



Sistema de monitoreo remoto de apiarios

Autor:

Lic. Cynthia Escobar

Director:

Mg. Ing. Carlos Moisés Fontela (FIUBA)

Codirector:

Esp. Ciro Edgardo Romero (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 21 de octubre de 2021 y el 8 de diciembre de 2021.*

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.	7
6. Requerimientos	8
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	13
12. Presupuesto detallado del proyecto	18
13. Gestión de riesgos	18
14. Gestión de la calidad	20
15. Procesos de cierre	22

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	21/10/2021
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	01/11/2021
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive	08/11/2021
3	Se completa hasta el punto 11 inclusive	17/11/2021
4	Se completa el plan	25/11/2021

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 21 de octubre de 2021

Por medio de la presente se acuerda con la Lic. Cynthia Escobar que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Sistema de monitoreo remoto de apiarios”. Consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un sistema de medición, visualización y emisión de alertas destinado al monitoreo de apiarios, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y \$250000, con fecha de inicio 21 de octubre de 2021 y fecha de presentación pública 20 de noviembre de 2022.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Sr. Enrique Soto
La Agroapícola

Mg. Ing. Carlos Moisés Fontela
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

Las abejas son indispensables en la conservación del ecosistema y en la producción de alimentos gracias al importante papel que juegan como polinizadores en la fertilización y reproducción de las plantas.

La apicultura es la actividad realizada por el hombre que consiste en la cría y en el cuidado apropiado de las abejas para lograr que sus colonias prosperen y se pueda obtener de ellas para el consumo y/o comercialización: miel, polen, jalea real, propóleo y cera.

Es una actividad noble que a pesar de tener un fin económico trabaja buscando un equilibrio entre la explotación comercial y preservación de las abejas y el medio ambiente.

A pesar de los avances tecnológicos la apicultura sigue siendo una práctica casi artesana ya que el apicultor debe estar muy involucrado en el mantenimiento y cuidado de sus colmenas. Se deben realizar visitas periódicas para controlar la salubridad de las abejas, chequear los niveles de alimentos y el estado general de las colmenas. Como los apiarios suelen estar instalados lejos de los centros urbanos estas visitas suelen consumir tiempo y recursos, y de no realizar visitas periódicas uno se arriesga a poder perder colmenas.

El objetivo de esta solución es ayudar a minimizar la intervención del apicultor y sus costos asociados al proveerle de una herramienta que le permita monitorear distintas variables de sus colmenas de manera remota.

El monitoreo remoto propuesto se planea realizar a través de la recopilación de datos con los siguientes instrumentos instalados dentro de la cámara de cría de una colmena de abejas europeas (*Apis mellifera*):

- Sensor de temperatura.
- Sensor de humedad.
- Sensor de sonido.
- Sensor de inclinación (giróscopo).

En la figura 1 se presenta el diagrama en bloques del sistema que representa los distintos componentes que trabajarán en conjunto para recopilar datos y permitir controlar remotamente el estado de las colmenas.

La solución se compone de las siguientes partes:

- Medición de la temperatura, de la humedad y del sonido en el interior de la cámara de cría y de su inclinación.
- Lógica de procesamiento y persistencia de datos.
- Visualización de métricas y alarmas.

Se propone que las mediciones sean recolectadas en los apiarios, transmitidas a un broker MQTT para finalmente ser enviadas a un servicio backend para su procesamiento, análisis y persistencia. También se contempla el desarrollo de un frontend para que el usuario pueda:

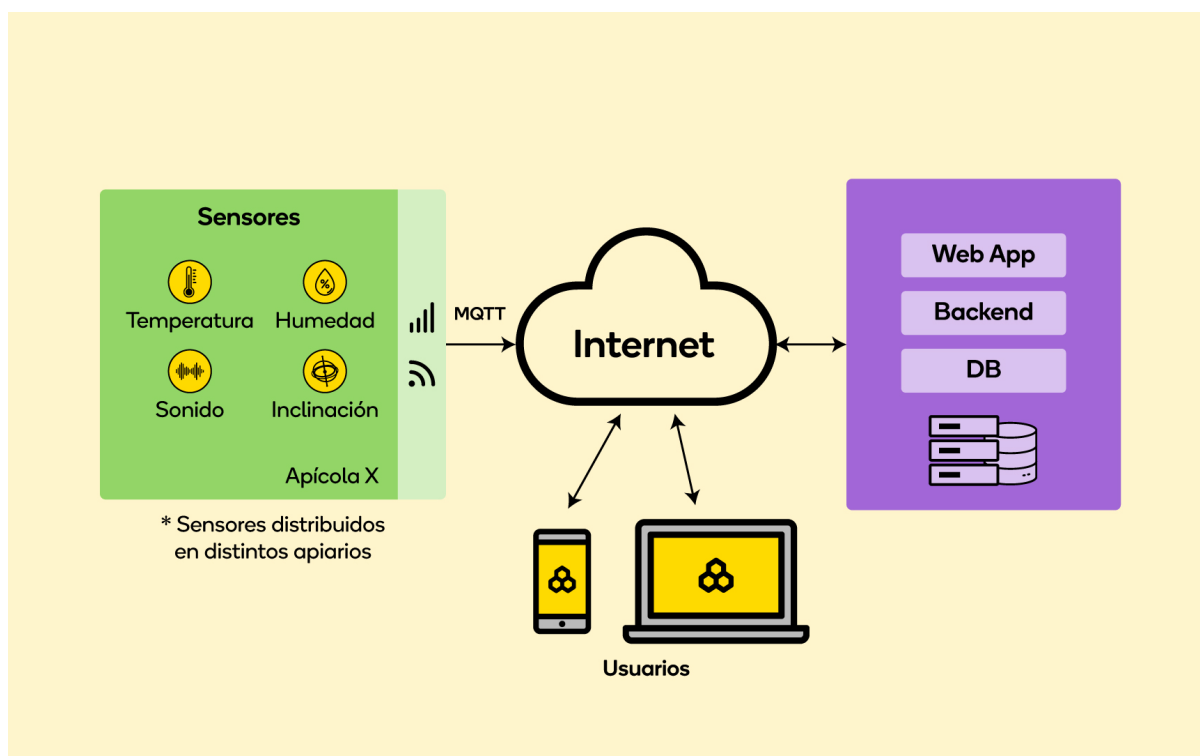


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

- Acceder a la visualización de las métricas y alertas.
- Acceder a un dashboard de administración y configuración.

Desde este frontend se espera que el usuario pueda establecer los thresholds de aceptabilidad para cada una de las métricas, así como la configuración de las acciones a tomar luego del disparo de una alarma de sistema.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Sr. Enrique Soto	La Agroapícola	-
Responsable	Lic. Cynthia Escobar	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Sr. Anibal Taverna	MAGyP	Coordinación de Apicultura
Orientadores	Mg. Ing. Carlos M. Fontela Esp. Ciro Edgardo Romero	FIUBA	Director Trabajo final Codirector Trabajo final
Usuario final	Apicultores	-	-

- Cliente: es quien dará la aprobación del producto si las pruebas demuestran una mejora en la actividad.
- Responsable: es quien estará a cargo del análisis, planificación y desarrollo del proyecto.
- Colaborador: se trata de una autoridad en la actividad que es fuente de información y consejo tanto en lo técnico como en lo práctico.

- Orientador: es quien en base a su extensa experiencia colaborará en la revisión y planificación del proyecto, y será una guía de referencia para el responsable.
- Usuario Final: es aquella persona cuya actividad es la apicultura y que se beneficiará del desarrollo de este proyecto.

3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es colaborar con el cuidado de las colonias de abejas a cargo de apicultores y mejorar la productividad de la actividad poniendo en marcha un sistema que recabe información de las condiciones internas de la cámara de cría. De esta forma permite detectar de manera temprana enfermedades, accidentes y enjambrazones (abandono de la reina de la colmena para crear una nueva colonia) minimizando la pérdida de colmenas con una intervención mínima del apicultor.

4. Alcance del proyecto

El alcance de este proyecto incluye:

- Desarrollo de una aplicación backend que se encargue de:
 - Gestión de usuarios, configuraciones de thresholds, alertas y notificaciones.
 - Procesamiento de las mediciones capturadas.
 - Gestión de altas, bajas y modificaciones de nuevos apiarios.
- Desarrollo de una aplicación web que permita visualizar las métricas y acceder a la configuración del sistema.
- Desarrollo de un prototipo que integre los sensores instalados en el interior de la cámara de cría, con capacidad de conectarse a internet para el envío de los datos a un servidor.

El presente proyecto no incluye:

- La confección de la placa PCB.
- Instalación de red WiFi.
- Instalación y configuración de un servidor y la base de datos asociada.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se tendrá acceso a una red WiFi o a la red GSM/GPRS en el apiario.
- Se simularán los sensores con distintas configuraciones ambientales.

- Se contará con la colaboración del cliente para la evaluación de las pruebas.
- Se contará con el tiempo suficiente para realizar las distintas tareas.
- Se dispondrá de una colmena de abejas europeas para realizar pruebas.
- El dispositivo que vivirá dentro de la colmena podrá transmitir información a pesar de ser propolizado.
- La presencia del dispositivo no impactará en la rutina de la colonia ni del apicultor.

6. Requerimientos

1. Requerimientos del nodo de medición:

- 1.1. Deberá estar protegido para evitar que las abejas recubran su superficie con propóleo (propolización) que pueda afectar su funcionamiento.
- 1.2. Deberá medir la temperatura en un rango de 0 °C–50 °C.
- 1.3. Deberá medir la humedad en un rango de 0–100 %.
- 1.4. Deberá medir el sonido en un rango de 100 Hz–10kHz.
- 1.5. Deberá medir la posición haciendo uso de un giroscopio y un acelerómetro.
- 1.6. Deberá realizar las capturas cada 3 minutos.
- 1.7. Deberá contar con tecnología GSM/GPRS para la conexión a la red de datos.
- 1.8. Deberá tener un identificador unívoco.
- 1.9. Deberá conectarse a un servidor externo para obtener la hora.
- 1.10. Deberá sincronizar el reloj interno para que independientemente de la hora de impacto en el backend la hora de medición sea confiable.
- 1.11. Deberá contar con almacenamiento local (MicroSD).
- 1.12. Deberá tener capacidad para reintentar el envío de métricas ante pérdida de conexión.

2. Requerimientos de seguridad:

- 2.1. Autenticación de los nodos y encriptación de los datos utilizando Mutual TLS.
- 2.2. Acceso a la aplicación web con usuario y contraseña.

3. Requerimientos de la aplicación backend:

- 3.1. Deberá enviar un alerta al usuario cuando detecte que la posición vertical de la colmena ha variado.
- 3.2. Deberá enviar un alerta al detectar que la temperatura en la cámara de cría varía por fuera de los 34°C–36°C.
- 3.3. Deberá enviar un alerta al usuario cuando detecte un cambio brusco de la temperatura en la cámara de cría.
- 3.4. Deberá emitir un alerta cuando se detecte que la humedad ha superado el 14 %.
- 3.5. Deberá mantener un histórico de las métricas de hasta 2 años para comparar resultados de distintas temporadas.

4. Requerimientos de la aplicación web:

- 4.1. Deberá mostrar la temperatura en una serie temporal.
 - 4.2. Deberá mostrar la humedad en una serie temporal.
 - 4.3. Deberá mostrar el sonido en una serie temporal.
 - 4.4. Deberá mostrar la posición en una serie temporal.
 - 4.5. Deberá mostrar la configuración personal del usuario.
 - 4.6. Deberá mostrar un histórico de los alertas.
5. Requerimientos de documentación del trabajo:
- 5.1. Se debe generar un documento de casos de prueba.
 - 5.2. Se debe generar un manual de usuario.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Para la ponderación de las historias de usuario descritas en esta sección se eligió una escala basada en la serie Fibonacci y se tendrá en cuenta la dificultad y complejidad en resolverlas:

Dificultad	Ponderación
Baja	1
Media	3
Alta	5

Complejidad	Ponderación
Baja	1
Media	5
Alta	8

Dificultad	Complejidad	Story Points
1	1	3
1	5	5
1	8	8
3	1	5
3	5	8
3	8	13
5	1	5
5	5	8
5	8	13

A continuación se presentan las historias de usuarios:

- Como usuario quiero acceder a la aplicación web con mi correo y contraseña para poder verificar el estado de mis colmenas. Dificultad: 5. Complejidad: 8. SP: 13.
- Como usuario quiero modificar mi configuración. Dificultad: 5. Complejidad: 3. SP: 8.
- Como apicultor quiero poder visualizar la temperatura de cualquiera de mis colmenas. Dificultad: 3. Complejidad: 5. SP: 8.
- Como apicultor quiero poder recibir un alerta si la temperatura fluctúa fuera de los 34°C–36°C. Dificultad: 1. Complejidad: 5. SP: 5.

- Como apicultor quiero poder visualizar la humedad de cualquiera de mis colmenas. Dificultad: 3. Complejidad: 5. SP: 8.
- Como apicultor quiero poder recibir un alerta si la humedad fluctúa por sobre el 14 %. Dificultad: 1. Complejidad: 5. SP: 5.
- Como apicultor quiero poder visualizar la posición de cualquiera de mis colmenas. Dificultad: 3. Complejidad: 5. SP: 8.
- Como apicultor quiero poder recibir un alerta si la posición vertical de la colmena ha variado. Dificultad: 1. Complejidad: 5. SP: 5.
- Como apicultor quiero poder acceder al histórico de alertas. Dificultad: 3. Complejidad: 5. SP: 8.
- Como investigador quiero poder acceder al histórico de cualquiera de las métricas. Dificultad: 5. Complejidad: 5. SP: 8.

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Manual de usuario.
- Diagrama esquemático de la solución.
- Prototipo funcional.
- Informes de avance y final del proyecto.
- Presentación del proyecto.

9. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación general (50 hs):
 - 1.1. Investigación previa sobre la actividad (20 hs).
 - 1.2. Búsqueda de colaboradores y clientes (10 hs).
 - 1.3. Charlas informativas con colaboradores (10 hs).
 - 1.4. Definición de alcances y requerimientos (10 hs).
2. Aplicación backend (110 hs):
 - 2.1. Diseño de modelo de datos (10 hs).
 - 2.2. Creación de certificados (10 hs).
 - 2.3. Diseño y construcción de la aplicación (50 hs).
 - 2.4. Pruebas unitarias (30 hs).
 - 2.5. Pruebas de integración (10 hs).
3. Aplicación web (103 hs):

- 3.1. Maquetado (12 hs).
- 3.2. Visualización de métricas (20 hs).
- 3.3. Visualización de alertas (20 hs).
- 3.4. Gestión de configuración (15 hs).
- 3.5. Gestión de usuarios (10 hs).
- 3.6. Pruebas de visualización de métricas (8 hs).
- 3.7. Pruebas de visualización de alertas (8 hs).
- 3.8. Pruebas de integración (10 hs).
- 4. Desarrollo del prototipo (53 hs):
 - 4.1. Análisis y selección de sensor de temperatura (3 hs).
 - 4.2. Análisis y selección de sensor de humedad (3 hs).
 - 4.3. Análisis y selección de sensor de sonido (4 hs).
 - 4.4. Análisis y selección de sensor de posición (3 hs).
 - 4.5. Investigación sobre microcontroladores disponibles (10 hs).
 - 4.6. Integración de componentes (20 hs).
 - 4.7. Instalación y protección de nodo de sensores (10 hs).
- 5. Firmware del prototipo (179 hs):
 - 5.1. Diseño de arquitectura (12 hs).
 - 5.2. Programación de giroscopio y acelerómetro (15 hs).
 - 5.3. Estudio y programación del módulo GSM/GPRS (30 hs).
 - 5.4. Programación de la sincronización del reloj interno (5 hs).
 - 5.5. Estudio de Mutual TLS y creación de certificados (12 hs).
 - 5.6. Manipulación de datos (25 hs).
 - 5.7. Desarrollo de la comunicación utilizando Mutual TLS (35 hs).
 - 5.8. Pruebas unitarias (30 hs)
 - 5.9. Pruebas de integración (15 hs).
- 6. Documentación (95 hs):
 - 6.1. Elaboración de manual de pruebas (10 hs).
 - 6.2. Elaboración de manual de usuario (15 hs).
 - 6.3. Elaboración del informe de avance (30 hs).
 - 6.4. Elaboración de la memoria técnica (40 hs).
- 7. Cierre (50 hs):
 - 7.1. Elaboración del informe final (30 hs).
 - 7.2. Elaboración de la presentación (20 hs).

Cantidad total de horas: (640 hs)

10. Diagrama de Activity On Node

En el diagrama de actividades se puede observar en rojo el camino crítico y la unidad de tiempo (t) está expresada en horas.

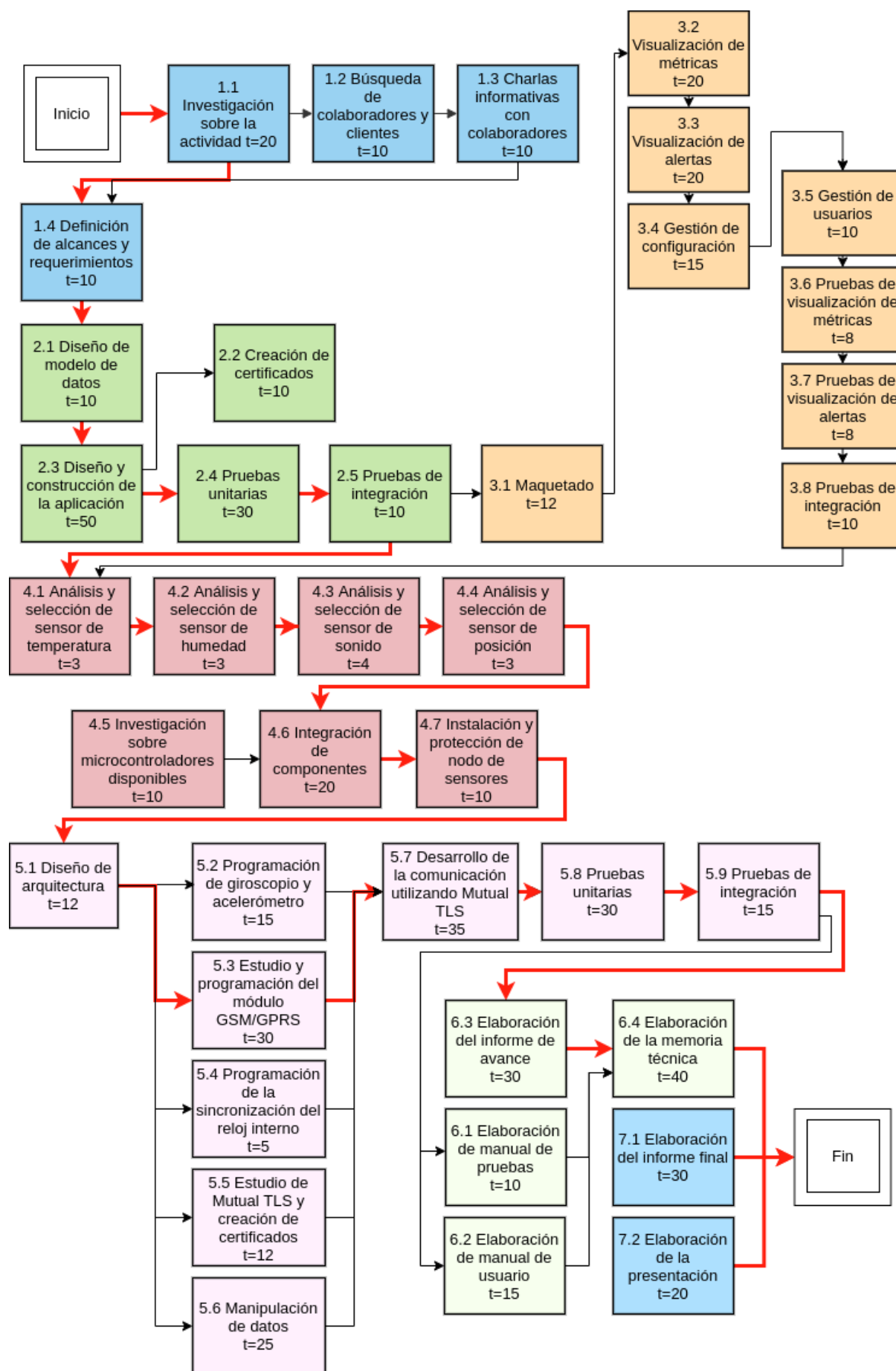


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*.

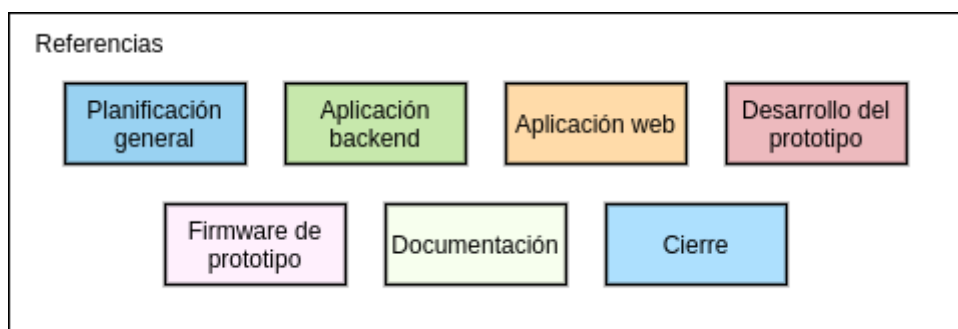


Figura 3. Referencias del diagrama en *Activity on Node*.

11. Diagrama de Gantt

En el siguiente diagrama de Gantt se considera que sólo se dispondrá de un recurso 3 hs al día.



Figura 4. Diagrama Gantt parte 1 de 4.

3	☐ ● Desarrollo del prototipo	3/3/22	24/3/22
27	● Análisis y selección de sensor de temper...	3/3/22	3/3/22
28	● Análisis y selección de sensor de humed...	4/3/22	4/3/22
29	● Análisis y selección de sensor de sonido	7/3/22	7/3/22
30	● Análisis y selección de sensor de posición	8/3/22	8/3/22
31	● Investigación sobre microcontroladores ...	9/3/22	11/3/22
32	● Integración de componentes	14/3/22	21/3/22
33	● Instalación y protección de nodo de sen...	22/3/22	24/3/22
4	☐ ● Firmware del prototipo	25/3/22	19/5/22
34	● Diseño de arquitectura	25/3/22	30/3/22
35	● Programación de giroscopio y aceleróm...	31/3/22	6/4/22
36	● Estudio y programación del módulo GS...	31/3/22	13/4/22
37	● Programación de la sincronización del re...	31/3/22	6/4/22
38	● Estudio de Mutual TLS y creación de cer...	31/3/22	5/4/22
39	● Manipulación de datos	31/3/22	11/4/22
40	● Desarrollo de la comunicación utilizando...	14/4/22	28/4/22
41	● Pruebas unitarias	29/4/22	12/5/22
42	● Pruebas de integración	13/5/22	19/5/22
5	☐ ● Documentación	20/5/22	14/6/22
45	● Elaboración del informe de avance	20/5/22	26/5/22
43	● Elaboración de manual de pruebas	20/5/22	2/6/22
44	● Elaboración de manual de usuario	3/6/22	7/6/22
46	● Elaboración de la memoria técnica	27/5/22	14/6/22
6	☐ ● Cierre	15/6/22	6/7/22
47	● Elaboración del informe final	15/6/22	28/6/22
48	● Elaboración de la presentación	29/6/22	6/7/22

Figura 5. Diagrama Gantt parte 2 de 4.

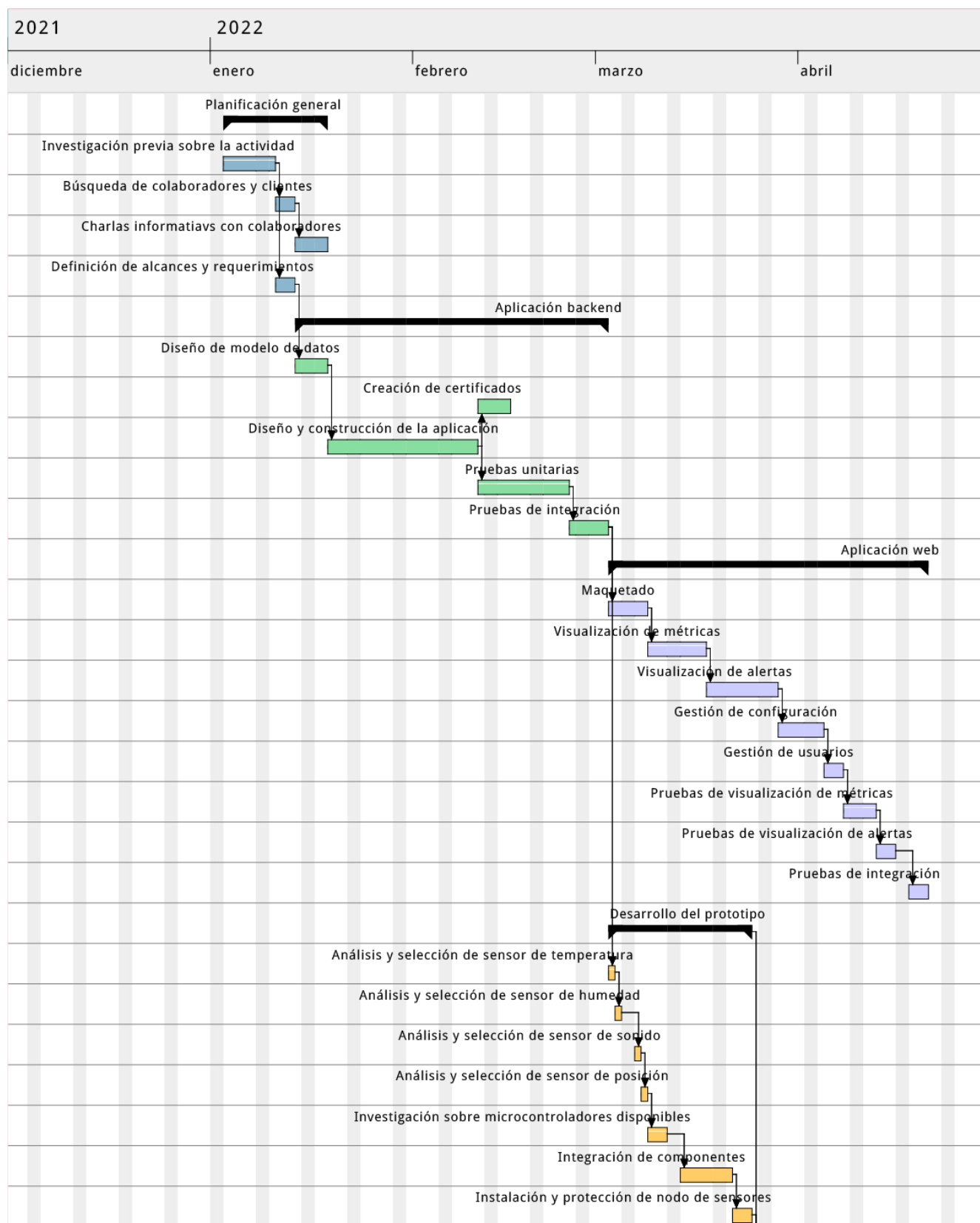


Figura 6. Diagrama Gantt parte 3 de 4.

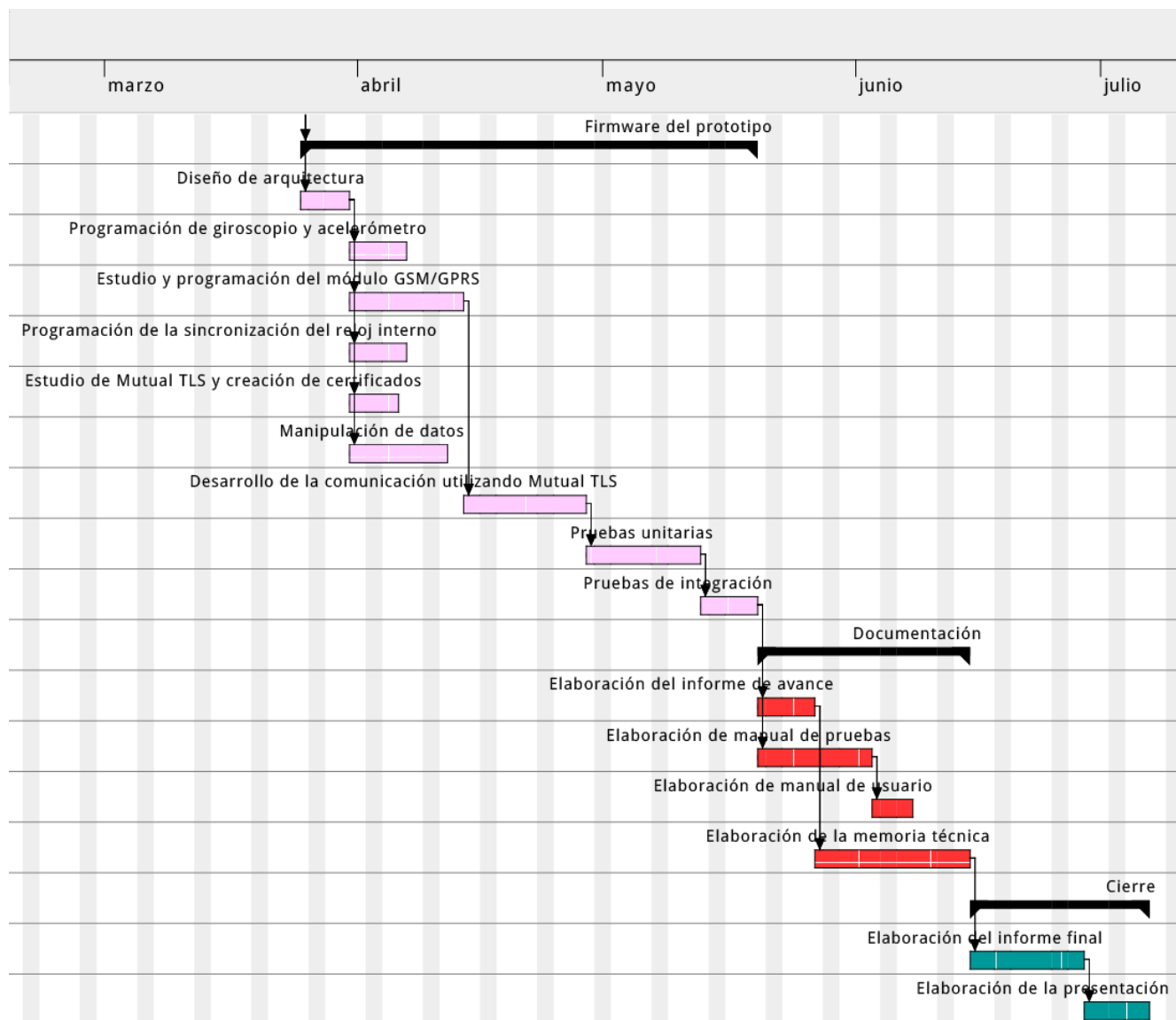


Figura 7. Diagrama Gantt parte 4 de 4.

12. Presupuesto detallado del proyecto

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Horas desarrollo	640	\$300,00	\$192.000,00
Componentes electrónicos para un nodo	-	\$2.307,00	\$2.307,00
SUBTOTAL			\$194.307,00
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
25 % del trabajo directo	-	-	\$48.576,75
SUBTOTAL			\$48.576,75
TOTAL			\$242.883,75

Detalle de componentes electrónicos:

Componentes electrónicos para un nodo			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Placa ESP32	1	\$1.195,00	\$1.195,00
Sensor MPU6050 (giroscopio)	1	\$283,00	\$283,00
Sensor DHT11 (temperatura y humedad)	2	\$140,00	\$280,00
Sensor KY-037 (sonido)	2	\$175,00	\$350,00
Modulo lector MicroSD	1	\$199,00	\$199,00
SUBTOTAL			\$2.307,00

13. Gestión de riesgos

A continuación se describirán los riesgos identificados para el desarrollo del proyecto.

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

1. La protección del prototipo contra la propolización no es adecuada.
 - 1.1 Severidad (S): 6, retrasa el proyecto ya que el funcionamiento del prototipo es afectado por la presencia de propóleos sobre su superficie.
 - 1.2 Probabilidad de ocurrencia (O): 3, porque se extremarán las precauciones al cubrir el prototipo.
2. La elección del microcontrolador no es correcta.
 - 2.1 Severidad (S): 4, porque la capacidad de recursos o de pines del micro seleccionado puede no ser suficiente para la solución.
 - 2.2 Probabilidad de ocurrencia (O): 2, se verificará que el producto seleccionado cubra todas las necesidades identificadas en el proyecto.
3. La elección de los sensores no es correcta.
 - 3.1 Severidad (S): 4, si los sensores no cumplieran con lo que se requiere de ellos, o cualquier problema que hubiera para integrarlos al microcontrolador, se deberá investigar y adquirir nuevos.
 - 3.2 Probabilidad de ocurrencia (O): 2, es baja ya que se analizará en detalle las especificaciones técnicas para evitar problemas.

4. La calidad de los sensores no es buena.
 - 4.1 Severidad (S): 5, porque el rendimiento, comportamiento y fidelidad de los datos capturados deben ser aceptables para que el proyecto sea viable.
 - 4.2 Probabilidad de ocurrencia (O): 4, porque la elección de los sensores está limitada a la oferta en el mercado y al presupuesto disponible.
5. Falta de tiempo para completar el proyecto.
 - 5.1 Severidad (S): 5, si no se contara con el tiempo suficiente todas las tareas del proyecto se verían afectadas.
 - 5.2 Probabilidad de ocurrencia (O): 5, la responsable es la única persona que trabajará en este proyecto, y sólo dispondrá de su tiempo libre para dedicárselo.
6. No se dispone de una colmena para realizar pruebas.
 - 6.1 Severidad (S): 1, si no se contara con colmenas deberían incurrirse en tareas de simulación de la captura de mediciones.
 - 6.2 Probabilidad de ocurrencia (O): 1, es baja ya que el cliente se ha comprometido a proveer de las colmenas necesarias.

b) Tabla de gestión de riesgos:

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
La protección del prototipo contra la propolización no es adecuada	6	3	18	2	1	2
La elección del microcontrolador no es correcta	4	2	8	-	-	-
La elección de los sensores no es correcta	4	2	8	-	-	-
La calidad de los sensores no es buena	5	4	20	5	2	10
Falta de tiempo para completar el proyecto	5	5	25	4	3	12
No se dispone de una colmena para realizar pruebas	1	1	1	-	-	-

Criterio adoptado: se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean igual o mayor a 15.

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:

A continuación se define el plan de mitigación para los riesgos 1, 4 y 5.

1. La protección del prototipo contra la propolización no es adecuada.
 - Plan de mitigación: se instalará un componente electrónico de bajo costo dentro de la colmena, recubierto por la protección, previo a la instalación del prototipo.
 - Severidad (S): 2, se pierde un componente que puede ser fácilmente reemplazado.
 - Probabilidad de Ocurrencia (O): 1, la ocurrencia de que falle la protección para el prototipo es muy baja.
4. La calidad de los sensores no es buena.
 - Plan de mitigación: investigar en profundidad la oferta disponible en el mercado para realizar la mejor compra.
 - Severidad (S): 5, se mantiene porque la calidad de los sensores es vital para la calidad y fiabilidad de las mediciones.
 - Probabilidad de Ocurrencia (O): 2, con más tiempo de análisis de la oferta se puede reducir la probabilidad de ocurrencia.

5. Falta de tiempo para completar el proyecto.

- Plan de mitigación: solicitar días libres del trabajo para disponer de más tiempo.
- Severidad (S): 4, porque sigue siendo bloqueante no disponer de tiempo para dedicarle al proyecto.
- Probabilidad de Ocurrencia (O): 3, porque es posible que el tiempo extra no alcance.

14. Gestión de la calidad

A continuación se presentan los requerimientos con sus verificaciones y validaciones.

1. Requerimientos del nodo de medición:

1.1. Deberá estar protegido para evitar que las abejas recubran su superficie con propóleo (propolización) que pueda afectar su funcionamiento.

- Verificación: se revisará que el prototipo esté completamente cubierto por el material seleccionado dentro de la colmena.
- Validación: se probará la eficacia del material que va a cubrir el prototipo dejando un elemento cubierto y comprobando que no presente rastros de propóleos en los días subsiguientes.

1.2. Deberá medir la temperatura en un rango de 0 °C–50 °C.

- Verificación: se verificará que el prototipo esté correctamente conectado con el sensor de temperatura y se adjuntará la hoja de datos del sensor.
- Validación: se hará una prueba con temperaturas dentro del rango estipulado y se contrastará las mediciones capturadas por el prototipo con un instrumento certificado.

1.3. Deberá medir la humedad en un rango de 0–100 %.

- Verificación: se verificará que el prototipo esté correctamente conectado con el sensor de humedad y se adjuntará la hoja de datos del sensor.
- Validación: se hará una prueba simulando distintos niveles de humedad y se contrastará las mediciones capturadas por el prototipo con un instrumento certificado.

1.4. Deberá medir el sonido en un rango de 100 Hz–10kHz.

- Verificación: se verificará que el prototipo esté correctamente conectado con el sensor de sonido y se adjuntará la hoja de datos del sensor.
- Validación: se hará una prueba con sonidos dentro del rango de frecuencias estipulado y se contrastará las mediciones capturadas por el prototipo con un instrumento certificado.

1.5. Deberá medir la posición haciendo uso de un giroscopio y un acelerómetro.

- Verificación: se verificará que el prototipo esté correctamente conectado con el giroscopio y se adjuntará la hoja de datos del sensor.
- Validación: se hará una prueba con temperaturas dentro del rango estipulado y se contrastará las mediciones capturadas por el prototipo con un instrumento certificado.

1.6. Deberá realizar las capturas cada 3 minutos.

- Verificación: se observará que se realicen las capturas cada 3 minutos.
 - Validación: se dejará el prototipo corriendo y enviando mediciones a un backend mockeado donde se controlará que las mediciones hayan sido capturadas en intervalos de 3 minutos, independientemente de cuándo fueron recibidas.
- 1.7. Deberá contar con tecnología GSM/GPRS para la conexión a la red de datos.
- Verificación: se verificará que el módulo GSM/GPRS esté incorporado en el prototipo y se incluirá la documentación técnica.
 - Validación: se realizará una prueba de conexión a internet utilizando unicamente el módulo para comprobar que sea una solución suficiente para las necesidades del prototipo.
- 1.8. Deberá tener un identificador unívoco.
- 1.9. Deberá conectarse a un servidor externo para obtener la hora.
- 1.10. Deberá sincronizar el reloj interno para que independientemente de la hora de impacto en el backend la hora de medición sea confiable.
- Verificación: se verificará que se haya incluido la lógica necesaria para conectarse a un servicio NTP.
 - Validación: se contrastará la hora del prototipo con la hora real antes y después de conectarse al servicio NTP.
- 1.11. Deberá contar con almacenamiento local (MicroSD).
- Verificación: se verificará que el prototipo esté correctamente conectado con el módulo de almacenamiento y se incluirá la hoja de datos del producto.
 - Validación: se realizarán pruebas de almacenamiento comprobando luego desde un dispositivo externo que la información haya sido correctamente guardada en la microSD.
- 1.12. Deberá tener capacidad para reintentar el envío de métricas ante pérdida de conexión.
- Verificación: se revisará que se haya implementado la lógica necesaria para el reintento de envío.
 - Validación: se apagará la conexión a internet durante 10 minutos y al reestablecerse la conexión se deberá comprobar el envío de las mediciones pendientes.
2. Requerimientos de seguridad:
- 2.1. Autenticación de los nodos y encriptación de los datos utilizando Mutual TLS.
- Verificación: se comprobará que se hayan generado los certificados necesarios y que estén desplegados tanto en el prototipo como en el backend.
 - Validación: se habilitarán los logs en el backend para comprobar que la conexión con el prototipo se haya realizado de manera segura.
- 2.2. Acceso a la aplicación web con usuario y contraseña.
3. Requerimientos de la aplicación backend:
- 3.1. Deberá enviar un alerta al usuario cuando detecte que la posición vertical de la colmena ha variado.
- 3.2. Deberá enviar un alerta al detectar que la temperatura en la cámara de cría varía por fuera de los 34°C–36°C.
- 3.3. Deberá enviar un alerta al usuario cuando detecte un cambio brusco de la temperatura en la cámara de cría.

3.4. Deberá emitir un alerta cuando se detecte que la humedad ha superado el 14 %.

- Verificación: se verificará que la lógica de definición de reglas, detección y envío de alertas haya sido desarrollada y probada.
- Validación: se simularán las condiciones que disparan las alertas y se comprobará que el usuario reciba las notificaciones.

3.5. Deberá mantener un histórico de las métricas de hasta 2 años para comparar resultados de distintas temporadas.

4. Requerimientos de la aplicación web:

4.1. Deberá mostrar la temperatura en una serie temporal.

4.2. Deberá mostrar la humedad en una serie temporal.

4.3. Deberá mostrar el sonido en una serie temporal.

4.4. Deberá mostrar la posición en una serie temporal.

- Verificación: se verificará que la lógica para la obtención y visualización de datos se encuentre desarrollada.
- Validación: se dispondrá de un set de mediciones de prueba para validar que los datos sean correctamente visualizados.

4.5. Deberá mostrar la configuración personal del usuario.

- Verificación: se verificará que la lógica para la obtención, modificación y visualización de los datos personales del usuario haya sido implementada.
- Validación: se dispondrá de un usuario de prueba que se utilizará para validar el correcto funcionamiento del módulo.

4.6. Deberá mostrar un histórico de los alertas.

- Verificación: se verificará que la lógica para la obtención y visualización de alertas se encuentre desarrollada.
- Validación: se dispondrá de un set de datos de alertas para validar que sean correctamente visualizados.

15. Procesos de cierre

Las actividades asociadas al cierre estarán a cargo de la responsable del proyecto, Cynthia Escobar.

Se evaluará:

- El grado de cumplimiento de los requerimientos originales.
- Si hubo desvíos en el presupuesto y en los plazos estipulados.
- Si la arquitectura, las tecnologías y los sensores elegidos fueron los apropiados para la solución.

Los resultados del análisis previo serán registrados en la memoria.

Una vez finalizado el proyecto se procederá a realizar una reunión virtual para agradecer al cliente y a todos los colaboradores. También se incluirá un agradecimiento formal en la memoria.