



# Dispensador inteligente de comida para gatos

Autor:

Ing. Durante Matías Nahuel

Director:

Ing. Bualó Santiago (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos entre el 21 de octubre de 2025 y el 14 de diciembre de 2025.*

## Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . .	5
2. Identificación y análisis de los interesados . . . . .	6
3. Propósito del proyecto . . . . .	7
4. Alcance del proyecto . . . . .	7
5. Supuestos del proyecto . . . . .	8
6. Requerimientos . . . . .	8
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ) . . . . .	9
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	10
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	11
10. Diagrama de Activity On Node . . . . .	12
11. Diagrama de Gantt . . . . .	13
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	15
13. Gestión de riesgos . . . . .	15
14. Gestión de la calidad . . . . .	17
15. Procesos de cierre . . . . .	19

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	21 de octubre de 2025
1	Primera entrega	04 de noviembre de 2025
2	Segunda entrega	11 de noviembre de 2025
3	Tercera entrega	18 de noviembre de 2025
4	Cuarta entrega	25 de noviembre de 2025

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 21 de octubre de 2025

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Durante Matías Nahuel que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Dispensador inteligente de comida para gatos” y consistirá en la implementación de un prototipo de un sistema de dispensador inteligente de comida para gatos, capaz de automatizar la entrega de alimento seco en horarios programados, monitorear el consumo y reportar la información a una plataforma web, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 620 horas y un costo estimado de 9837 USD, con fecha de inicio el 21 de octubre de 2025 y fecha de presentación pública el 20 de julio de 2026.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Ing. Bualó Santiago  
Director del Trabajo Final

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

El presente trabajo práctico busca implementar un sistema de alimentación inteligente para mascotas, capaz de administrar y controlar de manera automática la entrega de alimento, supervisando su consumo y registrando la información correspondiente. El sistema tiene como finalidad facilitar el cuidado de los gatos en el hogar, asegurando que reciban la cantidad adecuada de comida en los horarios establecidos, incluso en ausencia de los dueños.

Se ha observado que una de las problemáticas más comunes entre los propietarios de mascotas es la dificultad para garantizar una alimentación constante y controlada, especialmente cuando no se encuentran en el hogar debido a largas jornadas laborales o deben ausentarse por períodos prolongados. En muchos casos, se depende de terceros o de dispensadores automáticos simples que no brindan información sobre si el animal efectivamente se alimentó, ni permiten llevar un registro del consumo diario. El objetivo principal de este proyecto es dar una solución tecnológica a esta necesidad, aplicando principios de automatización y monitoreo inteligente, a fin de mejorar la calidad de vida tanto de las mascotas como de sus dueños.

El sistema a desarrollar se basará en un conjunto de sensores que permitirán controlar la cantidad de alimento dispensado y verificar su consumo, junto con un mecanismo automatizado que permitirá dosificar las raciones según los horarios programados. Además, el sistema incluirá un registro continuo de datos que posibilitará identificar patrones y comportamientos alimentarios de la mascota, aportando información valiosa para la evaluación y mejora del plan de alimentación junto a profesionales del área. El dispositivo tendrá la capacidad de funcionar de manera autónoma, controlando la entrega del alimento, detectando si la ración fue consumida, y comunicándose con una interfaz externa, desde la cual el usuario podrá visualizar reportes, modificar horarios o recibir alertas cuando el depósito de alimento esté próximo a vaciarse.

Actualmente, existen en el mercado diversos dispositivos que permiten automatizar la entrega de comida para mascotas, pero la mayoría presenta limitaciones en cuanto al monitoreo del consumo o la disponibilidad de información remota. En la mayoría de los casos, el usuario no puede saber si el animal efectivamente comió o si se produjo alguna falla en la dispensación. La propuesta de este proyecto busca superar esas limitaciones, ofreciendo una solución que combina la automatización, el sensado, el control inteligente y la conectividad. De esta forma, no solo se garantiza la alimentación adecuada del animal, sino que además se obtiene información confiable y útil para su seguimiento.

La iniciativa también pretende sentar las bases de un nuevo enfoque en el cuidado automatizado de mascotas, incorporando tecnologías que hasta el momento se aplicaban principalmente en entornos industriales o de domótica. Así, se impulsa un paradigma en el que la automatización del hogar se extiende al bienestar animal, contribuyendo a una gestión más eficiente del tiempo y a una mejor calidad de vida en los hogares. Con esta nueva gestión automatizada de la alimentación, se podrán mejorar los siguientes aspectos:

- Mantener un control preciso de las raciones diarias y del consumo efectivo de la mascota.
- Establecer rutinas automáticas y personalizadas de alimentación.
- Generar reportes de consumo útiles para el seguimiento nutricional.

Para llevar a cabo este proyecto, se propone un módulo integral que gestione de forma automática el almacenamiento, dispensado y monitoreo del alimento. Dicho módulo será capaz de administrar el proceso completo de alimentación, registrando la información de consumo y enviándola a una interfaz de usuario desde la cual el propietario podrá consultar el estado del sistema, modificar configuraciones o recibir alertas en caso de que el alimento disponible se encuentre próximo a agotarse. El sistema será autónomo, de fácil instalación y adaptable a diferentes entornos domésticos, de modo que pueda operar sin depender de una ubicación fija ni de supervisión constante.

A continuación, se presenta en la Figura 1 un diagrama en bloques del sistema propuesto, en el cual se observan los principales módulos que lo componen:

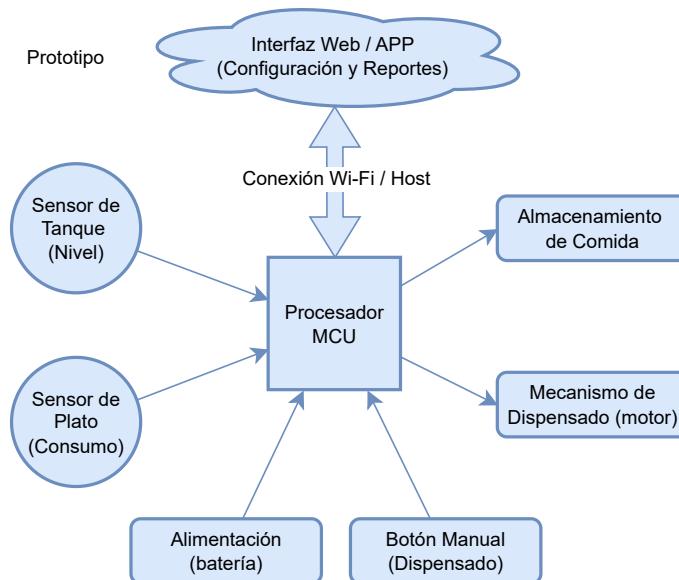


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

A continuación se listan todas las partes involucradas en el proyecto:

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Responsable	Ing. Durante Matías Nahuel	FIUBA	Alumno
Orientador	Ing. Bualó Santiago	FIUBA	Director del Trabajo Final
Usuario final	Dueños de mascotas		

Cuadro 1. Identificación de los interesados

- **Responsable:** Ing. Durante Matías Nahuel, quien será el responsable de la planificación, diseño, desarrollo e implementación del sistema propuesto, asumiendo además todos los gastos y/o beneficios económicos al tratarse de un proyecto de carácter personal.
- **Orientador:** Ing. Bualó Santiago, quien actuará como director del trabajo final, brindando acompañamiento y supervisión técnica durante el desarrollo del proyecto.
- **Usuario final:** dado que el proyecto se orienta a ofrecer una solución para el cuidado automatizado de mascotas, los usuarios finales serán todas aquellas personas que posean gatos y deseen optimizar su alimentación diaria mediante un sistema automático y monitoreado.

### 3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es aplicar tecnologías de automatización y monitoreo inteligente al cuidado doméstico de mascotas, mediante el desarrollo de un sistema confiable y adaptable que administre, registre y analice la alimentación de gatos, optimizando la interacción entre el usuario y su mascota.

### 4. Alcance del proyecto

Dentro del alcance del proyecto se contemplan las siguientes tareas principales:

- El desarrollo de un dispositivo capaz de automatizar la alimentación de gatos, permitiendo dispensar el alimento mediante los siguientes modos:
  - **Automático:** mediante la programación de horarios y raciones predefinidas.
  - **Manual:** a través de un pulsador que permitirá activar el dispensado del alimento.
  - **Remoto (opcional):** mediante una aplicación móvil o conexión web, que posibilitará la gestión y el monitoreo del sistema a distancia.
- El diseño del sistema de sensado, encargado de controlar el nivel de alimento disponible tanto en el depósito como en el plato.
- La implementación de un sistema de registro de datos que permita almacenar información sobre las raciones dispensadas y el consumo de alimento.
- El desarrollo de una interfaz externa al dispositivo, desde la cual el usuario podrá visualizar el estado del sistema, modificar los horarios de alimentación y recibir alertas ante fallas o niveles bajos de alimento.
- El sistema de alimentación propio del prototipo.

No serán parte del proyecto los siguientes:

- El desarrollo de una aplicación móvil o plataforma web completa.
- La incorporación de identificación individual de las mascotas.

- La utilización de servicios de almacenamiento externo o en la nube.
- El desarrollo de un prototipo final destinado a su comercialización.
- El diseño de la estructura definitiva del dispositivo.

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se dispondrá de los recursos económicos para la adquisición de materiales y componentes requeridos.
- Los componentes electrónicos y mecánicos necesarios estarán disponibles en el mercado local.
- El dispositivo podrá ser probado en un entorno doméstico con suministro eléctrico.
- No habrá restricciones reglamentarias, técnicas o logísticas que impidan el desarrollo y la validación del prototipo.
- El alimento utilizado será de tipo seco, con formato y tamaño compatibles con el mecanismo de dosificación a implementar.

## 6. Requerimientos

A continuación se enumeran los requerimientos del proyecto:

1. Requerimientos funcionales:
  - 1.1. El sistema debe dispensar alimento seco de manera automática en horarios programados.
  - 1.2. El sistema debe permitir el dispensado manual mediante un botón físico.
  - 1.3. El sistema debe registrar y almacenar los datos de consumo diario.
  - 1.4. El sistema debe detectar el nivel de alimento disponible en el tanque.
  - 1.5. El sistema debe medir el peso del alimento dispensado en el plato.
  - 1.6. El sistema debe emitir una alerta cuando el nivel de alimento del tanque sea bajo.
  - 1.7. El sistema debe ser capaz de operar de forma autónoma sin conexión a internet.
  - 1.8. El sistema debe permitir la visualización de reportes e historial de consumo desde una interfaz web o aplicación.
2. Requerimientos de hardware:
  - 2.1. El sistema deberá incorporar una placa microcontroladora de la familia STM, a fin de mantener la compatibilidad con las bibliotecas HAL (Hardware Abstraction Layer) utilizadas en el desarrollo del firmware.
  - 2.2. El sensado de peso se realizará mediante módulos HX711 y celdas de carga.

- 2.3. El sistema deberá incorporar un módulo Wi-Fi (ESP8266 o ESP32) para la comunicación remota.
- 2.4. El sistema deberá contar con un botón físico para el accionamiento manual.
- 2.5. El prototipo deberá alimentarse mediante una fuente externa.
3. Requerimiento de firmware:
  - 3.1. El firmware deberá ser desarrollado en lenguaje C.
  - 3.2. Se deberá integrar un sistema operativo en tiempo real (FreeRTOS) para la gestión de tareas concurrentes.
  - 3.3. El sistema deberá incluir rutinas de verificación de sensores y comunicación, realizando pruebas unitarias e integrales para cada módulo.
4. Requerimientos de gestión:
  - 4.1. Se utilizará un repositorio público (GitHub) para el control de versiones y seguimiento del código.
  - 4.2. El tiempo total estimado para el desarrollo del prototipo será de 620 horas.
  - 4.3. Se establecerán reuniones periódicas de seguimiento con el director del trabajo final para evaluar el progreso del proyecto.

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

En esta sección se enuncian las historias de usuario, asignándoles un puntaje según los siguientes aspectos:

1. Dificultad del trabajo.
2. Complejidad del trabajo.
3. Riesgo asociado.

Para asignar la ponderación, se utiliza una escala basada en la serie de Fibonacci, donde un número mayor implica un mayor costo. El Story Point se calcula sumando las tres ponderaciones, y en caso de que el resultado no pertenezca a la serie, se redondea al número superior más cercano.

1. Como dueño de mascota quiero poder programar los horarios de comida para asegurar que mi gato reciba su alimento de forma regular y sin depender de mi presencia.
  - Dificultad: 5
  - Complejidad: 5
  - Riesgo: 8
  - Story Point: 21
2. Como usuario quiero recibir una alerta cuando el tanque de alimento esté por terminarse, para poder recargarlo antes de que se quede sin comida.
  - Dificultad: 8

- Complejidad: 5
  - Riesgo: 3
  - Story Point: 21
3. Como usuario quiero disponer en cualquier momento de la información sobre si mi gato consumió su comida, a través de la medición del peso del plato.
- Dificultad: 8
  - Complejidad: 8
  - Riesgo: 5
  - Story Point: 34
4. Como usuario quiero poder dispensar alimento manualmente, para darle comida a mi gato fuera de los horarios programados.
- Dificultad: 3
  - Complejidad: 3
  - Riesgo: 2
  - Story Point: 8
5. Como usuario quiero consultar reportes sobre el consumo diario y semanal, para conocer los hábitos alimenticios de mi gato.
- Dificultad: 8
  - Complejidad: 13
  - Riesgo: 8
  - Story Point: 34
6. Como usuario quiero que el sistema funcione incluso sin conexión a internet, garantizando el dispensado automático aunque haya fallas en la red Wi-Fi.
- Dificultad: 5
  - Complejidad: 8
  - Riesgo: 8
  - Story Point: 21

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Diagrama de bloques del sistema propuesto.
- Diseño esquemático del circuito electrónico.
- Simulación o integración del hardware en entorno de prueba.
- Código fuente del firmware desarrollado en lenguaje C.
- Repositorio con documentación técnica y control de versiones.
- Documentación técnica y hojas de datos de las placas y módulos utilizados.
- Guía de usuario.

## 9. Desglose del trabajo en tareas

A continuación se detallan las tareas y sub-tareas, junto con su duración estimada en horas de trabajo.

1. Planificación y gestión del proyecto (75 h)
  - 1.1. Elaboración del plan de trabajo (10 h)
  - 1.2. Definición de componentes y proveedores (15 h)
  - 1.3. Planificación del desarrollo de firmware y hardware (20 h)
  - 1.4. Redacción de informes y presentaciones (20 h)
  - 1.5. Elaboración de guía de usuario y otros documentos afines (10 h)
2. Investigación y análisis técnico (85 h)
  - 2.1. Relevamiento de dispensadores automáticos existentes en el mercado (10 h)
  - 2.2. Selección y análisis de sensores de peso (15 h)
  - 2.3. Evaluación de opciones de conectividad (15 h)
  - 2.4. Evaluación de métodos de dispensado de alimento (10 h)
  - 2.5. Estudio de librerías de FreeRTOS y drivers compatibles (15 h)
  - 2.6. Análisis de estructura mecánica del dispensador (8 h)
  - 2.7. Investigación de protocolos Wi-Fi y BLE para comunicación del sistema (12 h)
3. Desarrollo de hardware (135 h)
  - 3.1. Diseño esquemático del circuito (30 h)
  - 3.2. Diseño del PCB y generación de archivos de fabricación (30 h)
  - 3.3. Ensamblado y soldadura de componentes (20 h)
  - 3.4. Diseño y construcción de la estructura mecánica del dispensador (30 h)
  - 3.5. Pruebas eléctricas y de funcionamiento inicial (25 h)
4. Desarrollo de software (150 h)
  - 4.1. Desarrollo de drivers específicos para cada uno de los periféricos (30 h)
  - 4.2. Implementación de la máquina de estados y funcionamiento del dispensador (25 h)
  - 4.3. Integración de FreeRTOS y gestión de tareas (30 h)
  - 4.4. Implementación de comunicación Wi-Fi con servidor (30 h)
  - 4.5. Desarrollo de registro de datos y almacenamiento local (15 h)
  - 4.6. Optimización del código y pruebas de funcionamiento (20 h)
5. Fabricación y armado del prototipo (60 h)
  - 5.1. Fabricación o montaje del PCB (10 h)
  - 5.2. Adquisición e integración de componentes (10 h)
  - 5.3. Ensamblado general del dispositivo (20 h)
  - 5.4. Pruebas funcionales y ajustes mecánicos (20 h)

## 6. Documentación (115 h)

- 6.1. Realización de informes de avance (30 h)
- 6.2. Elaboración de la memoria técnica del proyecto (40 h)
- 6.3. Elaboración del video demostrativo (15 h)
- 6.4. Elaboración de la presentación final del proyecto (30 h)

Cantidad total de horas: 620 h

## 10. Diagrama de Activity On Node

En la Figura 2 se puede ver el diagrama Activity on Node del presente proyecto. El diagrama incorpora la fecha de inicio y la fecha de fin del proyecto, junto con la duración de cada tarea expresada en horas. La duración total del proyecto es de 620 horas considerando todas las tareas previstas. El camino crítico en el diagrama está representado por los bloques que tienen un recuadro rojo y flechas del mismo color, destacando la secuencia de tareas que determinan el tiempo mínimo del proyecto. La duración del camino crítico es de 290 horas.

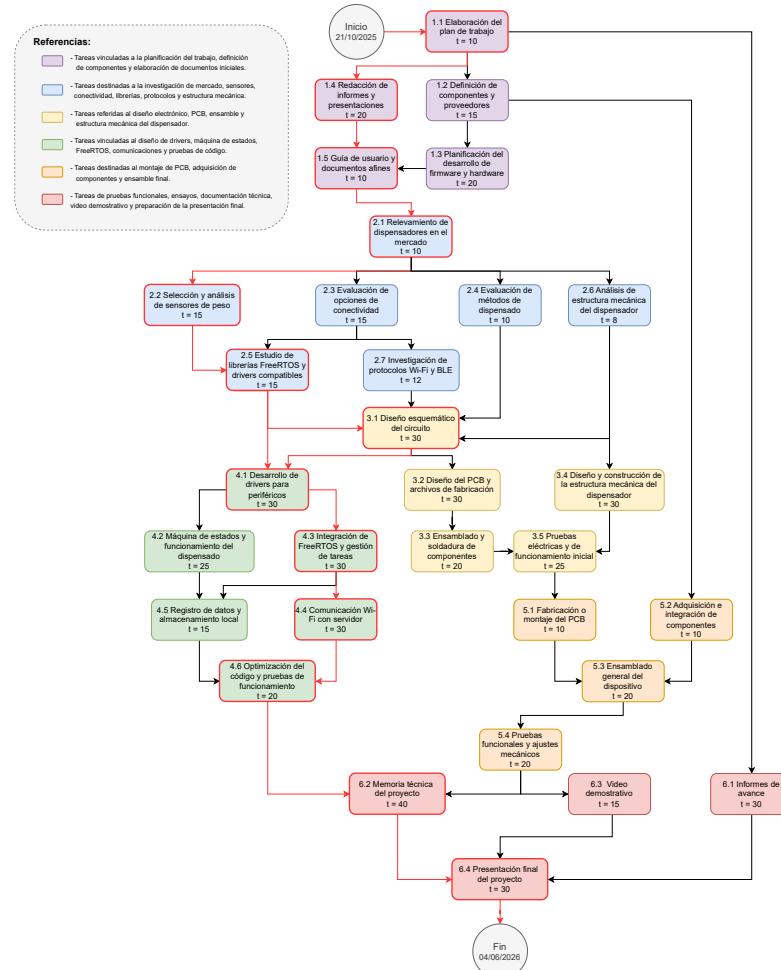


Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

## 11. Diagrama de Gantt

En la Figura 4 se presenta el Diagrama de Gantt correspondiente al desarrollo del proyecto. Para su elaboración se empleó el software GanttProject, tal como se muestra en la Figura 3, donde se detalla el listado completo de tareas. La planificación se realizó considerando una dedicación de 2 horas diarias (equivalente a 10 horas semanales) y respetando las dependencias definidas previamente en el diagrama Activity on Node. Con esta asignación horaria, la fecha estimada de finalización es el 4 de junio de 2026, lo que brinda un margen suficiente previo a la presentación final programada para el 20 de julio de 2026.

Name	Begin date	End date
1.1 Elaboración del plan de trabajo	10/21/25	10/27/25
1.2 Definición de componentes y proveedores	10/28/25	11/6/25
1.3 Planificación del desarrollo de firmware y hardware	11/7/25	11/20/25
1.4 Redacción de informes y presentaciones	10/28/25	11/10/25
1.5 Guía de usuario y documentos afines	11/21/25	11/27/25
2.1 Relevamiento de dispensadores en el mercado	11/28/25	12/4/25
2.2 Selección y análisis de sensores de peso	12/5/25	12/16/25
2.3 Evaluación de opciones de conectividad	12/5/25	12/16/25
2.4 Evaluación de métodos de dispensado	12/5/25	12/11/25
2.5 Estudio de librerías FreeRTOS y drivers compatibles	12/17/25	12/26/25
2.6 Análisis de estructura mecánica del dispensador	12/5/25	12/10/25
2.7 Investigación de protocolos Wi-Fi y BLE	12/17/25	12/24/25
3.1 Diseño esquemático del circuito	12/29/25	1/16/26
3.2 Diseño del PCB y archivos de fabricación	1/19/26	2/6/26
3.3 Ensamblado y soldadura de componentes	2/9/26	2/20/26
3.4 Diseño y construcción de estructura mecánica	12/11/25	12/31/25
3.5 Pruebas eléctricas y funcionamiento inicial	2/23/26	3/11/26
4.1 Desarrollo de drivers para periféricos	1/19/26	2/6/26
4.2 Máquina de estados y funcionamiento del dispensador	2/9/26	2/25/26
4.3 Integración de FreeRTOS y gestión de tareas	2/9/26	2/27/26
4.4 Comunicación Wi-Fi con servidor	3/2/26	3/20/26
4.5 Registro de datos y almacenamiento local	3/2/26	3/11/26
4.6 Optimización del código y pruebas de funcionamiento	3/23/26	4/3/26
5.1 Fabricación o montaje del PCB	3/12/26	3/18/26
5.2 Adquisición e integración de componentes	11/7/25	11/13/25
5.3 Ensamblado general del dispositivo	3/19/26	4/1/26
5.4 Pruebas funcionales y ajustes mecánicos	4/2/26	4/15/26
6.1 Informes de avance	10/28/25	11/17/25
6.2 Memoria técnica del proyecto	4/16/26	5/13/26
6.3 Video demostrativo	4/16/26	4/27/26
6.4 Presentación final del proyecto	5/14/26	6/4/26

Figura 3. Listado de tareas *GanttProject*.

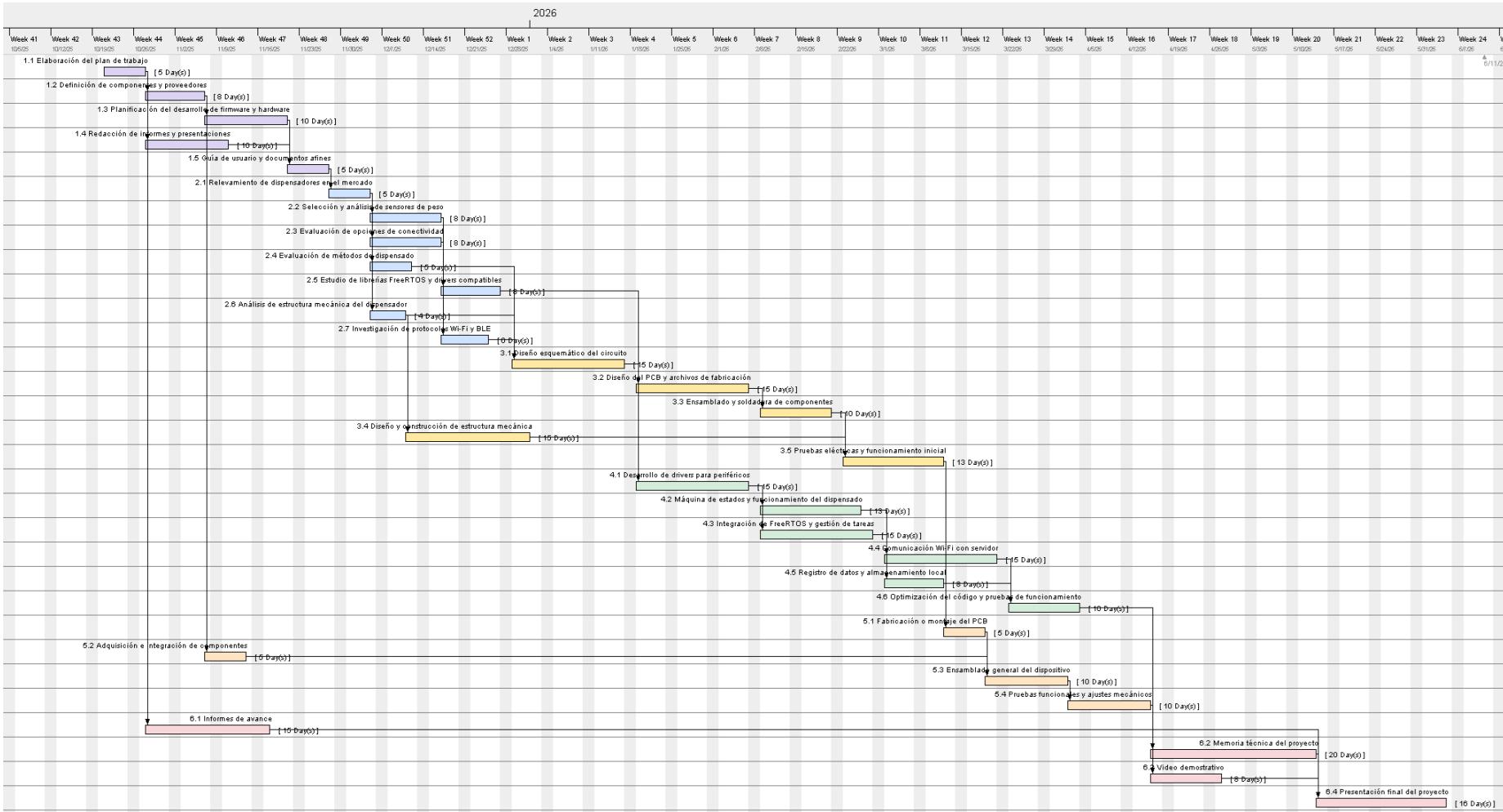


Figura 4. Diagrama de Gantt según la lista de tareas.

## 12. Presupuesto detallado del proyecto

A continuación se detallan los costos asociados al proyecto, expresados en dólares estadounidenses (USD). El costo de ingeniería se estimó en función de las horas totales dedicadas, mientras que los valores de los materiales y componentes se tomaron de manera estimativa a partir de proveedores internacionales. Los costos indirectos incluyen gastos administrativos y de consumo eléctrico vinculados al desarrollo del prototipo.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Trabajo directo: horas de ingeniería	620	15 USD	9300 USD
Componentes electrónicos (MCU, sensores, etc.)	1	180 USD	180 USD
Placas PCB	1	50 USD	50 USD
Materiales para la estructura	1	60 USD	60 USD
Dispositivo de testing	1	80 USD	80 USD
SUBTOTAL			9670 USD
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Administración	50 h	2 USD/h	100 USD
Horas de electricidad	670 h	0.1 USD/h	67 USD
SUBTOTAL			167 USD
TOTAL			9837 USD

## 13. Gestión de riesgos

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

**Riesgo 1:** retrasos por disponibilidad de tiempo o carga laboral externa

- Severidad: 7. Un retraso impactaría directamente en el cumplimiento del cronograma general del proyecto.
- Ocurrencia: 6. La dedicación disponible puede verse afectada por carga laboral concurrente.

**Riesgo 2:** fallas en sensores o incompatibilidad con drivers

- Severidad: 8. Problemas en sensores críticos (como el de peso) impedirían realizar pruebas y validar el funcionamiento del prototipo.
- Ocurrencia: 5. Dependiendo del fabricante, es posible encontrar variaciones en calidad, ruido eléctrico o diferencias en los drivers.

**Riesgo 3:** demoras en la adquisición de componentes electrónicos

- Severidad: 6. La falta de componentes retrasaría tareas de ensamblado y pruebas iniciales del hardware.

- Ocurrencia: 7. El mercado local presenta disponibilidad irregular y tiempos de entrega prolongados.

**Riesgo 4:** problemas en la integración del firmware

- Severidad: 9. Fallas en la integración del firmware afectarán directamente la operación global del sistema.
- Ocurrencia: 6. La coexistencia de múltiples periféricos (I2C, FreeRTOS, Wi-Fi/BLE) aumenta la probabilidad de errores o bloqueos.

**Riesgo 5:** fallas mecánicas o atascos en el mecanismo dispensador

- Severidad: 7. Un atasco en el mecanismo impediría la correcta dispensación del alimento y comprometería la demostración final.
- Ocurrencia: 4. El comportamiento del alimento seco y las tolerancias mecánicas pueden generar fricción o acumulación.

**b) A continuación se puede observar la tabla de gestión de riesgos:**

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
Riesgo 1: retrasos por disponibilidad de tiempo	7	6	42	5	4	20
Riesgo 2: fallas en sensores o drivers	8	5	40	6	4	24
Riesgo 3: demoras en la adquisición de componentes	6	7	42	4	5	20
Riesgo 4: problemas en la integración del firmware	9	6	54	6	4	24
Riesgo 5: fallas mecánicas o atascos	7	4	28	5	3	15

Criterio adoptado: se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores o iguales a 40. A continuación se lista el plan de mitigación para cada tarea.

**c) Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el RPN máximo establecido:**

Riesgo 1: retrasos por disponibilidad de tiempo o carga laboral externa

- Plan de mitigación: organizar bloques fijos de trabajo semanales y mantener el avance mediante entregables parciales, priorizando tareas críticas para asegurar un progreso continuo aun con limitaciones de horario.
- Severidad (S\*): 5. Una planificación más granular reduce el impacto global de posibles retrasos en etapas clave.
- Probabilidad de ocurrencia (O\*): 4. Al estructurar el trabajo en sesiones breves pero constantes, disminuye la probabilidad de acumulación de tareas y desfases significativos.

Riesgo 2: fallas en sensores o incompatibilidad con drivers

- Plan de mitigación: realizar pruebas unitarias tempranas sobre cada sensor y módulo de driver, mantener una biblioteca de ejemplos de referencia y disponer de repuestos de los componentes más críticos.

- Severidad (S\*): 6. Las pruebas aisladas permiten detectar fallas antes de la integración, reduciendo su impacto en el desarrollo del sistema.
- Probabilidad de ocurrencia (O\*): 4. Contar con repuestos y validaciones previas disminuye la probabilidad de interrupciones prolongadas durante la implementación.

#### Riesgo 3: demoras en la adquisición de componentes electrónicos

- Plan de mitigación: anticipar la compra de los componentes principales realizando un relevamiento temprano de proveedores nacionales e internacionales, privilegiando aquellos con mayor disponibilidad y tiempos de entrega confirmados. Además, adquirir repuestos de los insumos críticos para evitar interrupciones prolongadas durante la integración del prototipo.
- Severidad (S\*): 4. Al contar con componentes de reemplazo y planificar la adquisición con antelación, se reduce el impacto de una eventual falta de insumos sobre el avance global del proyecto.
- Probabilidad de ocurrencia (O\*): 5. La compra anticipada y la disponibilidad de alternativas disminuyen la probabilidad de demoras críticas, aunque el riesgo persiste debido a la variabilidad normal del mercado.

#### Riesgo 4: problemas en la integración del firmware

- Plan de mitigación: establecer hitos semanales de avance y realizar pruebas incrementales sobre cada módulo del firmware para detectar fallas tempranas.
- Severidad (S\*): 6. Una integración progresiva reduce el impacto global ante errores funcionales.
- Probabilidad de ocurrencia (O\*): 4. Una integración incremental con pruebas intermedias reduce la posibilidad de errores acumulados entre módulos, disminuyendo la probabilidad de fallas complejas en etapas avanzadas.

## 14. Gestión de la calidad

A continuación se listan los principales requerimientos del proyecto, junto con sus acciones de verificación y validación para cada uno:

- Req #1.1: el dispositivo deberá dispensar alimento de manera controlada y consistente.
  - Se verificará que el motor y el mecanismo de apertura cumplan con los valores de torque, velocidad y consumo especificados para un dispensado estable.
  - Se validará que la cantidad de alimento liberada sea uniforme mediante pruebas repetitivas bajo distintas condiciones de operación.

- Req #1.2: el sistema deberá detectar el nivel de alimento mediante sensores adecuados.
  - Se verificará la documentación técnica del sensor elegido, corroborando su precisión y rango de medición.
  - Se validará la lectura del nivel comparando las mediciones con valores reales en múltiples ciclos, registrando su variación y estabilidad.
- Req #1.3: el dispositivo deberá conectarse correctamente a la red Wi-Fi para permitir control y monitoreo remoto.
  - Se verificará que el módulo Wi-Fi cumpla con el estándar 802.11 b/g/n y que su integración eléctrica y de firmware sea correcta.
  - Se validará que el dispositivo pueda enviar y recibir datos de manera sostenida, manteniendo una conexión estable con la aplicación o servidor.
- Req #1.4: el sistema deberá almacenar localmente datos del funcionamiento.
  - Se verificará que la memoria Flash cumpla con los requisitos de capacidad, integridad y tiempos de acceso.
  - Se validará que la información almacenada se registre y recupere correctamente durante la ejecución, sin pérdidas de datos.
- Req #1.5: el firmware deberá operar bajo FreeRTOS con correcta gestión de tareas y sincronización.
  - Se verificará la asignación de prioridades, uso de colas, semáforos y temporizadores según la arquitectura definida.
  - Se validará la estabilidad del sistema ejecutando pruebas con múltiples tareas concurrentes, interrupciones frecuentes y escenarios de carga elevada.
- Req #1.6: el dispositivo deberá operar de manera segura para el usuario y para los animales.
  - Se verificará que los componentes eléctricos cumplan con normas de baja tensión (5–12 V) y que las partes móviles se encuentren adecuadamente cubiertas.
  - Se validará que el equipo pueda manipularse sin riesgo, comprobando que no haya bordes filosos ni mecanismos que puedan generar atrapamientos.
- Req #1.7: el sistema deberá ser capaz de recuperarse tras un corte breve de energía.
  - Se verificará la implementación de mecanismos de backup, tales como RTC, memoria persistente o restauración de estados.
  - Se validará que, ante una interrupción simulada de alimentación, el dispositivo retome su funcionamiento sin corrupción de datos ni pérdida del estado previo.

## 15. Procesos de cierre

A continuación se establecen las pautas para realizar la evaluación final del proyecto, contemplando las siguientes actividades:

1. Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:
  - Responsable: Ing. Durante Matías Nahuel.
  - Se realizará un análisis comparativo entre las tareas planificadas y las realmente ejecutadas, identificando desvíos en tiempos, orden y carga de trabajo.
  - Se evaluará si los objetivos del proyecto fueron cumplidos conforme al plan original.
  - Se documentarán las causas principales de los desvíos y se propondrán medidas de mejora para futuros proyectos.
2. Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se emplearon, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron:
  - Responsable: Ing. Durante Matías Nahuel.
  - Se realizará un análisis de las técnicas, herramientas y procedimientos utilizados, identificando cuáles resultaron útiles, prescindibles o inefficientes durante el desarrollo.
  - Se documentarán los problemas que surgieron en la implementación y las soluciones adoptadas, junto con una valoración del impacto real de cada herramienta empleada.
  - Se identificarán oportunidades de mejora y la posible incorporación de nuevas técnicas o procedimientos para proyectos futuros.
3. Organización de presentación del proyecto:
  - Responsable: Ing. Durante Matías Nahuel.
  - Se invitará a la presentación del proyecto final a todas las personas vinculadas o colaboradoras en el proyecto, y se agradecerá al director del proyecto, a jurados, docentes, compañeros y autoridades de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos.