



# DetECCIÓN AUTOMATIZADA DE PATOLOGÍAS PULMONARES EN RAYOS X

Autor:

Ing. Rodrigo Nicolás Lauro

Director:

Dr. Facundo Adrián Lucianna (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 26 de agosto de 2025 y el 14 de octubre 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 . . . . .	9
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .	9
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	10
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	10
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

Cuadro 1. Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	26 de agosto de 2025
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	8 de septiembre de 2025

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 26 de agosto de 2025

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Rodrigo Nicolás Lauro que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Detección automatizada de patologías pulmonares en rayos X” y consistirá en la implementación de un sistema de soporte a la decisión clínica basado en técnicas de aprendizaje automático. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 horas y un costo estimado de U\$S 45.000,00 , con fecha de inicio el 26 de agosto de 2025 y fecha de presentación pública el 15 de junio de 2026.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Hospital de Clinicas  
Dr. Martin Drago

Dr. Facundo Adrián Lucianna  
Director del Trabajo Final

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

Este proyecto tiene por objetivo ser una herramienta para la detección de patologías pulmonares, basado en rayos X. El mismo se desarrolla en conjunto con el Hospital de Clínicas, responde a una propuesta personal donde se buscó como objetivo principal generar un impacto en la sociedad. En adelante, esta solución se denominará SSDC-RxT (Sistema de Soporte a la Decisión Clínica para Radiografías de Tórax).

El hospital de clínicas realiza placas de rayos X de torax en todos los pacientes que ingresan, es un procedimiento de rutina. La intención de este proyecto es brindar una herramienta que permita detectar patologías pulmonares (como neumonía, tuberculosis, derrame pleural, cardiomegalia y lesiones pulmonares o mediastinales) de manera prematura, ya que muchas de esas radiografías no terminan pasando por un experto que pudiera analizarlas.

De esta manera se estaría generando un fuerte impacto en sectores de la sociedad que no cuentan con recursos para atenderse de manera adecuada. Por otro lado , se le estaría brindando una herramienta al hospital público que sirviera como complemento a sus profesionales.

Este desarrollo se integra como una instancia automática dentro del proceso de admisión. No suma carga operativa: en segundos ofrece un apoyo al médico de guardia y admisión con indicios tempranos y priorización de radiografías potencialmente anómalas, para facilitar decisiones más rápidas. La innovación radica en incorporar soporte diagnóstico temprano directamente en el flujo de trabajo del hospital, como complemento no reemplazo del criterio del especialista.

En la figura 1 se presenta el diagrama en bloques de la solución propuesta. Se observa el flujo completo desde la admisión del paciente y la adquisición de la radiografía, pasando por el preprocesamiento y la clasificación automática mediante IA, hasta la priorización y generación de un reporte breve/alerta para el médico de guardia o especialista.

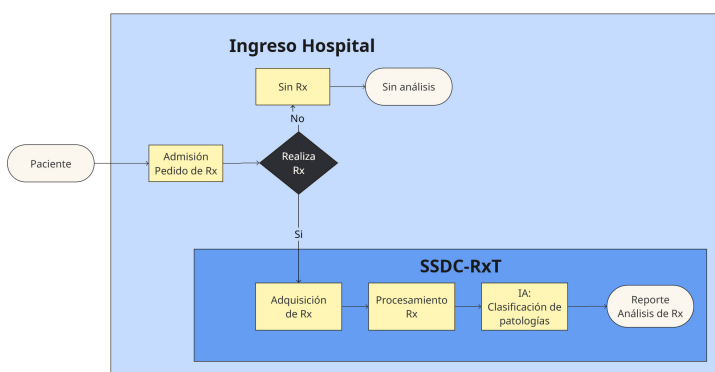


Figura 1. Diagrama en bloques del SSDC-RxT (sistema propuesto).

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Hospital de Clínicas	Dr. Martin Drago	
Responsable	Ing. Rodrigo Nicolás Lauro	FIUBA	Alumno
Orientador	Dr. Facundo Adrián Lucianna	FIUBA	Director del Trabajo Final
Usuario final	Prof. médicos	Dr. Martin Drago	

- Cliente: el Dr. Martin Drago es experto en la temática y va a ayudar con la creación de un equipo de etiquetado de las patologías.

## 3. Propósito del proyecto

Impactar positivamente en la atención, en especial de pacientes de sectores más vulnerables, ofreciendo soporte de diagnóstico temprano en radiografías de tórax. La solución prioriza automáticamente estudios con hallazgos sospechosos y entrega reportes breves a los médicos, acelerando decisiones, mejorando la detección precoz y optimizando recursos sin sumar carga operativa.

## 4. Alcance del proyecto

El proyecto incluye:

- **Plataforma de etiquetado (portal de especialistas).**
  - Gestión de usuarios (médicos/radiólogos) y trazabilidad.
  - Carga/visualización de Rx (DICOM/JPG) con desidentificación.
  - Etiquetado multicategoría (neumonía, TB, derrame, cardiomegalia, otras lesiones).
  - Exportación de etiquetas para entrenamiento (CSV/JSON).
- **SSDC-RxT: desarrollo de IA y *pipeline*.**
  - Preprocesamiento (control de calidad, normalización, redimensión).
  - Entrenamiento y validación de modelos de clasificación multiclase.
  - *Scoring* y priorización de estudios con hallazgos sospechosos.
  - Métricas de evaluación (AUC, sensibilidad/especificidad por clase, validación cruzada).
  - Exposición de inferencia vía API REST.
- **Portal clínico (usuarios profesionales).**
  - Ingreso/búsqueda de estudios y ejecución de inferencia.
  - Visualización de resultado, nivel de confianza y prioridad (reporte/alerta).

- Control de acceso, registro de actividad y descarga del reporte.
- **Infraestructura y despliegue.**
  - Servidor/VM (on-prem o cloud), contenedores (Docker).
  - *Logging*, monitoreo básico y *backups*.
  - Versionado de *datasets*/modelos y procedimiento de actualización de modelo.
- **Documentación y pruebas.**
  - Manual técnico y de usuario.
  - Plan y resultados de pruebas funcionales y de desempeño.

El presente proyecto no incluye:

- Diagnóstico médico final ni reemplazo del especialista.
- Certificación regulatoria (ANMAT/CE/FDA) ni trámites legales asociados.
- Integración productiva completa con HIS/RIS/PACS; se limita a un piloto/PoC con importación/exportación básica.
- Adquisición de equipamiento de rayos X ni modificaciones de hardware existente.
- Operación 24x7, mesa de ayuda o mantenimiento continuo más allá de la fase piloto.
- Aplicaciones móviles nativas; el alcance se limita a interfaz web.
- Entrenamiento desde cero de modelos fundacionales ni cómputo distribuido; se usarán modelos preentrenados con *fine-tuning*.
- Gestión avanzada de consentimiento/ética más allá de desidentificación y resguardos internos establecidos.

## 5. Supuestos del proyecto

El proyecto se apoya en los siguientes supuestos:

- **Datos y acceso.**
  - Disponibilidad de acceso a placas de radiografías de tórax (históricas y nuevas) en formato DICOM/JPG.
  - Volumen y diversidad suficientes para entrenar, validar y probar el modelo (clases representadas, distribución razonable).
  - Posibilidad de exportar desde PACS/RIS y de desidentificar los estudios antes de su uso.
  - Disponibilidad de metadatos clínicos básicos (p.ej., proyección PA/AP, sexo, edad aproximada) cuando sea pertinente y permitido.

■ **Etiquetado por expertos.**

- Participación de médicos/radiólogos del Hospital de Clínicas como *gold standard* para el etiquetado.
  - Tiempo asignado para etiquetar conforme a un protocolo consensuado.
  - Mecanismo de resolución de discrepancias (doble lectura y, si aplica, tercer lector); concordancia interobservador mínima aceptable.
- Aprobación institucional/comité de ética para uso de datos desidentificados con fines de investigación/piloto.
- Cumplimiento de normativa de protección de datos aplicable y políticas internas (acceso por roles, auditoría).

**Operación y adopción.**

- Disponibilidad de los profesionales para una breve capacitación y uso del portal clínico.
- Aceptación del flujo de trabajo propuesto (alertas/priorización) sin cambios mayores en protocolos asistenciales.
- Respaldo de jefaturas/gestión para ejecutar el piloto en el ámbito acordado.



## 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

Armaz 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

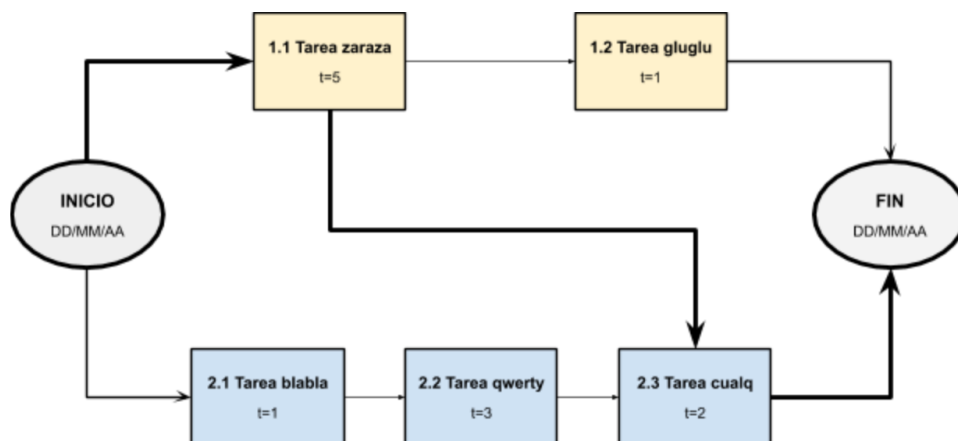


Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

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.

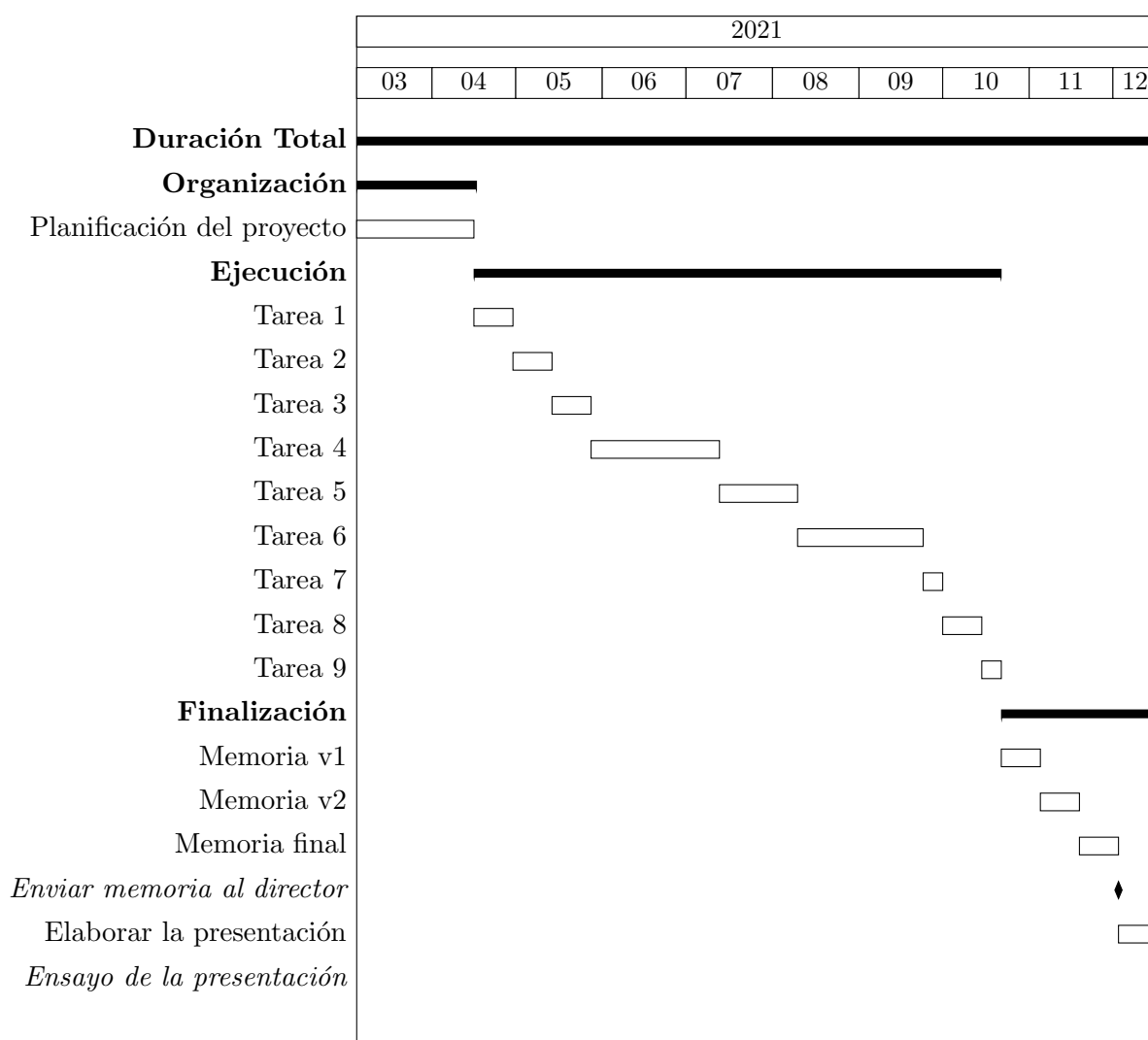


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo



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...

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

Riesgo 3:

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