



Estación meteorológica inteligente

Autor:

Ing. Agustín Jesús Vazquez

Director:

Ing. Maximiliano Bujaldón (EMTECH)

Codirector:

Título y Nombre del codirector (FIUBA)

Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos entre el 20 de agosto de 2024 y el 08 de octubre de 2024.

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
2. Identificación y análisis de los interesados	6
3. Propósito del proyecto	6
4. Alcance del proyecto	6
5. Supuestos del proyecto.	7
6. Requerimientos	7
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>).	8
8. Entregables principales del proyecto	9
9. Desglose del trabajo en tareas	9
10. Diagrama de Activity On Node.	11
11. Diagrama de Gantt	12
12. Presupuesto detallado del proyecto	16
13. Gestión de riesgos	16
14. Gestión de la calidad	18
15. Procesos de cierre	19

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	20 de agosto de 2024
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	01 de septiembre de 2024
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive	09 de septiembre de 2024
3	Se completa hasta el punto 12 inclusive	16 de septiembre de 2024
4	Se completa el plan	22 de septiembre de 2024

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 20 de agosto de 2024

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Agustín Jesús Vazquez que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Estación meteorológica inteligente” y consistirá en la implementación de un prototipo de un sistema de medición y control de parámetros medioambientales para mitigar daños en los cultivos. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 630 horas y un costo estimado de U\$D 25 622.46, con fecha de inicio el 20 de agosto de 2024 y fecha de presentación pública el 30 de junio de 2025.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Jurado CESE
FIUBA

Ing. Maximiliano Bujaldón
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

En el contexto de la agricultura en Argentina, el monitoreo del clima se ha convertido en una rutina diaria para los productores. La incertidumbre climática es una constante que amenaza la estabilidad de las producciones agrícolas, ya sea a través de lluvias torrenciales, heladas o fuertes vientos como el zonda en Mendoza.

El presente proyecto surge en este contexto agrícola, en un país donde el clima es un factor crítico e incontrolable que afecta significativamente las actividades productivas. La motivación principal radica en la necesidad de mitigar los riesgos climáticos a los que se enfrentan los productores agrícolas. Aunque el clima no puede ser controlado, sí es posible reducir su impacto mediante una adecuada preparación y anticipación.

La propuesta consiste en diseñar e implementar una estación meteorológica que permita la medición de parámetros climáticos clave. Esto se logra a través de un sistema electrónico avanzado que recopila y analiza datos meteorológicos, generando alertas tempranas y proporcionando información crucial para la toma de decisiones en el campo.

Al introducir un sistema de monitoreo y control más sofisticado, se busca no solo mejorar la capacidad de respuesta ante eventos climáticos adversos, sino también fomentar la competencia en el mercado de tecnologías agrícolas, lo cual podría resultar en una disminución de precios y en un acceso más amplio a estas soluciones.

En términos de innovación, el proyecto no solo se enfoca en la recolección de datos climáticos, sino que también incorpora la predicción. A futuro, se planea la integración de inteligencia artificial para estudiar el estado de crecimiento de los cultivos, lo que representa un avance significativo respecto al estado del arte en este campo. Además, el enfoque en la adaptabilidad y personalización del sistema según las necesidades específicas de cada productor constituye un valor añadido que distingue a esta solución en el mercado.

En la **Figura 1** se presenta el diagrama de bloques del sistema. Se observa un microcontrolador, que actúa como nodo sensor del sistema, el cual recibirá información de diversos sensores, además contará con conectividad WiFi.

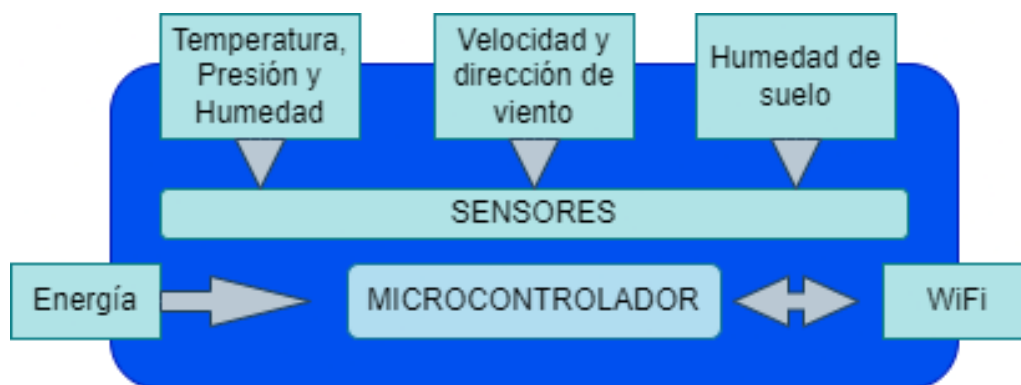


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Jurado del CESE	FIUBA	Jurado del CESE
Responsable	Ing. Agustín Jesús Vazquez	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Luis Alfredo Renna	San Rafael Arcángel S.A.	Encargado general
Orientador	Ing. Maximiliano Bujaldón	EMTECH	Director del Trabajo Final
Equipo	Esp. Ing. Roberto Oscar Axt	Transportadora de Gas del Norte S.A.	Especialista SCADA
Usuario final	Productores agrícolas	-	-

Colaboradores: se tendrá en consideración la disponibilidad del encargado de San Rafael Arcángel S.A. Luis Alfredo Renna para reunir información del campo necesaria para el diseño de los sensores.

Equipo: se tendrá en consideración la disponibilidad del Esp. Ing. Roberto Oscar Axt para la conexión del prototipo planteado con la nube.

3. Propósito del proyecto

Diseñar e implementar un prototipo de sistema electrónico para una estación de medición y control meteorológico. Los datos recolectados por la estación se analizarán para detectar variaciones en el clima y generar un sistema eficiente de monitoreo y alerta temprana.

4. Alcance del proyecto

El proyecto incluye:

- Estudio de los sensores y conexionado inalámbrico.
- Diseño del hardware y firmware de la estación, basado en el microcontrolador ESP32 o similar.
- Documentación del sistema y subsistemas.
- Ensayos:
 - unitarios,
 - de integración,
 - funcionales,
 - y de integración continua.
- Ensamblaje y prueba final.

El presente proyecto no incluye:

- Diseño de una aplicación web o móvil.
- Fabricación de PCB.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- El Ing. Agustín Jesús Vazquez, responsable del proyecto, cuenta con el tiempo necesario para la planificación y ejecución del proyecto.
- El Ing. Agustín Jesús Vazquez, responsable del proyecto, también será el auspiciante.
- Los componentes necesarios para el desarrollo se conseguirán en tiempo y forma.
- El Ing. Maximiliano Bujaldón, director del proyecto, y el Ing. Agustín Jesús Vazquez, responsable del proyecto, acuerdan una reunión -semanal/quincenal/mensual- durante el desarrollo.
- El Ing. Agustín Jesús Vazquez, responsable del proyecto, solo se ausentará de manera indefinida en caso de enfrentar una emergencia de salud grave.

6. Requerimientos

1. Requerimientos funcionales:

- 1.1. El sistema debe medir la temperatura, humedad, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento y humedad del suelo.
- 1.2. El sistema debe visualizar la información recopilada por la estación en una interfaz.
- 1.3. El sistema debe mostrar la información recopilada por los sensores en la nube.

2. Requerimientos del sistema embebido:

- 2.1. El microcontrolador debe leer datos del sensor de temperatura, humedad y presión con un margen de error de $\pm 1^{\circ}\text{C}$, $\pm 3\%$ y $\pm 2\text{hPa}$ respectivamente.
- 2.2. El microcontrolador debe leer datos del sensor de velocidad y dirección del viento con un margen de error de $\pm 0.5\text{ m/s}$ y $\pm 10^{\circ}$ respectivamente.
- 2.3. El microcontrolador debe leer datos del sensor de humedad de suelo con un margen de error de $\pm 5\%$.
- 2.4. El microcontrolador recopilará datos de los sensores para su procesamiento y posterior análisis.
- 2.5. El microcontrolador debe tener una API para comunicarse con otros sistemas.
- 2.6. El microcontrolador debe enviar los datos a la nube si está conectado a internet. La transmisión debe ocurrir al menos cada 5 minutos cuando haya conexión.
- 2.7. El microcontrolador debe tener un servidor para devolver datos cuando son requeridos.

3. Requerimientos de documentación:

- 3.1. Documentación de arquitectura de software.
- 3.2. Documentación de informes de avance.
- 3.3. Documentación de memoria de trabajo.

4. Requerimiento de testing:

- 4.1. El sistema debe probar las funcionalidad de lectura y visualización de datos.
- 4.2. Se deben hacer pruebas de integración entre los diferentes componentes del sistema.
- 4.3. Se deben hacer pruebas unitarias en cada componente del sistema.

5. Requerimientos de la interfaz:

- 5.1. La interfaz debe mostrar los datos en gráficos y deben actualizarse al menos cada 2 minutos con nuevos datos.

6. Requerimientos interoperabilidad:

- 6.1. Los datos deben ser exportables en formatos estándar (CSV, JSON) para su análisis en otras plataformas.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Para la ponderación de las historias de usuario se utiliza una escala basada en la serie de Fibonacci (0, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34 ...) y una descripción cualitativa: bajo, medio y alto. La estimación final del esfuerzo requerido para completar una historia surge de la sumatoria de la ponderación anterior aplicada a las siguientes categorías: cantidad de trabajo, complejidad y riesgo.

El resultado de la sumatoria, de ser necesario, se aproximará al valor superior más cercano en la escala Fibonacci.

A continuación se exponen las historias de usuario:

- 1. “Como productor agrícola, quiero que el sistema mida la temperatura, humedad, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento y humedad del suelo para poder monitorear las condiciones climáticas que afectan mis cultivos.”

Story points: 8 (complejidad: 3, dificultad: 2, incertidumbre: 3)

- 2. “Como usuario, quiero que el sistema muestre la información climática recopilada en una interfaz visual para poder tomar decisiones basadas en los datos obtenidos.”

Story points: 5 (complejidad: 2, dificultad: 1, incertidumbre: 2)

- 3. “Como usuario, quiero que el sistema envíe la información recopilada por los sensores a la nube para poder acceder a los datos desde cualquier dispositivo y lugar.”

Story points: 6 (complejidad: 2, dificultad: 2, incertidumbre: 2)

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Código fuente documentado.
- Manual de usuario.
- Diagrama de instalación.
- Prototipo funcional (hardware).
- Informe de pruebas y validaciones.
- Memoria del trabajo final.

9. Desglose del trabajo en tareas

1. Diseño del sistema (80 h)
 - 1.1. Diseño de la arquitectura del sistema embebido (40 h)
 - 1.2. Pruebas funcionales (16 h)
 - 1.3. Redacción de informes de avance (24 h)
2. Sensor de temperatura, humedad y presión (50 h)
 - 2.1. Investigación de documentación técnica (8 h)
 - 2.2. Prueba de concepto (8 h)
 - 2.3. Desarrollo del driver (22 h)
 - 2.4. Pruebas de validación (8 h)
 - 2.5. Documentación (4 h)
3. Sensor de velocidad y dirección del viento (50 h)
 - 3.1. Investigación de documentación técnica (8 h)
 - 3.2. Prueba de concepto (8 h)
 - 3.3. Desarrollo del driver (22 h)
 - 3.4. Pruebas de validación (8 h)
 - 3.5. Documentación (4 h)
4. Sensor de humedad de suelo (50 h)
 - 4.1. Investigación de documentación técnica (8 h)
 - 4.2. Prueba de concepto (8 h)
 - 4.3. Desarrollo del driver (22 h)
 - 4.4. Pruebas de validación (8 h)
 - 4.5. Documentación (4 h)

5. Recopilación de datos (60 h)
 - 5.1. Investigación sobre posibles bases de datos (14 h)
 - 5.2. Implementación de base de datos (30 h)
 - 5.3. Pruebas de validación (10 h)
 - 5.4. Documentación (6 h)
6. API (60 h)
 - 6.1. Investigación sobre implementación de una API (12 h)
 - 6.2. Identificación de comandos para la implementación (4 h)
 - 6.3. Desarrollo de la API (30 h)
 - 6.4. Pruebas de validación (10 h)
 - 6.5. Documentación (4 h)
7. Servidor de datos (60 h)
 - 7.1. Investigación sobre posibles servidor a implementar (16 h)
 - 7.2. Implementación del servidor (30 h)
 - 7.3. Pruebas de validación (10 h)
 - 7.4. Documentación (4 h)
8. Gestión de datos en la nube (60 h)
 - 8.1. Configuración de nube (20 h)
 - 8.2. Desarrollo de rutina de empaquetamiento y envío de datos (26 h)
 - 8.3. Pruebas de validación (10 h)
 - 8.4. Documentación (4 h)
9. Interfaz de usuario (80 h)
 - 9.1. Investigación sobre posibles interfaces para visualización de datos (24 h)
 - 9.2. Implementación de interfaz de visualización (48 h)
 - 9.3. Pruebas de validación (4 h)
 - 9.4. Documentación (4 h)
10. Redacción de memoria de trabajo (80 h)
 - 10.1. Taller A (40 h)
 - 10.2. Taller B (40 h)

Cantidad total de horas: 630 h.

10. Diagrama de Activity On Node

En la **Figura 2** se detalla el diagrama de Activity on Node. El proyecto tendrá *inicio* el día 14 de octubre de 2024, y con una fecha tentativa de fin el 30 de junio de 2025. Las tareas en conjunto representan 630 h, de las cuales 590 h son críticas, representadas con línea gruesa en el diagrama.

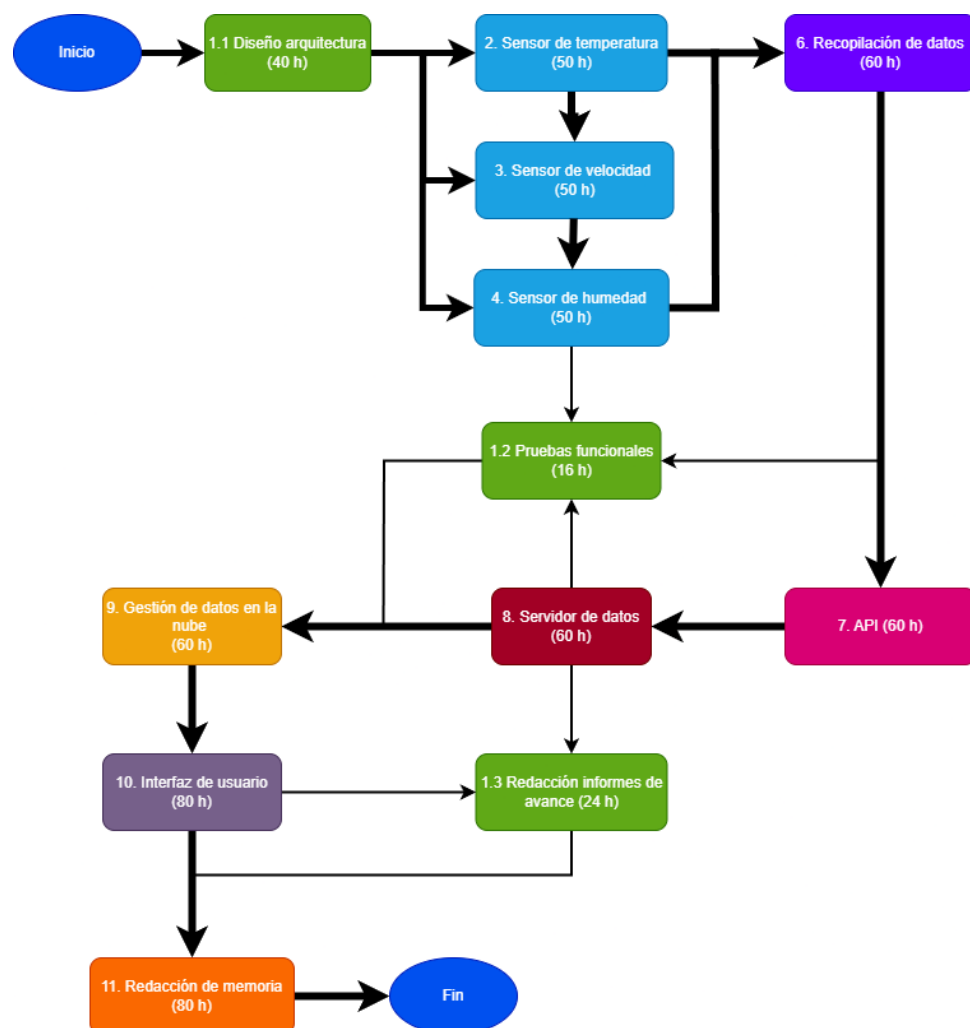


Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

11. Diagrama de Gantt

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin	Duración	Antecedentes
Inicio de proyecto	14/10/24	14/10/24	0.0 day	
Diseño del sistema	14/10/24	11/12/24	43.0 day	
Diseño de la arquitectura del SE	14/10/24	18/10/24	5.0 day	
Pruebas funcionales	21/11/24	22/11/24	2.0 day	
Redacción de informes de avance	11/12/24	11/12/24	1.0 day	
Sensor de T, H y P	21/10/24	29/10/24	7.0 day	1
Investigación de docum...	21/10/24	21/10/24	1.0 day	
Prueba de concepto	22/10/24	22/10/24	1.0 day	6
Desarrollo del driver	23/10/24	25/10/24	3.0 day	8
Pruebas de validación	28/10/24	28/10/24	1.0 day	9
Documentación	29/10/24	29/10/24	1.0 day	10
Sensor de velocidad y ...	30/10/24	7/11/24	7.0 day	5,11
Investigación de docum...	30/10/24	30/10/24	1.0 day	
Prueba de concepto	31/10/24	31/10/24	1.0 day	13
Desarrollo del driver	1/11/24	5/11/24	3.0 day	14
Pruebas de validación	6/11/24	6/11/24	1.0 day	15
Documentación	7/11/24	7/11/24	1.0 day	16
Sensor de humedad de suelo	8/11/24	18/11/24	7.0 day	12,17
Investigación de docum...	8/11/24	8/11/24	1.0 day	
Prueba de concepto	11/11/24	11/11/24	1.0 day	19
Desarrollo del driver	12/11/24	14/11/24	3.0 day	56
Pruebas de validación	15/11/24	15/11/24	1.0 day	58
Documentación	18/11/24	18/11/24	1.0 day	57
Recopilación de datos	28/11/24	9/12/24	8.0 day	18,59
Investigación de docum...	28/11/24	29/11/24	2.0 day	
Implementación de base de datos	2/12/24	5/12/24	4.0 day	31
Pruebas de validación	6/12/24	6/12/24	1.0 day	66
Documentación	9/12/24	9/12/24	1.0 day	69
API	10/12/24	20/12/24	9.0 day	30,67
Investigación sobre im...	10/12/24	11/12/24	2.0 day	
Identificación de coma...	12/12/24	12/12/24	1.0 day	38
Desarrollo de la API	13/12/24	18/12/24	4.0 day	71
Pruebas de validación	19/12/24	19/12/24	1.0 day	70
Documentación	20/12/24	20/12/24	1.0 day	73
Servidor de datos	23/12/24	1/1/25	8.0 day	35,72
Investigación sobre po...	23/12/24	24/12/24	2.0 day	
Implementación del servidor	25/12/24	30/12/24	4.0 day	42
Pruebas de validación	31/12/24	31/12/24	1.0 day	74
Documentación	1/1/25	1/1/25	1.0 day	75
Gestión de datos en la nube	15/1/25	24/1/25	8.0 day	41,76
Configuración de nube	15/1/25	17/1/25	3.0 day	
Desarrollo de rutina d...	20/1/25	22/1/25	3.0 day	48
Pruebas de validación	23/1/25	23/1/25	1.0 day	55
Documentación	24/1/25	24/1/25	1.0 day	49
Interfaz de usuario	3/2/25	13/2/25	9.0 day	44,54
Investigación sobre po...	3/2/25	5/2/25	3.0 day	
Implementación de inte...	6/2/25	13/2/25	6.0 day	50
Pruebas de validación	7/2/25	7/2/25	1.0 day	
Documentación	10/2/25	10/2/25	1.0 day	52
Redacción de memoria de trabajo	17/3/25	27/6/25	75.0 day	43,53
Taller A	17/3/25	26/3/25	8.0 day	
Taller B	18/6/25	27/6/25	8.0 day	77
Fin de proyecto	30/6/25	30/6/25	0.0 day	78

Figura 3. Tareas de *Diagrama de Gantt*.

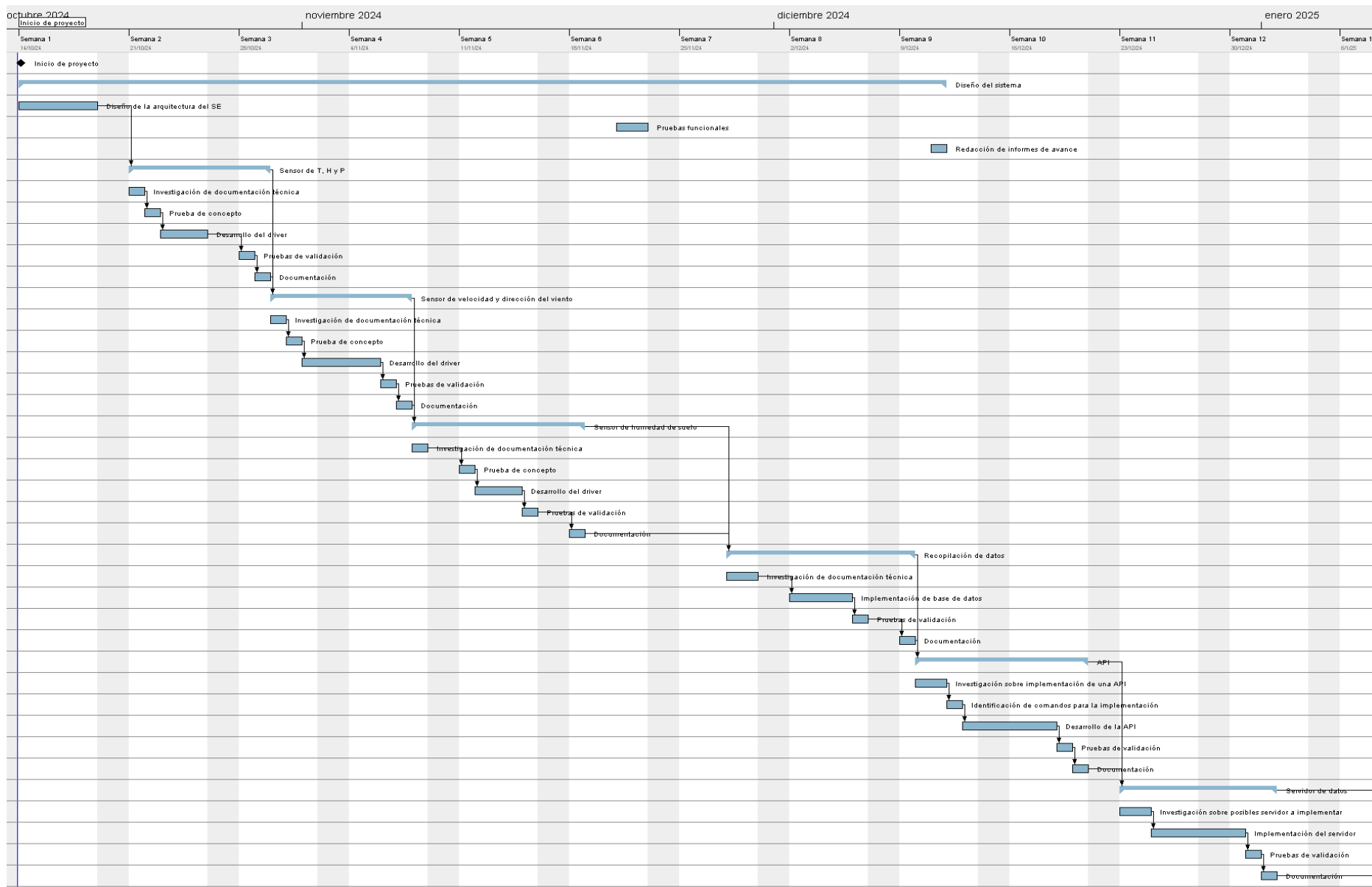


Figura 4. Diagrama de Gantt1 (Parte 1).

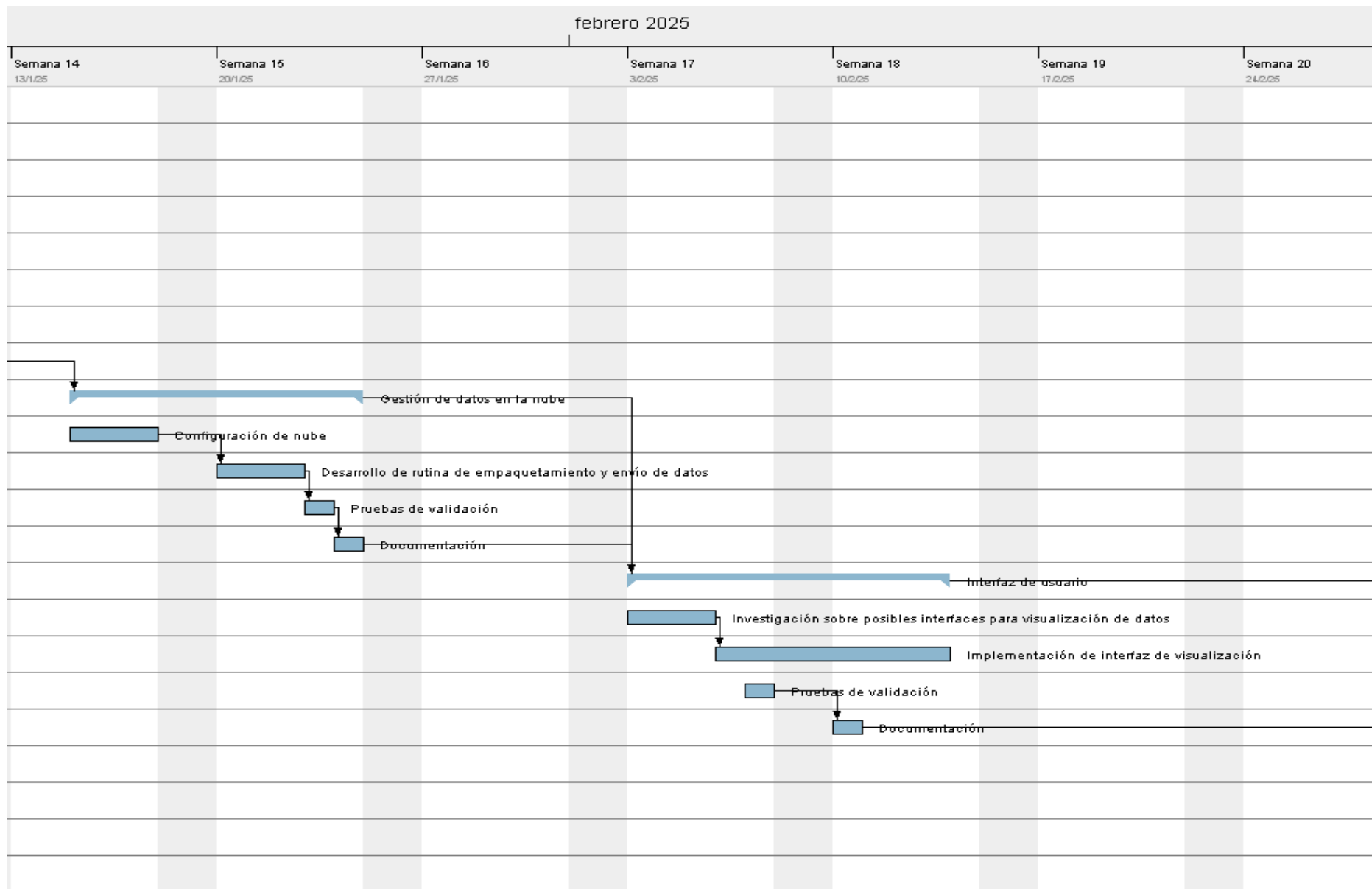


Figura 5. Diagrama de Gantt2 (Parte 2).



Figura 6. Diagrama de Gantt2 (Parte 3).

12. Presupuesto detallado del proyecto

En el siguiente cuadro se muestra el detalle de los costos del proyecto expresados en dólares americanos (USD).

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Placa ESP32-C3-DEVKITC-02	1	8.00	8.00
Fuente de energía	1	9.49	9.49
Sensor de rapidez de viento	1	29.99	29.99
Sensor de dirección de viento	1	22.75	22.75
Sensor de humedad de suelo	1	5.69	5.69
Sensor de temperatura, humedad y presión	1	5.72	5.72
Honorarios profesionales	680	25.00	17 000.00
SUBTOTAL			17 081.64
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Se estima un 50 % de los costos directos	1	8 540.82	8 540.82
SUBTOTAL			8 540.82
TOTAL			25 622.46

Al último cierre al 16/09/2024 la cotización es de \$942.0. Dando un total en pesos argentinos de \$24 136 357.32

13. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos y estimación de sus consecuencias:

A continuación se detallan cinco posibles riesgos inherentes al proyecto. Estos son evaluados según su grado de severidad y probabilidad de ocurrencia tomando valores de 1 a 10.

Riesgo 1: demora en la entrega de los insumos.

- Severidad (S): 8 (ocho)
 - Una demora aduanera, retrasaría el proyecto afectando la fecha de cierre.
- Ocurrencia (O): 5 (cuatro)
 - El responsable del proyecto se ubica en Irlanda, que está bien comunicado con los proveedores, principalmente chinos, pero no está exento de demoras.

Riesgo 2: pérdida o destrucción del kit de desarrollo o de los componentes.

- Severidad (S): 7 (siete)
 - Los plazos de entrega de los proveedores identificados son superiores a 4 semanas.
- Ocurrencia (O): 3 (tres)
 - El desarrollo del prototipo será llevado a cabo en casa del responsable del proyecto.

Riesgo 3: tiempo escaso para adquirir los conocimientos necesarios.

- Severidad (S): 6 (seis)
 - Puede repercutir en un bajo cumplimiento de los requerimientos.
- Ocurrencia (O): 3 (tres)
 - Basado en experiencias previas, se afirma que se dedicará tiempo extra al estudio teórico y práctico en el transcurso del proyecto.

Riesgo 4: disponibilidad de tiempo del equipo de trabajo.

- Severidad (S): 9 (nueve)
 - Se generarían retrasos y hasta incumplimiento total del proyecto.
- Ocurrencia (O): 4 (tres)
 - Debido a la carga laboral o temas de fuerza mayor podrían imposibilitar avanzar con el proyecto según el cronograma establecido.

Riesgo 5: componentes defectuosos.

- Severidad (S): 9 (nueve)
 - Si algún componente electrónico importado viene defectuoso, el proyecto se retrasaría y se incurriría en gastos adicionales.
- Ocurrencia (O): 3 (tres)
 - La probabilidad de que un componente venga defectuoso no es alta, pero tampoco nula.

b) Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como $RPN=S \times O$)

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
Demora en la entrega de los insumos	8	5	40	8	3	24
Pérdida o rotura del kit de desarrollo	7	3	21			
Tiempo escaso para adquirir los conocimientos necesarios	6	3	18			
Disponibilidad de tiempo del equipo de trabajo	9	4	36	9	2	18
Componentes defectuosos	9	3	27			

Criterio adoptado: se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 30.

Nota: los valores marcados con (*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

c) Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el RPN máximo establecido:

Riesgo 1: demora en la entrega de los insumos.

Plan de mitigación: realizar las compras con mayor anticipación y seleccionando insumos que se consigan en el mercado local y/o buscando dos o más alternativas de importación.

- Severidad (S*): 8 (ocho)
 - La severidad permanece invariable.
- Ocurrencia (O*): 3 (tres)
 - Anticiparse al inicio del proyecto con la compra de componentes y tener alternativas no afectaría a los plazos de entrega propuestos inicialmente.

Riesgo 4: disponibilidad de tiempo del equipo de trabajo.

Plan de mitigación: realizar las consultas por escrito al director, pero sin dejar de avanzar con el resto de tareas, ya que no son dependientes entre sí.

- Severidad (S*): 9 (nueve)
 - La severidad permanece invariable.
- Ocurrencia (O*): 2 (dos)
 - Anticipar el inicio de otras tareas en caso de una demora de respuesta por parte del director, ahorraría los tiempos muertos al avanzar en otras tareas propuestas en el cronograma.

14. Gestión de la calidad

- Requerimiento #1.1: el sistema debe medir la temperatura, humedad, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, humedad del suelo y cantidad de lluvia.
 - **Verificación:** se verificarán las especificaciones técnicas de los sensores, comparando los resultados con instrumentos certificados y probando la consistencia de las mediciones.
 - **Validación:** se contrastarán las mediciones en campo con referencias estándar, y el cliente validará la precisión y consistencia en diversas condiciones.
- Requerimiento #1.2: el sistema debe mostrar la información recopilada por los sensores en la nube.
 - **Verificación:** se confirmará que los datos se visualizan correctamente en la interfaz, actualizándose de forma adecuada y accesible desde distintos dispositivos.
 - **Validación:** el cliente revisará la presentación y claridad de los datos en la interfaz y validará su funcionalidad visual.
- Requerimiento #1.3: el sistema debe visualizar la información recopilada por la estación en una interfaz.
 - **Verificación:** se probará la correcta transmisión y almacenamiento de los datos en la nube, con mecanismos de recuperación en caso de fallas de red.
 - **Validación:** el cliente accederá a los datos desde la nube, confirmando su precisión y disponibilidad desde cualquier ubicación.
- Requerimiento #2.6: el microcontrolador debe tener una API para comunicarse con otros sistemas.

- **Verificación:** se revisará la documentación de la API y se realizarán pruebas funcionales de conexión con otros sistemas, validando los endpoints y los métodos de comunicación disponibles. Se probará la respuesta del microcontrolador ante solicitudes de datos y su capacidad para enviar información correctamente.
- **Validación:** el cliente realizará pruebas de integración con sus sistemas, confirmando que la API permite una comunicación fluida y eficiente entre el microcontrolador y otros sistemas externos, cumpliendo con los estándares acordados.
- Requerimiento #2.8: el microcontrolador debe tener un servidor para devolver datos cuando son requeridos.
 - **Verificación:** se probará la implementación del servidor en el microcontrolador, verificando que responde correctamente a las solicitudes de datos mediante protocolos estándar (HTTP, MQTT). Se realizarán pruebas de carga para asegurar que el servidor puede manejar múltiples solicitudes simultáneas sin pérdida de información.
 - **Validación:** el cliente realizará pruebas de consulta de datos a través del servidor, verificando que los datos solicitados sean devueltos correctamente y en el formato esperado. Se confirmará que la latencia y el rendimiento cumplen con las especificaciones requeridas.
- Requerimiento #3.1: documentación de arquitectura de software.
 - **Verificación:** se revisará la completitud y exactitud de la documentación técnica y manuales, asegurando que cubran todos los aspectos del sistema.
 - **Validación:** el cliente revisará la documentación y confirmará que es clara y suficiente para operar y comprender el sistema.
- Requerimiento #5.1: la interfaz debe mostrar los datos en gráficos y deben actualizarse al menos cada 2 minutos con nuevos datos.
 - **Verificación:** se probará la correcta visualización de los datos en gráficos, verificando que las actualizaciones y personalizaciones funcionen adecuadamente.
 - **Validación:** el cliente validará la claridad de los gráficos y confirmará que cumplen con sus expectativas visuales y funcionales.

15. Procesos de cierre

Al finalizar el proyecto se establecen las siguientes actividades:

1. Contrastar el desarrollo del proyecto respecto a la planificación original.
 - Se llevará a cabo una comparación detallada entre el cronograma original y el real, así como entre los costos previstos y los finales.
 - El responsable del proyecto generará una hoja de cálculo que contenga los tiempos y costos presupuestados frente a los realizados, destacando las variaciones significativas.
 - Se evaluarán también los riesgos previstos al comienzo del proyecto y cómo se gestionaron durante su desarrollo.
2. Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se utilizaron, y los problemas que surgieron y como se solucionaron.

- Se convocará a los colaboradores para documentar los procedimientos y técnicas utilizadas, identificando aquellas que fueron efectivas y las que no generaron los resultados esperados.
- Además, se registrarán los principales problemas encontrados y las soluciones implementadas. Este análisis formará parte de las lecciones aprendidas del proyecto.

3. Archivado de toda la documentación del proyecto.

- El responsable del proyecto deberá organizar y archivar toda la información generada durante el proyecto, asegurando que esté accesible para futuras consultas.
- Se incluirán todos los documentos técnicos, registros de avances y cualquier otra documentación relevante.

4. Redacción de memoria final y presentación del proyecto.

- El responsable del proyecto redactará la memoria final, la cual será presentada en el marco de la Especialización en Sistemas Embebidos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.
- Todos los involucrados en el proyecto serán invitados a la presentación y se les ofrecerá un agradecimiento formal por su colaboración.
- Además, el responsable se ocupará de organizar esta presentación final y de coordinar la asistencia de los invitados.