



# Sistema IoT para el Monitoreo de Niveles de Ruido en Entornos Cerrados o Pequeñas Áreas Urbanas

Autor:

Ing. José Pedro Rivero Peña

Director:

Título y Nombre del director (pertenencia)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 04 de marzo de 2025 y el 22 de abril de 2025.*

## 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 . . . . .	8
Requerimientos del Proyecto . . . . .	8
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .	9
Historias de Usuario. . . . .	9
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	11
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	11
Desglose del trabajo en tareas. . . . .	11
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	13
11. Diagrama de Gantt . . . . .	13
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	16
13. Gestión de riesgos . . . . .	16
14. Gestión de la calidad . . . . .	19
15. Procesos de cierre . . . . .	20

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	04 de marzo de 2025
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	20 de mayo de 2025
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive	28 de mayo de 2025
3	Se completa hasta el punto 12 inclusive	06 de abril de 2025

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 04 de marzo de 2025

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. José Pedro Rivero Peña que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Sistema IoT para el Monitoreo de Niveles de Ruido en Entornos Cerrados o Pequeñas Áreas Urbanas” y consistirá en la implementación de un prototipo de un sistema IoT para el monitoreo de niveles de ruido en entornos cerrados o pequeñas áreas urbanas. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 horas y un costo estimado de 240.000 ARS, con fecha de inicio el 04 de marzo de 2025 y fecha de presentación pública el 15 de octubre de 2025.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Nombre del cliente  
-

Título y Nombre del director  
Director del Trabajo Final

## 1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El monitoreo de los niveles acústicos en entornos cerrados y pequeños espacios urbanos es un problema que no se puede dejar de lado en la sociedad actual. La exposición constante a altos niveles de ruido puede generar estrés, fatiga auditiva y afectar la concentración y productividad en oficinas, hospitales, aulas y parques. A pesar de la existencia de sistemas de medición de ruidos, estos suelen ser costosos, estacionarios o requieren intervención manual para la toma y análisis de datos. En este contexto, surge la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas accesibles, autónomas y escalables para la medición en tiempo real de los niveles de ruido ambiental.

Este proyecto propone el desarrollo de un sistema IoT capaz de monitorear el nivel de ruido en tiempo real, mediante sensores que recopilan la información y la transmiten a una plataforma en la nube. De este modo, los usuarios pueden acceder a los datos y gestionar alertas asociadas a parámetros definidos. A diferencia de soluciones tradicionales, esta propuesta se enfoca en la modularidad y accesibilidad, permitiendo su implementación en diversos entornos sin necesidad de grandes inversiones en infraestructura. La solución contempla el uso de sensores calibrados, microcontroladores con conectividad inalámbrica y un sistema de almacenamiento y visualización de datos basado en la nube, lo que facilita el acceso a la información desde cualquier dispositivo con conexión a internet. La propuesta se diferencia de las existentes al integrar alertas configurables, escalabilidad para expansión del sistema y la posibilidad de incorporar algoritmos de inteligencia artificial en futuras fases para la identificación de patrones de ruido y predicción de niveles sonoros.

El sistema propuesto consta de varios módulos funcionales. En primer lugar, los nodos sensores distribuidos miden el nivel de ruido en diferentes ubicaciones y procesan localmente los datos antes de enviarlos a través de una red de comunicación Wi-Fi en entornos con infraestructura disponible y LoRa en espacios abiertos sin acceso a redes tradicionales. Los datos recopilados son almacenados en la nube y pueden visualizarse en una interfaz web, donde los usuarios pueden consultar registros históricos, recibir alertas en tiempo real y tomar decisiones en función de la información proporcionada por el sistema. Además, la optimización energética es un aspecto clave del diseño, por lo que los dispositivos funcionarán con baterías de larga duración y, en casos específicos, podrán incorporar alimentación solar para garantizar una operación continua.

Uno de los principales desafíos del proyecto es garantizar la precisión y confiabilidad de las mediciones en distintos entornos, para lo que se ha considerado la incorporación de un segundo tipo de sensor para controlar factores ambientales como temperatura y humedad, que pueden influir en la propagación del sonido. Asimismo, se busca desarrollar un sistema que pueda expandirse fácilmente, permitiendo la incorporación de nuevos nodos de medición sin afectar el rendimiento general de la plataforma. La seguridad en la transmisión y almacenamiento de los datos también es un aspecto crítico, por lo que se emplearán protocolos de comunicación seguros como MQTT con cifrado.

Este emprendimiento personal busca proporcionar una herramienta útil para el monitoreo de ruido en espacios donde el control acústico es un factor clave para la calidad de vida. La facilidad de implementación y la flexibilidad del sistema permiten su aplicación en múltiples sectores, desde instituciones educativas y hospitales hasta gobiernos municipales interesados en gestionar la contaminación acústica en espacios públicos. Con una infraestructura abierta y escalable, este sistema puede evolucionar para integrar nuevas funcionalidades.

A continuación, se presenta el diagrama del sistema, en el que se ilustra la interacción entre sus diferentes componentes y el flujo de datos desde la captación hasta la visualización de los datos.

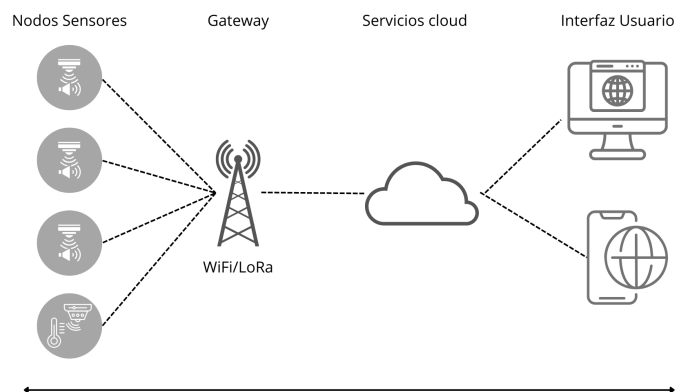


Figura 1. Diagrama del sistema.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	-	-	-
Cliente	Nombre del cliente	-	-
Impulsor	-	-	-
Responsable	Ing. José Pedro Rivero Peña	FIUBA	Alumno
Colaboradores	-	-	-
Orientador	Título y Nombre del director	pertenencia	Director del Trabajo Final
Equipo	Por definir Por definir	Por definir	Por definir
Opositores	-	-	-
Usuario final	Gobiernos, empresas y civiles	-	-

## 3. Propósito del proyecto

Desarrollar un sistema IoT eficiente, escalable y de bajo costo para la medición y monitoreo en tiempo real de los niveles de ruido en entornos cerrados y pequeñas áreas urbanas que permita recopilar, procesar y visualizar datos acústicos de manera accesible. Capaz de proporcionar a los usuarios información precisa sobre la contaminación sonora en distintos espacios.

## 4. Alcance del proyecto

La propuesta está orientada a ofrecer un sistema modular, escalable y de bajo consumo energético, con una infraestructura adaptable a distintos escenarios de uso.

El proyecto incluye:

- **Diseño e implementación de un sistema IoT para monitoreo de ruido**, compuesto por nodos sensores, un módulo de comunicación y una plataforma en la nube.
  - Desarrollo de un prototipo funcional con tres nodos sensores distribuidos en un entorno de prueba.
  - Selección, calibración y configuración de sensores de ruido con un rango de medición entre 30 y 120 dB, que garantice una precisión aceptable para el análisis acústico.
  - Integración con microcontrolador esp32 que permita el procesamiento de datos en la transmisión de información.
  - Implementación de un módulo de conectividad inalámbrica utilizando tecnologías Wi-Fi para entornos cerrados y LoRa para áreas urbanas con baja cobertura de red.
- **Desarrollo de una plataforma en la nube para almacenamiento y visualización de datos.**
  - Configuración de una base de datos para el almacenamiento de registros históricos y análisis posterior.
  - Implementación de un dashboard web accesible para la consulta de datos en tiempo real, que permita la visualización de mediciones y tendencias históricas.
  - Incorporación de un sistema de alertas configurables para notificar a los usuarios cuando los niveles de ruido superen los umbrales predefinidos.
- **Optimización energética del sistema**, asegurando bajo consumo y autonomía en los nodos sensores.
  - Implementación de estrategias de bajo consumo en los microcontroladores, utilizando modos de suspensión y transmisión periódica.
  - Evaluación del uso de baterías recargables con posibilidad de integración de paneles solares en escenarios de monitoreo prolongado.

El presente proyecto no incluye:

- Reducción o mitigación del ruido ambiental, ya que su enfoque se limita a la medición y análisis de los niveles de ruido.
- Integración con modelos de inteligencia artificial o análisis predictivo en esta fase inicial, aunque el sistema está diseñado para futuras ampliaciones en este sentido.
- Desarrollo de una aplicación móvil nativa; el acceso a los datos y la visualización del sistema se realizarán únicamente a través de una interfaz web.
- Implementación en escenarios reales fuera del alcance de pruebas controladas, limitándose en esta etapa a un entorno de prueba definido para la validación del prototipo.

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- No se considerarán regulaciones específicas sobre privacidad o normativas de manejo de datos, dado que el sistema solo recopilará información de niveles de ruido sin asociarlos a datos personales o identificables.
- Se asumirá que las condiciones de infraestructura en los entornos de prueba son representativas de espacios urbanos y cerrados típicos, sin interferencias extremas que afecten la captura y transmisión de datos.
- Se dispondrá de una red eléctrica estable en las áreas de prueba, que permita el funcionamiento de los sensores y la transmisión de datos sin interrupciones críticas.
- No se considerarán eventos extremos como fallos masivos de red, cortes prolongados de energía o interferencias radioeléctricas severas que puedan comprometer el funcionamiento del sistema.
- Se asumirá que las condiciones ambientales dentro de los entornos de prueba serán normales, sin presencia de factores climáticos extremos que puedan afectar la medición del sonido o el funcionamiento de los dispositivos.
- Se trabajará con un conjunto limitado de nodos sensores, sin escalabilidad masiva en esta fase del proyecto.
- No se contemplará la implementación de sistemas de redundancia avanzada para la transmisión y almacenamiento de datos, ya que el proyecto busca validar la funcionalidad básica del sistema en su fase inicial.

## 6. Requerimientos

### Requerimientos del Proyecto

A continuación, se enumeran los requerimientos del sistema propuesto.

#### 1. Requerimientos funcionales (prioridad alta):

- 1.1. El sistema debe medir niveles de ruido ambiental en tiempo real con una frecuencia configurable (mínimo una medición cada 5 minutos).
- 1.2. Los sensores deben registrar valores en dB con un rango de 30–120 dB y precisión máxima de  $\pm 2$  dB.
- 1.3. El microcontrolador debe procesar localmente los datos y transmitirlos a la nube usando Wi-Fi o LoRaWan, según el entorno.
- 1.4. El sistema debe generar una alerta automática cuando el nivel de ruido supere un umbral configurable.
- 1.5. El sistema debe permitir almacenar los datos de manera estructurada y persistente en una base de datos alojada en un servidor remoto.
- 1.6. El usuario debe poder acceder a los datos mediante un dashboard web desde cualquier navegador moderno.
- 1.7. El sistema debe estar probado en un entorno controlado como prueba de concepto, con documentación del despliegue y resultados.

#### 2. Requerimientos de interfaz (prioridad alta):



- 2.1. El usuario debe poder acceder a un dashboard web desde navegadores modernos sin necesidad de instalar software adicional.
- 2.2. La interfaz debe mostrar los niveles de ruido actuales, valores históricos y tendencias de forma visual y comprensible (por ejemplo, gráficos de líneas, colores de alerta, etc.).
- 2.3. El usuario debe poder configurar el umbral de alertas desde la misma interfaz.

### 3. Requerimientos de hardware (prioridad alta):

- 3.1. Cada nodo debe operar al menos 5 días seguidos con batería sin recarga (con opción de carga solar).
- 3.2. Los sensores deben ser fácilmente reemplazables o reubicables.
- 3.3. El sistema debe funcionar en ambientes interiores y exteriores moderadamente protegidos.

### 4. Requerimientos de backend y almacenamiento (prioridad alta):

- 4.1. La base de datos utilizada deberá permitir el almacenamiento estructurado de registros históricos con acceso rápido (PostgreSQL o SQLite en entorno cloud).

### 5. Requerimientos de interoperabilidad (prioridad baja, opcional):

- 5.1. El sistema podrá exportar los datos en formato CSV o JSON para análisis externo (requerimiento opcional).

### 6. Requerimientos de seguridad (prioridad media):

- 6.1. El acceso al dashboard debe estar protegido mediante credenciales de usuario.
- 6.2. El backend debe implementar un sistema básico de autenticación, como JWT o similar, para proteger las rutas de acceso a datos.
- 6.3. Las comunicaciones entre el nodo y el servidor deben utilizar protocolos seguros, salvo en casos justificados por limitaciones técnicas.

### 7. Requerimientos normativos (prioridad alta):

- 7.1. El sistema debe contemplar los valores límite de exposición al ruido establecidos por la Ley N.º 1540 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- 7.2. Las alertas deberán configurarse con base en dichos umbrales: 55 dB para interiores diurnos, 45 dB para nocturnos, 70 dB en espacios públicos al aire libre.

## 7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

### Historias de Usuario

1. **Como administrador del sistema quiero visualizar en un panel web los niveles actuales de ruido en tiempo real para monitorear el estado acústico del entorno.**

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

**Criterios de aceptación:**

- El dashboard debe mostrar los valores actuales de dB por nodo sensor.
- La información debe actualizarse automáticamente cada 5 minutos o menos.
- El diseño debe ser claro, responsivo y accesible desde cualquier navegador moderno.

**2. Como usuario del sistema quiero recibir una alerta cuando el nivel de ruido supere un umbral definido para poder tomar acciones correctivas.**

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

**Criterios de aceptación:**

- El usuario podrá configurar el umbral desde el dashboard.
- La alerta se visualizará de forma clara (por ejemplo, color rojo o mensaje de advertencia).
- El sistema debe generar la alerta, mostrarla en el aplicativo web y notificar al usuario.

**3. Como administrador quiero que los datos de ruido se almacenen automáticamente en una base de datos en la nube para garantizar persistencia y análisis posterior.**

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

**Criterios de aceptación:**

- Cada medición debe almacenarse con marca de tiempo y origen del sensor.
- El sistema debe guardar al menos 7 días consecutivos de datos históricos.
- La base de datos debe ser accesible desde el backend de forma eficiente.

**4. Como administrador del sistema quiero poder exportar los datos en formato CSV o JSON para usarlos en otros análisis.**

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

**Criterios de aceptación:**

- El dashboard debe tener un botón de exportación por rango de fechas.
- El archivo generado debe contener datos válidos y bien estructurados.
- Debe ser posible descargarlo desde cualquier navegador.

**5. Como usuario quiero poder iniciar sesión con credenciales para acceder de forma segura al sistema.**

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

**Criterios de aceptación:**

- Debe existir una pantalla de *login* con usuario y contraseña.
- Las credenciales deben verificarse en el *backend* con JWT u otra solución segura.
- No se debe acceder al *dashboard* sin estar autenticado.

**6. Como administrador quiero poder ver el estado de los nodos sensores para verificar que estén funcionando correctamente.**

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

**Criterios de aceptación:**

- El sistema debe mostrar el estado de conexión de cada nodo (activo/inactivo).
- Cada nodo debe tener un identificador único.
- El dashboard debe mostrar su ubicación aproximada o nombre de ubicación.

**7. Como técnico de campo quiero desplegar un nodo sensor y que este se conecte automáticamente al sistema para facilitar su instalación.**

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

**Criterios de aceptación:**

- El nodo debe autoconectarse a la red y al backend al encenderse.
- El nodo debe enviar una primera medición para confirmar su activación.
- El proceso no debe requerir configuración manual avanzada.

## 8. Entregables principales del proyecto

A continuación, se enumeran los entregables que serán producidos como resultado del desarrollo del proyecto.

- Prototipo físico funcional del sistema IoT con al menos tres nodos sensores de ruido operativos.
- Código fuente del firmware para los microcontroladores, con comentarios y estructura comprensible.
- Backend del sistema implementado en entorno cloud con endpoints documentados.
- Dashboard web funcional para la visualización de datos, alertas e historial de mediciones.
- Base de datos implementada y operativa, con estructura simple y datos históricos registrados durante las pruebas.
- Diagrama de bloques del sistema.
- Esquema básico de conexiones electrónicas.
- Manual de instalación y uso
- Memoria del trabajo final.

## 9. Desglose del trabajo en tareas

### Desglose del trabajo en tareas

A continuación se presenta el desglose del trabajo en tareas (WBS) del proyecto, con estimación de horas por grupo y su vinculación directa con las historias de usuario (HU) definidas.

**1. Planificación y diseño del sistema (50 h)**

**1.1. Análisis detallado de requerimientos y casos de uso (10 h) — HU1–HU7**

- 1.2. Diseño del sistema y definición de arquitectura general (16 h) — *HU1-HU7*
- 1.3. Selección de sensores y componentes electrónicos (8 h) — *HU3, HU7*
- 1.4. Diseño del diagrama de bloques del sistema (6 h) — *HU1-HU3*
- 1.5. Definición de estructura de base de datos y backend (10 h) — *HU3, HU4*
2. Desarrollo del firmware para nodos sensores (65 h)
  - 2.1. Configuración e integración de sensores de ruido con microcontrolador (15 h) — *HU3, HU7*
  - 2.2. Programación del procesamiento de señales de medición en dB (10 h) — *HU3*
  - 2.3. Implementación de modos de bajo consumo *deep sleep* (10 h) — *HU7*
  - 2.4. Transmisión de datos vía Wi-Fi y LoRa (15 h) — *HU3, HU7*
  - 2.5. Calibración básica con sonómetro de referencia (8 h) — *HU3*
  - 2.6. Documentación técnica del firmware (7 h) — *HU3*
3. Backend y almacenamiento de datos (60 h)
  - 3.1. Configuración de base de datos (PostgreSQL) (8 h) — *HU3*
  - 3.2. Implementación del backend en servidor cloud (10 h) — *HU3, HU4*
  - 3.3. Desarrollo de API para recepción y consulta de datos (15 h) — *HU3, HU4, HU5*
  - 3.4. Gestión de usuarios y autenticación (JWT) (10 h) — *HU5*
  - 3.5. Pruebas de integración y validación (7 h) — *HU3-HU5*
  - 3.6. Documentación técnica del backend (10 h) — *HU3*
4. Desarrollo del dashboard web (60 h)
  - 4.1. Maquetado del dashboard e interfaz responsiva (10 h) — *HU1*
  - 4.2. Visualización de niveles de ruido (15 h) — *HU1*
  - 4.3. Indicadores visuales (10 h) — *HU1*
  - 4.4. Configuración de umbrales de alerta por el usuario (8 h) — *HU2*
  - 4.5. Función de exportación de datos (CSV/JSON) (7 h) — *HU4*
  - 4.6. Implementación de login y control de acceso (5 h) — *HU5*
  - 4.7. Pruebas funcionales y correcciones (5 h) — *HU1-HU5*
5. Despliegue del prototipo y validación (40 h)
  - 5.1. Montaje y prueba de nodos sensores en entorno de prueba (10 h) — *HU6, HU7*
  - 5.2. Monitoreo del sistema en operación (10 h) — *HU1, HU2*
  - 5.3. Análisis de resultados y comportamiento (10 h) — *HU6*
  - 5.4. Documentación de la prueba de concepto (10 h) — *HU6*
6. Documentación y entregables (135 h)
  - 6.1. Redacción de la memoria del proyecto (70 h) — *general*
  - 6.2. Elaboración del manual de usuario (10 h) — *HU1, HU2, HU4*
  - 6.3. Preparación de presentación final (15 h) — *general*
  - 6.4. Revisión de redacción, corrección y estilo (10 h) — *general*
  - 6.5. Diagramas (bloques, instalación, conexiones, Gantt) (20 h) — *HU1-HU3*
  - 6.6. Organización de anexos y referencias (10 h) — *general*

**Cantidad total de horas: 520 h**

## 10. Diagrama de Activity On Node

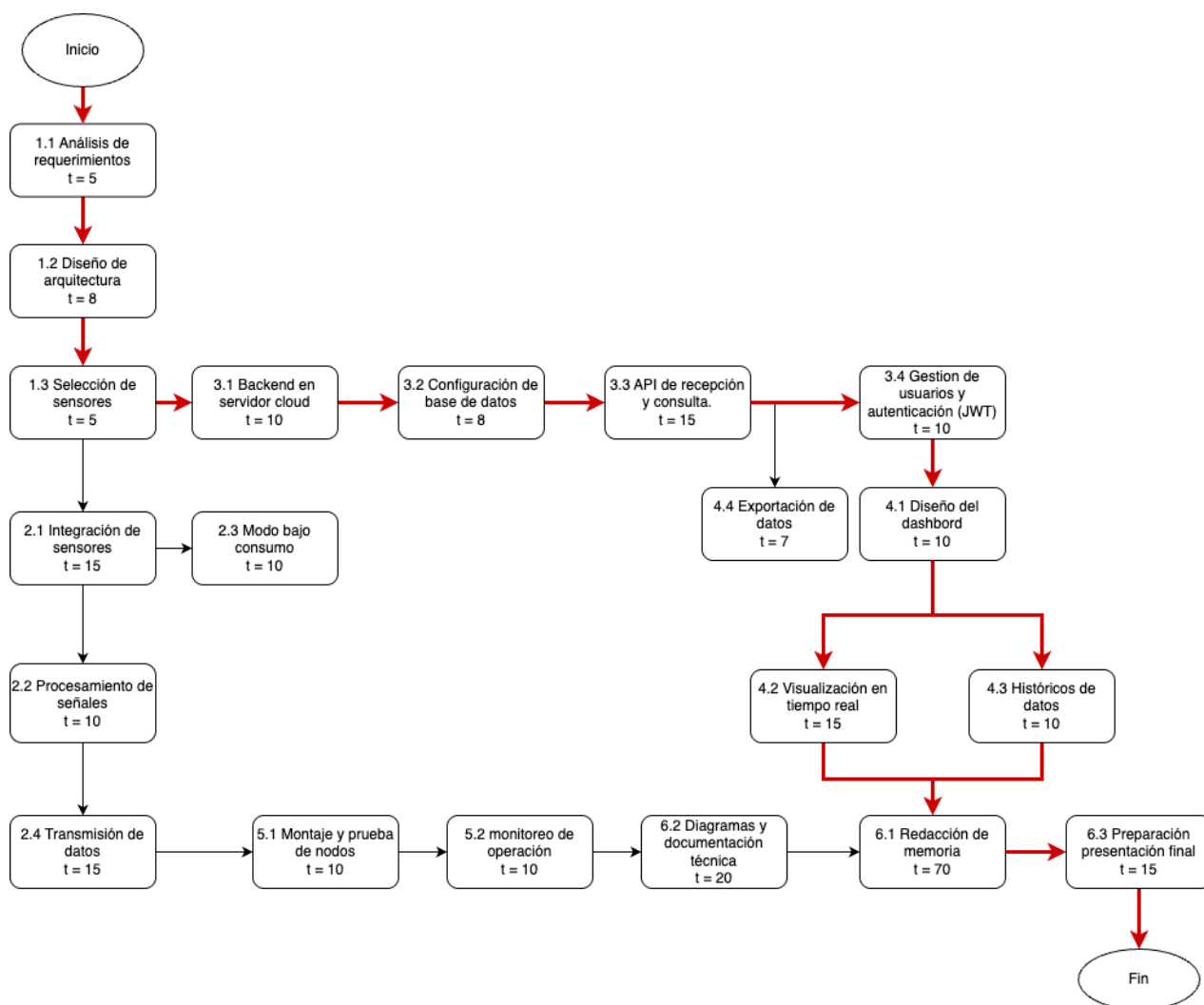


Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

- Las líneas más gruesas de color rojo representan la ruta crítica del proyecto.
- Las duraciones de las tareas están expresadas en horas.

## 11. Diagrama de Gantt

En la figura 3 se muestra el diagrama de Gantt a nivel general del proyecto.

En la figura 4 se muestra el diagrama de Gantt para la planificación y diseño del sistema.

En la figura 5 se muestra el diagrama de Gantt para el desarrollo del firmware para nodos sensores.

En la figura 6 se muestra el diagrama de Gantt para el desarrollo de Backend y almacenamiento de datos.

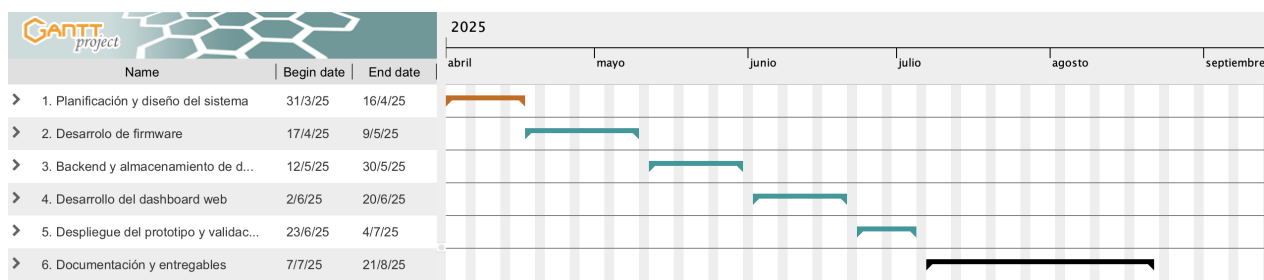


Figura 3. Diagrama de Gantt a nivel general del proyecto.

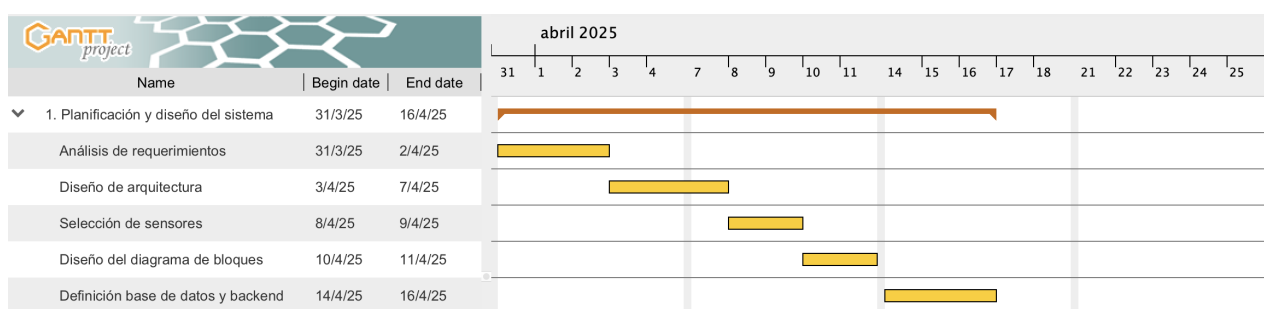


Figura 4. Diagrama de Gantt etapa 1.

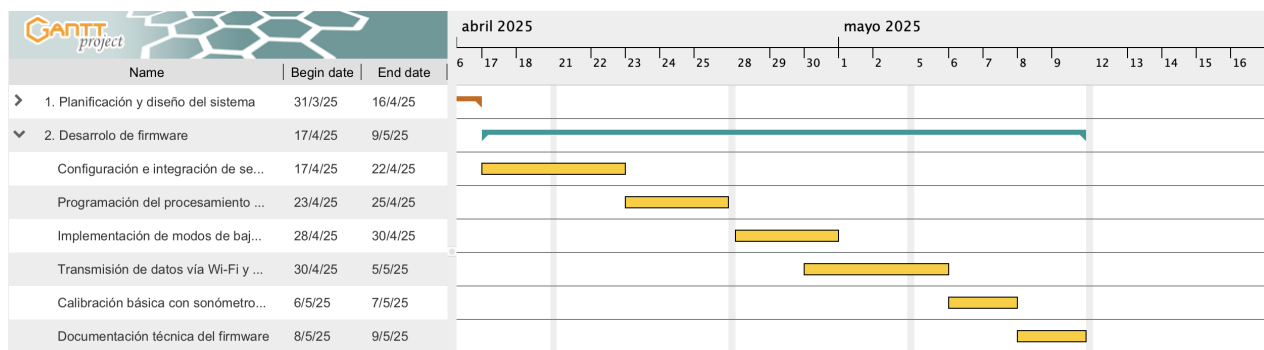


Figura 5. Diagrama de Gantt etapa 2.

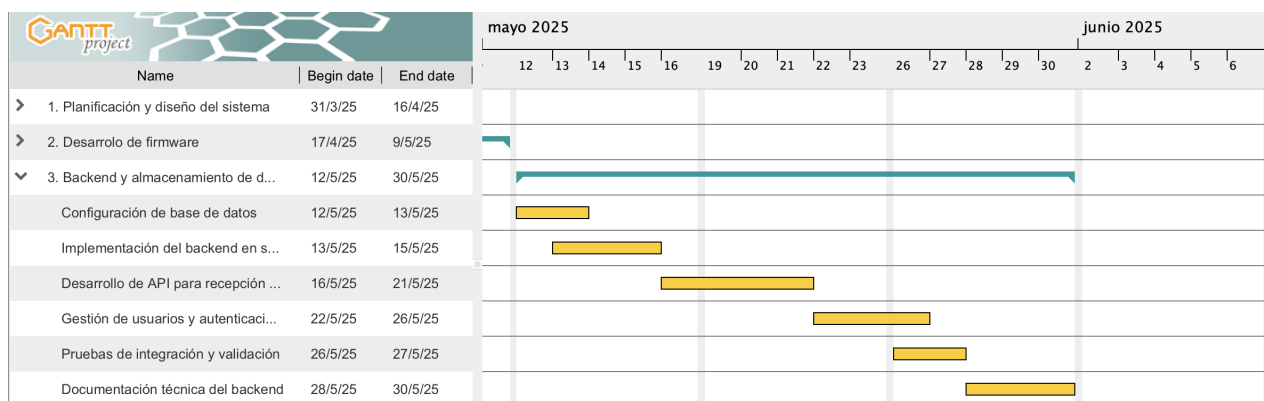


Figura 6. Diagrama de Gantt etapa 3.

En la figura 7 se muestra el diagrama de Gantt para el desarrollo del Desarrollo del dashboard web.

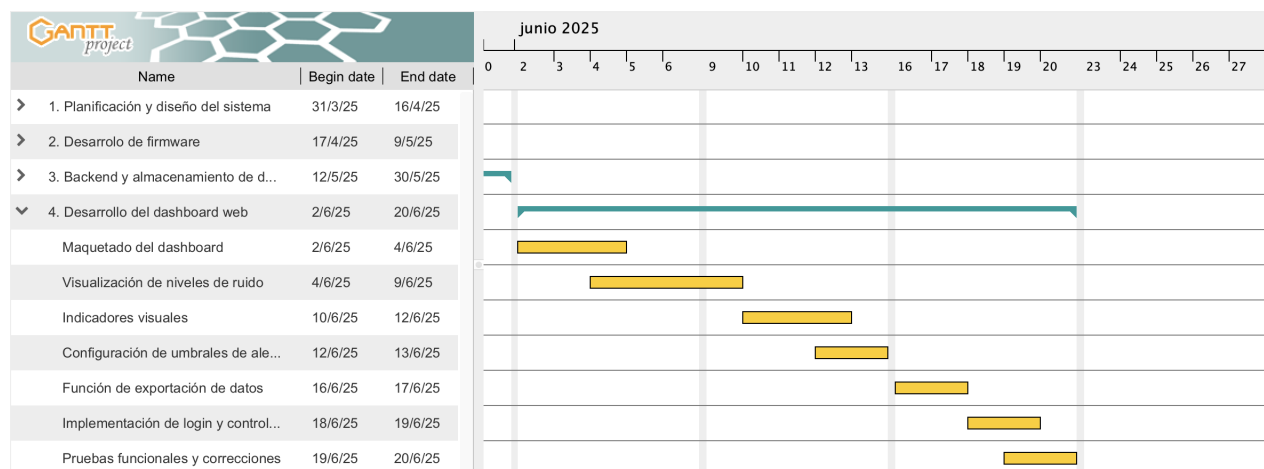


Figura 7. Diagrama de Gantt etapa 4.

En la figura 8 se muestra el diagrama de Gantt para el despliegue del prototipo y validación.

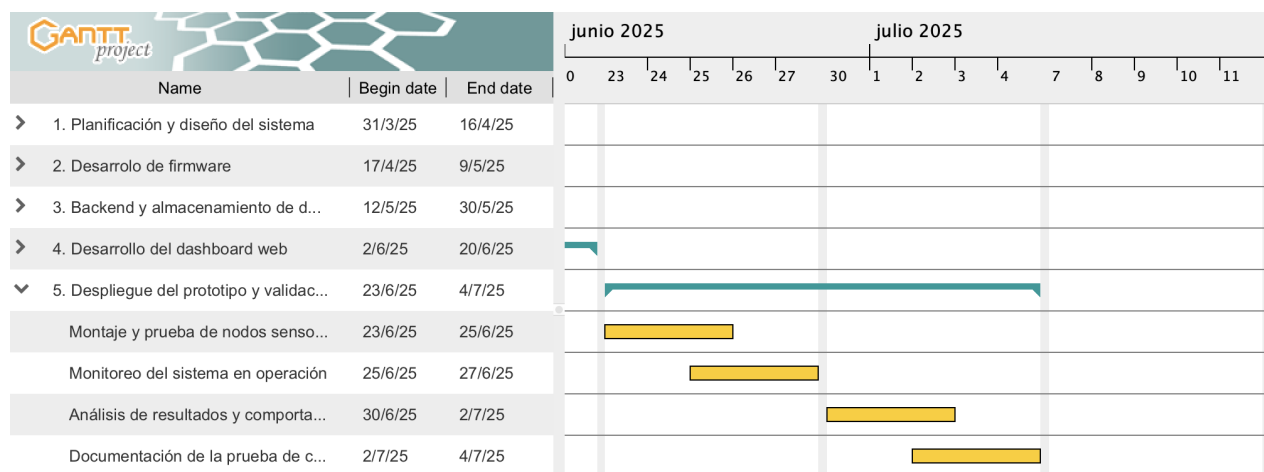


Figura 8. Diagrama de Gantt etapa 5.

En la figura 9 se muestra el diagrama de Gantt para el desarrollo de la documentación y entregables.

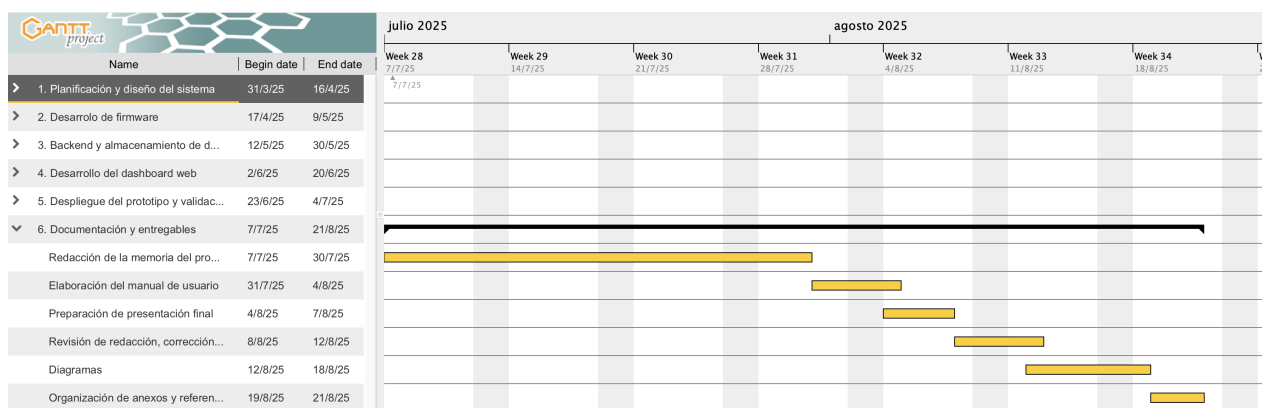


Figura 9. Diagrama de Gantt etapa 6.

## 12. Presupuesto detallado del proyecto

Los valores están expresados en pesos argentinos (ARS), cotización abril 2025.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Sensores de ruido (micrófono electret + módulo amplificador)	3	8000	24000
ESP32 con LoRa	3	17000	51000
Caja protectora para cada nodo	3	10000	30000
Base de datos PostgreSQL (uso limitado - estimado equivalente)	1	2000	2000
Sensor de temperatura/humedad para compensación acústica (DHT22)	1	12000	12000
Gateway LoRa (alternativa: WisGate Edge Lite 2)	1	85000	85000
Componentes electrónicos varios (resistencias, jumpers, protoboards)	1	10000	10000
SUBTOTAL			214000 ARS
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Impresión de memoria y presentación	1	15000	15000
Transporte / imprevistos	1	4000	4000
30 % sobre los costos directos	1	64200	64200
SUBTOTAL			83200 ARS
TOTAL			297200 ARS

Tabla 1. Presupuesto del proyecto.

## 13. Gestión de riesgos

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



A continuación, se identifican y analizan cinco riesgos relevantes que podrían afectar el desarrollo del proyecto. Para cada riesgo se estima su severidad (S) y su probabilidad de ocurrencia (O), en una escala del 1 al 10. Estos valores permiten priorizar los riesgos y tomar decisiones preventivas.

Riesgo 1: Fallo en la conectividad de red (Wi-Fi o LoRa) durante la prueba del prototipo.

- Severidad (S): 8.  
Un fallo en la transmisión de datos impide la validación del sistema, lo que comprometería seriamente los resultados del proyecto.
- Ocurrencia (O): 5.  
Si bien se cuenta con infraestructura básica de red, existen riesgos asociados a interferencias, cobertura limitada o errores de configuración.

Riesgo 2: Retraso en la entrega o disponibilidad de componentes electrónicos.

- Severidad (S): 6.  
El proyecto depende de componentes específicos (sensores, ESP32, gateway). La falta de alguno de ellos retrasaría el cronograma.
- Ocurrencia (O): 5.  
Los componentes seleccionados son comunes y disponibles en el mercado local, pero pueden existir demoras logísticas o rotura de stock.

Riesgo 3: Fallos en la calibración de sensores de ruido.

- Severidad (S): 6.  
Una calibración incorrecta puede generar datos inexactos, afectando la utilidad del sistema.
- Ocurrencia (O): 6.  
La calibración requiere instrumentos de referencia (sonómetro) y condiciones controladas. No es trivial si hay ruido ambiental o interferencias.

Riesgo 4: Problemas de compatibilidad o errores en la integración entre firmware, backend y dashboard.

- Severidad (S): 7.  
Una integración fallida impide la operación del sistema completo y su validación como solución IoT funcional.
- Ocurrencia (O): 5.  
Aunque se usarán tecnologías probadas y bien documentadas, la integración entre sistemas heterogéneos siempre presenta desafíos.

Riesgo 5: Falta de tiempo para completar adecuadamente la documentación y preparación final.

- Severidad (S): 4.  
Un documento incompleto o una presentación pobre puede afectar la evaluación del trabajo, más allá del funcionamiento técnico.

■ Ourrencia (O): 7.

Existe el riesgo de que se priorice la parte técnica, dejando la redacción para el final. Es un patrón común en proyectos similares.

b) Tabla de gestión de riesgos:

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
Fallo en la conectividad de red (Wi-Fi o LoRa).	8	5	40	6	3	18
Retraso en la entrega o disponibilidad de componentes electrónicos.	6	5	30	5	3	15
Fallos en la calibración de sensores de ruido.	6	6	36	5	3	15
Problemas de compatibilidad o errores en la integración entre firmware, backend y dashboard.	7	5	35	5	3	15
Falta de tiempo para completar adecuadamente la documentación y preparación final.	4	7	28	-	-	-

Criterio adoptado:

Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores o iguales 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:

Se desarrollan a continuación los planes de mitigación correspondientes a los riesgos cuyo índice ( $S \times O$ ) iguala o supera el umbral establecido de 30.

Riesgo 1: Fallo en la conectividad de red

Plan de mitigación: Se definirá desde el inicio una doble vía de comunicación para los nodos (Wi-Fi y LoRa), con pruebas independientes de conectividad para ambos entornos. Se establecerán mecanismos de almacenamiento local de datos ante fallos temporales de red.

■ Severidad (S\*): 6

La severidad disminuye al incorporar redundancia de conectividad y mecanismos de respaldo que aseguran la recuperación de datos.

■ Probabilidad de ocurrencia (O\*): 3

La ocurrencia baja al realizar pruebas previas de cobertura y configurar adecuadamente las redes en el entorno de validación.

Riesgo 2: Retraso en la entrega o disponibilidad de componentes

Plan de mitigación: Se adelantará la compra de los componentes críticos al comienzo del proyecto. Se identificarán proveedores alternativos y se preverán equivalentes compatibles por si alguno no está disponible.

■ Severidad (S\*): 6

Aunque un retraso puede afectar la ejecución, contar con alternativas permite mantener la continuidad del desarrollo.

- Probabilidad de ocurrencia ( $O^*$ ): 2  
Se reduce significativamente al anticipar las compras y contar con opciones de reemplazo técnico.

#### Riesgo 3: Fallos en la calibración de sensores

Plan de mitigación: Se utilizará un sonómetro clase 2 como referencia para la calibración de todos los sensores antes de su despliegue. Se documentará el procedimiento y se repetirá si hay cambios ambientales significativos.

- Severidad ( $S^*$ ): 5  
Con una calibración controlada, el impacto de una desviación se reduce a un margen aceptable.
- Probabilidad de ocurrencia ( $O^*$ ): 3  
La ocurrencia disminuye al aplicar un proceso sistemático y validado para todos los nodos.

#### Riesgo 4: Errores en la integración de sistemas

Plan de mitigación: Se establecerán pruebas de integración parciales en cada sprint. Se documentarán interfaces con claridad (API, formatos de datos) y se aplicarán herramientas de control de versiones y entornos virtuales.

- Severidad ( $S^*$ ): 5  
El riesgo de fallo completo se reduce, ya que los errores se detectan de forma temprana y localizada.
- Probabilidad de ocurrencia ( $O^*$ ): 3  
Se reduce mediante pruebas constantes y control estricto del ciclo de desarrollo.

## 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.