



Estación de radio portátil para el monitoreo de radioemisiones comerciales

Autor:

Ramiro Sanes

Director:

Pablo Iturralde (UCU)

Codirector:

FirmWareSpecialist (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 20 de agosto de 2024 y el 8 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	7
5. Supuestos del proyecto.	7
6. Requerimientos	8
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>).	9
8. Entregables principales del proyecto	9
9. Desglose del trabajo en tareas	9
10. Diagrama de Activity On Node.	10
11. Diagrama de Gantt	10
12. Presupuesto detallado del proyecto	14
13. Gestión de riesgos	14
14. Gestión de la calidad	15
15. Procesos de cierre	16

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	2 de setiembre de 2024

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 20 de agosto de 2024

Por medio de la presente se acuerda con Ramiro Sanes que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Estación de radio portátil para el monitoreo de radioemisiones comerciales” y consistirá en la implementación de un dispositivo portátil y de bajo costo para el monitoreo de estaciones de radios FM. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 horas y un costo estimado de \$ 200, con fecha de inicio el 20 de agosto de 2024 y fecha de presentación pública el 20 de junio de 2025.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Pablo Iturralde
UCU

Pablo Iturralde
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El control y la regulación de las emisiones de las bandas de FM, es esencial para garantizar la calidad del servicio, detectar interferencias o asegurar el cumplimiento de las normas, por establecer unos primeros ejemplos. En Uruguay, el organismo encargado de estas normas es la URSEC (Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Comunicaciones). Los equipos utilizados para estos fines suelen ser sofisticados, complejos y costosos.

Por otro lado, hace ya algunos años que existen en el mercado periféricos llamados RTL-SDR, de bajo costo y tamaño, que son capaces de sintonizarse en diversas bandas del espectro electromagnético (VHF) y con un ancho de banda y velocidad de transferencia suficientes para poder realizar el procesamiento o la demodulación, mediante software. Estos dispositivos, que se operan mediante interfaz USB, permiten digitalizar las radio emisiones y procesarlas para algún propósito.

En los últimos años también han crecido en popularidad los Raspberri Pi, y gracias también a su modesto costo, ha habido un gran crecimiento en su uso, documentación y cantidad de proyectos open source a disponibilidad. Estos dispositivos tienen diversas interfaces USB, así como también conectividad y capacidad de interfaz a diversos tipos de hardware de visualización de datos. Es un producto muy utilizado para la implementación de productos o prototipos.

En el siguiente proyecto se pretende desarrollar una estación de recepción de radio portátil que permita a un usuario configurarlo para realizar diversas tareas de monitoreo, en las emisiones de radio comerciales más comunes, en particular la banda FM (80-120 MHz). Este dispositivo será fácilmente replicable con tecnologías OTS (Of The Shelf) y open source, para hacerlo de bajo costo y fácil despliegue.

Es un proyecto que integra diversos aspectos del manejo de periféricos y de sistemas para poder realizar una tarea específica, que es de interés particular para un ente regulador, pero también para radioaficionados. Además profundiza en el conocimiento de la fenomenología RF y sus aplicaciones prácticas en la electrónica. Involucra conocimientos en diversas áreas, tanto en hardware, como en software, ciencias aplicadas y gestión de proyectos.

Es deseable que este dispositivo pueda ser accesible remotamente, para poder leer o guardar su información en tiempo real, como también es deseable que tenga la capacidad de algún tipo de interfaz para la visualización de datos espectrales. En principio estos requerimientos pueden ir modificando o adaptando a las necesidades del cliente a medida que se desarrolle el proyecto.

Se dispone con el hardware adecuado para la implementación de un prototipo inicial y las horas de ingeniería de un estudiante que pretende ampliar su conocimiento en el desarrollo de electrónica práctica y conocimientos en RF. El hardware consiste en un RTL-SDR (Nooelec Smart Tee Xtr) y una raspberry pi model 4B. Además, se cuenta con un conocimiento inicial básico de las tecnologías mencionadas, el cual pretende ir desarrollándose en profundidad en conjunto con el proyecto. En principio la elección del hardware inicial no debería cambiar sustancialmente las características del proyecto.

Tecnología

El RTL-SDR, un receptor de radio definido por software (Software Defined Radio), permite sintonizar y demodular una amplia gama de frecuencias, convirtiendo señales de radio en datos digitales. Este dispositivo cuenta con un Tuner (E4000) y con un demodulador/serializador USB (Realtek R2832U). El funcionamiento interno del dispositivo queda por fuera del alcance de este

proyecto, aunque es importante resaltar que es necesario para poder comprender cómo poder usar la tecnología eficientemente. En el siguiente diagrama de bloques se puede visualizar su funcionamiento a nivel abstracto:

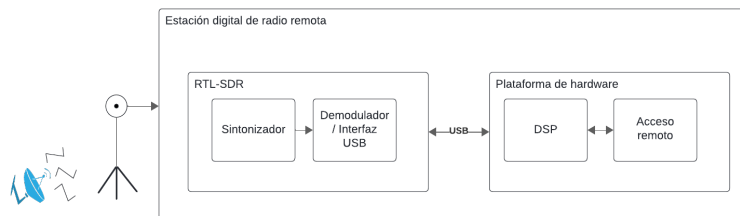


Figura 1. Diagrama funcional del sistema.

Con un dispositivo RTL-SDR y utilizando software, es posible sintonizarse a una estación de radio FM y capturar la información necesaria, como por ejemplo, escuchar el audio codificado en ellas o medir el nivel de intensidad de la emisión. Estas funcionalidades están ampliamente documentadas y además hay diversas aplicaciones para radioaficionados que permiten rápidamente explorar las distintas posibilidades que ofrece un SDR, como por ejemplo, visualizar el espectro electromagnético a nivel gráfico.

Este proyecto explorará diferentes enfoques para la adquisición de la mayor cantidad de información posible sobre las emisiones de las distintas emisiones en la banda FM, mediante el SDR en la plataforma Raspberry pi, evaluando la optimización de las capacidades del periférico como de la arquitectura, para poder capturar la mayor información relevante posible.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Pablo Iturralde	UCU	Director del Trabajo Final
Responsable	Ramiro Sanes	FIUBA	Alumno
Orientador	todefine	todefine	Co-director
Cliente	Pablo Iturralde	URSEC	Director del Trabajo Final

3. Propósito del proyecto

Se pretende desarrollar una estación portátil de radio digital, para que diversos agentes como radioaficionados o entes reguladores puedan monitorear, escuchar y/o procesar las radioemisiones que se transmiten en los distintos puntos de un territorio, o en el hogar del usuario.

Esta estación estará embebida en el hardware apropiado y fácilmente adquirible, e inicialmente, será una Raspberry Pi 4B y un Nooelec RTL-SDR. El sistema debe ser fácilmente operable por los agentes que desean obtener información relevante. Además el sistema deberá ser autónomo, es decir, que se pueda colocar en cualquier y realizar tareas de monitoreo específicas estándar o customizadas. Para ello el sistema deberá ser modular y fácilmente escalable, para poder también idear un despliegue de muchas estaciones de radio en simultáneo.

4. Alcance del proyecto

El proyecto abarca la investigación, el diseño y la implementación del prototipo. Para ser más específicos, a continuación se itemizan los distintos aspectos:

- Implementación de recepción de señales RF con el hardware inicial
 - Investigación de fenomenología, sampleo y demodulación RF
 - Investigación de drivers.
 - Investigación de aplicaciones/software existente
- Caracterización de capacidades de hardware y plataforma
 - Ancho de banda disponible y necesario
 - Consumo de potencia
 - Estimación de capacidades máximas de extracción de información relevante según hardware inicial
- Implementación de estación de radio digital
 - Desarrollo de software de monitoreo
 - Desarrollo de software de visualización de datos
 - Desarrollo de geolocalización y conectividad remota
 - Integración de diversos módulos de software en el sistema final
- Caracterización de sistema final
 - Límites de extracción de información del sistema
 - Estudio de escalabilidad del sistema final

El proyecto no incluye:

- Desarrollo de drivers USB
- Despliegue/Implementación de varias estaciones de radio en simultáneo

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se cuenta con el hardware inicial acorde para las necesidades iniciales
 - Ancho de banda suficiente para recibir señales de audio de al menos una radio FM en un tiempo dado
 - La plataforma seleccionada tiene la capacidad de potencia suficiente para mantener recepciones por tiempos continuos e indefinidos
 - Todos los drivers/software necesarios para su operación se encuentran ampliamente disponibles y existen muchas herramientas open source para apoyarse y colaborar

- Los requerimientos y especificaciones irán modificándose a medida que se desarrolle el proyecto
- Se cuenta con el conocimiento y tiempo suficiente para poder implementar estas tecnologías de una manera sofisticada, con buenas prácticas, y que aproveche el máximo el hardware disponible

6. Requerimientos

Los requerimientos deben enumerarse y de ser posible estar agrupados por afinidad, por ejemplo:

1. Requerimientos funcionales:
 - 1.1. El sistema debe...
 - 1.2. Tal componente debe...
 - 1.3. El usuario debe poder...
2. Requerimientos de documentación:
 - 2.1. Requerimiento 1.
 - 2.2. Requerimiento 2 (prioridad menor)
3. Requerimiento de testing...
4. Requerimientos de la interfaz...
5. Requerimientos interoperabilidad...
6. etc...

Leyendo los requerimientos se debe poder interpretar cómo será el proyecto y su funcionalidad.

Indicar claramente cuál es la prioridad entre los distintos requerimientos y si hay requerimientos opcionales.

!!!No olvidarse de que los requerimientos incluyen a las regulaciones y normas vigentes!!!

Y al escribirlos seguir las siguientes reglas:

- Ser breve y conciso (nadie lee cosas largas).
- Ser específico: no dejar lugar a confusiones.
- Expresar los requerimientos en términos que sean cuantificables y medibles.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Descripción: en esta sección se deben incluir las historias de usuarios y su ponderación (*history points*). Recordar que las historias de usuarios son descripciones cortas y simples de una característica contada desde la perspectiva de la persona que desea la nueva capacidad, generalmente un usuario o cliente del sistema. La ponderación es un número entero que representa el tamaño de la historia comparada con otras historias de similar tipo.

Se debe indicar explícitamente el criterio para calcular los *story points* de cada historia.

El formato propuesto es:

1. “Como [rol] quiero [tal cosa] para [tal otra cosa].”

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

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son (ejemplo):

- Manual de usuario.
- Diagrama de circuitos esquemáticos.
- Código fuente del firmware.
- Diagrama de instalación.
- Memoria del trabajo final.
- etc...

9. Desglose del trabajo en tareas

El WBS debe tener relación directa o indirecta con los requerimientos. Son todas las actividades que se harán en el proyecto para dar cumplimiento a los requerimientos. Se recomienda mostrar el WBS mediante una lista indexada:

1. Grupo de tareas 1 (suma h)
 - 1.1. Tarea 1 (tantas h)
 - 1.2. Tarea 2 (tantas h)
 - 1.3. Tarea 3 (tantas h)
2. Grupo de tareas 2 (suma h)
 - 2.1. Tarea 1 (tantas h)

- 2.2. Tarea 2 (tantas h)
- 2.3. Tarea 3 (tantas h)
- 3. Grupo de tareas 3 (suma h)
 - 3.1. Tarea 1 (tantas h)
 - 3.2. Tarea 2 (tantas h)
 - 3.3. Tarea 3 (tantas h)
 - 3.4. Tarea 4 (tantas h)
 - 3.5. Tarea 5 (tantas h)

Cantidad total de horas: tantas.

¡Importante!: la unidad de horas es h y va separada por espacio del número. Es incorrecto escribir “23hs”.

Se recomienda que no haya ninguna tarea que lleve más de 40 h. De ser así se recomienda dividirla en tareas de menor duración.

10. Diagrama de Activity On Node

Armar el AoN a partir del WBS definido en la etapa anterior.

Una herramienta simple para desarrollar los diagramas es el Draw.io (<https://app.diagrams.net/>). Draw.io

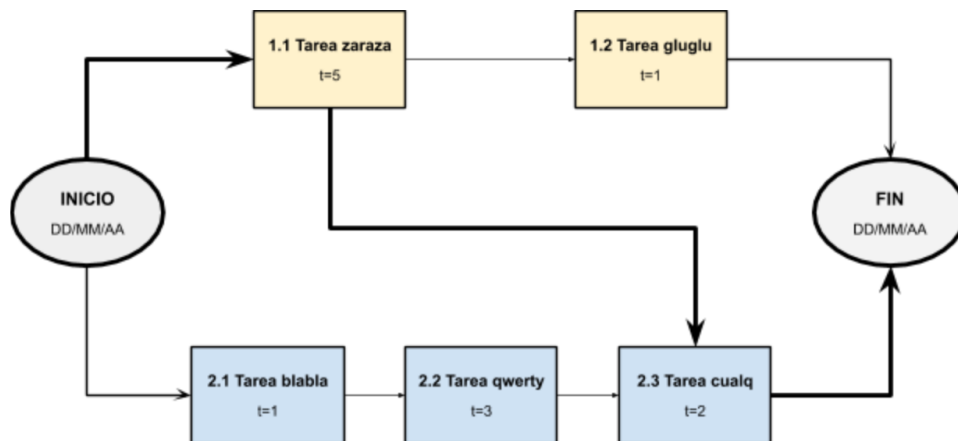


Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

Indicar claramente en qué unidades están expresados los tiempos. De ser necesario indicar los caminos semi críticos y analizar sus tiempos mediante un cuadro. Es recomendable usar colores y un cuadro indicativo describiendo qué representa cada color.

11. Diagrama de Gantt

Existen muchos programas y recursos *online* para hacer diagramas de Gantt, entre los cuales destacamos:

- Planner
- GanttProject
- Trello + *plugins*. En el siguiente link hay un tutorial oficial:
<https://blog.trello.com/es/diagrama-de-gantt-de-un-proyecto>
- Creately, herramienta online colaborativa.
<https://creately.com/diagram/example/ieb3p3ml/LaTeX>
- Se puede hacer en latex con el paquete *pgfgantt*
<http://ctan.dcc.uchile.cl/graphics/pgf/contrib/pgfgantt/pgfgantt.pdf>

Pegar acá una captura de pantalla del diagrama de Gantt, cuidando que la letra sea suficientemente grande como para ser legible. Si el diagrama queda demasiado ancho, se puede pegar primero la “tabla” del Gantt y luego pegar la parte del diagrama de barras del diagrama de Gantt.

Configurar el software para que en la parte de la tabla muestre los códigos del EDT (WBS).
Configurar el software para que al lado de cada barra muestre el nombre de cada tarea.
Revisar que la fecha de finalización coincida con lo indicado en el Acta Constitutiva.

En la figura 3, se muestra un ejemplo de diagrama de gantt realizado con el paquete de *pgfgantt*. En la plantilla pueden ver el código que lo genera y usarlo de base para construir el propio.

Las fechas pueden ser calculadas utilizando alguna de las herramientas antes citadas. Sin embargo, el siguiente ejemplo fue elaborado utilizando [esta hoja de cálculo](#).

Es importante destacar que el ancho del diagrama estará dado por la longitud del texto utilizado para las tareas (Ejemplo: tarea 1, tarea 2, etcétera) y el valor $x\ unit$. Para mejorar la apariencia del diagrama, es necesario ajustar este valor y, quizás, acortar los nombres de las tareas.

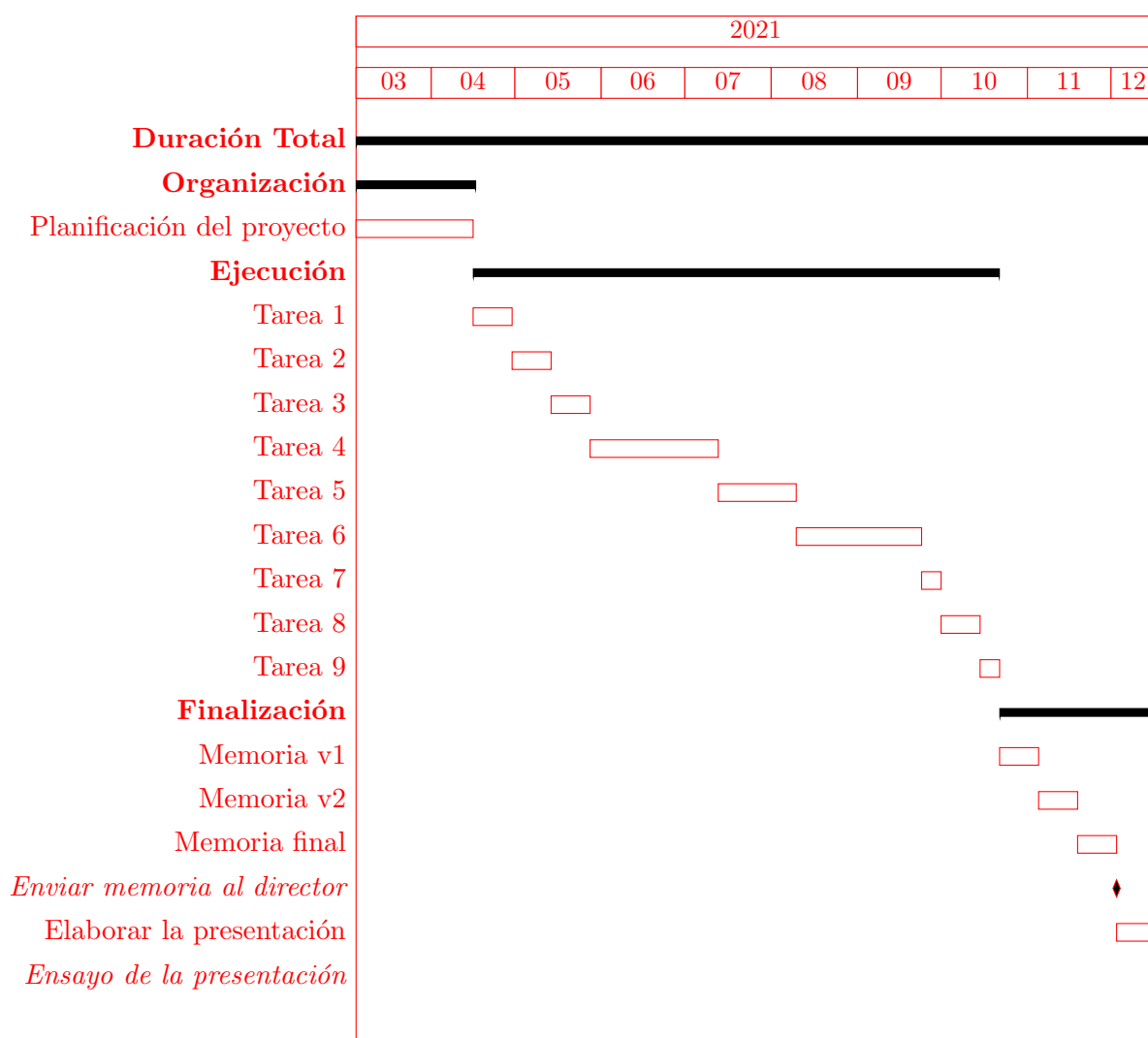


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo



Figura 4. Ejemplo de diagrama de Gantt (apaisado).

12. Presupuesto detallado del proyecto

Si el proyecto es complejo entonces separarlo en partes:

- Un total global, indicando el subtotal acumulado por cada una de las áreas.
- El desglose detallado del subtotal de cada una de las áreas.

IMPORTANTE: No olvidarse de considerar los **COSTOS INDIRECTOS**.

Incluir la aclaración de si se emplea como moneda el peso argentino (ARS) o si se usa moneda extranjera (USD, EUR, etc). Si es en moneda extranjera se debe indicar la tasa de conversión respecto a la moneda local en una fecha dada.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
TOTAL			

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...

- Ocurriencia (O): Y.
Justificación...

Riesgo 3:

- Severidad (S): X.
Justificación...
- Ocurriencia (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.