



# Dispositivo para pruebas de comunicación con satélites

Autor:

Facundo G. Colavitte

Director:

Director a definir (pertenencia)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos entre el 20 de octubre de 2022 y el 8 de diciembre de 2022.*

## 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 . . . . .	7
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 . . . . .	12
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
v0.0	Creación del documento	20 de octubre de 2022
v1.0	Se completa hasta el punto 5 inclusive	03 de noviembre de 2022
v2.0	Se completa hasta el punto 9 inclusive	10 de noviembre de 2022

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 20 de octubre de 2022

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Facundo G. Colavitte que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Dispositivo para pruebas de comunicación con satélites”, consistirá esencialmente en el diseño de un prototipo modular, versátil, para realizar pruebas de comunicación unidireccional con satélites de órbita baja usando un módulo LoRa, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y \$30.000, con fecha de inicio 20 de octubre de 2022 y fecha de presentación pública 21 de agosto de 2023.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

David Vilaseca  
Satellogic

Director a definir  
Director del Trabajo Final

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

El siguiente proyecto tendrá como objetivo desarrollar un prototipo para realizar pruebas de comunicación unidireccional con satélites de la empresa Satellogic. Esta última posee actualmente satélites de órbita baja para mapeo de la superficie terrestre mediante sistema de capturas de imágenes. Su objetivo es agregar a su cartera de servicios satelitales la posibilidad de recibir información de dispositivos IoT en tierra para ofrecerle una alternativa a los medios de comunicación tradicionales. Para esto, se realizará un dispositivo modular, que permita cambiar fácilmente la antena de transmisión, incorporar etapas de amplificación de señal y modificación y carga del firmware de forma simple por USB. Esto da como resultado un dispositivo versátil, que permite enviar datos tomados en tierra a los satélite en órbita baja para realizar las pruebas pertinentes para el estudio de la factibilidad técnica y optimización de la comunicación antes mencionada.

La idea no es probar con un satélite real ya que el uso de comunicación por LoRa es una propuesta de la empresa dado que ciertos módulos trabajan a frecuencias similares. Es por esto que el proyecto será validado por la comunicación entre dos prototipos en tierra que cumplan con las requerimientos teóricos que Satellogic solicita. En caso de realizarse una prueba con el satélite la no recepción del mensaje no involucrará fallas en el diseño del sistema. Pese a esto, el dispositivo deberá ser diseñado considerando que su finalidad sea una comunicación desde la tierra hacia el satélite a través de un módulo LoRa de forma unidireccional a una frecuencia cercana a 920 MHz. Los datos a enviar por el prototipo deben poder ser tomados por USB y Wi-Fi.

Como se observa en la figura 1, el dispositivo posee:

- Un puerto de conexión USB para comunicación con ordenadores locales.
- Conexión Wi-Fi para ser manejado de forma remota.
- Alimentación externa.
- Puerto de conexión para antena tipo QFH.

A día de hoy no existe en el mercado un dispositivo comercial específico para tal finalidad, por lo que este es el principal valor. No obstante, desde la empresa Satellogic, se nos asignó esta tarea a dos alumnos del posgrado. En dicho contexto, el presente proyecto se destaca en la incorporación de conexión Wi-Fi para recepción de los datos. Dado que es condición necesaria que la comunicación se realice a cielo abierto, el contar con Wi-Fi permite establecer esta comunicación aún cuando haya condiciones climáticas desfavorables para la presencia del usuario.

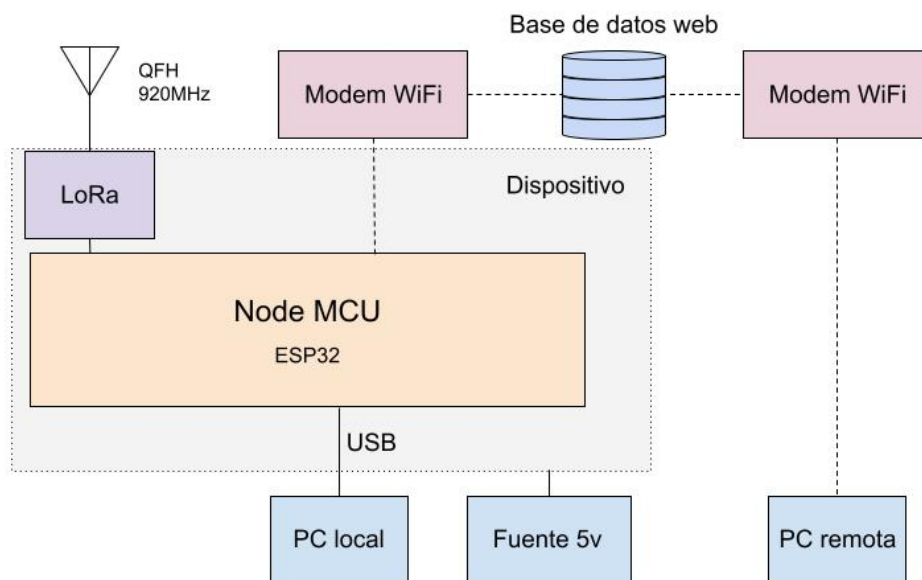


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	David Vilaseca	Satellogic	Director de Research
Cliente	David Vilaseca	Satellogic	Director de Research
Responsable	Facundo G. Colavitte	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Scasserra Marco	FIUBA	Alumno
Orientador	Director a definir	pertenencia	Director Trabajo final
Usuario final	Pega Luciano	Satellogic	Ingeniero en Research

- Pega Luciano: trabaja en la misma área que el cliente. Puede responder preguntas de requerimientos técnicos y validar el proyecto.
- Scasserra Marco: trabaja en un proyecto final del CESE de la misma temática para el mismo cliente.
- **Director a definir**: posee experiencia en módulos LoRa y sistemas de almacenamiento de energía.

## 3. Propósito del proyecto

El propósito del proyecto es diseñar un dispositivo que permita realizar pruebas de comunicación con satélites de órbita baja para una posterior implementación de dicha tecnología en dispositivos IoT. El prototipo debe ser versátil y estar conformado principalmente por módulos electrónicos comerciales para facilitar su posterior modificación según lo ameriten las pruebas.

## 4. Alcance del proyecto

El proyecto incluye:

- Un prototipo físico con el firmware cargado.
- Código fuente del firmware.
- Esquemático del hardware.
- Sistema de alimentación.

El proyecto no incluye:

- Dispositivo comercial.
- Script que decodifica la señal IQ recibida en el satélite.
- Software de escritorio para envío de datos al dispositivo.
- Montaje del dispositivo.

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Si dos dispositivos se pueden comunicar en tierra por medio de módulos LoRa la señal puede ser recibida por un satélite que esté dentro del alcance del conjunto módulo LoRa-Antena.
- Disponibilidad de todos los materiales necesarios para la construcción del prototipo por parte de la empresa Satellogic. Los mismos se detallarán en la Lista de materiales conforme se realice el proyecto.
- No se presentaran retenciones a importaciones de los materiales necesarios que dificulten su disponibilidad.
- Se dispondrá de al menos 80 horas mensuales en promedio para dedicar al proyecto.
- Los materiales necesarios para las pruebas y construcción de prototipos se dispondrán en un tiempo no mayor a dos semanas tras solicitarlos.

## 6. Requerimientos

### 1. Requerimientos funcionales

- 1.1. Se debe poder cambiar la antena y agregar etapas de amplificación sin modificar la PCB.
- 1.2. Se debe poseer un puerto de conexión incluido en la PCB para cargar el firmware sin necesidad de extraer el microcontrolador.

- 1.3. El módulo LoRa debe ser un E22 900M30S de EBYTE según solicitud de la empresa.
  - 1.4. El dispositivo debe poder funcionar solo conectando periféricos y fuentes de alimentación, sin requerir un proceso de configuración superior a cinco minutos para ponerlo en funcionamiento.
  - 1.5. El usuario debe poder enviar mensajes desde una computadora al prototipo por medio de un terminal serie por USB.
  - 1.6. El dispositivo debe tener alimentación propia ya sea con fuente externa o con baterías.
  - 1.7. El sistema deberá contar con comunicación WiFi para acceder a la base de datos web.
  - 1.8. El dispositivo debe poder recibir datos por USB sin encriptar. Esto permite el uso de una interfaz serial genérica.
2. Requerimientos de documentación
    - 2.1. Se debe entregar al cliente un manual de usuario que describa el funcionamiento y la operación del prototipo.
    - 2.2. Se debe entregar al cliente la documentación del firmware desarrollado con un detalle o explicación detallada de cada función desarrollada.
    - 2.3. Se debe realizar al menos un informe de avance dirigido al cliente previo a la finalización del proyecto.
3. Requerimiento de testing
    - 3.1. Se deberá testear comunicación USB.
    - 3.2. Se deberá testear comunicación Wi-Fi.
    - 3.3. Se deberá testear el acceso a la base de datos web de forma aislada.
    - 3.4. Se debe testear la comunicación LoRa con otro dispositivo en tierra que recepciones la señal que el prototipo emite. Para el testeo los dispositivos pueden estar a distancias inferiores a un metro y sin uso obligatorio de la antena.

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

A continuación se enunciarán las historias de usuarios y su ponderación (story points). La estimación de la ponderación se realizará por medio de la serie Fibonacci. Se evaluará dificultad, complejidad y riesgo. Los pesos en la evaluación corresponderán a 0 para bajo y 8 para alto. El peso final será el valor de la suma de las tres características mencionadas. En caso de que la suma no sea igual a un número de la secuencia de Fibonacci se le asignará a la historia el valor próximo superior.

1. “Como usuario, quiero que el dispositivo sea compacto, robusto y ligero, de modo de poder llevarlo al lugar donde debe realizarse el experimento.”
  - Dificultad: media/baja (3). Implica realizar un dimensionamiento de la batería y selección de la envolvente plástica.
  - Complejidad: media (5). Se requiere realizar un diseño para la envolvente plástica con una protección IP32 o superior. El dispositivo debe contar con suficiente capacidad de batería para una hora de autonomía.



- riesgo: media/baja (3). El equipo debe estar cubierto de la lluvia de forma directa, en caso contrario la envolvente deberá tener un grado de protección IP65 o superior.
  - Story point: 13.
2. “Como usuario, quiero que el dispositivo se conecte a Wi-Fi para poder operarlo de manera remota.”
- Dificultad: alta (8). Implica gran cantidad de horas para realizar una base de datos web y la programación de la comunicación Wi-Fi, interconexión con la base de datos y procesamiento de los datos recibidos por JSON.
  - Complejidad: media (5). La comunicación con la base de datos por medio de Wi-Fi y procesamiento de los archivos json implica una dificultad media.
  - riesgo: media (5). Existe el riesgo de que no se tenga una potencia de señal Wi-Fi suficiente en la ubicación en la que se desea colocar el dispositivo.
  - Story point: 21.
3. “Como usuario, quiero que la interfaz de comunicación sea a través de una interfaz de linea de comando (CLI), para que la operación sea ágil.”
- Dificultad: media (5). Se requiere realizar funcionalidades que analicen la recepción por UART para diferenciar un comando a ejecutar de un simple texto a enviar por LoRa.
  - Complejidad: media/baja (3). Se requiere una comunicacion UART con conversión a USB. El circuito integrado que realiza dicha tarea está incluido en el módulo Node-MCU.
  - riesgo: bajo (1). No se presentan riesgos.
  - Story point: 13.
4. “Como usuario, quiero que el dispositivo cuente con un conector de radio frecuencia (RF), de modo de poder elegir distintos tipos de antenas, o incluso agregar una etapa de amplificación adicional, de ser necesario.”
- Dificultad: media/baja (3). Se debe buscar el foot print del conector que mejor se adapte a las antenas que solicita Satellogic.
  - Complejidad: baja (1). Se debe agregar el foot print del conector en el diseño de la PCB.
  - riesgo: medio/bajo (3). En caso de utilizarse antenas con conector no compatible se debe adaptar la antena al prototipo.
  - Story point: 8.
5. “Como usuario, quiero que el dispositivo sea suficientemente pequeño como para poder integrarse en un gabinete estanco, lo cual permitiría la operación en intemperie.”
- Dificultad: baja (1). Se debe buscar un gabinete estanco comercial apto para las medidas del prototipo.
  - Complejidad: baja (1). No presenta complejidad.

- riesgo: medio/bajo (3). En caso de que se desee que el dispositivo cuente con terminales para realizar conexiones por fuera del gabinete, las mismas deben ser aptas para exterior.
- Story point: 5.

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Manual de usuario del dispositivo.
- Diagrama esquemático del circuito.
- Código fuente.
- Lista de componentes electrónicos.
- Un prototipo funcional.

## 9. Desglose del trabajo en tareas

1. Recopilación general de información sobre el proyecto (60 hs)
  - 1.1. Investigar sobre tecnología Wi-Fi. (10 hs)
  - 1.2. Investigar sobre tecnología LoRa. (20 hs)
  - 1.3. Investigación específica sobre módulo LoRa E22. (10 hs)
  - 1.4. Investigar sobre antenas QFH. (10 hs)
  - 1.5. Investigar sobre base de datos web. (10 hs)
2. Planificación del proyecto (40 hs)
  - 2.1. Realizar planificación del proyecto. (40 hs)
3. Hardware (120 hs)
  - 3.1. Diseño del circuito esquemático. (25 hs)
  - 3.2. Cálculo de sistema de almacenamiento de energía. (20 hs)
  - 3.3. Selección de componentes. (15 hs)
  - 3.4. Diseño del PCB. (30 hs)
  - 3.5. Fabricación y ensamblado del PCB. (30 hs)
4. Firmware (120 hs)
  - 4.1. Desarrollo de arquitectura del firmware. (20 hs)
  - 4.2. Diseño y programación de la máquina de estados finitos. (20 hs)
  - 4.3. Diseño y programación de comunicación LoRa. (10 hs)
  - 4.4. Diseño y programación de comunicación UART. (10 hs)
  - 4.5. Diseño y programación de comunicación Wi-Fi y base de datos. (40 hs)

- 4.6. Configuración de la base de datos. (10 hs)
- 4.7. Integración de las partes del firmware. (10 hs)
- 5. Pruebas (70 hs)
  - 5.1. Pruebas y validación del hardware. (20 hs)
  - 5.2. Desarrollo de pruebas para el firmware. (30 hs)
  - 5.3. Verificación y validación del firmware. (20 hs)
- 6. Gabinete (50 hs)
  - 6.1. Selección del gabinete. (10 hs)
  - 6.2. Montaje del prototipo en gabinete. (40 hs)
- 7. Procesos finales (140 hs)
  - 7.1. Elaboración del informe de avance. (30 hs)
  - 7.2. Evaluación de requerimientos. (30 hs)
  - 7.3. Elaboración de la memoria del proyecto. (40 hs)
  - 7.4. Preparación de la presentación final. (40 hs)

Cantidad total de horas: 600 hs.

## 10. Diagrama de Activity On Node

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

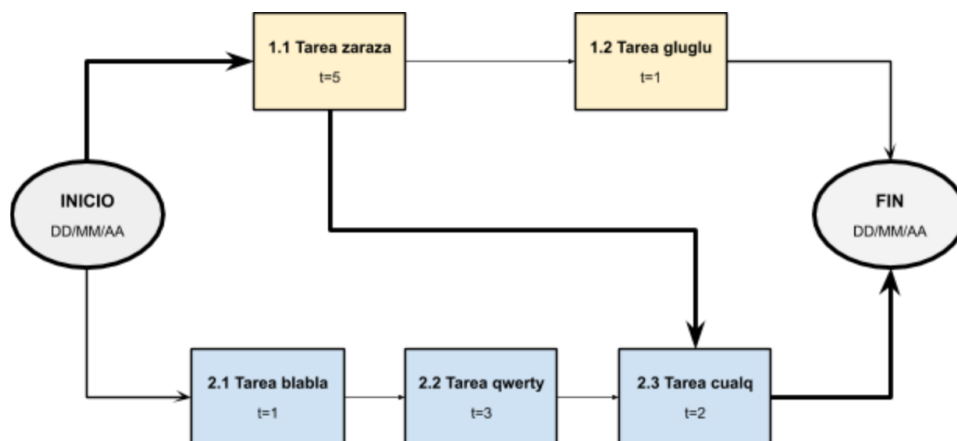


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*

Indicar claramente en qué unidades están expresados los tiempos. De ser necesario indicar los caminos semicríticos y analizar sus tiempos mediante un cuadro. Es recomendable usar colores y un cuadro indicativo describiendo qué representa cada color, como se muestra en el siguiente ejemplo:

## 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.

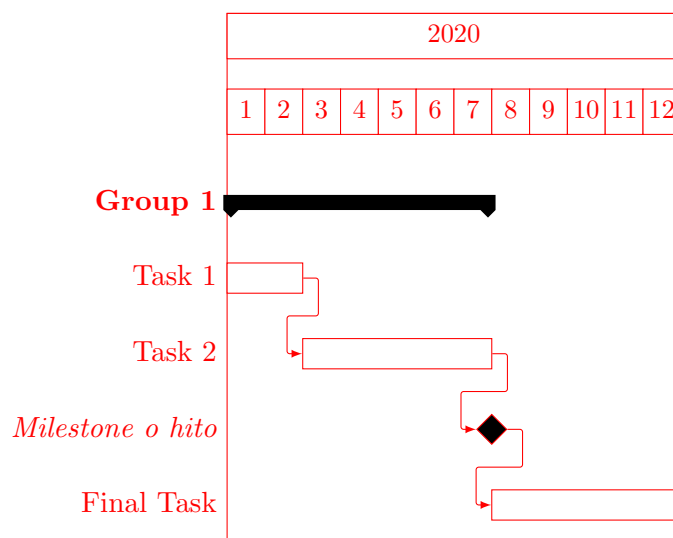


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo

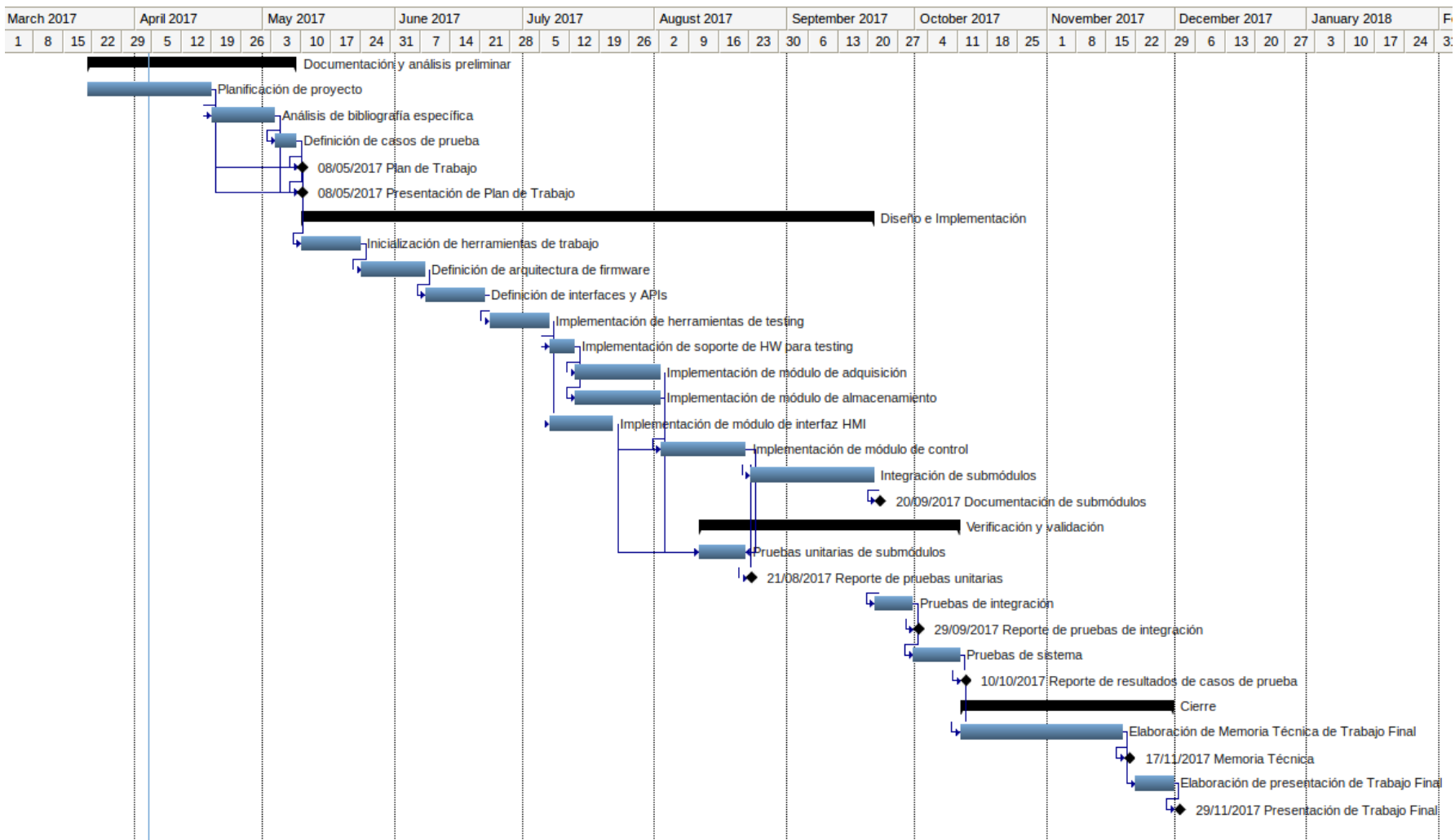


Figura 4. Ejemplo de diagrama de Gantt rotado

## 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**.

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):
- Ocurrencia (O):

Riesgo 3:

- Severidad (S):

■ Ocurrencia (O):

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

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: copiar acá el requerimiento.
  - 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, y 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.