



Monitoreo y gestión remota de red de sensores Bluetooth en invernaderos

Autor:

Ing. Facundo Andrioli Villa

Director:

Dr. Pablo Ventura (KeyLab)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 17 de octubre de 2023 y el 5 de diciembre 2023.*

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	7
5. Supuestos del proyecto.	7
6. Requerimientos	8
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>).	8
8. Entregables principales del proyecto	10
9. Desglose del trabajo en tareas	10
10. Diagrama de Activity On Node.	11
11. Diagrama de Gantt	13
12. Presupuesto detallado del proyecto	15
13. Gestión de riesgos	15
14. Gestión de la calidad	17
15. Procesos de cierre	19

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	17 de octubre de 2023
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	31 de octubre de 2023
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive	07 de noviembre de 2023
3	Se completa hasta el punto 12 inclusive	14 de noviembre de 2023
4	Se completa hasta el punto 15 inclusive	21 de noviembre de 2023
4.1	Finalización del documento	28 de noviembre de 2023

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 17 de octubre de 2023

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Ing. Facundo Andrioli Villa que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Monitoreo y gestión remota de red de sensores Bluetooth en invernaderos”, consistirá esencialmente en la implementación de una red de sensores Bluetooth, el desarrollo de una aplicación web progresiva y la configuración de un servidor IoT, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 640 h de trabajo y \$10201100 de pesos, con fecha de inicio 17 de octubre de 2023 y fecha de presentación pública 10 de octubre 2024.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Sr. Pablo Lodetti
Wentux Tecnoagro

Dr. Pablo Ventura
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

La producción agrícola en invernaderos ha experimentado una transformación significativa a lo largo del tiempo. La necesidad de un control más preciso y eficiente del entorno de cultivo se ha vuelto esencial para asegurar la calidad y la productividad de las cosechas. La demanda de cultivos de alta calidad y el crecimiento de la población mundial han intensificado la presión sobre la industria agrícola para maximizar la producción. En este contexto, el monitoreo y la gestión de invernaderos se han convertido en cuestiones primordiales.

Sin embargo, enfrentar desafíos logísticos y técnicos, especialmente al supervisar y controlar múltiples invernaderos distribuidos en diversas ubicaciones, se ha convertido en un reto clave. La gestión descentralizada de invernaderos dispersos geográficamente ha presentado dificultades en la obtención de datos en tiempo real, la implementación de un control eficiente y la gestión unificada. La falta de soluciones integrales para abordar estos desafíos ha sido una limitación en la industria agrícola.

El proyecto se realiza en colaboración con la empresa argentina "Wentux Tecnoagro", que se especializa en la fabricación y desarrollo de controladores para salas de cultivo y automatización de procesos para garantizar cosechas seguras.

La solución que se propone implica la implementación de una red de sensores Bluetooth en invernaderos, junto con el desarrollo de una aplicación web progresiva (PWA) para el monitoreo local y un servidor IoT para la gestión remota de datos. Estos sensores recopilarán información sobre el clima y otros parámetros en tiempo real. La PWA permitirá a los usuarios acceder a estos datos y controlar los invernaderos desde cualquier lugar, mientras que el servidor IoT facilitará la gestión de datos y alarmas.

La propuesta de valor radica en satisfacer las necesidades de Wentux Tecnoagro y sus clientes, quienes primordialmente buscan tener un control total sobre sus cosechas y mantener un entorno de cultivo seguro. El proyecto se distingue por su capacidad de monitoreo y control remoto, permitiendo a los agricultores y profesionales de la agricultura gestionar sus invernaderos de manera eficiente y precisa.

La importancia del trabajo radica en la capacidad de impulsar la industria agrícola al proporcionar una solución avanzada para el monitoreo y la gestión de invernaderos, mejorando la calidad y la productividad de las cosechas, lo que es esencial para la seguridad alimentaria en un mundo en crecimiento.

En la figura 1, que se presenta a continuación, se muestra el diagrama en bloques del sistema, en el que se pueden observar:

- Red de Sensores Bluetooth: recopila datos del entorno del invernadero.
- Módulo Central: recibe datos de los sensores Bluetooth y los envía al servidor a través de MQTT.
- Comunicación MQTT: facilita la transferencia de datos entre el módulo central y el servidor.
- Servidor IoT: almacena y procesa los datos recibidos de los sensores.
- PWA: permite el monitoreo y control del sistema en la red local.

- Nodos sensores y actuadores: recopilan datos y controlan dispositivos en el invernadero.
- Usuario remoto: accede a los datos recopilados a través del servidor IoT.

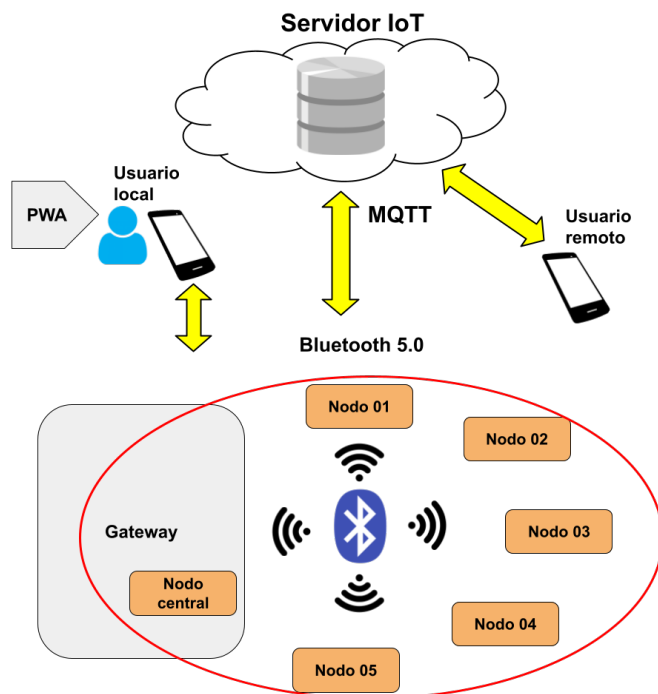


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Sr. Pablo Lodetti	Wentux Tecnoagro	-
Responsable	Ing. Facundo Andrioli Villa	FIUBA	Alumno
Orientador	Dr. Pablo Ventura	KeyLab	Director Trabajo final
Usuario final	Agricultores	-	-

- Orientador: el Dr. Pablo Ventura, con su extensa experiencia, colaborará en la revisión y planificación del proyecto.
- Usuario final: agricultores que requieran gestionar sus invernaderos de manera eficiente y precisa.

3. Propósito del proyecto

El propósito del proyecto consiste en la implementación de una red de sensores Bluetooth en invernaderos para recopilar información en tiempo real. Además, se desarrollará una PWA para el monitoreo local y se establecerá un servidor IoT en la nube para la gestión remota de datos.

4. Alcance del proyecto

Dentro del alcance de este proyecto se incluye:

- Diseño y desarrollo de un protocolo de comunicación basado en Bluetooth 5.0 entre los nodos sensores y el sistema embebido central.
- Creación de una PWA para el monitoreo local de los equipos en los invernaderos.
- Implementación de un servidor en la nube para el almacenamiento y gestión de datos recopilados por los sensores.
- Establecimiento de la comunicación cliente-servidor a través del protocolo MQTT para la transmisión de datos desde el sistema embebido central al servidor en la nube.
- Posibilidad de control remoto de los invernaderos y sus dispositivos desde la aplicación web.
- Gestión de alarmas y administración de los datos recibidos por los dispositivos conectados.

El presente proyecto no incluye:

- El desarrollo del hardware del sistema embebido central, que ya está funcionando.
- Mantenimiento y actualizaciones a largo plazo del sistema.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se dispondrá del conocimiento necesario para desarrollar PWA y configurar el servidor en la nube.
- No habrá dificultades para conseguir el módulo ESP32 de Espressif Systems.
- Se dispondrá de acceso a la tecnología Bluetooth 5.0 para la comunicación entre los nodos sensores y el sistema embebido central.
- Se tendrá acceso a una conexión a Internet estable para permitir la comunicación remota entre el sistema embebido central y el servidor en la nube mediante el protocolo MQTT.
- Se contará con la colaboración del cliente para la evaluación de las pruebas.
- Se contará con el tiempo suficiente para realizar las distintas tareas.
- La organización Wentux estará dispuesta a proporcionar el apoyo necesario y la colaboración requerida para el éxito del proyecto.

6. Requerimientos

1. Requerimientos funcionales

- 1.1. El sistema debe permitir que los módulos Bluetooth Low Energy (BLE) se comuniquen con el módulo central y puedan intercambiar datos.
- 1.2. Los módulos BLE deben contar con una configuración de bajo consumo para permitir su uso con baterías.
- 1.3. El usuario deberá tener la capacidad de habilitar o deshabilitar los distintos módulos disponibles.
- 1.4. El módulo central debe ser capaz de auto detectar los módulos que estén dentro de su alcance.
- 1.5. Se implementará un servidor en la nube con el software OpenRemote para el monitoreo remoto de los datos.
- 1.6. El módulo central se conectará al servidor en la nube a través del protocolo MQTT.

2. Requerimientos de documentación

- 2.1. Se documentarán las bibliotecas para implementar la red de sensores.
- 2.2. Se documentará el proceso general del desarrollo de la PWA y sus bibliotecas y/o frameworks utilizados.
- 2.3. Se documentará el procedimiento de instalación y puesta en marcha del software OpenRemote y sus dependencias en el servidor remoto.

3. Requerimientos de la interfaz

- 3.1. La PWA será la interfaz principal para obtener los datos que se recolectan.
- 3.2. La PWA configurará y monitoreará la red.
- 3.3. La PWA requerirá acceso con usuario y contraseña.
- 3.4. La PWA se comunicará mediante MQTT con el servidor IoT para permitir al usuario obtener datos desde ubicaciones remotas.
- 3.5. La PWA deberá enviar comandos a través de MQTT al servidor para ejecutar funciones solicitadas por el usuario.

4. Requerimientos confidencialidad

- 4.1. Se deberá mantener confidencialidad sobre algunos aspectos de los secretos comerciales, métodos de trabajo y de la información.
- 4.2. Se deberá comprometer a mantener en el futuro dicha conducta.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Se utilizó la asignación de *story points* para evaluar las historias de usuario. El valor se determinó considerando los siguientes factores: complejidad, dificultad e incertidumbre asociada con la tarea. La escala aplicada a cada uno de estos es la siguiente:

- Complejidad:

- Alta: 8
- Media: 3
- Baja: 1
- Dificultad:
 - Alta: 8
 - Media: 3
 - Baja: 1
- Incertidumbre:
 - Alta: 5
 - Media: 3
 - Baja: 1

Para calcular los *story points* sumaremos la puntuación otorgada a cada factor y luego redondearemos el resultado al número de la serie de Fibonacci más cercano.

- Como usuario, quiero acceder a la PWA con mi usuario y contraseña. Complejidad: 3 - Dificultad: 3 - Incertidumbre: 1 - ***Story points: 8***
- Como usuario, quiero modificar mi configuración. Complejidad: 3 - Dificultad: 3 - Incertidumbre: 1 - ***Story points: 8***
- Como usuario, quiero poder ver un listado de mis invernaderos. Complejidad: 1 - Dificultad: 3 - Incertidumbre: 1 - ***Story points: 5***
- Como usuario, quiero poder agregar nuevas invernaderos. Complejidad: 1 - Dificultad: 3 - Incertidumbre: 1 - ***Story points: 5***
- Como usuario, quiero poder ver un listado de mis alarmas. Complejidad: 1 - Dificultad: 3 - Incertidumbre: 1 - ***Story points: 5***
- Como usuario, quiero poder agregar nuevas alarmas. Complejidad: 3 - Dificultad: 3 - Incertidumbre: 1 - ***Story points: 8***
- Como usuario, quiero poder eliminar mis alarmas. Complejidad: 1 - Dificultad: 3 - Incertidumbre: 1 - ***Story points: 5***
- Como usuario, quiero recibir una notificación cuando una alarma es disparada. Complejidad: 3 - Dificultad: 8 - Incertidumbre: 1 - ***Story points: 13***
- Como usuario, quiero poder acceder al histórico de alarmas disparadas. Complejidad: 1 - Dificultad: 3 - Incertidumbre: 1 - ***Story points: 5***
- Como encargado del proyecto, quiero que todas las comunicaciones de transferencia de datos empleen certificados TLS para asegurar la seguridad de los mismos. Complejidad: 8 - Dificultad: 8 - Incertidumbre: 3 - ***Story points: 21***
- Como encargado del proyecto, necesito que cualquier información confidencial se guarde de manera encriptada, con el fin de resguardar los datos contra accesos no autorizados. Complejidad: 3 - Dificultad: 3 - Incertidumbre: 3 - ***Story points: 13***.

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Implementación de red de sensores Bluetooth.
- Implementación de la API REST.
- Desarrollo de una PWA.
- Configuración del sistema de comunicación MQTT.
- Implementación y despliegue del servidor de IoT.
- Elaboración de un manual de usuario.
- Informes de avances.
- Prototipo funcional.
- Informe final.
- Presentación del proyecto.

9. Desglose del trabajo en tareas

1. Implementación de red de sensores Bluetooth (120 h).
 - 1.1. Investigación del framework a utilizar (10 h).
 - 1.2. Investigación de la tecnología BLE (10 h).
 - 1.3. Diseño e implementación de la comunicación BLE (25 h).
 - 1.4. Comunicación con el módulo central (25 h).
 - 1.5. Implementación de sensores analógicos y digitales (20 h).
 - 1.6. Pruebas unitarias (10 h).
 - 1.7. Pruebas de integración (10 h).
 - 1.8. Documentación (10 h).
2. Desarrollo de la API REST (120 h).
 - 2.1. Investigación de APIs (10 h).
 - 2.2. Implementación de la base de datos (25 h).
 - 2.3. Configuración de los protocolos (10 h).
 - 2.4. Definición y diseño de endpoints (20 h).
 - 2.5. Implementación de la API (35 h).
 - 2.6. Pruebas de integración (10 h).
 - 2.7. Documentación (10 h).
3. Desarrollo de una PWA (100 h).
 - 3.1. Investigación de frameworks y bibliotecas a utilizar (15 h).

- 3.2. Integración de la API diseñada (30 h).
- 3.3. Diseño del frontend (35 h).
- 3.4. Pruebas de integración (10 h).
- 3.5. Documentación (10 h).
- 4. Configuración del sistema de comunicación MQTT (115 h).
 - 4.1. Investigación del protocolo (10 h).
 - 4.2. Implementación y configuración de los certificados TLS (15 h).
 - 4.3. Configuración del broker (15 h).
 - 4.4. Configuración de los protocolos (15 h).
 - 4.5. Diseño y estructura de tópicos (30 h).
 - 4.6. Configuración de seguridad (20 h).
 - 4.7. Pruebas de integración (10 h).
- 5. Implementación y despliegue del servidor de IoT (130 h).
 - 5.1. Investigación de la OpenRemote (15 h).
 - 5.2. Creación de un servidor en Google Cloud (15 h).
 - 5.3. Instalación de OpenRemote en el servidor (15 h).
 - 5.4. Configuración de OpenRemote (30 h).
 - 5.5. Conexión a MQTT (15 h).
 - 5.6. Generación de paneles de información (20 h).
 - 5.7. Pruebas de integración (10 h).
 - 5.8. Documentación (10 h).
- 6. Presentación del proyecto (55 h)
 - 6.1. Escritura de la memoria del proyecto (40 h).
 - 6.2. Elaboración de la presentación (15 h).

Cantidad total de horas: (640 h)

10. Diagrama de Activity On Node

En el diagrama se puede observar en rojo el camino crítico y la unidad de tiempo está expresada en horas.

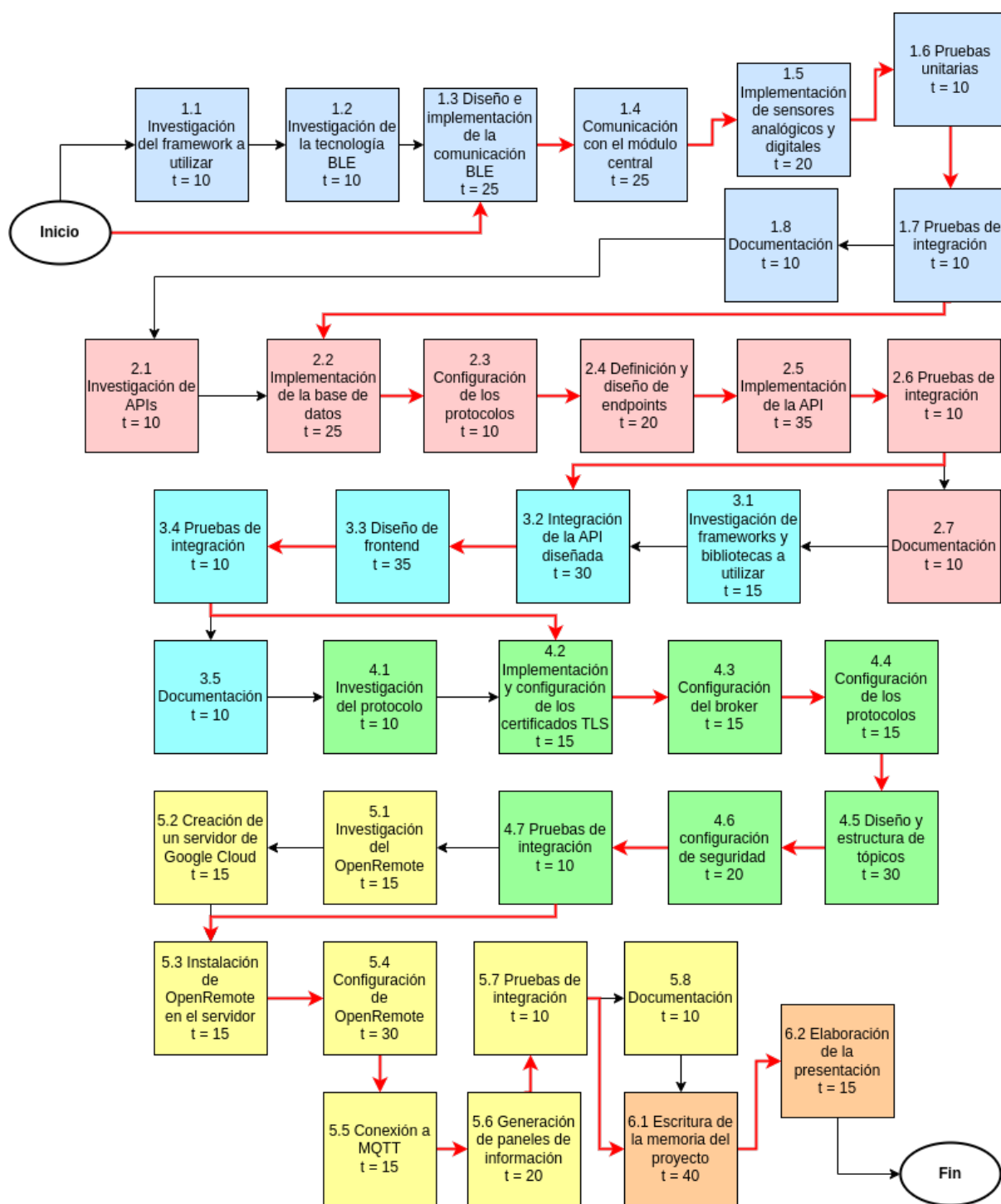


Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

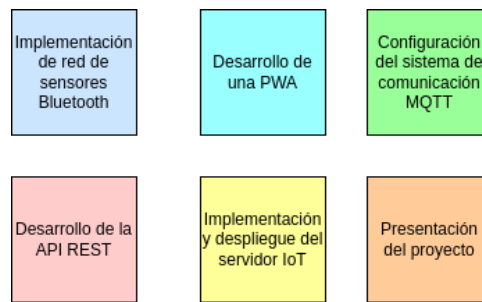


Figura 3. Referencias del diagrama de *Activity on Node*.

11. Diagrama de Gantt

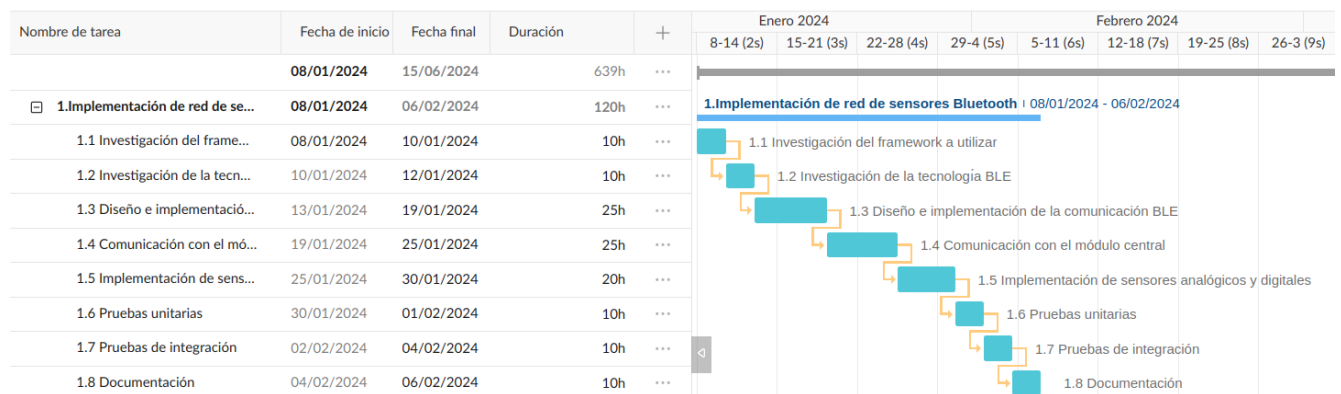


Figura 4. Diagrama de Gantt parte 1 de 6.

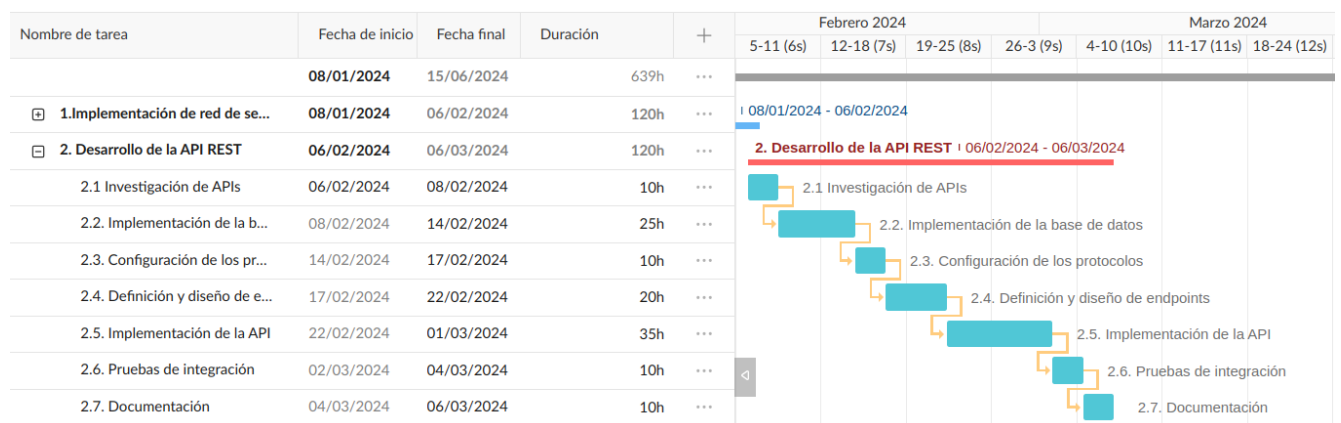


Figura 5. Diagrama de Gantt parte 2 de 6.

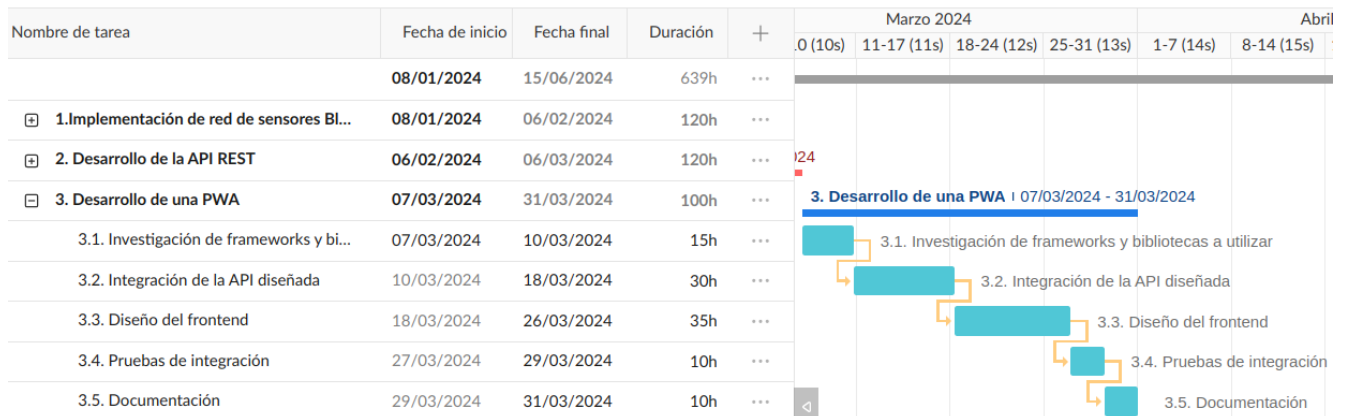


Figura 6. Diagrama de Gantt parte 3 de 6.

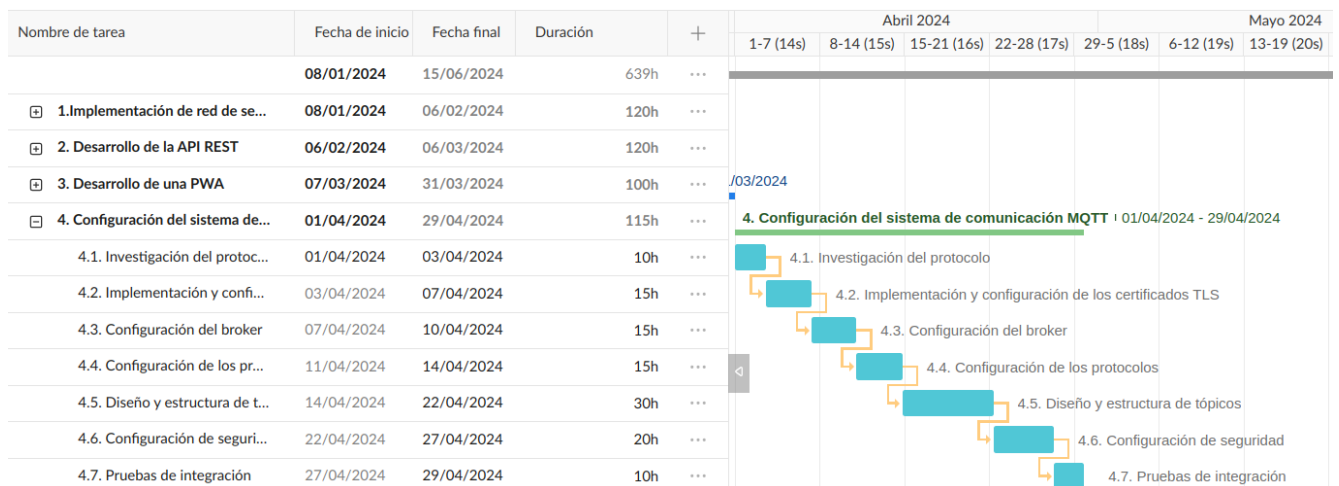


Figura 7. Diagrama de Gantt parte 4 de 6.

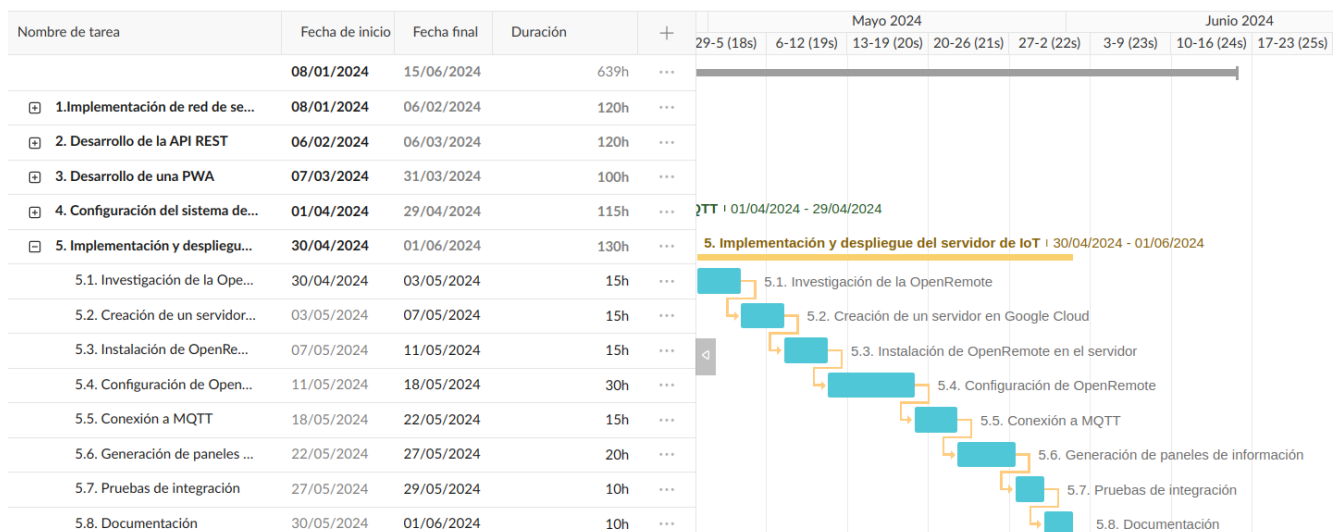


Figura 8. Diagrama de Gantt parte 5 de 6.

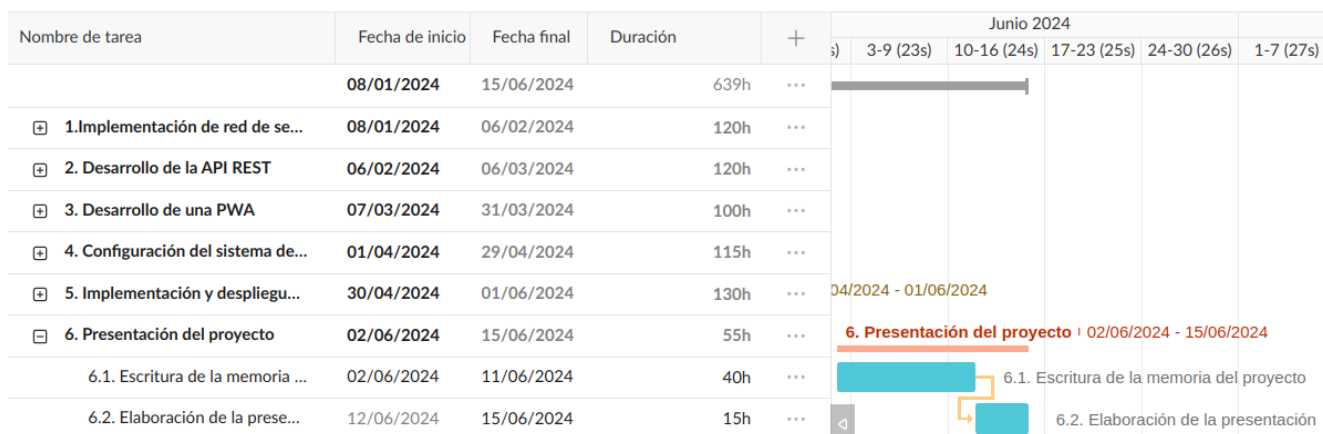


Figura 9. Diagrama de Gantt parte 6 de 6.

12. Presupuesto detallado del proyecto

El presupuesto del proyecto está estimado en pesos argentinos.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Horas de ingeniería	640	\$10000	\$6400000
Gateway	1	\$400000	\$400000
Módulos BLE	4	\$150000	\$600000
Fuente múltiple 5 V USB	1	\$27000	\$27000
Fuente 5 V USB	4	\$15000	\$60000
Servidor nube (mensual)	12	\$30000	\$360000
SUBTOTAL			\$7847000
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
30 % de los costos directos	-	-	\$2354100
SUBTOTAL			\$2354100
TOTAL			\$10201100

13. Gestión de riesgos

Identificación de los riesgos y estimación de sus consecuencias:

Se analizan los riesgos del proyecto asignándoles valores del 1 al 10 en términos de su gravedad y probabilidad de ocurrencia. Se identificarán cinco posibles riesgos y se los evaluará en base a estos dos criterios.

Riesgo 1: insuficiente tiempo para finalizar el proyecto.

- Severidad (S): 9. Si el tiempo no es suficiente, el proyecto se vería afectado y podría extenderse más allá del plazo previsto.
- Ocurrencia (O): 3. Se asignó una cantidad considerable de horas para poder finalizarlo en tiempo y forma.

Riesgo 2: posible pérdida del código del sistema.

- Severidad (S): 9. Llevaría a la necesidad de volver a codificar.
- Ocurrencia (O): 2. Se implementará control de versiones con Git y se contará con un repositorio web.

Riesgo 3: selección incorrecta del microcontrolador.

- Severidad (S): 6. Podría existir una limitación en la capacidad de recursos del componente elegido.
- Ocurrencia (O): 2. Se realizará una verificación exhaustiva para asegurarse de que el producto seleccionado satisfaga todas las necesidades identificadas en el proyecto.

Riesgo 4: surgimiento de una alternativa de biblioteca o framework superior al planificado.

- Severidad (S): 1. Una nueva alternativa podría poner al producto en desventaja, aunque usar tecnologías probadas garantiza estabilidad.
- Ocurrencia (O): 9. En el campo de la informática, surgen constantemente nuevas opciones, aumentando la probabilidad de encontrar una solución superior a la planificada inicialmente.

Riesgo 5: fallas en los componentes electrónicos.

- Severidad (S): 8. Si algún componente electrónico se encontrara defectuoso, se podrían producir retrasos en el proyecto y gastos adicionales.
- Ocurrencia (O): 3. Aunque es poco probable, siempre existe la posibilidad de recibir un componente defectuoso.

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

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
1. Insuficiente tiempo para finalizar el proyecto	9	3	27	8	2	16
2. Posible pérdida del código del sistema.	9	1	9			
3. Selección incorrecta del microcontrolador.	6	2	12			
4. Surgimiento de una alternativa de biblioteca o framework superior al planificado.	1	9	9			
5. Fallas en los componentes electrónicos.	8	3	24	8	1	8

Criterio adoptado: se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 20

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

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

Riesgo 1: insuficiente tiempo para finalizar el proyecto.

- Plan de mitigación: investigar en profundidad tecnologías desconocidas para anticipar posibles problemas y, de ser necesario, buscar ayuda de un experto.
- Severidad (S*): 8. Con el conocimiento de estas tecnologías, las tareas serán más eficientes y requerirán menos tiempo.
- Ocurrencia (O*): 2. Al comprender mejor estas tecnologías y contar con la asistencia de un experto, se reducen significativamente los riesgos de retrasos por falta de tiempo.

Riesgo 5: fallas en los componentes electrónicos.

- Plan de mitigación: realizar pruebas exhaustivas antes del uso y trabajar con proveedores confiables que ofrezcan garantías sólidas.
- Severidad (S): 8. La severidad se mantiene, ya que cualquier fallo en un componente resultaría en retrasos y gastos adicionales.
- Ocurrencia (O*): 1. Al contar con una lista actualizada de varios proveedores confiables, se reduce significativamente la posibilidad de ocurrencia de problemas.

14. Gestión de la calidad

1. Requerimientos funcionales

- 1.1. El sistema debe permitir que los módulos Bluetooth Low Energy (BLE) se comuniquen con el módulo central y puedan intercambiar datos.
 - Verificación: tests automáticos para verificar la conectividad y el intercambio de datos entre los módulos BLE y el módulo central.
 - Validación: el cliente intentará comunicar datos entre los módulos BLE y el módulo central para confirmar que la interacción funciona.
- 1.2. Los módulos BLE deben contar con una configuración de bajo consumo para permitir su uso con baterías.
 - Verificación: pruebas de consumo energético que demuestren el funcionamiento adecuado de los módulos BLE en modo de bajo consumo.
 - Validación: el cliente verificará la duración de la batería en los módulos BLE configurados en modo de bajo consumo para asegurar que cumplen con la eficiencia energética necesaria.
- 1.3. El usuario deberá tener la capacidad de habilitar o deshabilitar los distintos módulos disponibles.
 - Verificación: pruebas de interfaz de usuario para verificar la capacidad de activar y desactivar los módulos.
 - Validación: el cliente utilizará la interfaz para activar y desactivar los módulos, comprobando la funcionalidad.
- 1.4. El módulo central debe ser capaz de auto detectar los módulos que estén dentro de su alcance.
 - Verificación: pruebas de detección automática para asegurar que el módulo central identifica correctamente los módulos disponibles.
 - Validación: el cliente observará la detección automática de los módulos en alcance para confirmar que el sistema realiza esta acción correctamente.

1.5. Se implementará un servidor en la nube con el software OpenRemote para el monitoreo remoto de los datos.

- Verificación: configuración exitosa del servidor en la nube con OpenRemote y pruebas de transmisión de datos.
- Validación: el cliente accederá al servidor remoto y verificará personalmente el monitoreo de los datos para confirmar que la implementación cumple con los requerimientos.

1.6. El módulo central se conectará al servidor en la nube a través del protocolo MQTT.

- Verificación: pruebas de conexión que validen el envío y recepción de datos entre el módulo central y el servidor utilizando MQTT.
- Validación: el cliente confirmará la comunicación exitosa entre el módulo central y el servidor a través del protocolo MQTT al observar el intercambio de datos.

2. Requerimientos de documentación

2.1. Se documentarán las bibliotecas para implementar la red de sensores.

- Verificación: revisión de la documentación generada para asegurar que detalla exhaustivamente el uso de las bibliotecas en la implementación de la red de sensores.
- Validación: el cliente intentará implementar la red de sensores siguiendo la documentación proporcionada para asegurar la comprensión y utilidad de la misma.

2.2. Se documentará el proceso general del desarrollo de la PWA y sus bibliotecas y/o frameworks utilizados.

- Verificación: revisión de la documentación para confirmar que abarca el proceso completo de desarrollo de la PWA, incluyendo bibliotecas y frameworks utilizados, y proporciona una guía detallada.
- Validación: el cliente revisará la documentación y tratará de seguir los pasos para comprender el proceso de desarrollo de la PWA, evaluando la claridad y amplitud de la documentación.

2.3. Se documentará el procedimiento de instalación y puesta en marcha del software OpenRemote y sus dependencias en el servidor remoto.

- Verificación: revisión de la documentación para asegurar que contiene pasos claros y detallados para la instalación del software OpenRemote y sus dependencias en el servidor remoto.
- Validación: el cliente intentará seguir la documentación proporcionada para instalar el software OpenRemote y sus dependencias en un servidor remoto, asegurándose de que la documentación sea comprensible y efectiva.

3. Requerimientos de la interfaz

3.1. La PWA será la interfaz principal para obtener los datos que se recolectan.

- Verificación: pruebas de acceso y visualización de datos a través de la PWA.
- Validación: el cliente accederá a la PWA para obtener y revisar los datos recolectados, confirmando que la PWA proporciona la información de manera clara y accesible.

3.2. La PWA configurará y monitoreará la red.

- Verificación: pruebas que demuestren la capacidad de configurar la red y monitorearla a través de la PWA.

- Validación: el cliente intentará configurar la red y monitorearla utilizando la PWA, verificando que pueda realizar estas acciones de manera efectiva y sin dificultades.

3.3. La PWA requerirá acceso con usuario y contraseña.

- Verificación: pruebas de autenticación mediante usuario y contraseña en la PWA.
- Validación: el cliente intentará acceder a la PWA utilizando credenciales de usuario y contraseña, asegurándose de que el proceso de autenticación funcione correctamente.

3.4. La PWA se comunicará mediante MQTT con el servidor IoT para permitir al usuario obtener datos desde ubicaciones remotas.

- Verificación: pruebas de comunicación exitosa entre la PWA y el servidor IoT a través de MQTT.
- Validación: el cliente intentará acceder a la PWA desde ubicaciones remotas y verificará que pueda obtener datos, confirmando que la comunicación a través de MQTT funciona según lo esperado.

3.5. La PWA deberá enviar comandos a través de MQTT al servidor para ejecutar funciones solicitadas por el usuario.

- Verificación: pruebas que demuestren la capacidad de la PWA para enviar comandos al servidor mediante MQTT.
- Validación: el cliente intentará enviar comandos desde la PWA al servidor a través de MQTT, verificando que las funciones solicitadas se ejecuten correctamente.

15. Procesos de cierre

Las actividades asociadas al cierre estarán a cargo del responsable del proyecto, Facundo Andrioli Villa

- Se analizará si los tiempos que realmente tomó realizar una tarea coinciden con los tiempos que se habían planeado previamente.
- Se comprobará si todos los requerimientos pedidos por el cliente fueron cumplidos por completo.
- Se analizarán las técnicas y procedimientos que fueron efectivos o no para lograr los objetivos del proyecto.
- Cada problema o contratiempo que haya causado un desvío en el curso normal del proyecto será identificado, junto con sus soluciones correspondientes.
- Se llevará a cabo una exposición formal del proyecto, durante la cual se expresará gratitud a todas las personas involucradas, incluyendo miembros del jurado, profesores y autoridades de la CEIoT.