



# Red de sensores para monitoreo ambiental en laboratorios críticos

Autor:

Ing. Christian Canaan Castro Botek

Director:

(Esp. Ing. Pedro Rosito)

Codirector:

(FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos entre el 28 de febrero de 2023 y el 11 de abril de 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 . . . . .	6
5. Supuestos del proyecto. . . . .	7
6. Requerimientos . . . . .	7
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .	8
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	9
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	10
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	12
11. Diagrama de Gantt . . . . .	13
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	16
13. Gestión de riesgos . . . . .	16
14. Gestión de la calidad . . . . .	17
15. Procesos de cierre . . . . .	18

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1	Creación del documento	28 de febrero de 2023
2	Se aplicaron correcciones y se completa hasta el punto 9 inclusive.	21 de marzo de 2023
3	Se aplicaron correcciones y se completa hasta el punto 12 inclusive.	26 de marzo de 2023

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 28 de febrero de 2023

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Christian Canaan Castro Botek que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Red de sensores para monitoreo ambiental en laboratorios críticos”, consistirá esencialmente en la implementación de un prototipo de un sistema de monitoreo ambiental para laboratorios críticos, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 h de trabajo y \$XXX, con fecha de inicio 28 de febrero de 2023 y fecha de presentación pública 25 de agosto de 2023.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Ing. Guillermo Kirsch  
FLEXAR S.R.L.

Director del Trabajo Final

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

En FLEXAR S.R.L. se fabrican celdas de carga (figura 1) para todo tipo de aplicaciones tales como pesaje de vehículos, pesajes de movimiento, balanzas de piso, tanques, tolvas, etc. El proceso productivo de las celdas precisan el monitoreo y cuidado de cuatro plantas separadas pero próximas entre sí, todas ubicadas en la zona urbano-industrial de la localidad de San Martín, Buenos Aires, Argentina. En tres de las planta, se realizan diversas tareas que pretenden cierto grado de exigencia y calidad que pueden verse afectadas ante cualquier perturbación externa o factor medio ambiental. Estos procesos son tan críticos que de no cumplir con los estándares internacionales, nacionales y empresariales conllevan a grandes pérdidas para la empresa, tanto económicas como de confianza mercantil.

Es por ello que bajo este contexto se busca implementar un sistema automático, de bajo costo y mantenimiento que permita implementar una red de sensores para el monitoreo y control ambiental de dichos laboratorios. Como requisito primario, la red de sensores debe estar basada en la familia de chips SoC (System-on-a-Chip) de bajo costo y consumo de energía ESP32, sensores DHT22, alimentación provista por la red, conectividad Wi-Fi y una web de tipo SPA desarrollada con el framework de VueJS para la visualización y monitoreo de las variables de interés. En la figura 2 se puede observar la composición básica del sistema.



Figura 1. Distintos modelos de celdas.

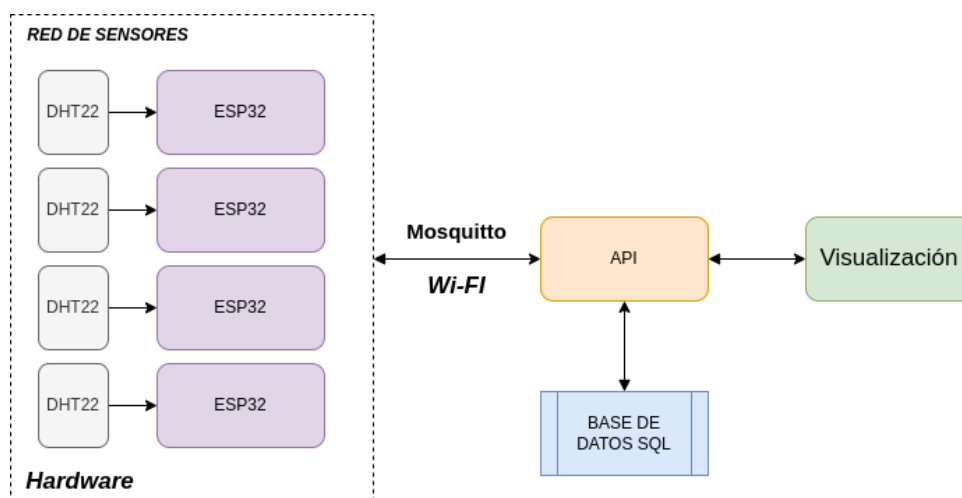


Figura 2. Composición básica del sistema.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Cliente: Ing. Guillermo Kirsch tiene amplios y diversos conocimientos técnicos y es un gran guía para la elaboración del proyecto pero no dispone de mucho tiempo por tener una gran responsabilidad laboral en otras áreas de la empresa. Sin embargo, estará presente en gran parte del desarrollo, testeo y puesta en marcha de este proyecto.

Colaborador: Ing. Luciano Rossi es el responsable de guiar supervisar y guiar al equipo de desarrollo de software de la empresa, estará presente en gran parte del desarrollo y testeo de este proyecto.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Guillermo Kirsch	FLEXAR S.R.L.	Gerente de Ingeniería
Responsable	Ing. Christian Canaan Castro Botek	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Luciano Rossi	FLEXAR S.R.L	Desarrollo de software
Orientador	Esp. Ing. Pedro Rosito	FIUBA	Director Trabajo final
Usuario final	Ing. Guillermo Kirsch	FLEXAR S.R.L	Gerente de Ingeniería

## 3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es poder diseñar e implementar el prototipo de una red de sensores para el monitoreo y control de variables de temperatura y humedad sobre los distintos laboratorios de tareas críticas de la empresa FLEXAR S.R.L. lo que permitirá adjuntar a las especificaciones de cada celda información adicional respecto a las condiciones ambientales a las que se encontraron expuestas durante el proceso productivo. Adicionalmente, también facilitará detectar causas de fallas en lotes de producción.

## 4. Alcance del proyecto

El presente proyecto incluye la elaboración del prototipo de red basada en ESP32 que reporte, almacene y permita la visualización a través de una web las variables medidas para cada laboratorio de interés.

Se incluye:

- El armado de al menos dos prototipos de nodos de medición con ESP32.
- Elaboración de la red de comunicación de estos dispositivos con la base de datos de la empresa.
- Implementación de una estrategia de comunicación de datos segura.
- Desarrollo de un front-end.
- Muestra y visualización de los datos en tiempo real.
- Documentación sobre el proyecto.

No se incluye:

- Análisis de tráfico de datos.
- Implementación de testing sobre el software desarrollado.
- Implementación de una estrategia de comunicación de datos segura.
- Visualización estadística de los datos.
- Compatibilidad con dispositivos móviles.

## 5. Supuestos del proyecto

Para el cumplimiento de este proyecto se supone que:

- Se dispondrá del tiempo y espacio para realizar distintas pruebas.
- Habrá recursos económicos para la construcción del hardware.
- Los tiempos fabricación estarán dentro de los márgenes habituales.
- Existirá comunicación permanente con el cliente para solventar dudas.
- Los tiempos de autonomía del hardware estarán basados en cálculos pesimistas y no en ensayos controlados.
- Se tendrá acceso a todos los recursos digitales de la empresa tales como acceso a las bases de datos, red, etc. para agregar el sistema desarrollado en este trabajo a los demás sistemas de la empresa.

## 6. Requerimientos

Los requerimientos del proyecto fueron convenidos por ambas partes a través del documento inicial de presentación del proyecto y distintas reuniones coordinadas.

### 1. Requerimientos generales del proyecto:

- 1.1. Deadline 1 Diciembre 2023.
- 1.2. Entregable prototipo de hardware funcional y prototipo de aplicación con función de visualización de los datos en tiempo real de agrupados por sector.

### 2. Requerimientos físicos del sistema:

- 2.1. Prototipo del hardware basado en ESP32 y DHT22.
- 2.2. Alimentación desde la red.
- 2.3. Resistente a condiciones ambientales, con grado de protección IP60.

### 3. Requerimientos funcionales del sistema:

- 3.1. Hardware:

- 1) Contará con pines de acceso para el cargado de firmware.
- 2) Envío de datos por MQTT.
- 3) No enfocarse en el consumo por estar conectado a la red.
- 4) Uso eficiente de la red de comunicación.
- 5) Baja tasa de transferencia de datos.
- 6) Bajo costo, siempre se busca ahorrar.

### 3.2. Software y aplicación:

- 1) Almacenamiento de la información en base de datos postgresql.
- 2) Validación de usuario para el ingreso a la plataforma.
- 3) Capacidad de escalabilidad para registrar nuevos nodos de medición.
- 4) Grafica histórica de los niveles de temperatura y humedad.
- 5) Visualización de datos en tiempo real.
- 6) Bajo tráfico de datos.
- 7) Comunicación segura.
- 8) Sistema de alarma en caso de una medición fuera de rango aceptable.

### 4. Requerimientos de documentación:

- 4.1. Elaboración de un informe de avance del proyecto.
- 4.2. Elaboración de informe de puesta en marcha.
- 4.3. Documentación general del desarrollo del software y estructura de la base de datos.
- 4.4. Memoria de trabajo final.

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

Ponderación: según el esfuerzo que requiera el cumplimiento de la historia.

Prioridad: de 1 al 10 considerando 10 como lo más importante.

Se define como usuario aquel quien hace un uso general del sistema.

Calificación: Ponderación - Prioridad.

- Como gerente de FLEXAR S.R.L. quiero una aplicación que me permita visualizar datos ambientales en tiempo real. *10-10*
- Como gerente de FLEXAR S.R.L. quiero un dispositivo que permita visualizar datos historicos ambientales *8-10*
- Como gerente de FLEXAR S.R.L. quiero que el dispositivo sea compatible con la infraestructura ya existente para mayor interoperabilidad y soporte. *9-10*
- Como gerente de FLEXAR S.R.L. quiero que la información sea visible en una web responsiva para tener mayor portabilidad. *10-10*
- Como gerente de FLEXAR S.R.L. quiero una interfaz gráfica para tener un login de usuario. *7-10*
- Como usuario operario quiero una aplicación para que funcione en un smartphone. *5-7*



- Como usuario operario quiero una aplicación de fácil acceso. *7-7*
- Como gerente de FLEXAR S.R.L. quiero que el dispositivo funcione el mayor tiempo posible para facilitar la instalación y el mantenimiento. *8-10*
- Como gerente de FLEXAR S.R.L. quiero un sistema escalable. *10-10*
- Como gerente de FLEXAR S.R.L. quiero un dispositivo que sea de bajo consumo para facilitar su uso y mantenimiento. *4-2*
- Como usuario operario quiero acceder a una web para ver los datos en tiempo real *10-10*
- Como gerente de FLEXAR S.R.L. quiero un dispositivo que sea fácilmente desmontable y reemplazable para facilitar el mantenimiento e instalación *8-9*
- Como gerente de FLEXAR S.R.L. quiero un sistema de baja tasa de transmisión de datos para no sobrecargar la red de comunicación. *10-10*
- Como usuario operario quiero una interfaz sencilla y estilizada *5-8*
- Como usuario operario quiero poder visualizar datos perteneciente a otros laboratorios. *9-10*
- Como gerente de FLEXAR S.R.L. quiero una aplicación multi-plataforma para no limitar su uso a ciertos dispositivos. *10-10*
- Como gerente de FLEXAR S.R.L. quiero un sistema de alarma en caso de que los datos indiquen estar fuera de un rango de medición aceptable. *10-10*
- Como gerente de FLEXAR S.R.L. quiero poder identificar de qué laboratorio proviene el historial de datos. *10-10*

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Planificación del trabajo final.
- Prototipo funcional del hardware y software de aplicación.
- Código fuente.
- Diagrama esquemático o en bloques del hardware.
- Diagrama estructura base de datos.
- Descripción y documentación sobre modo de uso.
- Memoria final e informe de avance.

## 9. Desglose del trabajo en tareas

1. Análisis inicial (110)
  - 1.1. Lectura de referencias bibliográficas. (40)
  - 1.2. Análisis de las herramientas trabajo. (30)
  - 1.3. Elaboración de la planificación del proyecto. (40)
2. Diseño de Hardware (105)
  - 2.1. Diseño estructura del sistema. (40)
  - 2.2. Diseño preliminar del sistema. (15)
  - 2.3. Selección de componentes. (15)
  - 2.4. Elaboración del circuito esquemático. (15)
  - 2.5. Dimensionado del prototipo físico. (20)
3. Desarrollo de Firmware (155)
  - 3.1. Configuración de entorno de diseño. (15)
  - 3.2. Diseño de la estructura del firmware. (15)
  - 3.3. Selección de interfaz de comunicación. (15)
  - 3.4. Implementación de adquisición de datos. (40)
  - 3.5. Trama de comunicación. (40)
  - 3.6. Configuración de la estrategia de control del sistema. (30)
4. Producción (60)
  - 4.1. Montaje de componentes. (40)
  - 4.2. Montaje final del prototipo. (20)
5. Testing (35)
  - 5.1. Comprobación de funcionamiento del circuito. (10)
  - 5.2. Ensayo de comunicación por MQTT. (15)
  - 5.3. Checkeo de la correcta llegada de datos a la base de datos. (10)
6. Aplicación (160)
  - 6.1. Selección de estrategia y entorno de programación. (20)
  - 6.2. Desarrollo del login de usuario. (20)
  - 6.3. Comprobación de comunicación y login correctos. (10)
  - 6.4. Desarrollo de interfaz de monitoreo. (40)
  - 6.5. Desarrollo de interfaz de gestión. (40)
  - 6.6. Desarrollo de algoritmos de históricos. (30)
7. Ensayos sobre aplicación (20)
  - 7.1. Pruebas y ensayos sobre la aplicación. (10)
  - 7.2. Corrección de errores y ajustes menores. (10)

8. Cierre del proyecto (110)

- 8.1. Elaboración de documentación. (20)
- 8.2. Elaboración de la memoria técnica del trabajo final. (40)
- 8.3. Correcciones sobre la memoria técnica del trabajo final (20)
- 8.4. Elaboración de la presentación del proyecto final. (20)
- 8.5. Cierre del proyecto. (10)

Cantidad total de horas: (755)

## 10. Diagrama de Activity On Node

Los tiempos del diagrama de la figura 3 están en horas con excepción de las fechas de inicio y fin.

La tarea 3.6 puede sufrir demoras debido a una posible complejidad en la configuración del dispositivo seleccionado por lo que se considera un camino potencialmente crítico.

Las tareas 4.1 y 4.2 pueden sufrir demoras o retrasos debido a la compra de componentes, por lo que se la considera un camino potencialmente crítico.

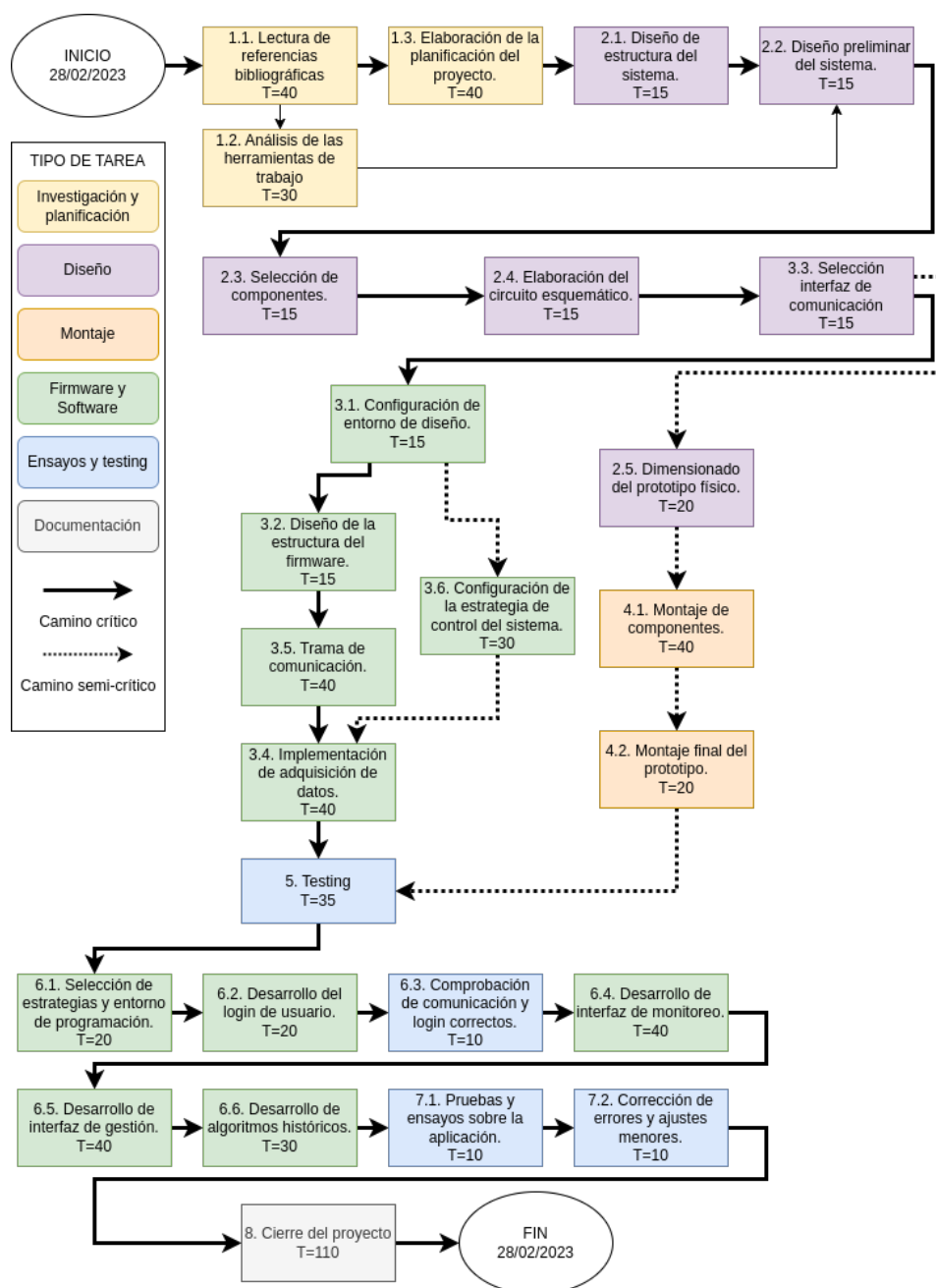


Figura 3. Diagrama de *Activity on Node*.

## 11. Diagrama de Gantt

Tarea	Fecha Inicio	Duración	Fecha fin
1. Análisis inicial.	27/02/2023	27	26/03/2023
1.1. Lectura de referencias bibliográficas.	28/02/2023	26	26/03/2023
1.2. Análisis de las herramientas de trabajo.	03/03/2023	7	10/03/2023
1.3. Elaboración de la planificación del proyecto.	28/02/2023	26	26/03/2023
2. Diseño de hardware.	26/03/2023	27	22/04/2023
2.1. Diseño estructura del sistema.	26/03/2023	10	05/04/2023
2.2. Diseño preliminar del sistema.	26/03/2023	5	31/03/2023
2.3. Selección de componentes.	04/04/2023	5	09/04/2023
2.4. Elaboración del circuito esquemático.	10/04/2023	5	15/04/2023
2.5. Dimensionado del prototipo físico.	17/04/2023	5	22/04/2023
3. Desarrollo de firmware.	23/04/2023	40	02/06/2023
3.1. Configuración de entorno de diseño.	23/04/2023	4	27/04/2023
3.2. Diseño de la estructura del firmware.	26/04/2023	4	30/04/2023
3.3. Selección de interfaz de comunicación.	30/04/2023	4	04/05/2023
3.4. Implementación de adquisición de datos.	04/05/2023	10	14/05/2023
3.5. Trama de comunicación.	14/05/2023	10	24/05/2023
3.6. Configuración de la estrategia de control del sistema.	24/05/2023	9	02/06/2023
4. Producción.	03/06/2023	15	18/06/2023
4.1. Montaje de componentes.	03/06/2023	8	11/06/2023
4.2. Montaje final del prototipo.	11/06/2023	7	18/06/2023
5. Testing.	19/06/2023	13	02/07/2023
6. Aplicación.	03/07/2023	40	12/08/2023
7. Ensayos sobre aplicación.	12/08/2023	5	17/08/2023
8. Cierre del proyecto.	01/07/2023	55	25/08/2023

Figura 4. Diagrama en tabla de WBS

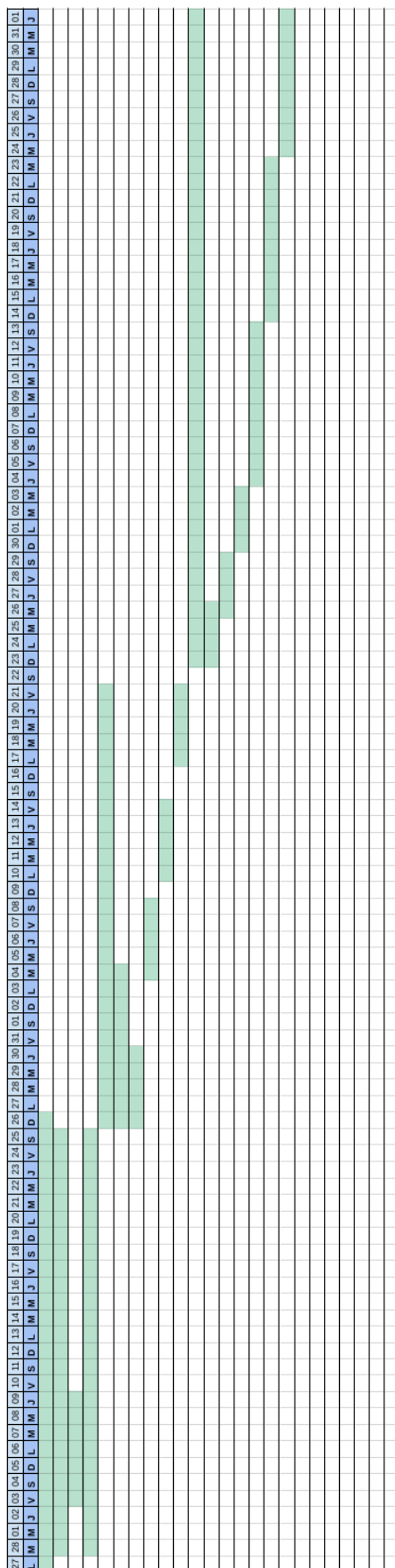


Figura 5. Primera parte del diagrama de Gantt, inicio del proyecto

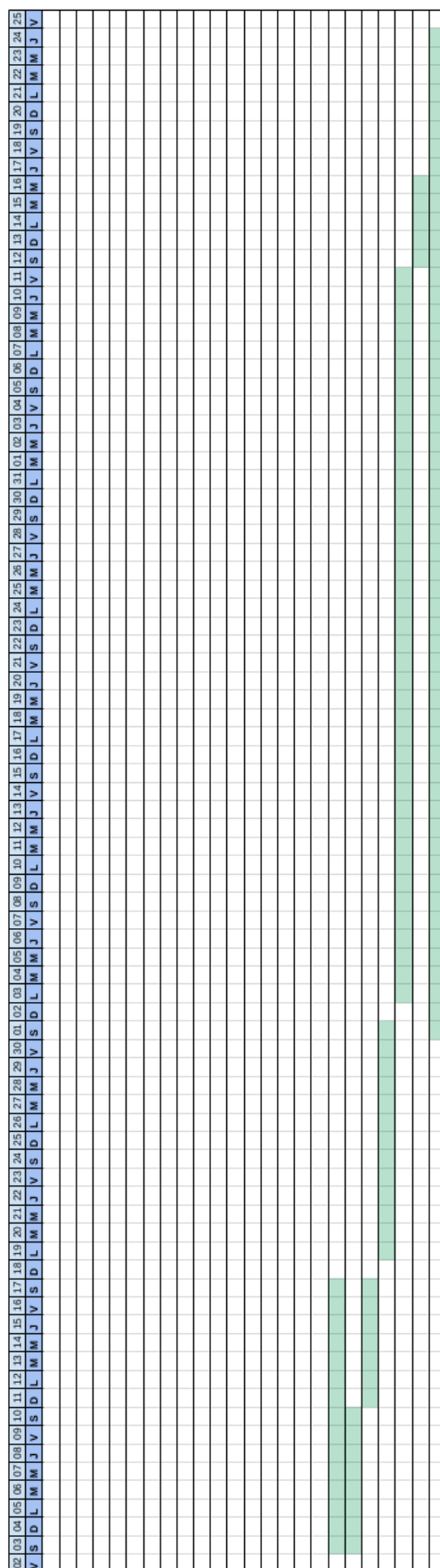


Figura 6. Segunda parte del diagrama de Gantt, fin del proyecto

## 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.