



# 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 . . . . .	11
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	15
13. Gestión de riesgos . . . . .	15
14. Gestión de la calidad . . . . .	16
15. Procesos de cierre . . . . .	17

## 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

## 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 680 horas y un costo estimado de U\$D 25622.46, 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

Nombre del cliente  
Empresa del cliente

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 en tiempo real 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.

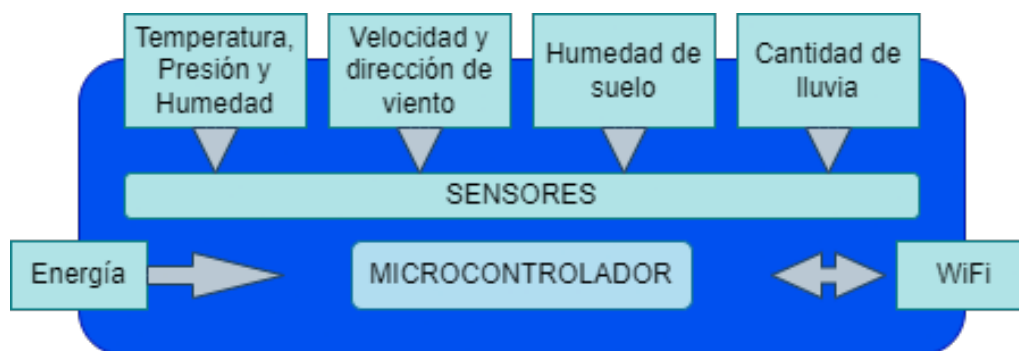


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

## 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 en tiempo real. 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, humedad del suelo y cantidad de lluvia.
- 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 debe leer datos del sensor de cantidad de lluvia.
- 2.5. El microcontrolador recopilará datos de los sensores para su procesamiento y posterior análisis.
- 2.6. El microcontrolador debe tener una API para comunicarse con otros sistemas.
- 2.7. 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.
- 2.8. 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, humedad del suelo y cantidad de lluvia 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 (160 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. Sensor de cantidad de lluvia (50 h)

- 5.1. Investigación de documentación técnica (8 h)
- 5.2. Prueba de concepto (8 h)
- 5.3. Desarrollo del driver (22 h)
- 5.4. Pruebas de validación (8 h)
- 5.5. Documentación (4 h)
- 6. Recopilación de datos (60 h)
  - 6.1. Investigación sobre posibles bases de datos (14 h)
  - 6.2. Implementación de base de datos (30 h)
  - 6.3. Pruebas de validación (10 h)
  - 6.4. Documentación (6 h)
- 7. API (60 h)
  - 7.1. Investigación sobre implementación de una API (12 h)
  - 7.2. Identificación de comandos para la implementación (4 h)
  - 7.3. Desarrollo de la API (30 h)
  - 7.4. Pruebas de validación (10 h)
  - 7.5. Documentación (4 h)
- 8. Servidor de datos (60 h)
  - 8.1. Investigación sobre posibles servidor a implementar (16 h)
  - 8.2. Implementación del servidor (30 h)
  - 8.3. Pruebas de validación (10 h)
  - 8.4. Documentación (4 h)
- 9. Gestión de datos en la nube (60 h)
  - 9.1. Configuración de nube (20 h)
  - 9.2. Desarrollo de rutina de empaquetamiento y envío de datos (26 h)
  - 9.3. Pruebas de validación (10 h)
  - 9.4. Documentación (4 h)
- 10. Interfaz de usuario (80 h)
  - 10.1. Investigación sobre posibles interfaces para visualización de datos (24 h)
  - 10.2. Implementación de interfaz de visualización (48 h)
  - 10.3. Pruebas de validación (4 h)
  - 10.4. Documentación (4 h)
- 11. Redacción de memoria de trabajo (80 h)
  - 11.1. Taller A (40 h)
  - 11.2. Taller B (40 h)

**Cantidad total de horas: 680 h.**

## 10. Diagrama de Activity On Node

En la **Figura 2** se detalla el diagrama de Activity on Node. El camino crítico, marcado en líneas gruesas, tiene una duración de 640 horas.



Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

## 11. Diagrama de Gantt

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin	Duración	Antecedentes
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 documentación técnica	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 dirección del viento	30/10/24	7/11/24	7.0 day	11
Investigación de documentación técnica	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	17
Investigación de documentación técnica	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
Sensor de cantidad de lluvia	19/11/24	27/11/24	7.0 day	59
Investigación de documentación técnica	19/11/24	19/11/24	1.0 day	
Prueba de concepto	20/11/24	20/11/24	1.0 day	25
Desarrollo del driver	21/11/24	25/11/24	3.0 day	61
Pruebas de validación	26/11/24	26/11/24	1.0 day	60
Documentación	27/11/24	27/11/24	1.0 day	62
Recopilación de datos	28/11/24	9/12/24	8.0 day	63
Investigación de documentación técnica	28/11/24	28/11/24	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	67
Investigación sobre implementación de una API	10/12/24	11/12/24	2.0 day	
Identificación de comandos para la implementación	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	72
Investigación sobre posibles servidor a implementar	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	76
Configuración de nube	15/1/25	17/1/25	3.0 day	
Desarrollo de rutina de empaquetamiento y envío de datos	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	54
Investigación sobre posibles interfaces para visualización de datos	3/2/25	5/2/25	3.0 day	
Implementación de interfaz de visualización	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	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*.

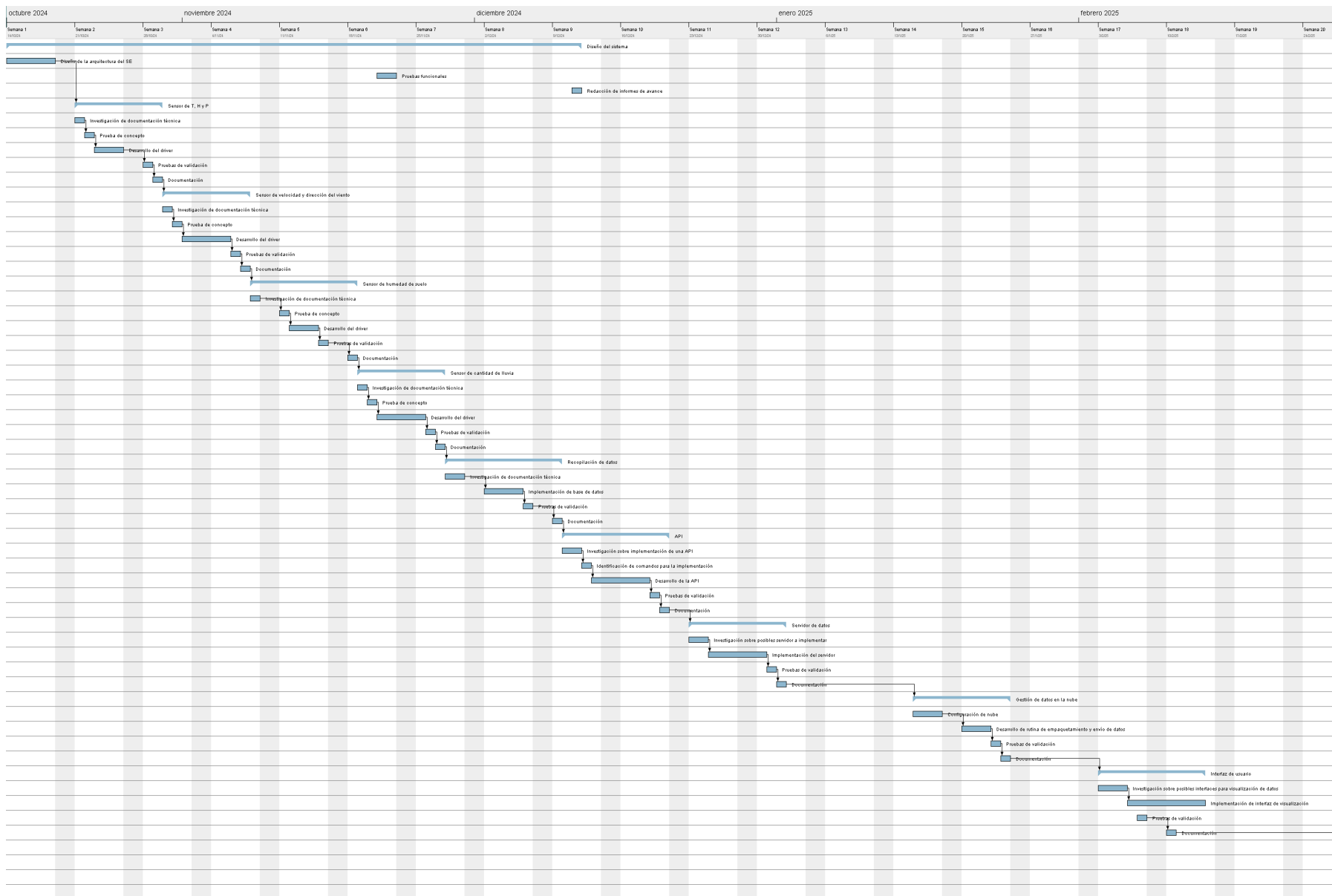


Figura 4. Diagrama de Gantt1 (Parte 1).

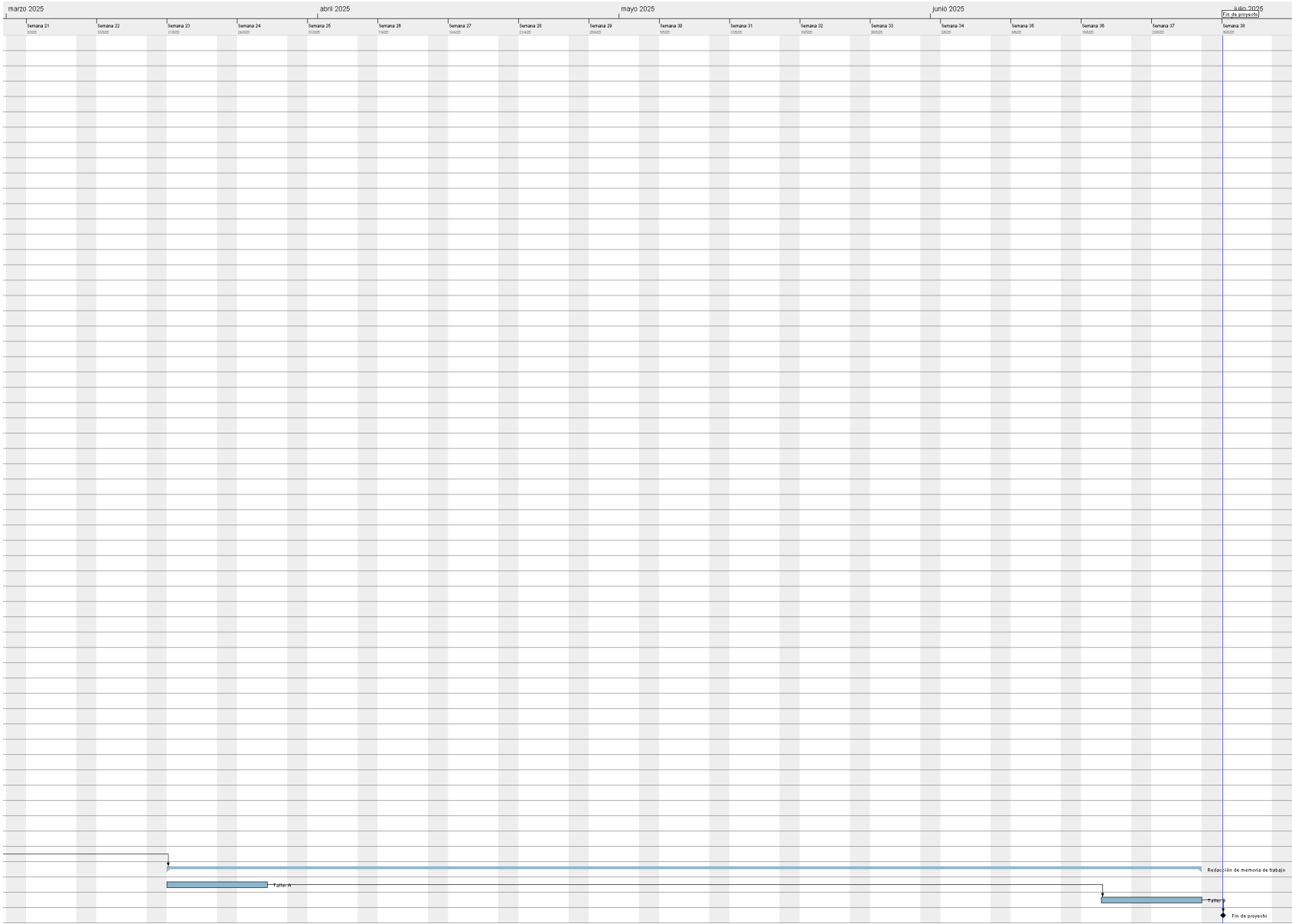


Figura 5. *Diagrama de Gantt2* (Parte 2).

## 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	17000.00
SUBTOTAL			17081.64
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Se estima un 50 % de los costos directos	1	8540.82	8540.82
SUBTOTAL			8540.82
TOTAL			25622.46

Al último cierre al 16/09/2024 la cotización es de \$942,0. Dando un total en pesos argentinos de \$24136357.32

## 13. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos (al menos cinco) y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: detallar el riesgo (riesgo es algo que si ocurre altera los planes previstos de forma negativa)

- Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S).
- Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2:

- Severidad (S): X.  
Justificación...
- Ocurrencia (O): Y.  
Justificación...

Riesgo 3:

- Severidad (S): X.  
Justificación...
- Ocurrencia (O): Y.  
Justificación...

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

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

Criterio adoptado:

Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a...

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: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).  
Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación:

- Severidad (S\*): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S).
- Probabilidad de ocurrencia (O\*): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

Riesgo 3: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

## 14. Gestión de la calidad

Elija al menos diez requerimientos que a su criterio sean los más importantes/críticos/que aportan más valor y para cada uno de ellos indique las acciones de verificación y validación que permitan asegurar su cumplimiento.

- Req #1: copiar acá el requerimiento con su correspondiente número.
  - Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente. Detallar.
  - Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido. Detallar.



Tener en cuenta que en este contexto se pueden mencionar simulaciones, cálculos, revisión de hojas de datos, consulta con expertos, mediciones, etc.

Las acciones de verificación suelen considerar al entregable como “caja blanca”, es decir se conoce en profundidad su funcionamiento interno.

En cambio, las acciones de validación suelen considerar al entregable como “caja negra”, es decir, que no se conocen los detalles de su funcionamiento interno.

## 15. Procesos de cierre

Establecer las pautas de trabajo para realizar una reunión final de evaluación del proyecto, tal que contemple las siguientes actividades:

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:
  - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento a aplicar.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se emplearon, los problemas que surgieron y cómo se solucionaron:
  - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento para dejar registro.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores:
  - Indicar esto y quién financiará los gastos correspondientes.