



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

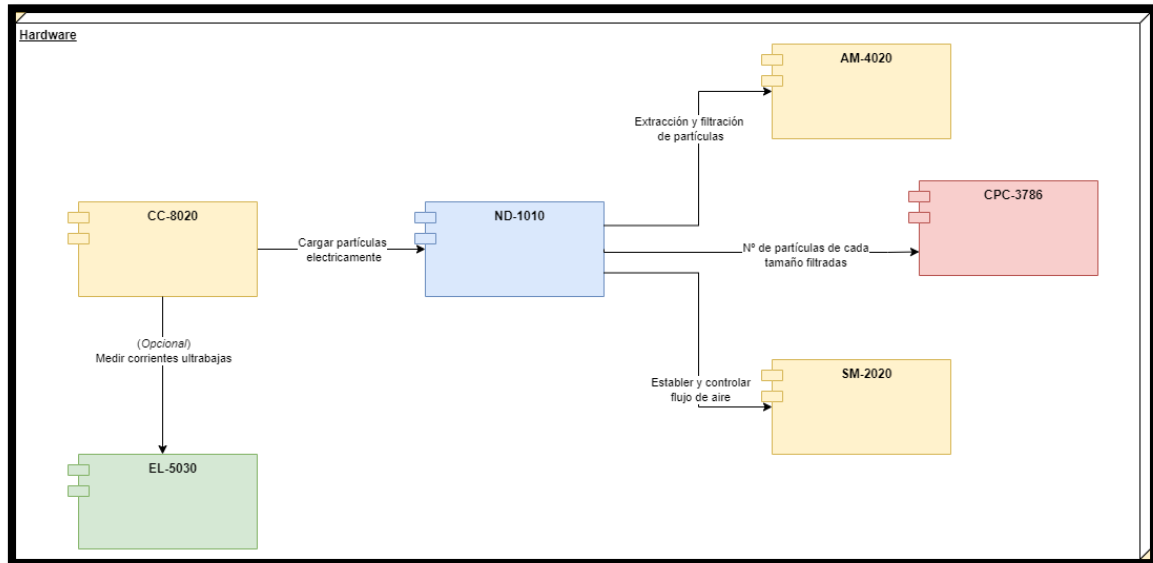


Ilustración 1. Esquema de dispositivos HW

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

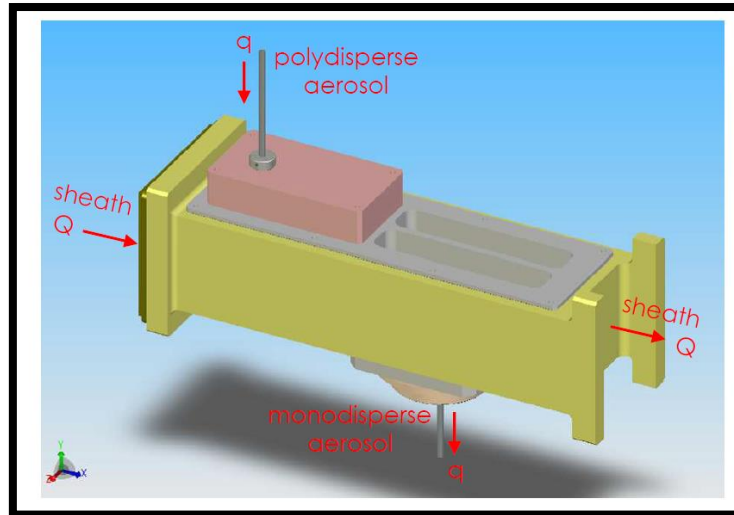


Ilustración 4. Esquema interno del DMA

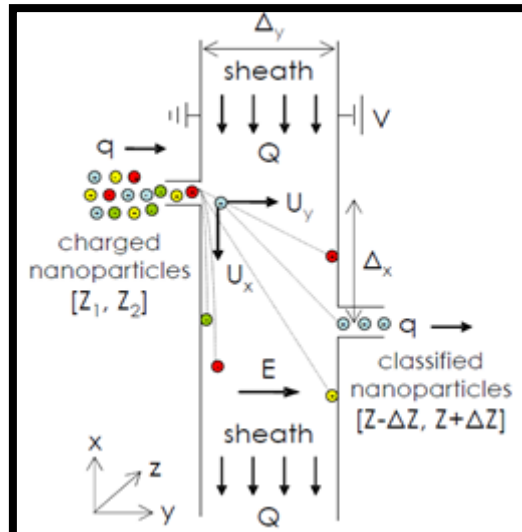


Ilustración 5. Funcionamiento del DMA

- **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 .

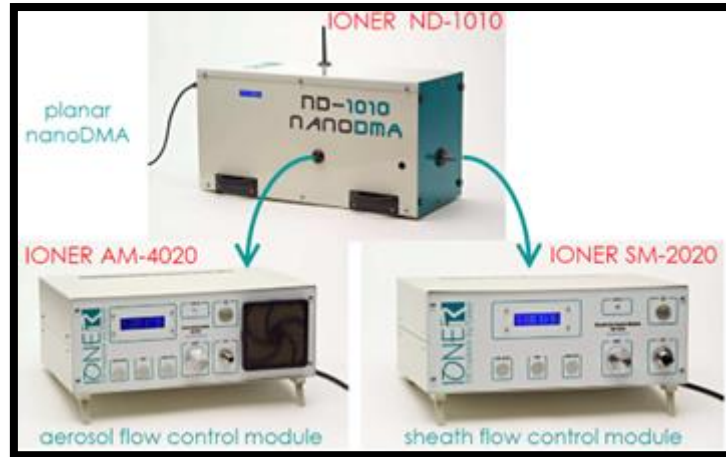


Ilustración 6. Conexión de los módulos auxiliares de control de caudales al DMA

- **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.

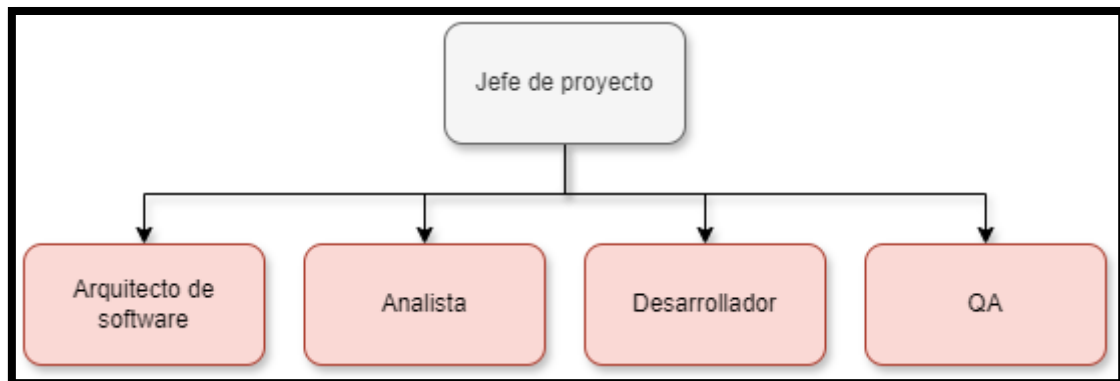


Ilustración 7. OBS

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

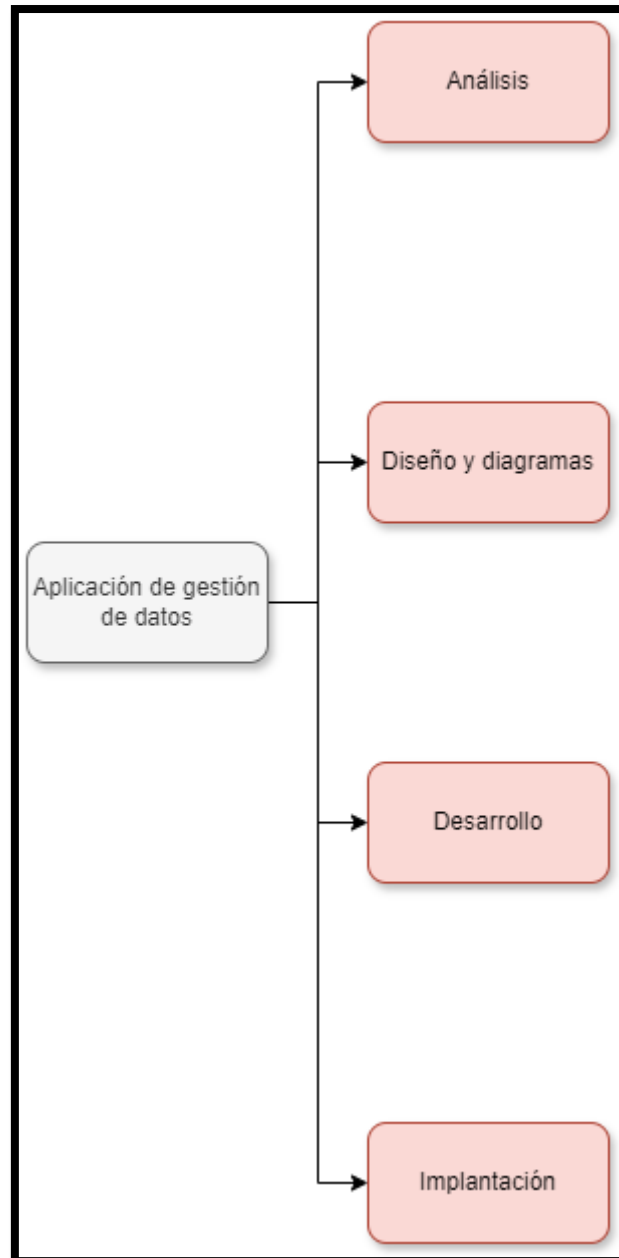


Ilustración 8. PBS general

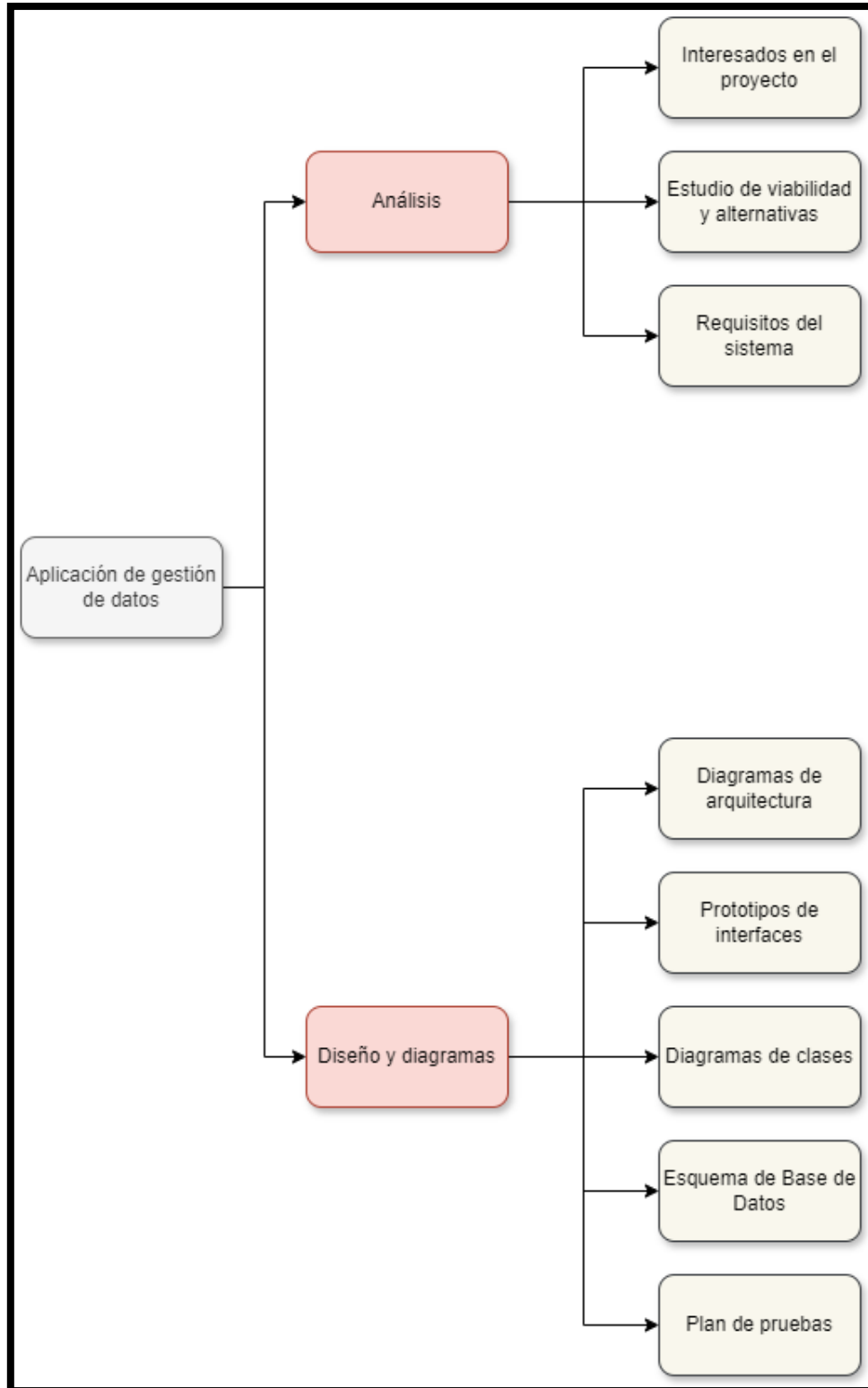


Ilustración 9. PBS Análisis y Diseño

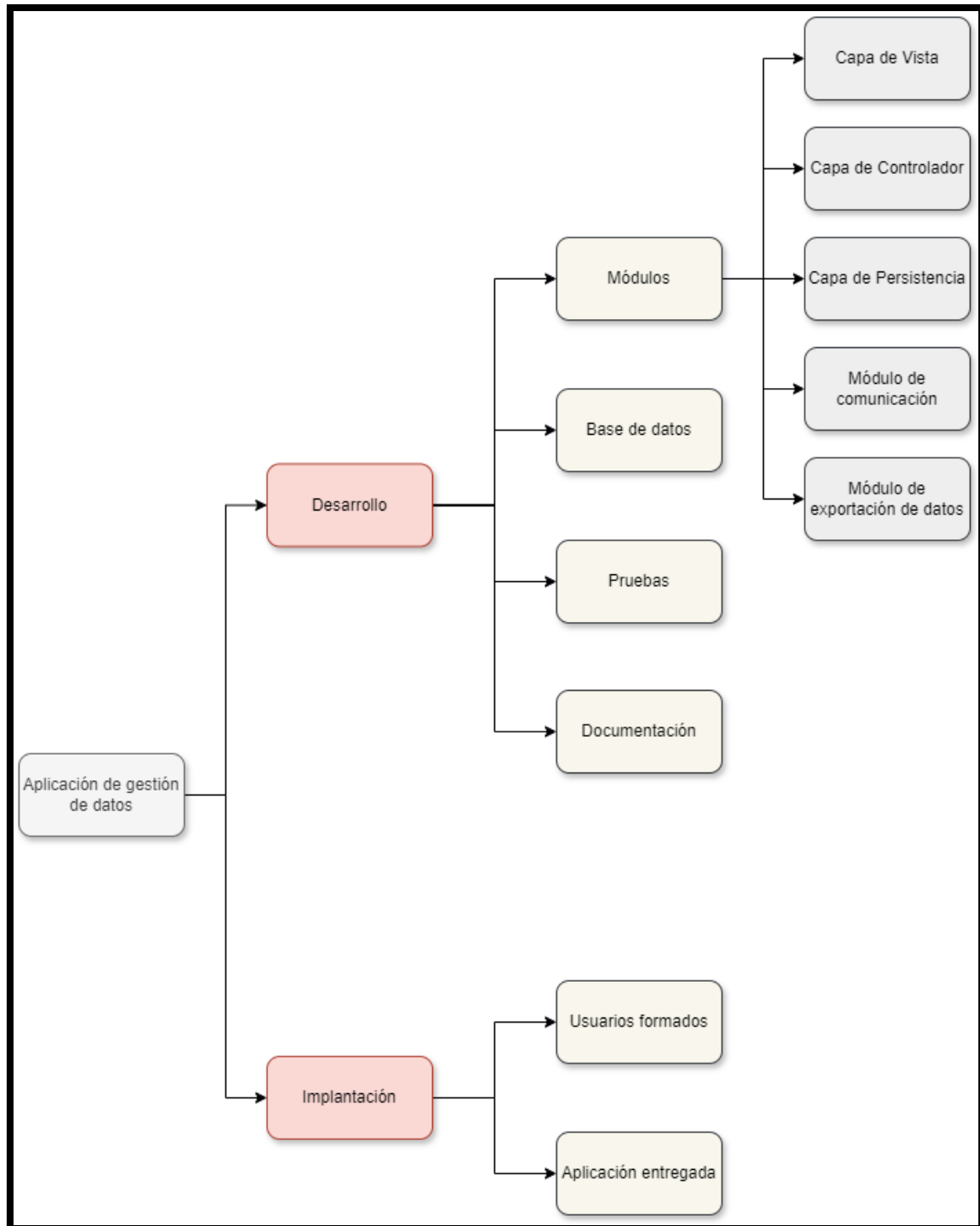


Ilustración 10. PBS Desarrollo e Implantación

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

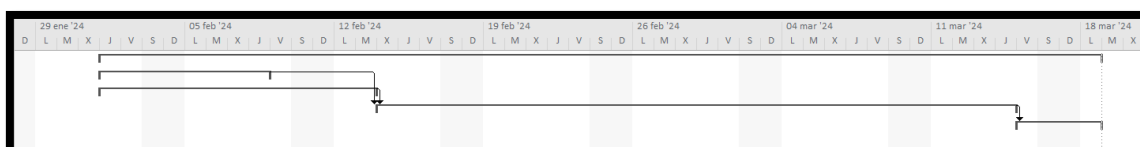


Ilustración 12. Planificación general - Diagrama de Gantt

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

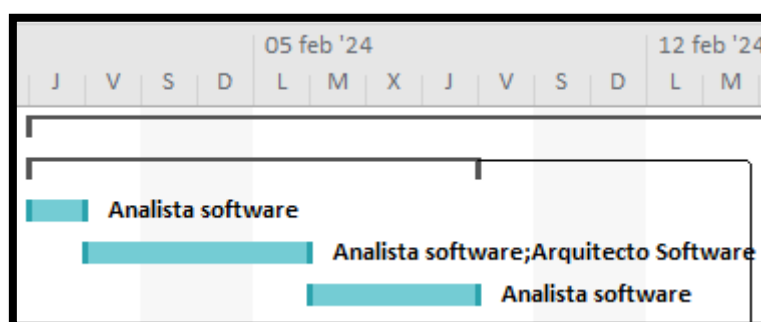


Ilustración 14. Planificación análisis - Diagrama Gantt

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

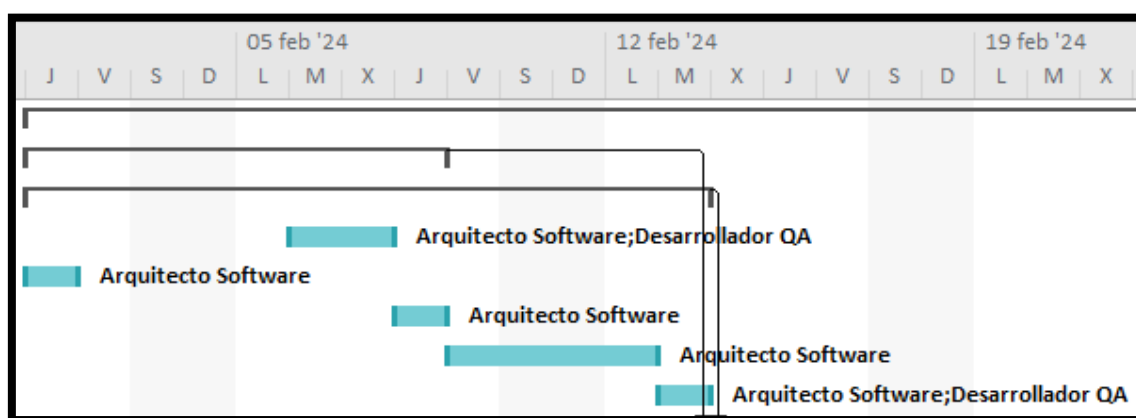


Ilustración 16. Planificación diseño - Diagrama Gantt

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

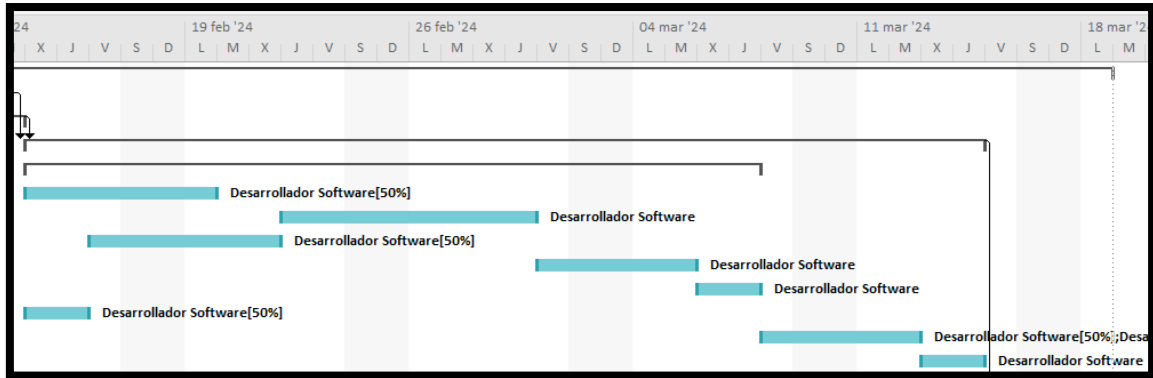


Ilustración 18. Planificación desarrollo - Diagrama Gantt

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

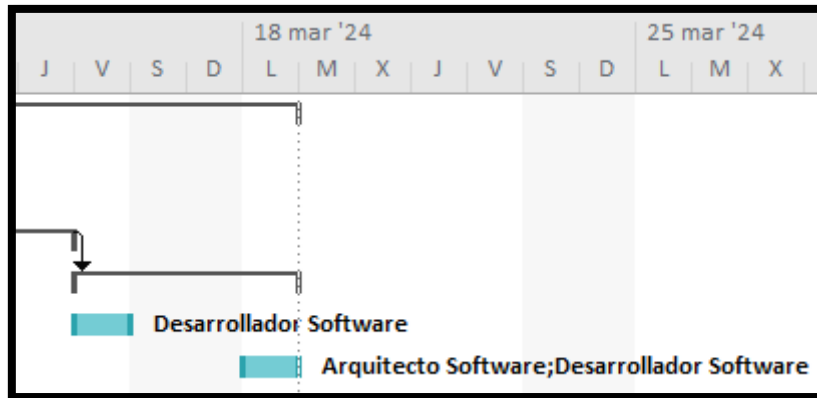


Ilustración 20. Planificación implantación - Diagrama Gantt

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

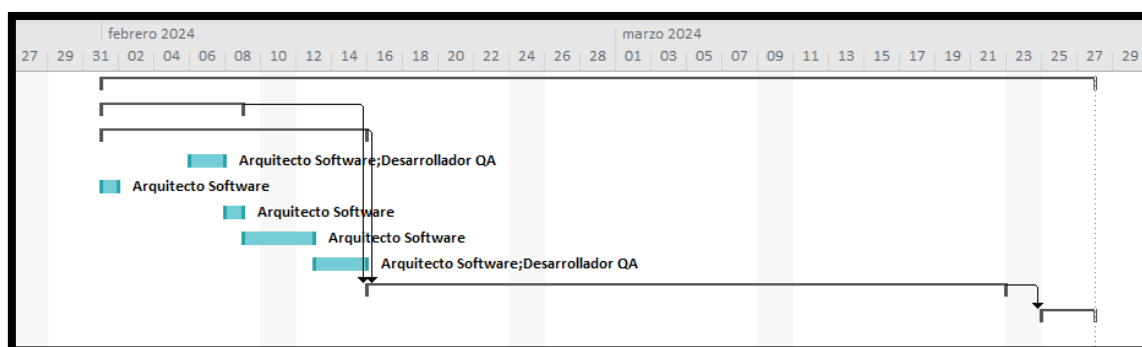


Ilustración 24. Planificación final diseño - Diagrama Gantt

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

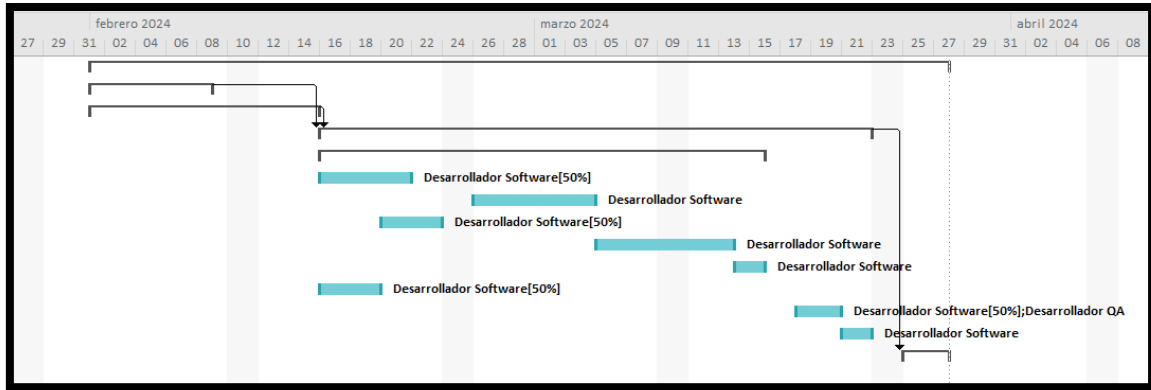


Ilustración 26. Planificación final desarrollo - Diagrama Gantt

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

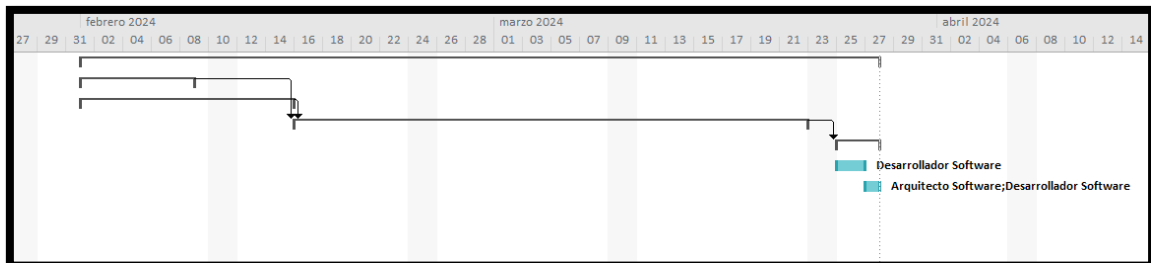


Ilustración 28. Planificación final implantación - Diagrama Gantt

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

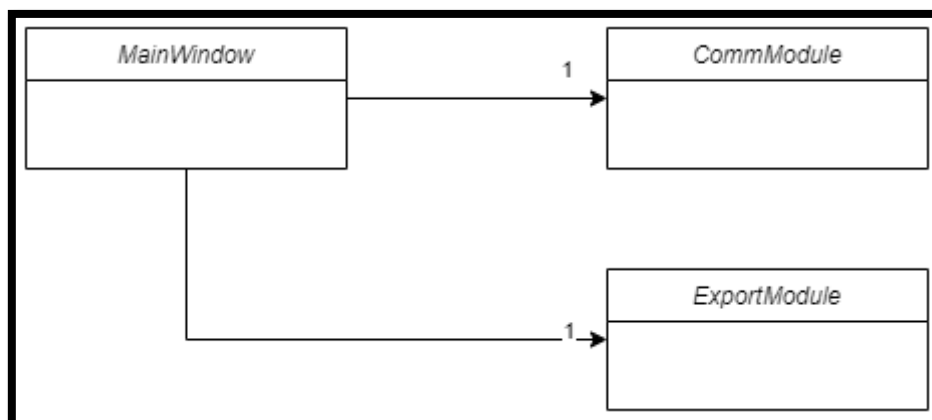


Ilustración 30. Diagrama de clases del análisis

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.

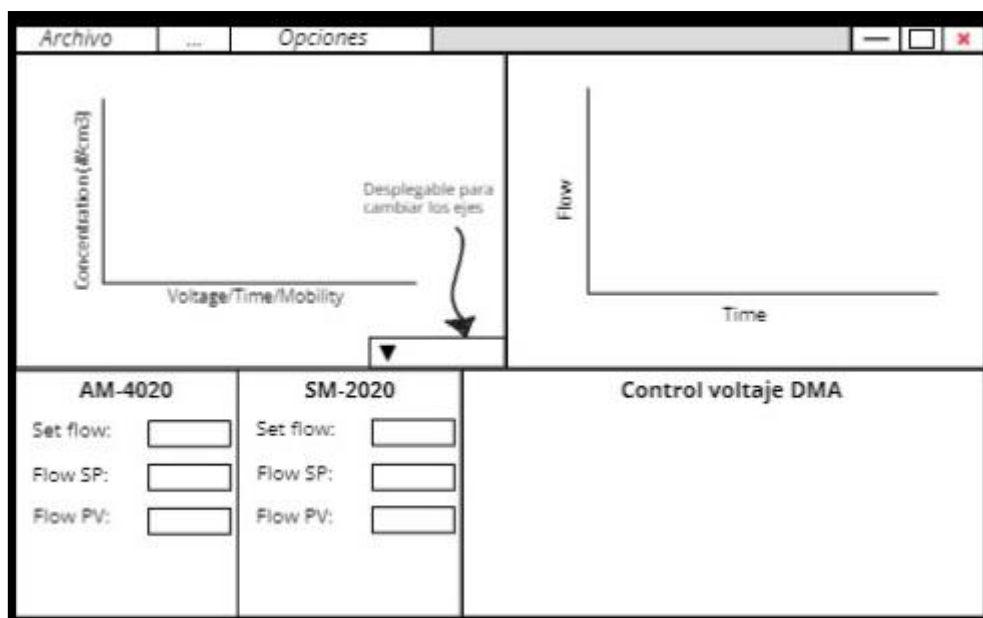


Ilustración 31. Prototipo interfaz 1.

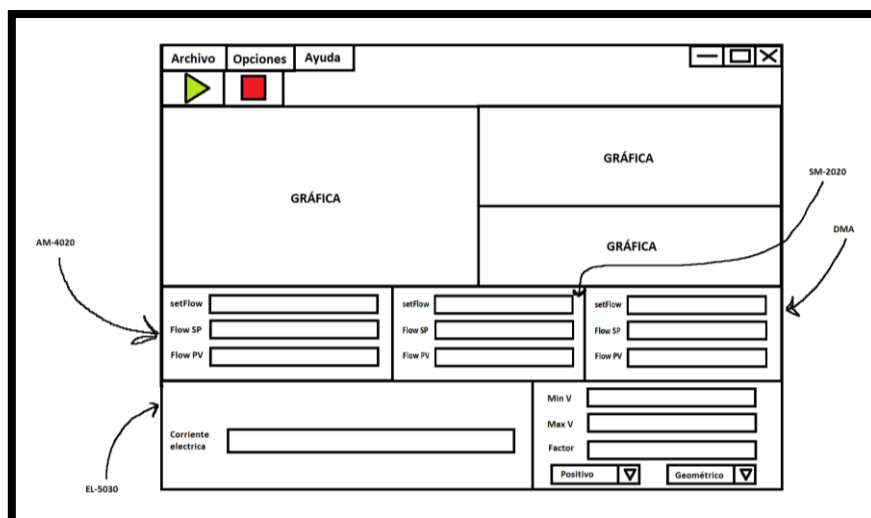


Ilustración 32. Prototipo interfaz 2

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

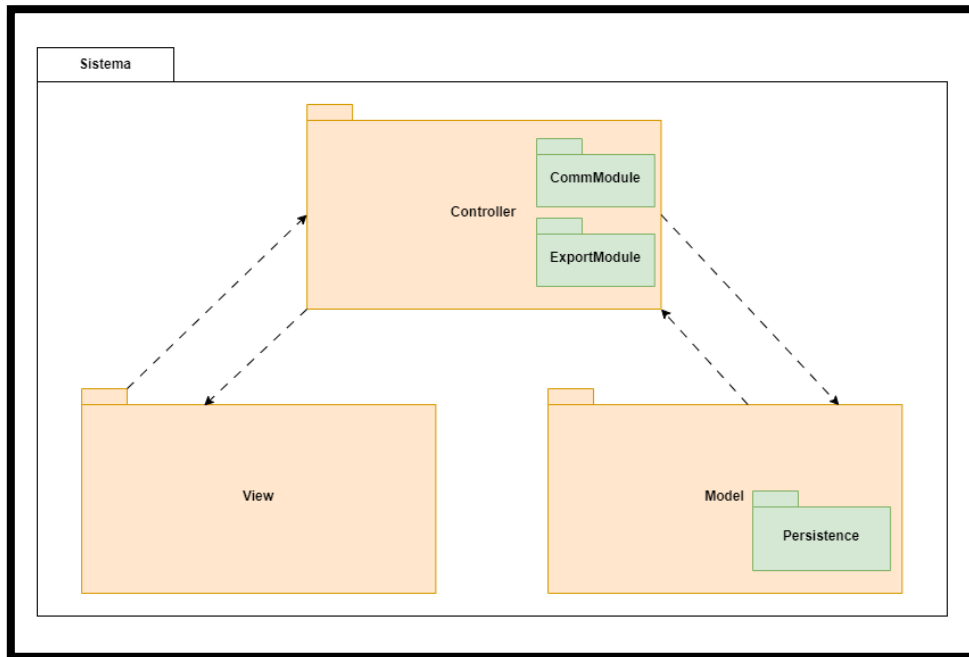


Ilustración 33. Diagrama de paquetes

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

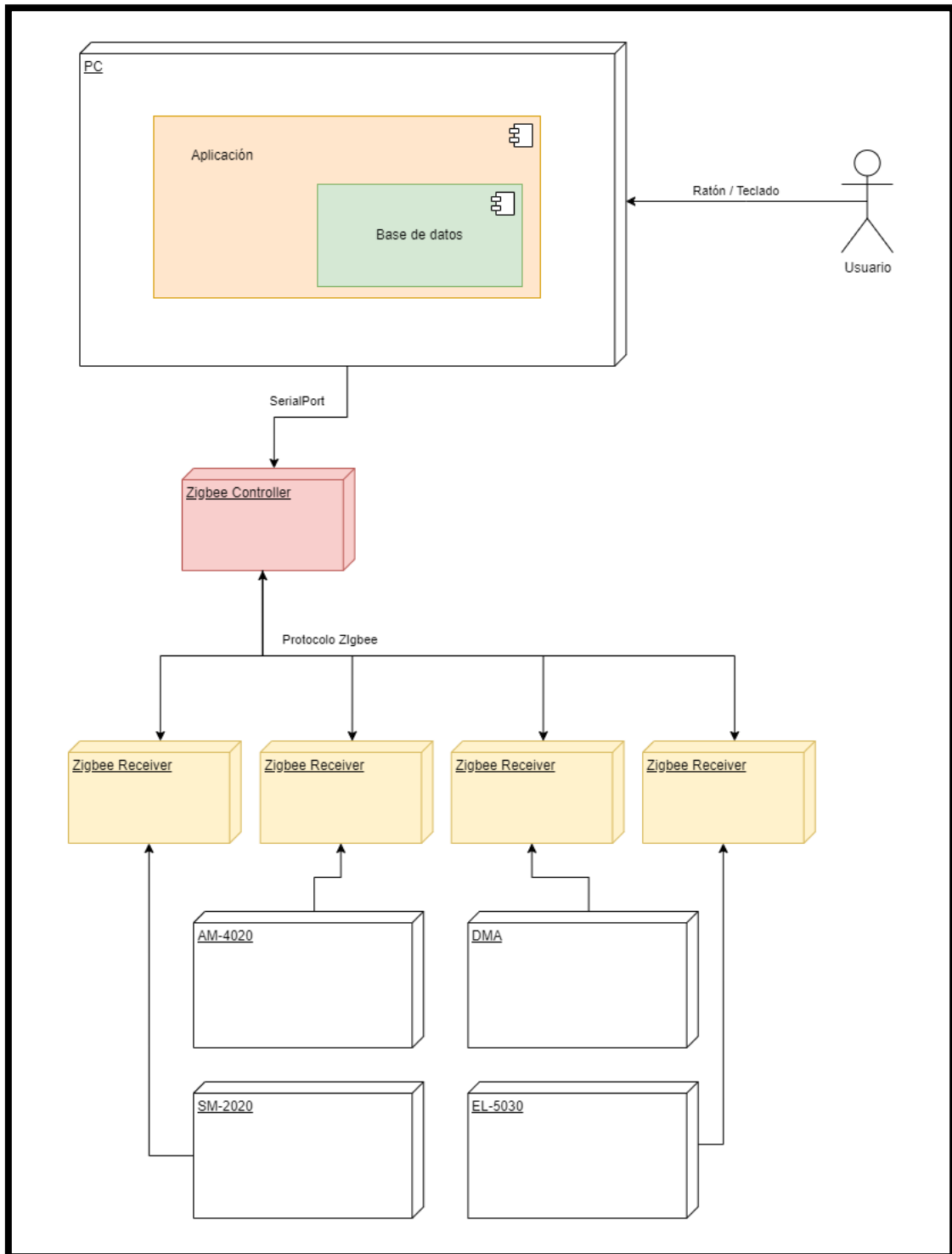


Ilustración 34. Diagrama de despliegue

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.

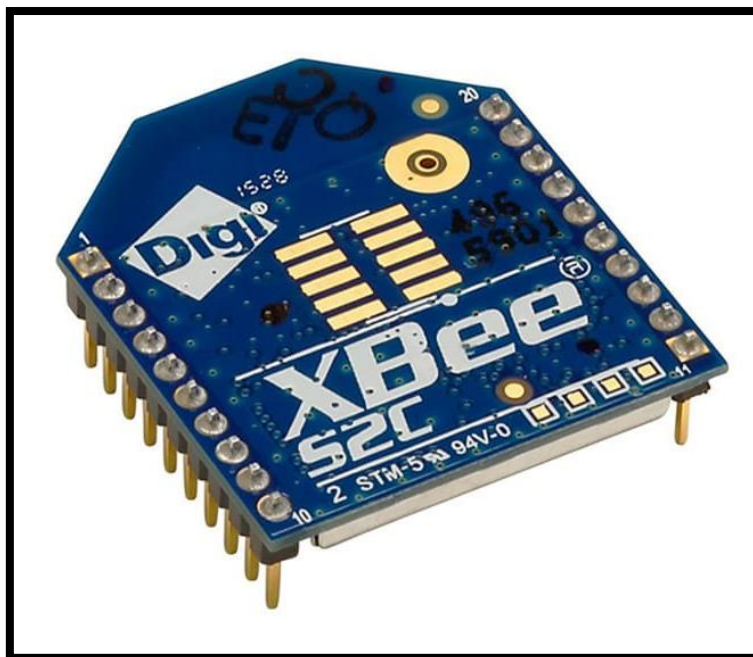


Ilustración 35. Imagen módulo Zigbee

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

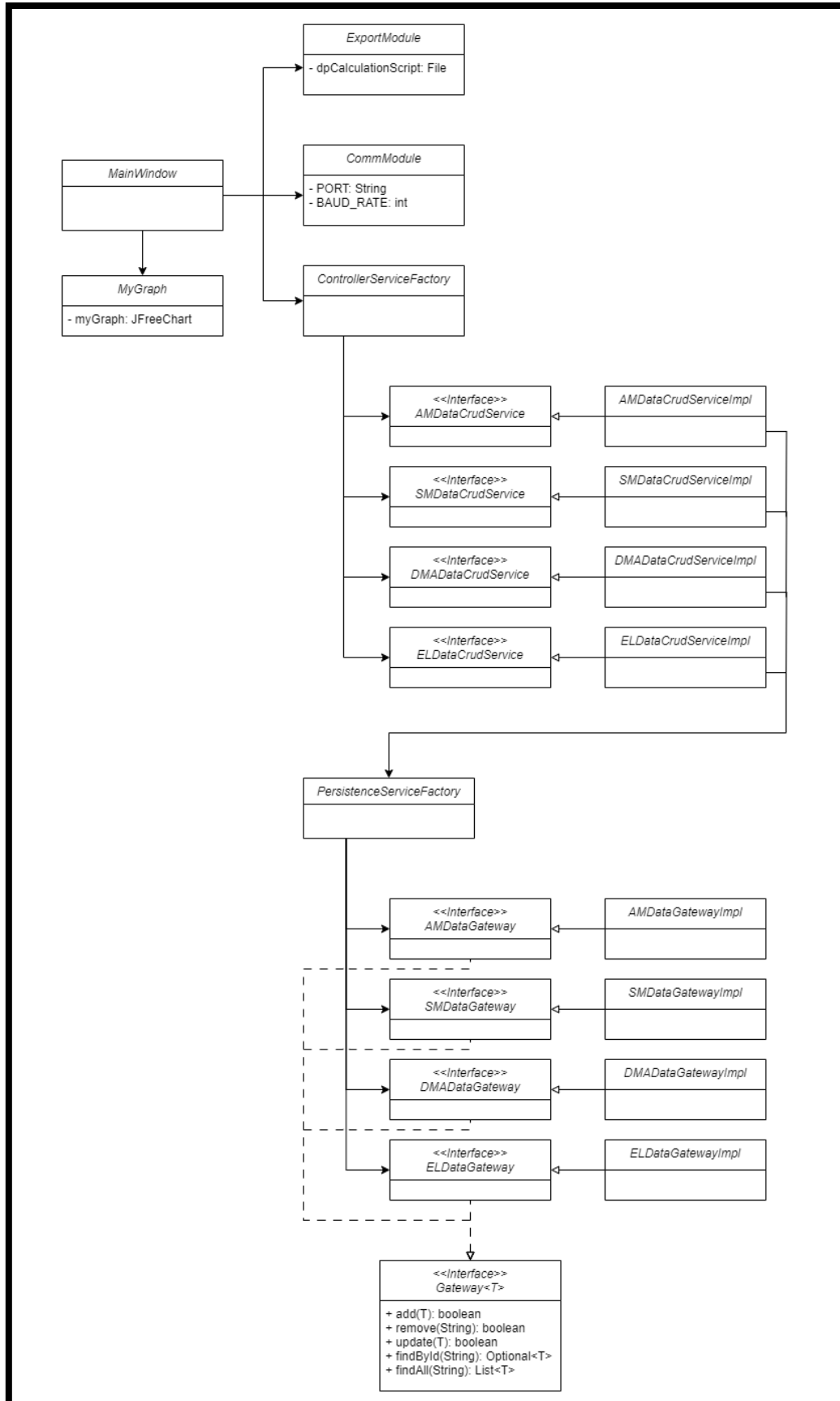


Ilustración 36. Diagrama de clases

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

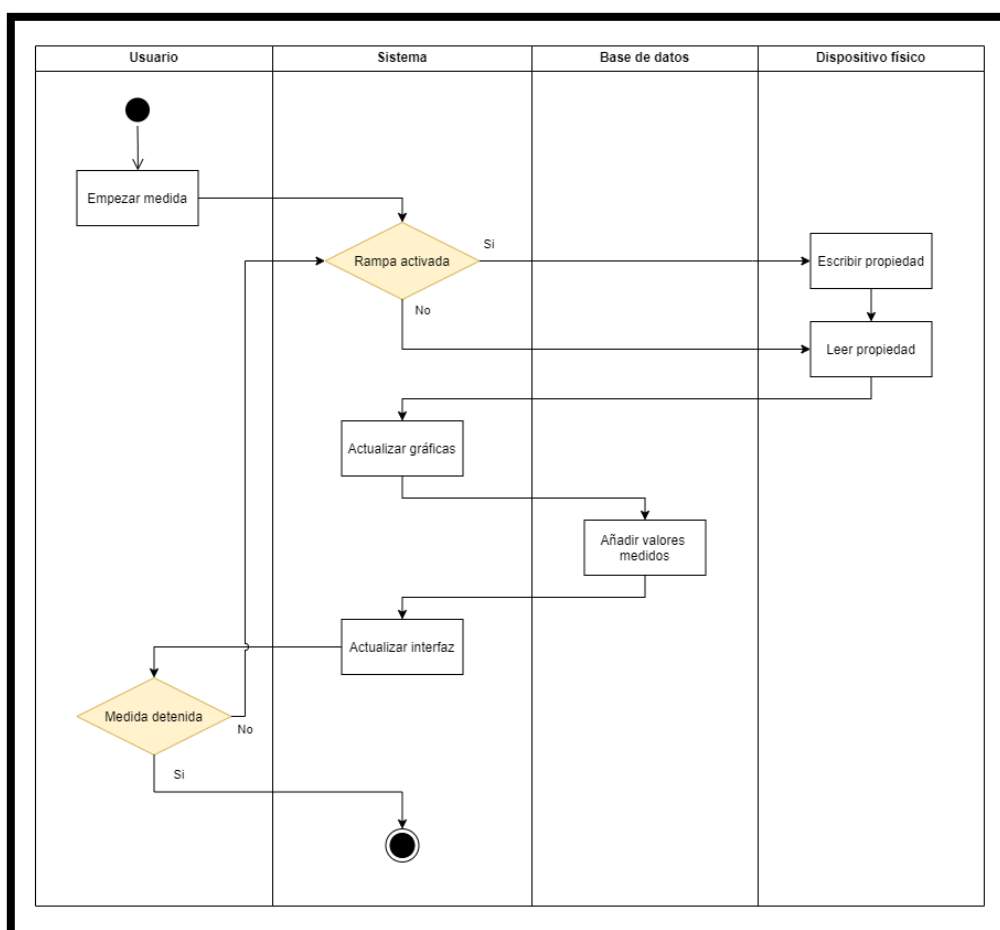


Ilustración 37. Diagrama de actividad - Realizar medidas

5.3.2. Exportar informe

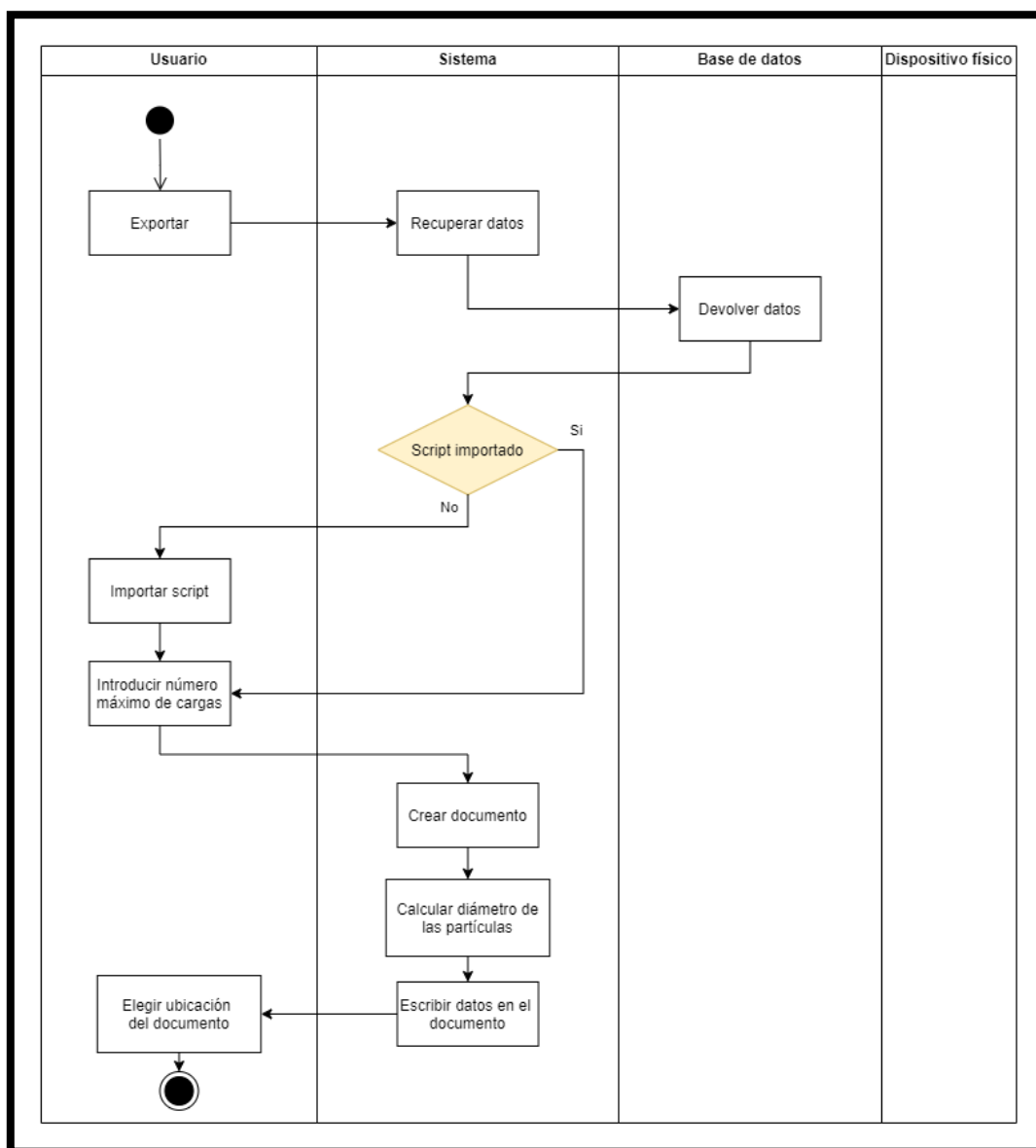


Ilustración 38. Diagrama de actividad - Exportar informe

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.

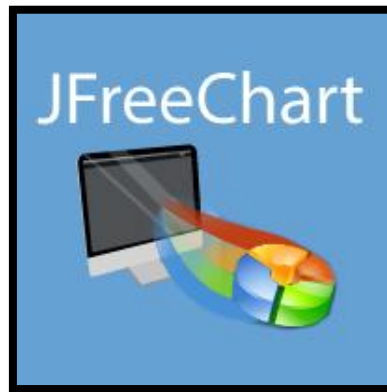


Ilustración 43. Logo JFreeChart

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.

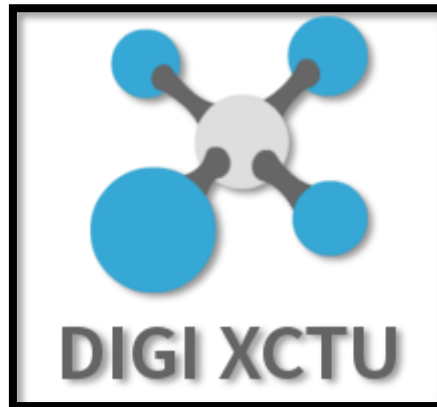


Ilustración 49. Logo XCTU

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.

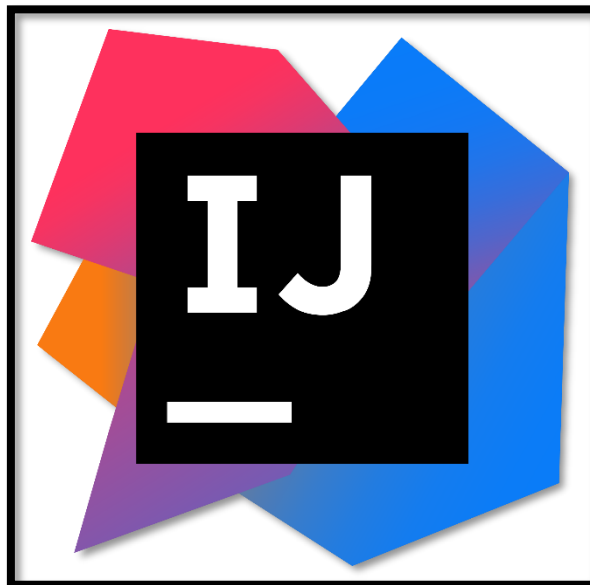


Ilustración 50. Logo IntelliJ

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.

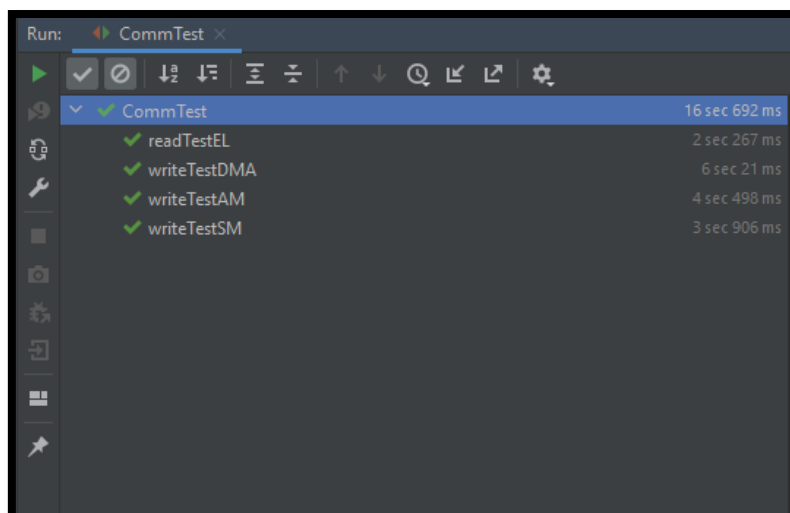


Ilustración 56. Ejecución de las pruebas automáticas

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.

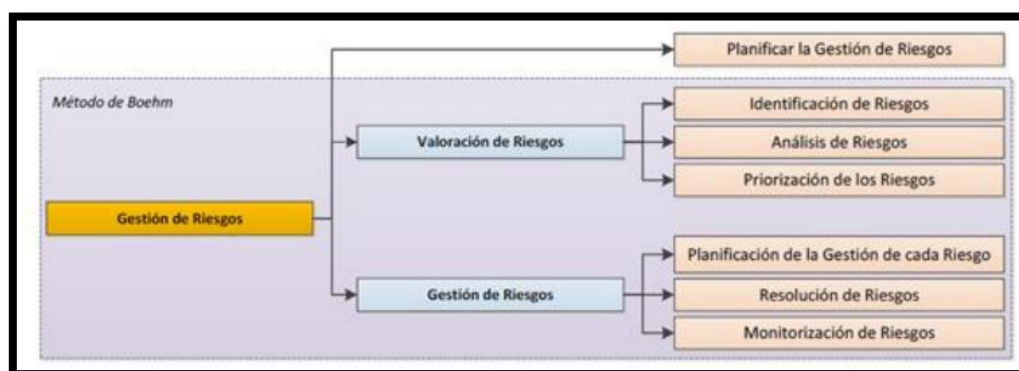


Ilustración 57. Método de Boehm

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:

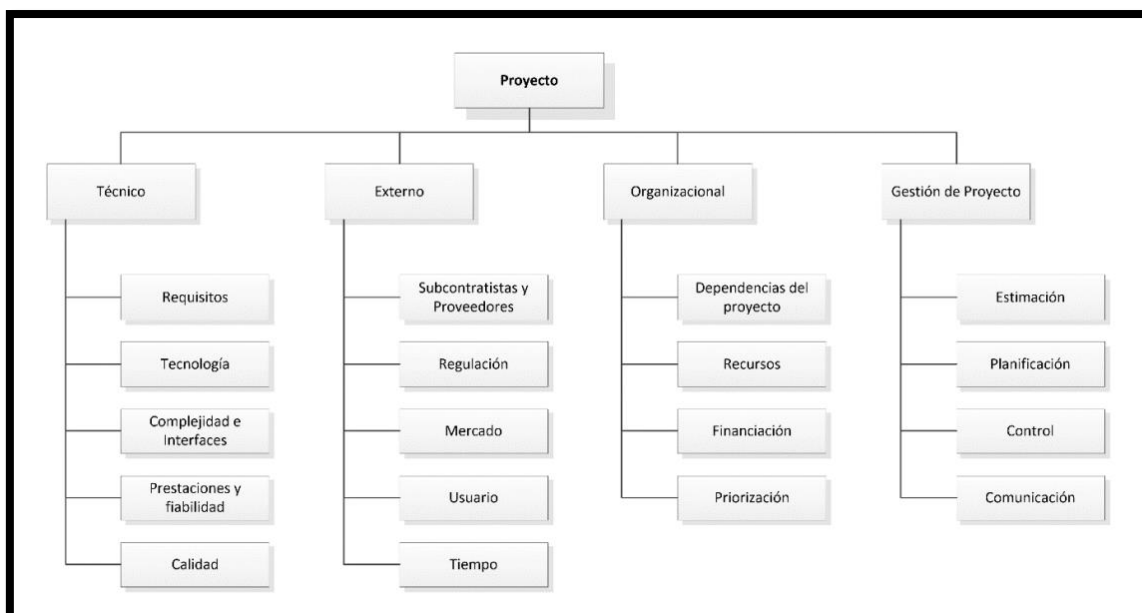


Ilustración 58. Categorías del riesgo método Boehm

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].