6: Exportar informe

4.3.7. Caso de uso 7: Importar script

Importar script

Precondiciones	-
Postcondiciones	-
Actores	Usuario
Descripción	El usuario seleccionará el botón importar en el menú superior “archivo”. El sistema le pedirá al usuario que seleccione un archivo con extensión py.
Excepciones	-

Tabla 28. Análisis Caso de uso 7: Importar script

4.3.8. Caso de uso 8: Editar parámetro de dispositivo

Editar parámetro de dispositivo

Precondiciones	-
Postcondiciones	-
Actores	Usuario
Descripción	El usuario introducirá en uno de los paneles inferiores asociados con un dispositivo físico el valor que desea escribir y después seleccionará el botón “enviar”. El sistema mandará al dispositivo físico el nuevo valor para la propiedad a cambiar.
Excepciones	El sistema notificará al usuario en caso de que el campo esté vacío.

4.4. Análisis de clases

4.4.1. Diagrama de clases

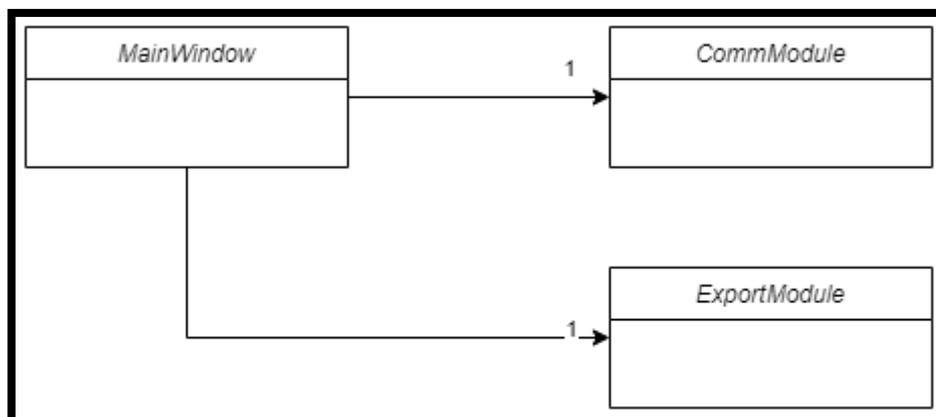


Ilustración 30. Diagrama de clases del análisis

4.4.2. Descripción de las clases

MainWindow

Descripción

Esta clase representa la ventana principal de la aplicación. Será la encargada de mostrar la interfaz al usuario y de comunicarse con los controladores.

Atributos propuestos

commModule	Representa el módulo de comunicación desde el que se gestionará el tráfico de información con los dispositivos físicos.
exportModule	Representa el módulo de exportación desde el que se generará el informe con los datos medidos.

Métodos propuestos

-

Tabla 29. Análisis clase MainWindow

CommModule

Descripción

Esta clase estará a cargo de la comunicación con los dispositivos físicos.

Atributos propuestos

myPort	Representa el puerto por el que se realizará la comunicación.
--------	---

Métodos propuestos

sendDataToEndDevice	Se encarga de crear el mensaje de escritura y de enviarlo al puerto de comunicación.
readDataFromEndDevice	Se encarga de crear el mensaje de lectura y de enviarlo al puerto de comunicación.

Tabla 30. Análisis clase CommModule

ExportModule

Descripción	
Esta clase estará a cargo de crear y exportar el documento con la información recogida durante las mediciones.	
Atributos propuestos	
-	-
Métodos propuestos	
exportData	Se encarga de crear el documento e ir escribiendo en los datos medidos por los dispositivos físicos.

Tabla 31. Análisis clase ExportModule

4.5. Definición de interfaces de usuario

En esta sección se mostrarán los prototipos de las interfaces diseñadas durante esta fase del proyecto.

Ambos prototipos presentados buscan tener cierta similitud con la interfaz de la aplicación anterior, con el fin de facilitar a los usuarios que ya han usado con anterioridad el software puedan adaptarse fácilmente a la nueva aplicación.

Se busca dividir la interfaz en paneles que agrupen la información de cada dispositivo físico involucrado en el sistema, además de mover partes de la interfaz anterior que estaban siempre en pantalla a otros submenús con el fin de reducir la cantidad de ruido visual en la pantalla principal.

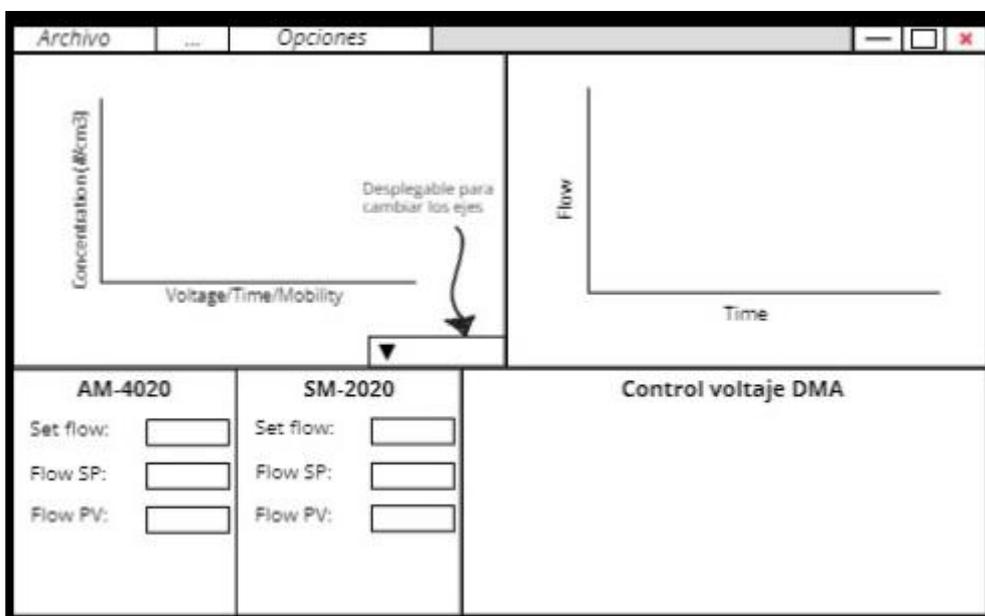


Ilustración 31. Prototipo interfaz 1.

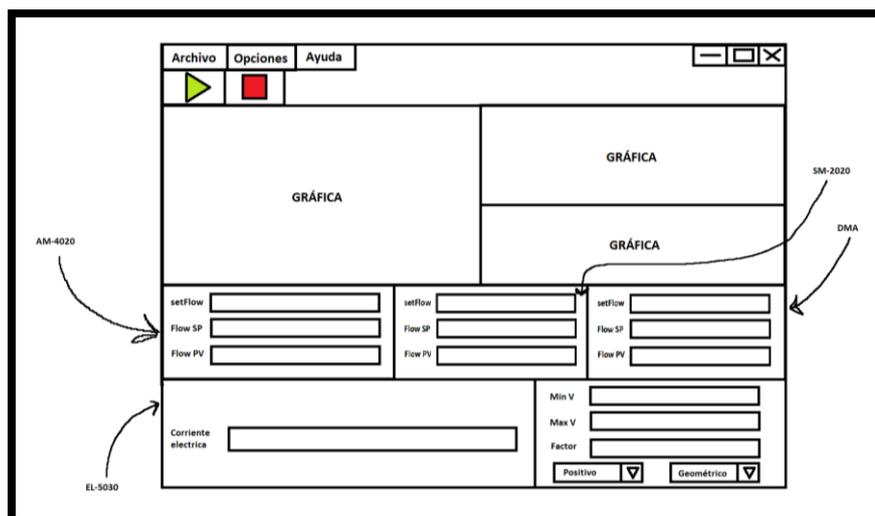


Ilustración 32. Prototipo interfaz 2

4.6. Especificación del plan de pruebas

Para la realización del plan de pruebas se planteará usar pruebas manuales y automáticas, siendo las pruebas automáticas realizadas con la ayuda de las bibliotecas Junit 5.

4.6.1. Pruebas unitarias

Caso de uso 1: Cambiar idioma

Prueba	Resultado esperado
Cambiar a otro idioma (inglés)	Toda la interfaz de la aplicación cambia al inglés.
Cambiar al mismo idioma	La interfaz se queda en el idioma en el que está.

Tabla 32. Pruebas unitarias - Caso de uso 1

Caso de uso 2: Activar rampa

Prueba	Resultado esperado
Activar rampa	La función de rampa se activa correctamente.
Activar rampa (campos vacíos)	El sistema muestra una notificación al usuario especificando que los campos de configuración han de estar rellenos.
Activar rampa (rango incorrecto)	El sistema muestra una notificación al usuario especificando que los campos de configuración del voltaje deben cumplir que el valor de "Min V" sea menor que el valor de "Max V".
Activar rampa (factor inválido)	El sistema muestra una notificación al usuario especificando que el campo de configuración "factor" debe cumplir que su valor sea mayor que 1.
Activar rampa (signo equivocado)	El sistema muestra una notificación al usuario especificando que los campos de configuración del voltaje deben de cumplir que sus valores sean del signo especificado (positivo o negativo).

Tabla 33. Pruebas unitarias - Caso de uso 2

Caso de uso 3: Visualizar datos medidos

Prueba	Resultado esperado
Visualizar datos en las gráficas	Al empezar a medir, las gráficas se van actualizando con los valores medidos.

Tabla 34. Pruebas unitarias - Caso de uso 3

Caso de uso 4: Empezar medición

Prueba	Resultado esperado
Medidas tomadas	La base de datos se va actualizando con las nuevas medidas.
Dispositivo no encontrado	No se recibe mensaje de respuesta por parte del dispositivo físico y la base de datos no registra una nueva medida.

Tabla 35. Pruebas unitarias - Caso de uso 4

Caso de uso 5: Parar medición

Prueba	Resultado esperado
Parar medición	El sistema detiene el proceso de toma de medidas.

Tabla 36. Pruebas unitarias - Caso de uso 5

Caso de uso 6: Exportar informe

Prueba	Resultado esperado
Exportar informe (script importado)	El sistema pide al usuario el valor de cargas máximo para el cálculo del diámetro de las partículas y genera el informe con los datos medidos.
Exportar informe (script no importado)	El sistema pide al usuario el valor de cargas máximo para el cálculo del diámetro de las partículas y genera el informe con los datos medidos, dejando la columna del diámetro de la partícula vacía.

Tabla 37. Pruebas unitarias - Caso de uso 6

Caso de uso 7: Importar script

Prueba	Resultado esperado
Importar script	El sistema pedirá al usuario que seleccione un archivo de extensión py.

Tabla 38. Pruebas unitarias - Caso de uso 7

Caso de uso 8: Editar parámetro de dispositivo

Prueba	Resultado esperado
Valor normal	Se transmitirá el valor al dispositivo físico y se podrá ver en la pantalla con la que cuenta el dispositivo el valor enviado indicando que ha cambiado correctamente.
Valores límite	Se transmitirá el valor al dispositivo físico y se podrá ver en la pantalla con la que cuenta el dispositivo el valor enviado indicando que ha cambiado correctamente.
Valores fuera de rango	Se transmitirá el valor al dispositivo físico y se podrá ver en la pantalla con la que cuenta el dispositivo el valor límite (superior si se pasa por arriba, inferior si se pasa por abajo) indicando que ha cambiado correctamente.

Tabla 39. Pruebas unitarias - Caso de uso 8

4.6.2. Pruebas de usabilidad

Las pruebas de usabilidad serán realizadas a través de cuestionarios que se les darán a los usuarios para que indiquen su impresión del sistema y valoren si se cumplen ciertos aspectos indicados.

5. Diseño

5.1. Arquitectura del sistema

En esta sección se presentarán los diagramas de la arquitectura del sistema junto con una explicación de estos.

5.1.1. Diagrama de paquetes

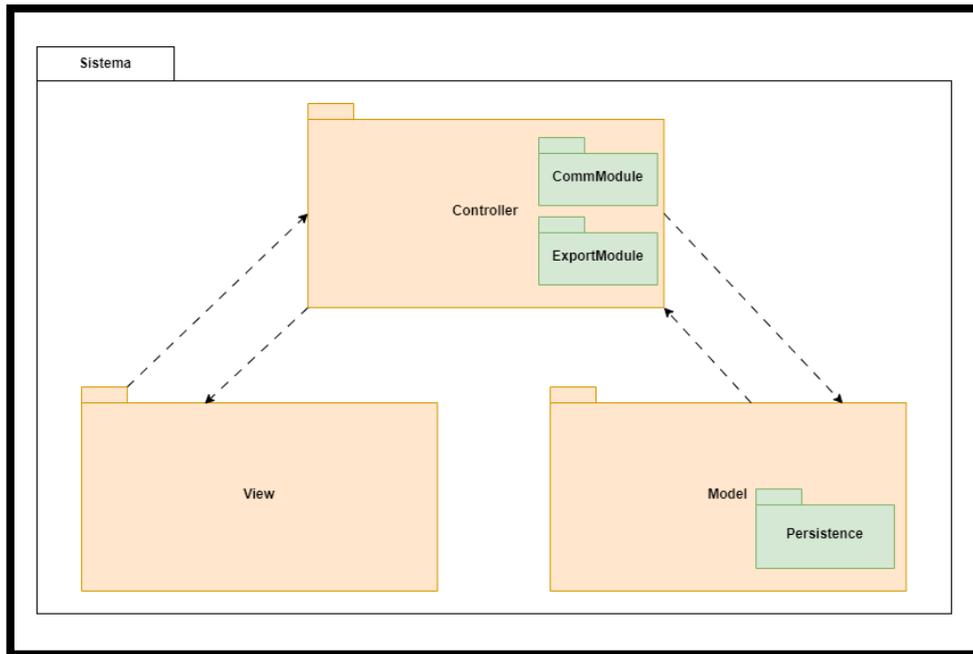


Ilustración 33. Diagrama de paquetes

El diseño de los paquetes del sistema se ha planteado siguiendo la arquitectura MVC (Modelo-Vista-Controlador). De esta forma, el paquete de la vista quedará encargado de tratar con la interfaz de la aplicación, el paquete del modelo será el encargado de tratar las operaciones con la base de datos del sistema y el controlador se usará como un puente en la comunicación entre estos dos paquetes, además de encapsular todas las operaciones lógicas del sistema.

5.1.2. Diagrama de despliegue

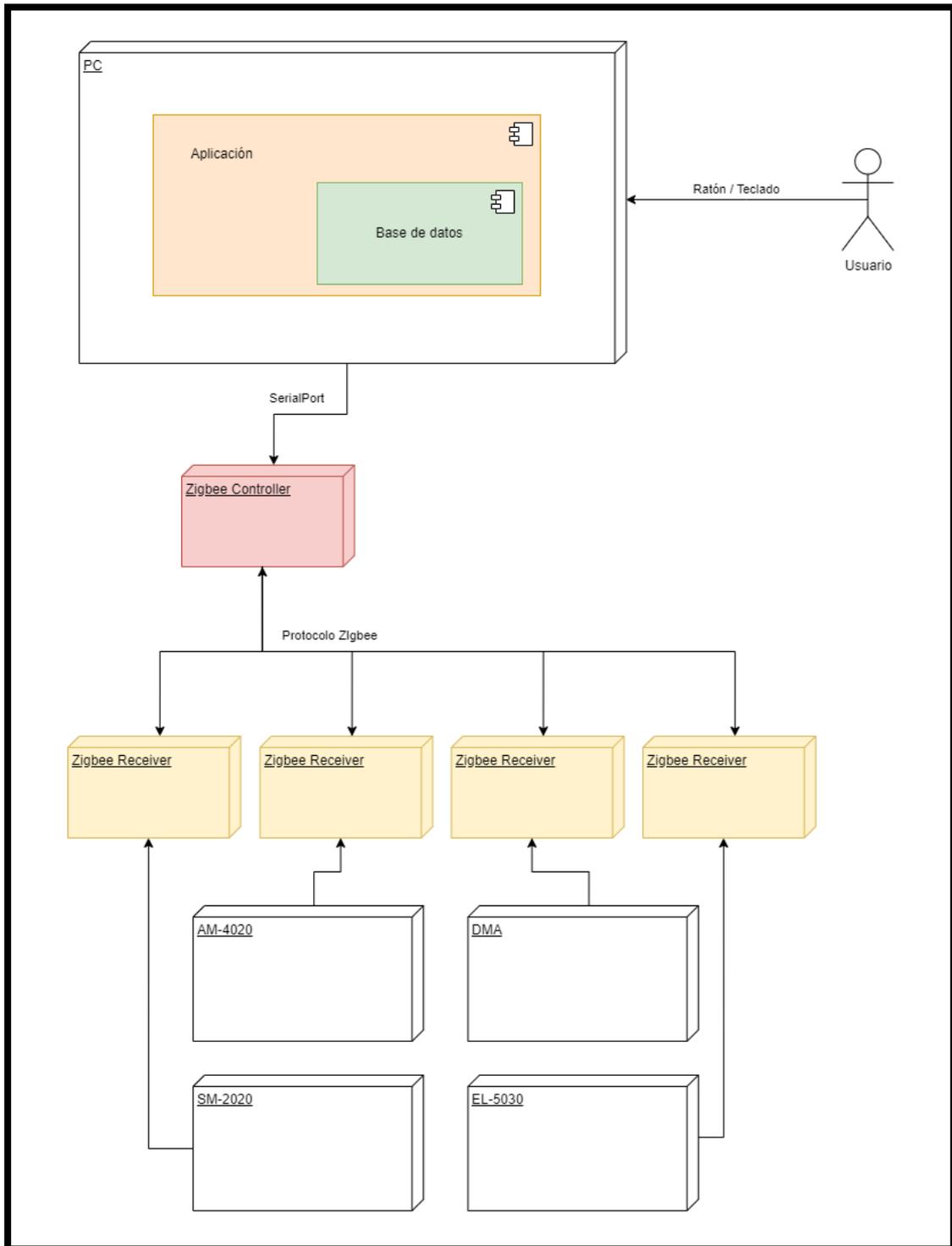


Ilustración 34. Diagrama de despliegue

Para realizar la correcta comunicación con los dispositivos físicos, estos cuentan con un módulo Zigbee que actúa como receptor. Al ordenador que contenga el sistema se le conecta a un puerto USB otro controlador Zigbee que actúa como coordinador y será encargado de enviar los mensajes a los dispositivos físicos.

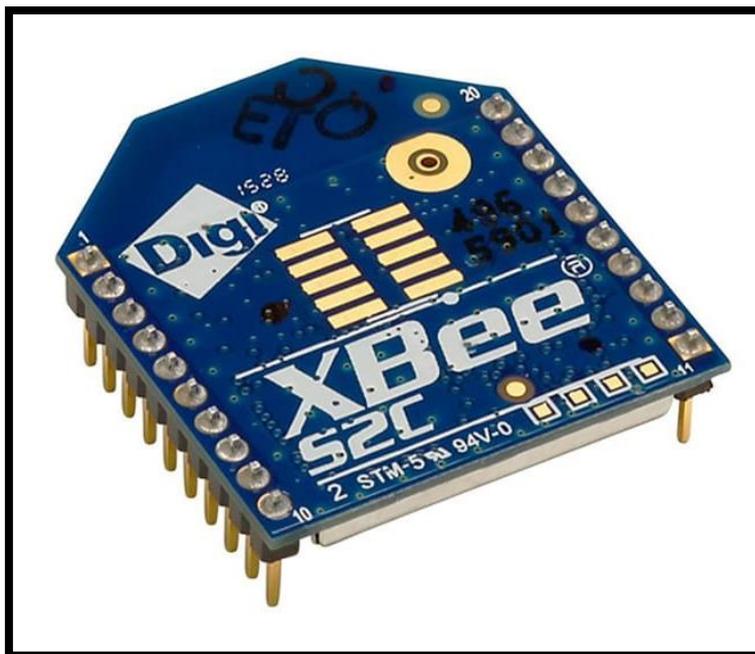


Ilustración 35. Imagen módulo Zigbee

La comunicación entre los dispositivos Zigbee se realiza escribiendo en el puerto donde está conectado el Zigbee coordinador una cadena de bytes siguiendo un protocolo que se describirá a continuación. Una vez enviado el mensaje, el dispositivo receptor procesará la orden y responderá con otra cadena de bytes que llegará al Zigbee coordinador.

REFERENCIA PROTOCOLO DE COMUNICACIONES	
Formato de lectura	
PC → Microcontrolador	STX + DIR1 + DIR2 + 'R' + COMANDO + ETX + BCC
Microcontrolador → PC	STX + DIR1 + DIR2 + 'R' + COMANDO + ACK + VALOR + ETX + BCC
Formato de escritura	
PC → Microcontrolador	STX + DIR1 + DIR2 + 'W' + COMANDO + VALOR + ETX + BCC
Microcontrolador → PC	STX + DIR1 + DIR2 + 'W' + COMANDO + ACK + ETX + BCC
Cálculo del carácter BCC	
Operación XOR de todos los bytes desde STX hasta ETX, ambos incluidos	

Tabla 40. Protocolo de comunicaciones

Ejemplos de comunicación	
Ejemplo comando de lectura	
Envío	STX + 90 + R + f + ETX + BCC
Recepción	STX + 90 + R + f + ACK + 12345 + ETX + BCC
Ejemplo comando de escritura	
Envío	STX + 90 + W + G + 100.00 + ETX + BCC
Recepción	STX + 90 + W + G + ACK + ETX + BCC

Tabla 41. Ejemplos protocolo de comunicación

Juego de caracteres ASCII								
DEC	HEX	CHAR	DEC	HEX	CHAR	DEC	HEX	CHAR
32	20	SP	65	41	A	98	62	b
33	21	!	66	42	B	99	63	c
34	22	"	67	43	C	100	64	d
35	23	#	68	44	D	101	65	e
36	24	\$	69	45	E	102	66	f
37	25	%	70	46	F	103	67	g
38	26	&	71	47	G	104	68	h
39	27	'	72	48	H	105	69	i
40	28	(	73	49	I	106	6A	j
41	29	)	74	4A	J	107	6B	k
42	2A	*	75	4B	K	108	6C	l
43	2B	+	76	4C	L	109	6D	m
44	2C	,	77	4D	M	110	6E	n
45	2D	-	78	4E	N	111	6F	o
46	2E	.	79	4F	O	112	70	p
47	2F	/	80	50	P	113	71	q
48	30	0	81	51	Q	114	72	r
49	31	1	82	52	R	115	73	s
50	32	2	83	53	S	116	74	t
51	33	3	84	54	T	117	75	u
52	34	4	85	55	U	118	76	v
53	35	5	86	56	V	119	77	w
54	36	6	87	57	W	120	78	x
55	37	7	88	58	X	121	79	y
56	38	8	89	59	Y	122	7A	z
57	39	9	90	5A	Z	2	02	STX
58	3A	:	91	5B	[	3	03	ETX
59	3B	;	92	5C	\	5	05	ENQ
60	3C	<	93	5D	]	6	06	ACK

Tabla 42. Juego de caracteres ASCII

5.2. Diseño de clases

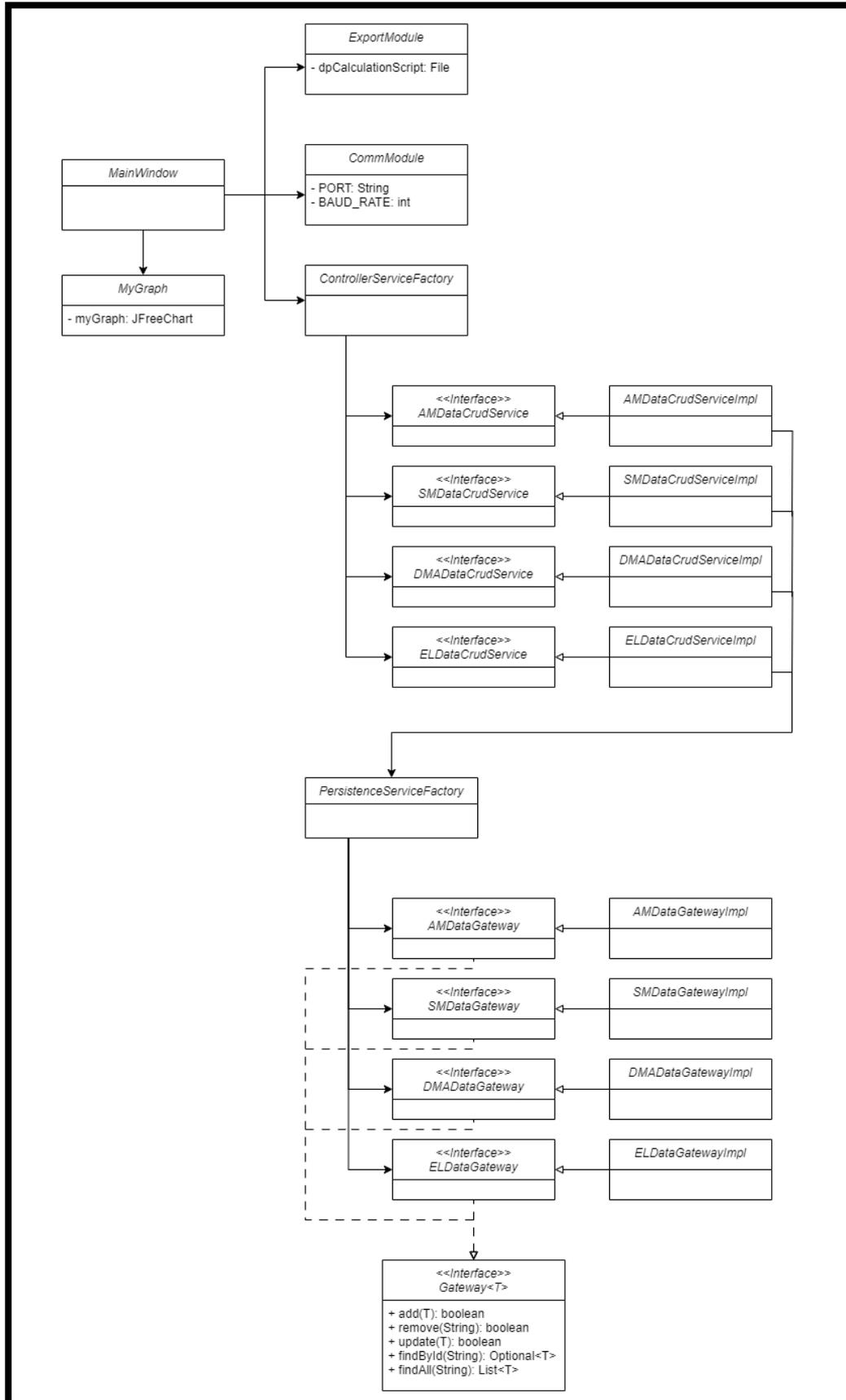


Ilustración 36. Diagrama de clases

A la hora del diseño de las clases, se ha buscado seguir la estructura supuesta por el patrón MVC, separando las 3 capas y buscando que sea la capa del controlador la que lidie con las restantes.

Se han implementado varios patrones de diseño. Así, se han creado un par de clases Factory para crear los servicios y los Gateway para realizar las operaciones de creación, lectura, escritura y recuperación (CRUD) de la información medida por los dispositivos físicos. Además, se han utilizado objetos DTO (Data Transfer Object) para realizar la comunicación entre capas.

Parte de este diseño se ha reciclado de los trabajos realizados en la asignatura Repositorios de Información y se ha adaptado a la nueva lógica de negocio que presenta el proyecto.

5.3. Diagrama de actividad

A continuación, se mostrarán los diagramas de actividad de las partes más importantes del sistema y que engloban la mayor parte de la funcionalidad.

5.3.1. Realizar medidas

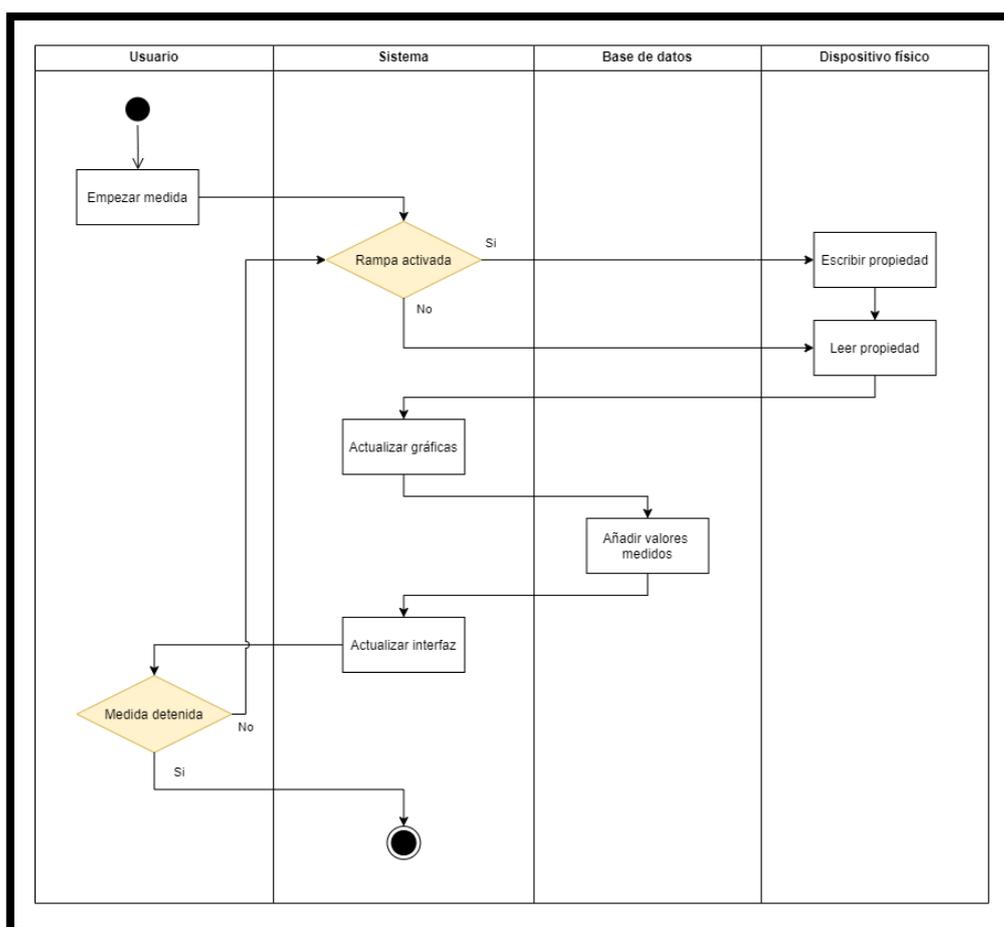


Ilustración 37. Diagrama de actividad - Realizar medidas

5.3.2. Exportar informe

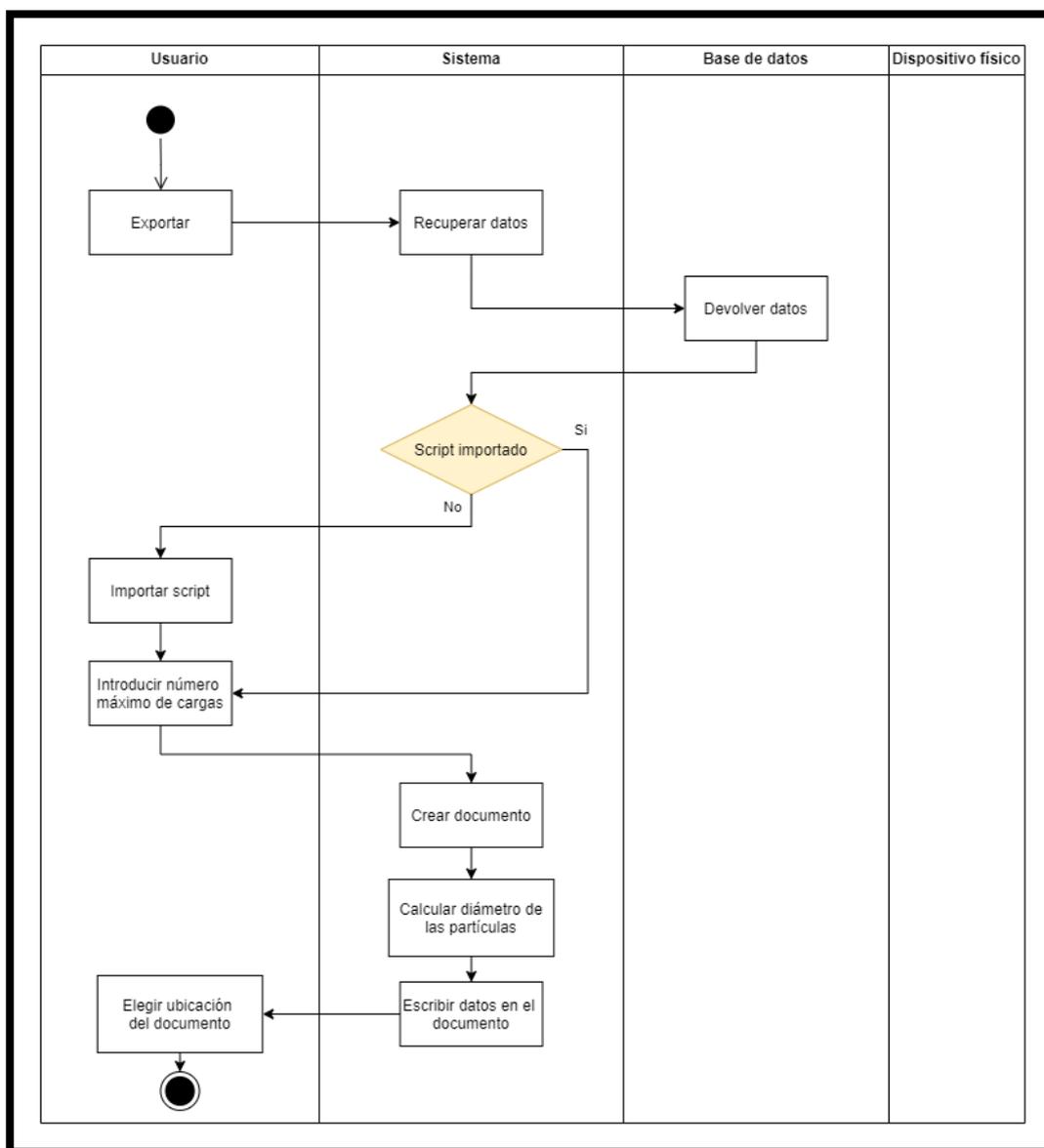


Ilustración 38. Diagrama de actividad - Exportar informe

5.4. Especificación técnica del plan de pruebas

5.4.1. Pruebas unitarias

Caso de uso 1: Cambiar idioma

Prueba	Resultado esperado
Cambiar al inglés	Toda la interfaz de la aplicación cambia al inglés.
Cambiar al español	Toda la interfaz de la aplicación cambia al español.
Cambiar al mismo idioma	La interfaz se queda en el idioma en el que está.

Tabla 43. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 1

Caso de uso 2: Activar rampa

Prueba	Resultado esperado
Activar rampa	La función de rampa se activa correctamente.
Activar rampa (campos vacíos)	El sistema muestra una notificación al usuario especificando que los campos de configuración han de estar rellenos.
Activar rampa (rango incorrecto)	El sistema muestra una notificación al usuario especificando que los campos de configuración del voltaje deben cumplir que el valor de "Min V" sea menor que el valor de "Max V".
Activar rampa (factor inválido)	El sistema muestra una notificación al usuario especificando que el campo de configuración "factor" debe cumplir que su valor sea mayor que 1.
Activar rampa (signo equivocado)	El sistema muestra una notificación al usuario especificando que los campos de configuración del voltaje deben de cumplir que sus valores sean del signo especificado (positivo o negativo).

Tabla 44. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 2

Caso de uso 3: Visualizar datos medidos

Prueba	Resultado esperado
Visualizar datos en las gráficas	Al empezar a medir, las gráficas se van actualizando con los valores medidos.
Visualizar datos en los campos de texto	Al empezar a medir, los campos de texto que indican el valor SP y PV medido se va actualizando con los valores correspondientes.

Tabla 45. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 3

Caso de uso 4: Empezar medición

Prueba	Resultado esperado
Medidas tomadas	La base de datos se va actualizando con las nuevas medidas.
Dispositivo no encontrado	No se recibe mensaje de respuesta por parte del dispositivo físico y la base de datos no registra una nueva medida.

Tabla 46. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 4

Caso de uso 5: Parar medición

Prueba	Resultado esperado
Parar medición	El sistema detiene el proceso de toma de medidas.
Parar medición cuando no se está midiendo	El sistema no debe permitir al usuario usar el botón de parar medición si el proceso de medición no está activo.

Tabla 47. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 5

Caso de uso 6: Exportar informe

Prueba	Resultado esperado
Exportar informe (script importado)	El sistema pide al usuario el valor de cargas máximo para el cálculo del diámetro de las partículas y genera el informe con los datos medidos.
Exportar informe (script no importado)	El sistema pide al usuario el valor de cargas máximo para el cálculo del diámetro de las partículas y genera el informe con los datos medidos, dejando la columna del diámetro de la partícula vacía.

Tabla 48. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 6

Caso de uso 7: Importar script

Prueba	Resultado esperado
Importar script	El sistema pedirá al usuario que seleccione un archivo de extensión py.

Tabla 49. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 7

Caso de uso 8: Editar parámetro de dispositivo

Prueba	Resultado esperado
Valor normal	Se transmitirá el valor al dispositivo físico y se podrá ver en la pantalla con la que cuenta el dispositivo el valor enviado indicando que ha cambiado correctamente.
Valores límite	Se transmitirá el valor al dispositivo físico y se podrá ver en la pantalla con la que cuenta el dispositivo el valor enviado indicando que ha cambiado correctamente.
Valores fuera de rango	Se transmitirá el valor al dispositivo físico y se podrá ver en la pantalla con la que cuenta el dispositivo el valor límite (superior si se pasa por arriba, inferior si se pasa por abajo) indicando que ha cambiado correctamente.

Tabla 50. Diseño Pruebas unitarias - Caso de uso 8

5.4.2. Pruebas de usabilidad

5.4.2.1. Preguntas de carácter general

1. ¿Usa un ordenador frecuentemente?

Todos los días

Varios días a la semana

Muy de vez en cuando

Nunca

2. ¿Para qué suele utilizar el ordenador?

Para mi trabajo

Por ocio

3. ¿Ha utilizado alguna vez un software similar al de esta prueba?

Si

No

4. ¿Se muestra la información de forma precisa?

Si

No

5. ¿La estructura de la interfaz le resulta coherente?

Si

No

Tabla 51. Preguntas de carácter general

5.4.2.2. Actividades guiadas

Actividad	Tiempo	Éxito
Cambiar idioma	1 minuto	
Activar rampa	2 minuto	
Iniciar medida	2 minuto	
Detener medida	1 minuto	
Editar parámetro	1 minuto	
Exportar informe	3 minuto	

Tabla 52. Actividades guiadas

5.4.2.3. Preguntas cortas sobre la aplicación y observaciones

Facilidad de uso	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
¿Sabe cómo empezar a usar la aplicación?				
¿Le resulta intuitivo el manejo de la aplicación?				
¿Le resulta sencillo el uso de la aplicación?				
Funcionalidad	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
¿Funciona cada elemento como Vd. espera?				
¿El tiempo de respuesta de la aplicación es muy grande?				
¿Sabe cómo empezar a medir?				
¿Sabe cómo exportar los datos medidos?				
Calidad de la interfaz				
Aspectos gráficos	Muy adecuado	Adecuado	Poco adecuado	Nada adecuado
El tipo y tamaño de letra es...				
Los iconos y las imágenes usados son...				
Los colores empleados son...				
La información mostrada por pantalla es...				
Diseño de la interfaz		Si	No	A veces
¿Le resulta fácil de usar?				
¿El diseño de las pantallas es claro y atractivo?				
¿Cree que está bien estructurada?				
Observaciones				
Escriba cualquier comentario				

Tabla 53. Cuestionario de preguntas cortas y observaciones

5.4.2.4. Cuestionario para el responsable de las pruebas

Aspecto observado	
Tiempo empleado	
Problemas encontrados	
Preguntas	
Observaciones	

Tabla 54. Cuestionario para el responsable de las pruebas

6. Implementación

En el siguiente apartado se hablará sobre la implementación del sistema, qué estándares, lenguajes de programación, librerías y herramientas se han utilizado durante el desarrollo del proyecto y problemas que hayan ido surgiendo.

6.1. Estándares y normas seguidos

6.1.1. Zigbee

Zigbee [3] es un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica, basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (WPAN). Se utiliza principalmente con radiodifusión digital de bajo consumo y busca maximizar la vida útil de las baterías.



Ilustración 39. Logo Zigbee

6.2. Lenguajes de programación, lenguajes de dominio y librerías

En este apartado veremos los diferentes lenguajes y librerías que han sido utilizados en el desarrollo de la aplicación.

6.2.1. Java

Java [4] es un lenguaje de programación multiplataforma desarrollado originalmente por James Gosling de Sun Microsystems en 1995. Todo el código de la aplicación ha sido desarrollado en Java versión 18.



Ilustración 40. Logo Java

6.2.2. Maven

Maven [5] es una herramienta para la construcción de proyectos y gestión de dependencias Java, creada en 2002 por Jason van Zyl de Sonatype. Maven utiliza el modelo de objetos de proyecto (POM) para describir tanto el proyecto a construir como sus dependencias con otros módulos y componentes externos.



Ilustración 41. Logo Maven

6.2.3. Python

Python [6] es un lenguaje de programación interpretado, multiparadigma y multiplataforma de código abierto administrado por la Python Software Foundation. Este será el lenguaje utilizado por los usuarios para escribir y compilar los scripts de cálculo científico de la aplicación.

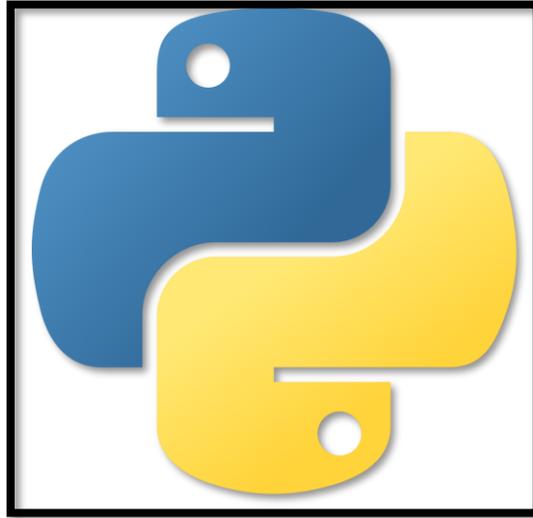


Ilustración 42. Logo Python

6.2.4. JFreeChart

JFreeChart [7] es una librería Java de código abierto que permite la creación de gráficos complejos de forma simple.

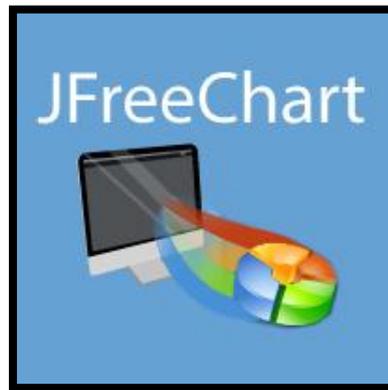


Ilustración 43. Logo JFreeChart

6.2.5. Log4j

Log4j [8] es una librería de código abierto desarrollada en Java por la Apache Software Foundation que permite a los desarrolladores tratar con más facilidad la gestión de los archivos de registro.



Ilustración 44. Logo Log4j

6.2.6. JSerialComm

JSerialComm [9] es una librería Java diseñada para tratar con el acceso a los puertos serie independientemente de la plataforma. Se creó como alternativa a la librería RxTx y a la API Java Communications.



Ilustración 45. Logo JSerialComm

6.2.7. JUnit

JUnit [10] es un conjunto de librerías creadas por Erich Gamma y Kent Beck, utilizadas para la creación de pruebas unitarias en aplicaciones Java.



Ilustración 46. Logo JUnit

6.3. Herramientas y programas utilizados para el desarrollo

6.3.1. SQLite

SQLite [11] es un sistema de gestión de bases de datos relacional creado por D. Richard Hipp. Esta será la base de datos utilizada para guardar los datos medidos por los dispositivos físicos durante la ejecución del sistema.



Ilustración 47. Logo SQLite

6.3.2. Git

Git [12] es un sistema de control de versiones diseñado por Linus Torvalds en 2005. Será usado para llevar un control de las versiones del código desarrollado durante el proyecto.



Ilustración 48. Logo Git

6.3.3. XCTU

XCTU [13] es una interfaz gráfica sencilla para tratar con la configuración de módulos Digi Xbee.

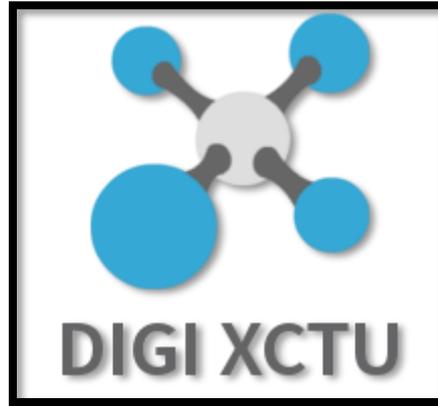


Ilustración 49. Logo XCTU

6.3.4. IntelliJ

IntelliJ [14] es un entorno de desarrollo integrado desarrollado por JetBrains. IntelliJ IDEA Community Edition será la versión utilizada durante el desarrollo del proyecto.

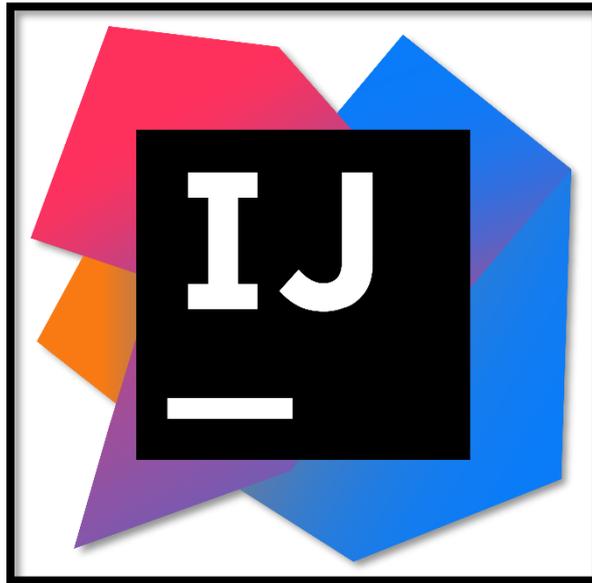


Ilustración 50. Logo IntelliJ

6.3.5. Microsoft Project

Microsoft Project [15] es un software de administración y planificación de proyectos.

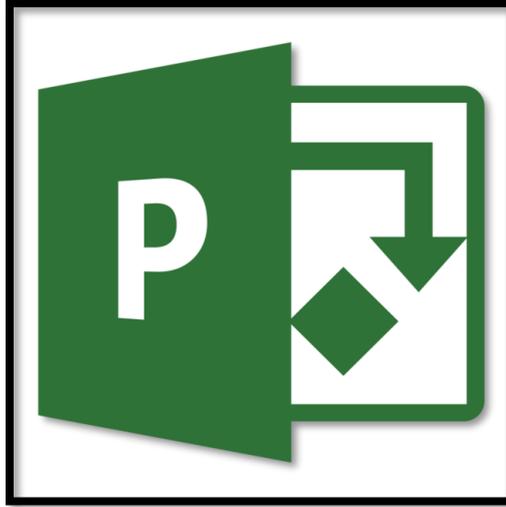


Ilustración 51. Logo MS Project

6.3.6. Microsoft Excel

Microsoft Excel [16] es un programa que permite editar hojas de cálculo.



Ilustración 52. Logo MS Excel

6.3.7. Microsoft Word

Microsoft Word [17] es un programa utilizado para la visualización y edición de textos.



Ilustración 53. Logo MS Word

6.3.8. Microsoft PowerPoint

Microsoft PowerPoint [18] es un programa de presentación para exponer información mediante diapositivas.

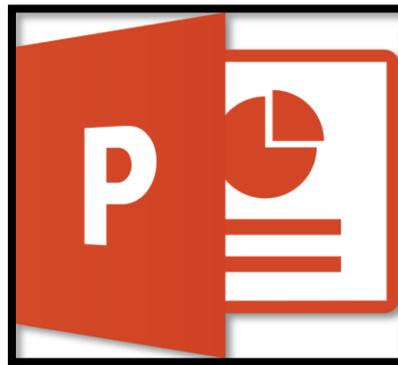


Ilustración 54. Logo MS PowerPoint

6.3.9. Draw.io

Draw.io [19] es un programa online para la creación de diagramas.

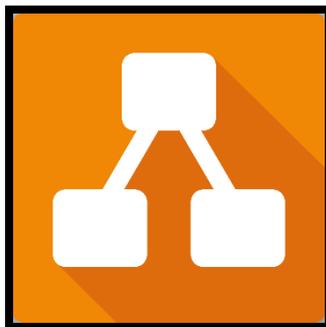


Ilustración 55. Logo Draw.io

6.4. Problemas encontrados

6.4.1. Librería RxTx

Durante el desarrollo del proyecto se optó inicialmente por usar la librería RxTx [20] para tratar la comunicación con los puertos serie del ordenador. Esta opción fue finalmente descartada ya que además de forzar a la aplicación a tener que funcionar con una versión antigua de Java (Java 8) ya que posteriores versiones no funcionaban, el mensaje que enviaba a los dispositivos físicos no llegaba debido a como trataba el mensaje construido por el sistema.

Finalmente se optó por el uso de la librería JSerialComm descrita anteriormente.

6.4.2. Documentación protocolos de comunicación

La documentación con la que se contaba sobre el funcionamiento del protocolo de comunicación y la construcción del mensaje a enviar no era demasiado clara, de esta forma, hubo que gestionar una serie de reuniones con la persona que anteriormente había desarrollado la instalación de los dispositivos físicos para aclarar dudas sobre la construcción de los mensajes enviados a los dispositivos.

6.4.3. Desconfiguración de los controladores

Durante las primeras fases del desarrollo, haciendo pruebas con los controladores Xbee usando el programa XCTU, se desconfiguraron varios parámetros que luego imposibilitaron la correcta transmisión de información entre dispositivo coordinador y dispositivo receptor. Entre estos parámetros que finalmente se revirtieron a su estado original, estaba la tasa de Baudios, que necesariamente debía de tener un valor de 115200 baudios.

7. Desarrollo de las pruebas

En el siguiente apartado se mostrarán los resultados obtenidos de las pruebas planteadas en anteriores secciones.

7.1. Pruebas unitarias

Parte de las pruebas unitarias han sido automatizadas y otra parte se han realizado de forma manual y documentado en las tablas que se mostraran más adelante.

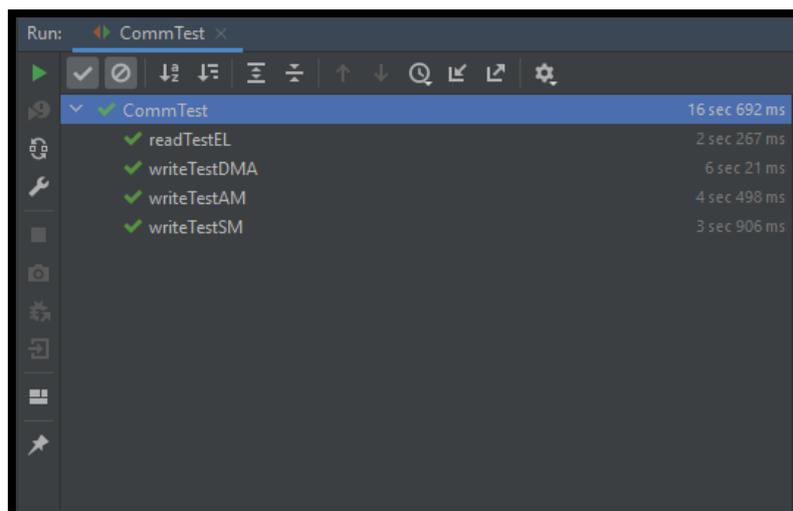


Ilustración 56. Ejecución de las pruebas automáticas

Caso de uso 1: Cambiar idioma

Prueba	Resultado esperado	Prueba superada
Cambiar al inglés	Toda la interfaz de la aplicación cambia al inglés.	✓
Cambiar al español	Toda la interfaz de la aplicación cambia al español.	✓
Cambiar al mismo idioma	La interfaz se queda en el idioma en el que está.	✓

Tabla 55. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 1

Caso de uso 2: Activar rampa

Prueba	Resultado esperado	Prueba superada
Activar rampa	La función de rampa se activa correctamente.	✓
Activar rampa (campos vacíos)	El sistema muestra una notificación al usuario especificando que los campos de configuración han de estar rellenos.	✓
Activar rampa (rango incorrecto)	El sistema muestra una notificación al usuario especificando que los campos de configuración del voltaje deben cumplir que el valor de "Min V" sea menor que el valor de "Max V".	✓
Activar rampa (factor inválido)	El sistema muestra una notificación al usuario especificando que el campo de configuración "factor" debe cumplir que su valor sea mayor que 1.	✓
Activar rampa (signo equivocado)	El sistema muestra una notificación al usuario especificando que los campos de configuración del voltaje deben de cumplir que sus valores sean del signo especificado (positivo o negativo).	✓

Tabla 56. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 2

Caso de uso 3: Visualizar datos medidos

Prueba	Resultado esperado	Prueba superada
Visualizar datos en las gráficas	Al empezar a medir, las gráficas se van actualizando con los valores medidos.	✓
Visualizar datos en los campos de texto	Al empezar a medir, los campos de texto que indican el valor SP y PV medido se va actualizando con los valores correspondientes.	✓

Tabla 57. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 3

Caso de uso 4: Empezar medición

Prueba	Resultado esperado	Prueba superada
Medidas tomadas	La base de datos se va actualizando con las nuevas medidas.	✓
Dispositivo no encontrado	No se recibe mensaje de respuesta por parte del dispositivo físico y la base de datos no registra una nueva medida.	✓

Tabla 58. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 4

Caso de uso 5: Parar medición

Prueba	Resultado esperado	Prueba superada
Parar medición	El sistema detiene el proceso de toma de medidas.	✓
Parar medición cuando no se está midiendo	El sistema no debe permitir al usuario usar el botón de parar medición si el proceso de medición no está activo.	✓

Tabla 59. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 5

Caso de uso 6: Exportar informe

Prueba	Resultado esperado	Prueba superada
Exportar informe (script importado)	El sistema pide al usuario el valor de cargas máximo para el cálculo del diámetro de las partículas y genera el informe con los datos medidos.	✓
Exportar informe (script no importado)	El sistema pide al usuario el valor de cargas máximo para el cálculo del diámetro de las partículas y genera el informe con los datos medidos, dejando la columna del diámetro de la partícula vacía.	✓

Tabla 60. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 6

Caso de uso 7: Importar script

Prueba	Resultado esperado	Prueba superada
Importar script	El sistema pedirá al usuario que seleccione un archivo de extensión py.	✓

Tabla 61. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 7

Caso de uso 8: Editar parámetro de dispositivo

Prueba	Resultado esperado	Prueba superada
Valor normal	Se transmitirá el valor al dispositivo físico y se podrá ver en la pantalla con la que cuenta el dispositivo el valor enviado indicando que ha cambiado correctamente.	✓
Valores límite	Se transmitirá el valor al dispositivo físico y se podrá ver en la pantalla con la que cuenta el dispositivo el valor enviado indicando que ha cambiado correctamente.	✓
Valores fuera de rango	Se transmitirá el valor al dispositivo físico y se podrá ver en la pantalla con la que cuenta el dispositivo el valor límite (superior si se pasa por arriba, inferior si se pasa por abajo) indicando que ha cambiado correctamente.	✓

Tabla 62. Ejecución Pruebas unitarias - Caso de uso 8

7.2. Pruebas de usabilidad

Las pruebas de usabilidad se han probado con 5 usuarios distintos.

7.2.1. Preguntas de carácter general

	Resultado
1. ¿Usa un ordenador frecuentemente?	
Todos los días	1
Varios días a la semana	2
Muy de vez en cuando	2
Nunca	
2. ¿Para qué suele utilizar el ordenador?	
Para mi trabajo	3
Por ocio	2
3. ¿Ha utilizado alguna vez un software similar al de esta prueba?	
Si	2
No	3
4. ¿Se muestra la información de forma precisa?	
Si	4
No	1
5. ¿La estructura de la interfaz le resulta coherente?	
Si	3
No	2

Tabla 63. Respuesta Preguntas de carácter general

7.2.2. Preguntas cortas sobre la aplicación y observaciones

Facilidad de uso	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
¿Sabe cómo empezar a usar la aplicación?	1	3		1
¿Le resulta intuitivo el manejo de la aplicación?	1	2	2	
¿Le resulta sencillo el uso de la aplicación?	2	2	1	
Funcionalidad	Siempre	Frecuentemente	Ocasionalmente	Nunca
¿Funciona cada elemento como Vd. espera?		3	2	
¿El tiempo de respuesta de la aplicación es muy grande?		4	1	
¿Sabe cómo empezar a medir?		4	1	
¿Sabe cómo exportar los datos medidos?		2	3	
Calidad de la interfaz				
Aspectos gráficos	Muy adecuado	Adecuado	Poco adecuado	Nada adecuado
El tipo y tamaño de letra es...	1	4		
Los iconos y las imágenes usados son...	2	3		
Los colores empleados son...		5		
La información mostrada por pantalla es...	1	2	2	
Diseño de la interfaz		Si	No	A veces
¿Le resulta fácil de usar?		3		2
¿El diseño de las pantallas es claro y atractivo?		1		4
¿Cree que está bien estructurada?		3		2
Observaciones				
Escriba cualquier comentario	-			

Tabla 64. Respuesta preguntas cortas sobre la aplicación

8. Anexos

8.1. Presupuesto

8.1.1. Presupuesto inicial

Primero calcularemos el coste por hora de los perfiles profesionales que estarán dedicados al proyecto.

Personal	Precio / hora
Jefe de proyecto	€ 28,00
Arquitecto de software	€ 30,00
Analista de software	€ 18,00
Desarrollador de software	€ 17,00
Desarrollador de QA	€ 17,00

Tabla 65. Precios de los perfiles profesionales

8.1.1.1. Partidas iniciales

De acuerdo con lo visto en el OBS y PBS se organizarán una serie de partidas en las que se desglosarán los costes de cada actividad. En este caso serán 5 partidas.

I1	I2	Descripción	Cantidad	Unidades	Precio	Subtotal	Total
1		Identificación de interesados					144,00 €
	1	Analista software	8	horas	18,00 €	144,00 €	
2		Estudio de situación actual					768,00 €
	1	Arquitecto software	16	horas	30,00 €	480,00 €	
	2	Analista software	16	horas	18,00 €	288,00 €	
3		Requisitos					432,00 €
	1	Analista software	24	horas	18,00 €	432,00 €	
TOTAL							1.344,00 €

Tabla 66. Partida inicial análisis

I1	I2	Descripción	Cantidad	Unidades	Precio	Subtotal	Total
1		Diseño de la arquitectura					752,00 €
	1	Arquitecto software	16	horas	30,00 €	480,00 €	
	2	Desarrollador QA	16	horas	17,00 €	272,00 €	
2		Diseño de interfaces					240,00 €
	1	Arquitecto software	8	horas	30,00 €	240,00 €	
3		Diseño de clases					240,00 €
	1	Arquitecto software	8	horas	30,00 €	240,00 €	
4		Diseño de Base de Datos					480,00 €
	1	Arquitecto software	16	horas	30,00 €	480,00 €	
5		Diseño de la arquitectura					376,00 €
	1	Arquitecto software	8	horas	30,00 €	240,00 €	
	2	Desarrollador QA	8	horas	17,00 €	136,00 €	
TOTAL							2.088,00 €

Tabla 67. Partida inicial diseño

Programa de Gestión y Comunicación de Laboratorio de Aerosoles

I1	I2	I3	Descripción	Cantidad	Unidades	Precio	Subtotal (3)	Subtotal (2)	Total
1			Desarrollo de los módulos						2.040,00 €
1	1		Módulo vista					272,00 €	
	1	1	Desarrollador software	16	horas	17,00 €	272,00 €		
2			Módulo controlador					816,00 €	
	1	1	Desarrollador software	48	horas	17,00 €	816,00 €		
3			Módulo persistencia					272,00 €	
	1	1	Desarrollador software	16	horas	17,00 €	272,00 €		
4			Módulo comunicación					408,00 €	
	1	1	Desarrollador software	24	horas	17,00 €	408,00 €		
5			Módulo exportación					272,00 €	
	1	1	Desarrollador software	16	horas	17,00 €	272,00 €		
2			Desarrollo Base de Datos						136,00 €
	1	1	Desarrollador software	8	horas	17,00 €	136,00 €		
3			Desarrollo pruebas						408,00 €
	1	1	Desarrollador software	12	horas	17,00 €	204,00 €		
	2	1	Desarrollador QA	12	horas	17,00 €	204,00 €		
4			Desarrollo documentación						272,00 €
	1	1	Desarrollador software	16	horas	17,00 €	272,00 €		
TOTAL									2.856,00 €

Tabla 68. Partida inicial desarrollo

I1	I2	Descripción	Cantidad	Unidades	Precio	Subtotal	Total
1		Formación					144,00 €
	1	Desarrollador software	8	horas	18,00 €	144,00 €	
2		Entrega					384,00 €
	1	Arquitecto software	8	horas	30,00 €	240,00 €	
	2	Desarrollador software	8	horas	18,00 €	144,00 €	
TOTAL							528,00 €

Tabla 69. Partida inicial implantación

Personal	Precio / hora	Horas totales
Jefe de proyecto	€ 28,00	264
TOTAL		7.392,00 €

Tabla 70. Partida inicial otros

8.1.1.2. Presupuesto inicial de costes y cliente

Finalmente, los presupuestos de costes y cliente teniendo en cuenta el porcentaje de beneficio buscado del 25% quedarían de la siguiente forma.

Presupuesto de costes		
Cod.	Partida	Total
1	Análisis	€ 1.344,00
2	Diseño	€ 2.088,00
3	Desarrollo	€ 2.856,00
4	Implantación	€ 528,00
5	Otros costes	€ 7.392,00
Total		€ 14.208,00

Tabla 71. Presupuesto inicial de costes

Presupuesto de costes		
Cod.	Partida	Total
1	Análisis	€ 4.080,00
2	Diseño	€ 4.824,00
3	Desarrollo	€ 5.592,00
4	Implantación	€ 3.264,00
Total (sin IVA)		€ 17.760,00
IVA		21%
Total		€ 21.489,60

Tabla 72. Presupuesto inicial de cliente

8.1.2. Presupuesto final

Los precios de los perfiles profesionales no han variado a lo largo de la duración del proyecto, por lo que se sigue teniendo como referencia la tabla vista anteriormente.

8.1.2.1. Partidas finales

No se han añadido nuevas partidas, sin embargo, si que se han visto modificadas las partidas de diseño, desarrollo e implantación.

Programa de Gestión y Comunicación de Laboratorio de Aerosoles

I1	I2	Descripción	Cantidad	Unidades	Precio	Subtotal	Total
1		Identificación de interesados					144,00 €
	1	Analista software	8	horas	18,00 €	144,00 €	
2		Estudio de situación actual					768,00 €
	1	Arquitecto software	16	horas	30,00 €	480,00 €	
	2	Analista software	16	horas	18,00 €	288,00 €	
3		Requisitos					432,00 €
	1	Analista software	24	horas	18,00 €	432,00 €	
TOTAL							1.344,00 €

Tabla 73. Partida final análisis

I1	I2	Descripción	Cantidad	Unidades	Precio	Subtotal	Total
1		Diseño de la arquitectura					752,00 €
	1	Arquitecto software	16	horas	30,00 €	480,00 €	
	2	Desarrollador QA	16	horas	17,00 €	272,00 €	
2		Diseño de interfaces					240,00 €
	1	Arquitecto software	8	horas	30,00 €	240,00 €	
3		Diseño de clases					240,00 €
	1	Arquitecto software	8	horas	30,00 €	240,00 €	
4		Diseño de Base de Datos					480,00 €
	1	Arquitecto software	16	horas	30,00 €	480,00 €	
5		Diseño de la arquitectura					1.128,00 €
	1	Arquitecto software	24	horas	30,00 €	720,00 €	
	2	Desarrollador QA	24	horas	17,00 €	408,00 €	
TOTAL							2.840,00 €

Tabla 74. Partida final diseño

I1	I2	I3	Descripción	Cantidad	Unidades	Precio	Subtotal (3)	Subtotal (2)	Total
1			Desarrollo de los módulos						2.584,00 €
	1		Módulo vista					272,00 €	
		1	Desarrollador software	16	horas	17,00 €	272,00 €		
		2	Módulo controlador					816,00 €	
		1	Desarrollador software	48	horas	17,00 €	816,00 €		
	3		Módulo persistencia					272,00 €	
		1	Desarrollador software	16	horas	17,00 €	272,00 €		
	4		Módulo comunicación					952,00 €	
		1	Desarrollador software	56	horas	17,00 €	952,00 €		
	5		Módulo exportación					272,00 €	
		1	Desarrollador software	16	horas	17,00 €	272,00 €		
2			Desarrollo Base de Datos						136,00 €
	1		Desarrollador software	8	horas	17,00 €	136,00 €		
3			Desarrollo pruebas						408,00 €
	1		Desarrollador software	12	horas	17,00 €	204,00 €		
	2		Desarrollador QA	12	horas	17,00 €	204,00 €		
4			Desarrollo documentación						272,00 €
	1		Desarrollador software	16	horas	17,00 €	272,00 €		
TOTAL									3.400,00 €

Tabla 75. Partida final de desarrollo

I1	I2	Descripción	Cantidad	Unidades	Precio	Subtotal	Total
1		Formación					288,00 €
1		Desarrollador software	16	horas	18,00 €	288,00 €	
2		Entrega					384,00 €
1		Arquitecto software	8	horas	30,00 €	240,00 €	
2		Desarrollador software	8	horas	18,00 €	144,00 €	
TOTAL							672,00 €

Tabla 76. Partida final implantación

Personal	Precio / hora	Horas totales
Jefe de proyecto	€ 28,00	264
TOTAL		7.392,00 €

Tabla 77. Partida final otros

8.1.2.2. Presupuesto final de costes y cliente

El presupuesto final de costes y cliente aplicando el 25% de beneficio quedaría de la siguiente forma.

Presupuesto de costes		
Cod.	Partida	Total
1	Análisis	€ 1.344,00
2	Diseño	€ 2.840,00
3	Desarrollo	€ 3.400,00
4	Implantación	€ 672,00
5	Otros costes	€ 7.392,00
Total		€ 15.648,00

Tabla 78. Presupuesto final de costes

Presupuesto de costes		
Cod.	Partida	Total
1	Análisis	€ 4.170,00
2	Diseño	€ 5.666,00
3	Desarrollo	€ 6.226,00
4	Implantación	€ 3.498,00
Total (sin IVA)		€ 19.560,00
IVA		21%
Total		€ 23.667,60

Tabla 79. Presupuesto final de cliente

8.2. Plan de gestión de riesgos

8.2.1. Metodología

Siguiendo el PMBOK [21] y la metodología propuesta por Boehm, la gestión del riesgo pasa por 3 estados principales:

- **Planificar la gestión de riesgos:** Decidir las políticas a aplicar en la gestión de riesgos.
- **Valoración de riesgos:** Compuesta por las fases de identificación, análisis y priorización de riesgos.
- **Gestión de riesgos:** Compuesta por las fases de planificación de la gestión de cada riesgo, resolución de riesgos y monitorización de riesgos.

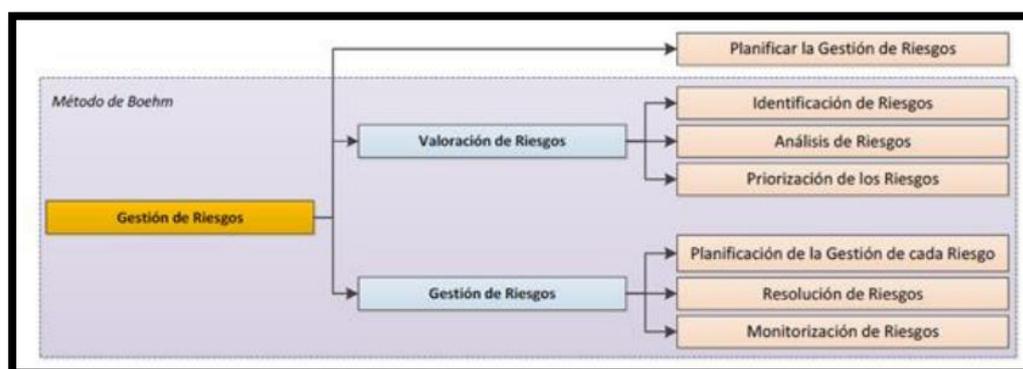


Ilustración 57. Método de Boehm

8.2.2. Categorías de riesgo

La metodología propone una clasificación en categorías para cada riesgo identificado, que va de acuerdo con el siguiente esquema:

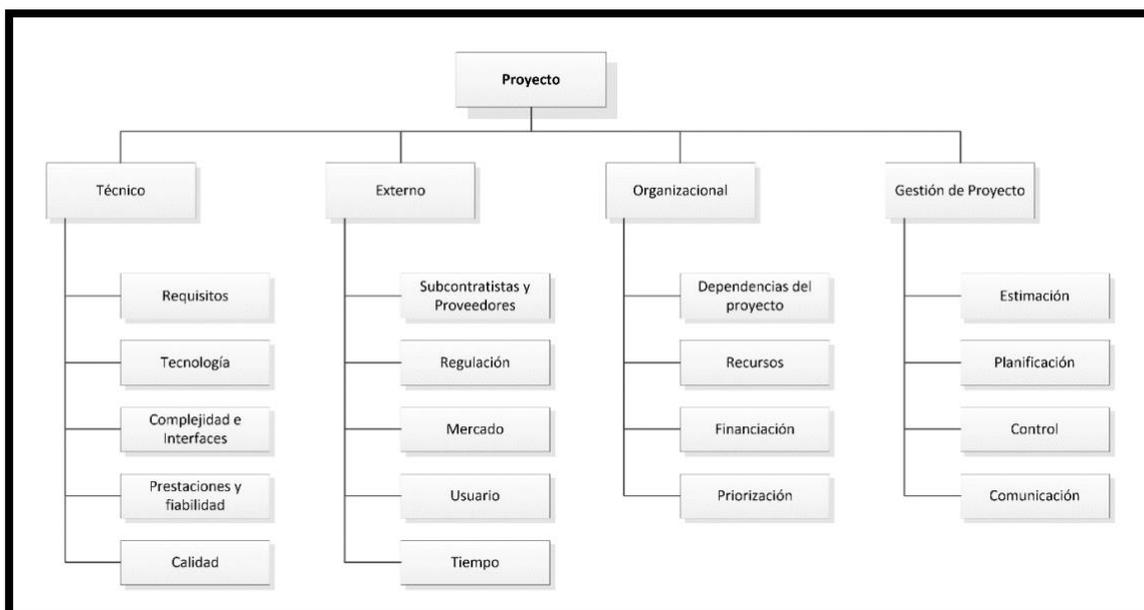


Ilustración 58. Categorías del riesgo método Boehm

8.2.3. Probabilidad e impacto

La probabilidad de que un riesgo ocurra y que se desencadenen sus efectos en un proyecto debe ser medido y priorizado. No será siempre posible atender todos los riesgos existentes en un proyecto, por eso es importante realizar esa fase de priorización, y así poder asignar un valor numérico a cada uno de los riesgos y así poder ver cuales requieren de más atención.

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%

Ilustración 59. Probabilidad del riesgo

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 60. Escala de 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
0,70	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 61. Matriz de probabilidad e impacto

Siguiendo lo mencionado anteriormente, estos serían los riesgos priorizados del proyecto.

ID	Nombre del Riesgo	Breve Descripción	Categoría	Probabilidad	Impacto				Impacto
					Presup.	Planific.	Alcance	Calidad	
1	Equipos averiados	Uno o varios de los equipos físicos utilizados en el laboratorio de aerosoles se rompen	Riesgo de proyecto	Baja	Crítico	Crítico	Crítico	Crítico	0,27
2	Baja por enfermedad	Alguna de las personas asignadas al proyecto se queda de baja por enfermedad	Riesgo de proyecto	Media	Alto	Alto	Medio	Medio	0,28
3	Mala planificación	Una o varias partes de la planificación del proyecto cuentan con una estimación que no se corresponde con la realidad	Riesgo de proyecto	Media	Alto	Crítico	Bajo	Bajo	0,45
4	Perdida del código fuente	Perdida parcial o completa del código fuente del proyecto	Riesgo de proyecto	Baja	Alto	Alto	Medio	Medio	0,17
5	Falta de conocimiento de los desarrolladores	Los desarrolladores asociados al proyecto no son expertos en las tecnologías utilizadas en el desarrollo	Riesgo de proyecto	Media	Medio	Medio	Medio	Alto	0,28
6	Falta de documentación sobre sistema inicial	Los equipos utilizados son prototipos que nunca salieron al mercado, es posible que no se cuente con una documentación fiable y que la empresa suministradora de los equipos no ofrezca soporte de cara a posibles dudas	Riesgo de proyecto	Muy Alta	Medio	Alto	Alto	Medio	0,50

Ilustración 62. Registro de riesgos

8.3. Ampliaciones

A continuación, una lista de futuros desarrollos que podrían mejorar el funcionamiento de la aplicación y añadir funcionalidad.

8.3.1. Nuevas traducciones

El sistema cuenta actualmente con idioma inglés y castellano, pero está preparado para añadir fácilmente nuevas traducciones en el caso de que se vea necesario.

8.3.2. Diferentes cargadores

Como se explicó anteriormente, el cálculo del diámetro de las partículas depende en parte del tipo de cargadores que se utilicen dentro del sistema. De esta forma, sería interesante que el sistema permitiese la entrada de las características del cargador y adaptase los cálculos al mismo.

8.3.3. Nuevos sensores

Anteriormente se mencionó que el laboratorio cuenta con otro dispositivo (CPC) que cuenta con un software propio. Integrar el control del dispositivo dentro del sistema sería una nueva mejora interesante para evitar tener diferentes softwares abiertos.

8.3.4. Versión con Arduino

Esta ampliación sería quizá de las más complicadas, pero, convendría cambiar toda la estructura montada actualmente con Zigbee por una nueva cuyos microcontroladores fueran Arduinos, ya que tienen muchas menos limitaciones a la hora de trabajar con ellos.

8.4. Formato Scripts

Los scripts de Python creados por el usuario para realizar el cálculo de los diámetros de las partículas deben de seguir el siguiente formato.

8.4.1. Valores de entrada

El script debe pedir al usuario, en orden, los valores:

1. La movilidad eléctrica
2. El número máximo de cargas

8.4.2. Valores de salida

El script debe imprimir por pantalla los siguientes valores con este formato (**<q>**,**<Dp1>**,**<mov>**):

1. Número de cargas (q)
2. Diámetro calculado (Dp1)
3. Movilidad eléctrica calculada (mov)

8.5. Bibliografía

- [1] Ioner, 2023. [En línea]. Available: <https://ioner.eu/>. [Último acceso: 5 11 2023].
- [2] Digi, 2023. [En línea]. Available: <https://es.digi.com/products/embedded-systems/digi-xbee>. [Último acceso: 15 11 2023].
- [3] Wikipedia, «Zigbee,» 2024. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Zigbee>. [Último acceso: 3 3 2024].
- [4] Oracle, «Java,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.java.com/es/>. [Último acceso: 2 5 2024].
- [5] Sonatype, «Maven,» 2024. [En línea]. Available: <https://maven.apache.org/>. [Último acceso: 2 5 2024].
- [6] P. S. Foundation, 2024. [En línea]. Available: <https://www.python.org/>. [Último acceso: 2 5 2024].
- [7] «JFreeChart,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.jfree.org/jfreechart/>. [Último acceso: 2 5 2024].
- [8] A. S. Foundation, 2024. [En línea]. Available: <https://logging.apache.org/log4j/2.x/>. [Último acceso: 2 5 2024].

- [9] «JSerialComm,» 2024. [En línea]. Available: <https://fazecast.github.io/jSerialComm/>. [Último acceso: 2 5 2024].
- [10] «JUnit,» 2024. [En línea]. Available: <https://junit.org/junit5/>. [Último acceso: 2 5 2024].
- [11] «SQLite,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.sqlite.org/>. [Último acceso: 10 6 2024].
- [12] «Git,» 2024. [En línea]. Available: <https://git-scm.com/>. [Último acceso: 10 6 2024].
- [13] Digi, 2024. [En línea]. Available: <https://es.digi.com/products/embedded-systems/digi-xbee/digi-xbee-tools/xctu>. [Último acceso: 10 6 2024].
- [14] JetBrains, 2024. [En línea]. Available: <https://www.jetbrains.com/es-es/idea/>. [Último acceso: 10 6 2024].
- [15] Microsoft, 2024. [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/project/project-management-software>. [Último acceso: 10 6 2024].
- [16] Microsoft, 2024. [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/excel>. [Último acceso: 10 6 2024].
- [17] Microsoft, 2024. [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/word>. [Último acceso: 10 6 2024].
- [18] Microsoft, 2024. [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/powerpoint>. [Último acceso: 10 6 2024].
- [19] «Draw.io,» 2024. [En línea]. Available: <https://app.diagrams.net/>. [Último acceso: 10 6 2024].
- [20] «RxTx,» 2024. [En línea]. Available: http://rxtx.qbang.org/wiki/index.php/Main_Page. [Último acceso: 10 6 2024].
- [21] «PMBOK,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>. [Último acceso: 10 6 2024].