



Sistema de monitoreo para un bioterio

Autor:

LSI Norberto Antonio Rodríguez

Director:

Mg. Ing. Gustavo Zocco (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 21 de junio de 2022 y el 16 de agosto de 2022.*

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. Se incluyen los siguientes entregables:	10
9. Desglose del trabajo en tareas	11
10. Diagrama de activity on node.	12
11. Diagrama de Gantt	14
12. Presupuesto detallado del proyecto	17
13. Gestión de riesgos	17
14. Gestión de la calidad	20
15. Procesos de cierre	20

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento.	21 de junio de 2022
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive.	3 de julio de 2022
2	Se realizaron correcciones en distintos capítulos y se completó hasta el punto 9 inclusive.	9 de julio de 2022
3	Se realizaron correcciones en distintos capítulos y se completó hasta el punto 12 inclusive.	24 de julio de 2022
4	Se realizaron correcciones en los capítulos 11 y 12, también se completó hasta el punto 15 inclusive.	1 de agosto de 2022
5	Se realizaron correcciones mínimas.	4 de agosto de 2022

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 21 de junio de 2022

Por medio de la presente se acuerda con el Lic. LSI Norberto Antonio Rodríguez que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Sistema de monitoreo para un bioterio”, consistirá esencialmente en la implementación de un prototipo de un sistema de monitoreo de las condiciones ambientales de un bioterio, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y ARS 1.002.977, con fecha de inicio 21 de junio de 2022 y fecha de presentación pública 15 de mayo de 2023.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Dr. Juan Rosa
Instituto de Medicina Regional - UNNE

Mg. Ing. Gustavo Zocco
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

Un bioterio es un área artificial controlada donde se alojan animales o plantas bajo ciertas condiciones que permitan el desarrollo de la especie para guarda, cría o fines experimentales. Se deben registrar y estudiar las variables ambientales del laboratorio en general y de los bioterios en particular. Estas variables son: temperatura, humedad, cantidad de luz y CO₂.

Estas áreas artificiales pueden utilizarse en nuevas disciplinas, por ejemplo, la ecoepidemiología, la cual supone un enfoque actual integrador del estudio de las enfermedades transmitidas a los animales, vegetales y humanos. Involucra los aspectos ecológicos y epidemiológicos denominados ecoepidemiológicos.

En el bioterio se tendrán artrópodos. Son animales invertebrados que actúan como uno de los agentes transmisores de enfermedades. Lo hacen por acción directa como vector o indirecta por acción traumática e irritante de su picadura. Este proceso es independiente a su rol en el ciclo de vida del agente etiológico viral, bacteriano o parasitario.

Los ciclos reproductivos de los artrópodos juegan un papel fundamental en la epidemiología de las enfermedades transmisibles. Hay diferentes causas que pueden afectar la transmisión de una enfermedad: las tasas de fecundidad y de mortalidad, la densidad de la población, su distribución por edades, la variación genética y la tasa de migración. Algunas de estas variables pueden ser controladas en condiciones experimentales como la temperatura, humedad, ciclos de luz y ventilación como factores abióticos esenciales. Los ambientes especialmente diseñados, denominados insectarios, bioterios o animalarios, son la base de diversos estudios (Insect Morphology and Phylogeny, 2014).

Los artrópodos tienen varios estados en su ciclo de vida que están relacionados con su metamorfosis. La misma puede ser completa (holometábolos): huevo, larva, pupa e imago. O bien incompleta (hemimetábolos) huevos, ninfas, imagos y con clasificaciones intermedias. Cada uno de los estados tienen requerimientos de temperatura, humedad o inundación.

Los artrópodos hematófagos presentan limitaciones al momento de mantenerlos o de desarrollar su biología. Dependen primero, de la fuente de alimentación sanguínea y otros nutrientes. También influye el rango de temperatura, que en general oscila entre 24-26 °C y 80-95 % de humedad relativa, con fotoperíodos mediante ciclos de luz-oscuridad de 12 horas e intensidad de luz y tipo de luz variable según requerimientos (Arthropod Containment Guidelines, 2019).

Otro factor importante a tener en cuenta con los artrópodos es que algunos requieren agua como parte del ciclo de vida; como los culícidos (mosquitos), simúlidos y ceratopogónidos (carachai, jejenes y polvorines). Todos dependen de la calidad del agua y la temperatura ambiente. A mayor temperatura el ciclo se acorta y, por el contrario, a menor temperatura se prolonga; algunos casos incluso entran en latencia (diapausa).

Las larvas pueden ser acuáticas o terrestres. Se deben considerar la humedad relativa ambiental y requerimientos nutricionales diferentes. En el caso de las pupas o crisálidas, dependiendo de la especie de vectores, la temperatura es importante debido a que es un estado de transformación y no de alimentación como en la anterior. Los imagos eclosionarán en un ambiente controlado, pero no significa que continúen el ciclo de reproducción y generen colonias parentales o bien filiales de la misma especie (Insect Morphology and Phylogeny, 2014).

El estudio de la biología en condiciones experimentales solo puede aplicarse a determinados artrópodos debido a las limitaciones propias del ciclo natural según experiencias preliminares.

Los resultados de estas observaciones permiten investigar aspectos referentes a los mecanismos de transmisión de patógenos, las comparaciones genéticas de poblaciones, la sistemática y la susceptibilidad a los insecticidas, entre otros. Sin embargo, existe gran dificultad de mantener a la mayoría de las colonias durante más de unas pocas generaciones lo que impide contar con tablas de vida. Esta situación limita la comprensión del comportamiento de las colonias en la naturaleza (Insect Morphology and Phylogeny, 2014).

El entorno de una colonia no puede duplicar las condiciones de nutrición, temperatura y humedad. La consecuencia será la afectación en el comportamiento de los adultos, la mortalidad de los huevos, el período de crecimiento de las larvas y la mortalidad de los adultos. No obstante, los datos de laboratorio proporcionan información de referencia esencial sobre el potencial reproductivo de algunas especies sometidas a experiencia como mosquitos y flebótomos (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae).

Para estudios en biología de poblaciones de flebótomos en el campo, estas observaciones proporcionan pautas para aproximar los límites de los comportamientos biológicos esperados. Lo cual permite diseñar estrategias de control y de comprensión de comportamientos aplicables al desarrollo de mapas de riesgo epidemiológico (Escovar et al., 2004, Bueno Marí et al., 2015).

El presente proyecto se destaca especialmente por incorporar una aplicación y un dispositivo que contendrá sensores capaces de registrar la temperatura, humedad, luminosidad y saturación de CO₂ del bioterio. Podrá ser usado en cada uno de los estados larvarios según las variables descriptas en los párrafos anteriores. Facilitará el registro, sistematización, alertas y presentación de datos periódicos en un tablero. Esto fortalecerá el proceso de investigación en todas sus etapas.

En la figura 1 se presenta el diagrama general del sistema. Se observa que los dispositivos estarán instalados en los bioterios con conexión Wi-Fi a Internet enviando la telemetría hacia el servidor del Instituto de Medicina Regional. Al mismo tiempo los investigadores pueden observar los datos recopilados.

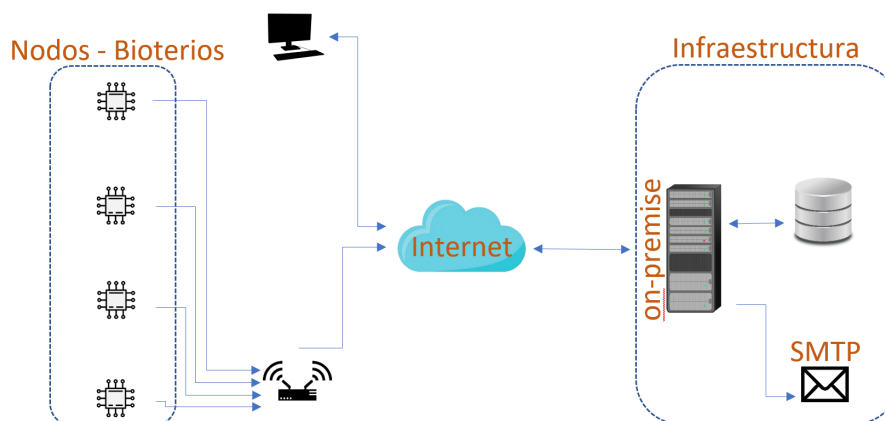


Figura 1. Diagrama general del sistema.

2. Identificación y análisis de los interesados

- Cliente: Juan Rosa es riguroso y exigente en los detalles.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Dr. Juan Rosa	Instituto de Medicina Regional - UNNE	Investigador
Responsable	LSI Norberto Antonio Rodríguez	FIUBA	Alumno
Orientador	Mg. Ing. Gustavo Zocco	FIUBA	Director Trabajo final

- Responsable: Norberto Rodríguez, único personal en el equipo de desarrollo.

3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un dispositivo para el monitoreo de las condiciones ambientales del bioterio, que incluya el registro de la telemetría, sistematización u organización de los datos recolectados, presentación de alertas vía SMTP a los investigadores y análisis de información por medio de un tablero de mandos.

4. Alcance del proyecto

El proyecto incluye el diseño, desarrollo e implementación del sistema en conjunto con un prototipo de dispositivo instalado en el bioterio.

Se desarrollarán las siguientes actividades:

- Confección de un prototipo de dispositivo encargado de la telemetría.
- Configuración del servidor Ubuntu server GNU/Linux distribución basada en Debian.
- Instalación de la aplicación web.
- Instalación y configuración de la base de datos.
- Confección de un dashboard.
- Confección del módulo de alertas vía SMTP.

El presente proyecto no incluye:

- Provisión de la infraestructura de datos e Internet.
- Certificaciones ante autoridades competentes.
- Desarrollos para la automatización del bioterio.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Los bioterios tendrán acceso a Internet.
- Se contará con los recursos humanos necesarios por parte del Instituto de Medicina Regional para llevar a cabo el proyecto.
- El Instituto de Medicina Regional brindará acceso a los servidores para la instalación y configuración de la aplicación.
- Para la puesta en producción se utilizará el servidor de correo electrónico del instituto.
- Existe la disponibilidad de los componentes necesarios para el desarrollo del prototipo.

6. Requerimientos

Los requerimientos identificados son:

1. Requerimientos de hardware de los nodos
 - 1.1. Cada nodo debe estar conformado por un microcontrolador.
 - 1.2. El nodo debe ser capaz de medir la temperatura y humedad.
 - 1.3. El nodo debe ser capaz de medir la Luz que reciben los artrópodos.
 - 1.4. El nodo debe ser capaz de medir CO₂ en el bioterio.
 - 1.5. Fuente de alimentación debe estar incluida.
 - 1.6. El nodo debe poseer un módulo Wi-Fi para la comunicación.
2. Requerimientos de software
 - 2.1. El sistema debe permitir configurar los parámetros para las alertas.
 - 2.2. El usuario debe poder seleccionar el nodo a visualizar en el tablero de mandos.
 - 2.3. El sistema debe permitir asignar un nodo a un bioterio en particular.
3. Requerimientos de presentación
 - 3.1. El sistema debe proveer un tablero de mandos.
 - 3.2. El usuario debe poder visualizar la historia de la telemetría para un posterior análisis cuando se evalúe el desempeño de la colonia.
4. Requerimientos de alertas
 - 4.1. El sistema debe notificar al investigador sobre cambios en la telemetría mediante el envío de un correo electrónico.
 - 4.2. El usuario debe poder observar alertas en el tablero de mandos.
5. Requerimientos de almacenamiento en la base de datos
 - 5.1. Se debe almacenar la lectura de temperatura.
 - 5.2. Se debe almacenar la lectura de humedad.
 - 5.3. Se debe almacenar la lectura de cantidad de luz.
 - 5.4. Se debe almacenar la lectura de CO₂.
 - 5.5. Se debe almacenar la lectura de fecha y hora de la telemetría.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Como criterio de ponderación se utilizó la serie de Fibonacci.

1. Dificultad

- 1.1. Baja - peso 1.
- 1.2. Media - peso 3.
- 1.3. Alta - peso 5.

2. Complejidad

- 2.1. Baja - peso 1.
- 2.2. Media - peso 5.
- 2.3. Alta - peso 13.

3. Riesgo o incertidumbre

- 3.1. Bajo - peso 2.
- 3.2. Medio - peso 3.
- 3.3. Alto - peso 5.

- Como investigador deseo poder visualizar la temperatura del bioterio para que el cambio de temperatura no comprometa la colonia de artrópodos y tomar acciones preventivas, por ejemplo el corte de energía eléctrica que afectan a los aires acondicionados. Ponderación: 13.

Dificultad: media (3).

Complejidad: media (5).

Riesgo: medio (3).

$(3 + 5 + 3 = 11$ valor siguiente de la serie Fibonacci 13).

- Como investigador deseo poder visualizar la humedad del bioterio para que no se vea comprometida la colonia de artrópodos. Ponderación: 13.

Dificultad: media (3).

Complejidad: media (5).

Riesgo: medio (3).

$(3 + 5 + 3 = 11$ valor siguiente de la serie Fibonacci 13).

- Como investigador deseo poder visualizar la cantidad de luz recibida para que no afecte a la colonia de artrópodos a largo plazo. Ponderación: 21.

Dificultad: alta (5).

Complejidad: medio (5).

Riesgo: medio (3).

$(5 + 5 + 3 = 13$ valor siguiente de la serie Fibonacci 21).

- Como investigador deseo poder visualizar la cantidad de CO2 del bioterio para que no se vea comprometida la colonia de artrópodos. Ponderación: 13.
Dificultad: baja (1).
Complejidad: media (5).
Riesgo: bajo (2).
($1 + 5 + 2 = 8$ valor siguiente de la serie Fibonacci 13).
- Como investigador deseo poder consultar los datos registrados con anterioridad para medir o comparar su impacto en la evolución de la colonia. Ponderación: 34.
Dificultad: alta (5).
Complejidad: alta (13).
Riesgo: medio (3).
($5 + 13 + 3 = 21$ valor siguiente de la serie Fibonacci 34).
- Como investigador deseo recibir alertas por correo electrónico ante cambios en las condiciones del bioterio y así poder tomar medidas correctivas. Ponderación: 34.
Dificultad: alta (5).
Complejidad: alta (13).
Riesgo: alto (5).
($5 + 13 + 5 = 23$ valor siguiente de la serie Fibonacci 34).
- Como investigador deseo poder visualizar un tablero de mandos independientemente de mi ubicación para supervisar el bioterio. Ponderación: 34.
Dificultad: media (3).
Complejidad: alta (13).
Riesgo: alto (5).
($3 + 13 + 5 = 21$ valor siguiente de la serie Fibonacci 34).

8. Se incluyen los siguientes entregables:

- Manual de uso.
- Diagrama del sistema.
- Código fuente del firmware.
- Código fuente de la aplicación.
- Un prototipo de nodo.
- Informe de avance.
- Memoria escrita.

9. Desglose del trabajo en tareas

1. Investigación y planificación del proyecto. (60 hs)
 - 1.1. Seleccionar la arquitectura para el sistema. (5 hs)
 - 1.2. Investigar tecnologías IoT. (15 hs)
 - 1.3. Investigar sensores. (15 hs)
 - 1.4. Investigar microcontroladores. (15 hs)
 - 1.5. Investigar arquitecturas de microservicios. (10 hs)
2. Adquisición de componentes. (10 hs)
 - 2.1. Consultar costos de los componentes. (5 hs)
 - 2.2. Realizar los pedidos a proveedores. (5 hs)
3. Instalación e implementación de la base de datos. (20 hs)
 - 3.1. Instalación. (8 hs)
 - 3.2. Creación y configuración (12 hs)
4. Desarrollo del sistema - back-end. (120 hs)
 - 4.1. Instalación de entorno de trabajo. (40 hs)
 - 4.2. Desarrollo de API. (40 hs)
 - 4.3. Desarrollo de alertas. (40 hs)
5. Desarrollo del sistema - front-end. (120 hs)
 - 5.1. Desarrollo de acceso al sistema. (20 hs)
 - 5.2. Desarrollo del tablero de mandos. (45 hs)
 - 5.3. Desarrollo de visualización histórica de telemetría. (15 hs)
 - 5.4. Desarrollo de configuración de alertas. (25 hs)
 - 5.5. Desarrollo del menú de opciones. (5 hs)
 - 5.6. Desarrollo de ajustes de dispositivos. (5 hs)
 - 5.7. Desarrollo de ajustes de usuarios. (5 hs)
6. Desarrollo de firmware - módulo de temperatura y humedad. (85 hs)
 - 6.1. Construcción del módulo e integración de componentes. (20 hs)
 - 6.2. Desarrollo del firmware para lectura de datos. (40 hs)
 - 6.3. Prueba de conexión con la aplicación. (25 hs)
7. Desarrollo de firmware - módulo de luz. (55 hs)
 - 7.1. Construcción del módulo e integración de componentes. (10 hs)
 - 7.2. Desarrollo del firmware para lectura de datos. (30 hs)
 - 7.3. Prueba de conexión con la aplicación. (15 hs)
8. Desarrollo de firmware - módulo de CO2. (55 hs)
 - 8.1. Construcción del módulo e integración de componentes. (10 hs)

- 8.2. Desarrollo del firmware para lectura de datos. (30 hs)
- 8.3. Prueba de conexión con la aplicación. (15 hs)
- 9. Testing. (30 hs)
 - 9.1. Prueba de conectividad. (2 hs)
 - 9.2. Prueba de sensores. (3 hs)
 - 9.3. Prueba del tablero de mandos. (4 hs)
 - 9.4. Prueba de alertas. (4 hs)
 - 9.5. Verificación y validación del sistema completo. (10 hs)
 - 9.6. Prueba del prototipo en ambiente real. (7 hs)
- 10. Presentación del proyecto y cierre. (45 hs)
 - 10.1. Escritura del informe de avance. (15 hs)
 - 10.2. Escritura de la memoria escrita. (15 hs)
 - 10.3. Escritura del plan de trabajo final. (15 hs)

Cantidad total de horas: (600 hs)

10. Diagrama de activity on node

En la figura 2 se muestra el diagrama activity on node, la unidad de tiempo está expresada en horas. Las líneas en color rojo indica el camino crítico.

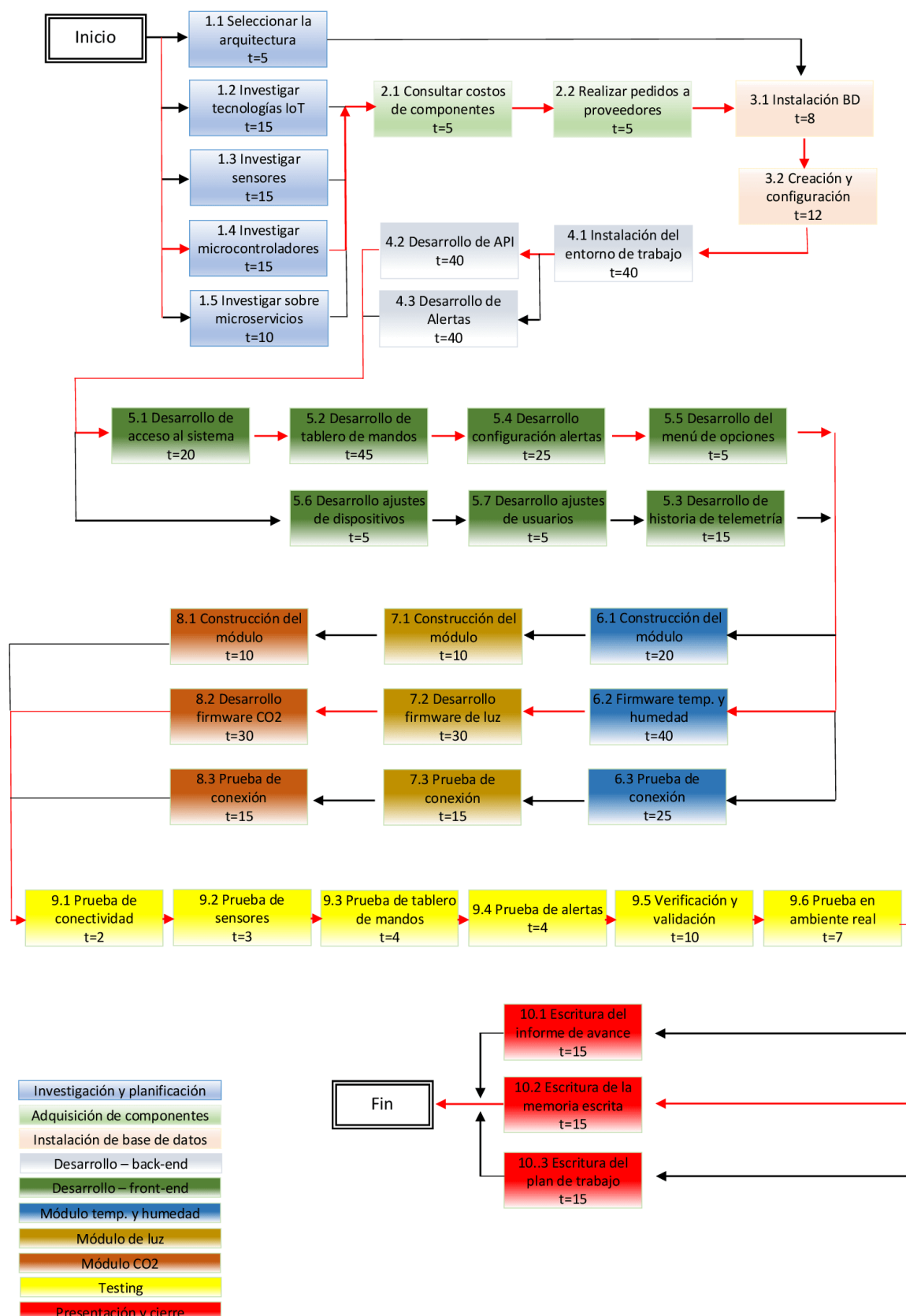


Figura 2. Diagrama en *activity on node*.

11. Diagrama de Gantt

WBS	Nombre	Inicio	Fin	Trabajo	Duración
1	Investigación y planificación del proyecto.	ago 1	ago 12	21d 2h	10d
1.1	Seleccionar la arquitectura para el sistema.	ago 1	ago 2	1d 2h	1d 2h
1.2	Investigar tecnologías IoT.	ago 1	ago 5	5d	5d
1.3	Investigar sensores.	ago 1	ago 5	5d	5d
1.4	Investigar microcontroladores.	ago 1	ago 5	5d	5d
1.5	Investigar arquitecturas de microservicios.	ago 8	ago 12	5d	5d
2	Adquisición de componentes.	ago 15	ago 18	3d 1h	3d 1h
2.1	Consultar costos de los componentes.	ago 15	ago 16	1d 2h	1d 2h
2.2	Realizar los pedidos a proveedores.	ago 16	ago 18	1d 2h	1d 2h
3	Instalación e implementación de la base de datos.	ago 18	ago 26	6d 2h	6d 2h
3.1	Instalación.	ago 18	ago 22	2d 2h	2d 2h
3.2	Creación y configuración.	ago 23	ago 26	4d	4d
4	Desarrollo del sistema - back-end.	ago 29	oct 21	40d	40d
4.1	Instalación de entorno de trabajo.	ago 29	sep 15	13d 1h	13d 1h
4.2	Desarrollo de API.	sep 15	oct 4	13d 1h	13d 1h
4.3	Desarrollo de alertas.	oct 4	oct 21	13d 1h	13d 1h
5	Desarrollo del sistema - front-end.	oct 24	dic 16	40d	40d
5.1	Desarrollo de acceso al sistema.	oct 24	nov 1	6d 2h	6d 2h
5.2	Desarrollo del tablero de mandos.	nov 1	nov 22	15d	15d
5.3	Desarrollo de visualización histórica de telemetría.	nov 22	nov 29	5d	5d
5.4	Desarrollo de configuración de alertas.	nov 29	dic 9	8d 1h	8d 1h
5.5	Desarrollo del menú de opciones.	dic 12	dic 13	1d 2h	1d 2h
5.6	Desarrollo de ajustes de dispositivos.	dic 13	dic 15	1d 2h	1d 2h
5.7	Desarrollo de ajustes de usuarios.	dic 15	dic 16	1d 2h	1d 2h
6	Desarrollo de firmware - módulo de temperatura y humedad.	dic 19	ene 26	28d 1h	28d 1h
6.1	Construcción del módulo e integración de componentes 1.	dic 19	dic 27	6d 2h	6d 2h
6.2	Desarrollo del firmware para lectura de datos 1.	dic 27	ene 13	13d 1h	13d 1h
6.3	Prueba de conexión con la aplicación 1.	ene 16	ene 26	8d 1h	8d 1h
7	Desarrollo de firmware - módulo de luz.	ene 26	feb 21	18d 1h	18d 1h
7.1	Construcción del módulo e integración de componentes 2.	ene 26	ene 31	3d 1h	3d 1h
7.2	Desarrollo del firmware para lectura de datos 2.	ene 31	feb 14	10d	10d
7.3	Prueba de conexión con la aplicación 2.	feb 14	feb 21	5d	5d
8	Desarrollo de firmware - módulo CO2.	feb 21	mar 17	18d 1h	18d 1h
8.1	Construcción del módulo e integración de componentes 3.	feb 21	feb 24	3d 1h	3d 1h
8.2	Desarrollo del firmware para lectura de datos 3.	feb 27	mar 10	10d	10d
8.3	Prueba de conexión con la aplicación 3.	mar 13	mar 17	5d	5d
9	Testing.	mar 20	mar 31	10d	10d
9.1	Prueba de conectividad.	mar 20	mar 20	2h	2h
9.2	Prueba de sensores.	mar 20	mar 21	1d	1d
9.3	Prueba del tablero de mandos.	mar 21	mar 22	1d 1h	1d 1h
9.4	Prueba de alertas.	mar 23	mar 24	1d 1h	1d 1h
9.5	Verificación y validación del sistema completo.	mar 24	mar 29	3d 1h	3d 1h
9.6	Prueba del prototipo en ambiente real.	mar 29	mar 31	2d 1h	2d 1h
10	Presentación del proyecto y cierre.	abr 3	abr 21	15d	15d
10.1	Escritura del informe de avance.	abr 3	abr 7	5d	5d
10.2	Escritura de la memoria escrita.	abr 10	abr 14	5d	5d
10.3	Escritura del plan de trabajo final.	abr 17	abr 21	5d	5d

Figura 3. Tabla de actividades.

En la figura 3 se puede ver la tabla de actividades. En las figuras 4 y 5 se observa el diagrama de Gantt. Se calcula una jornada diaria de trabajo de 8hs.

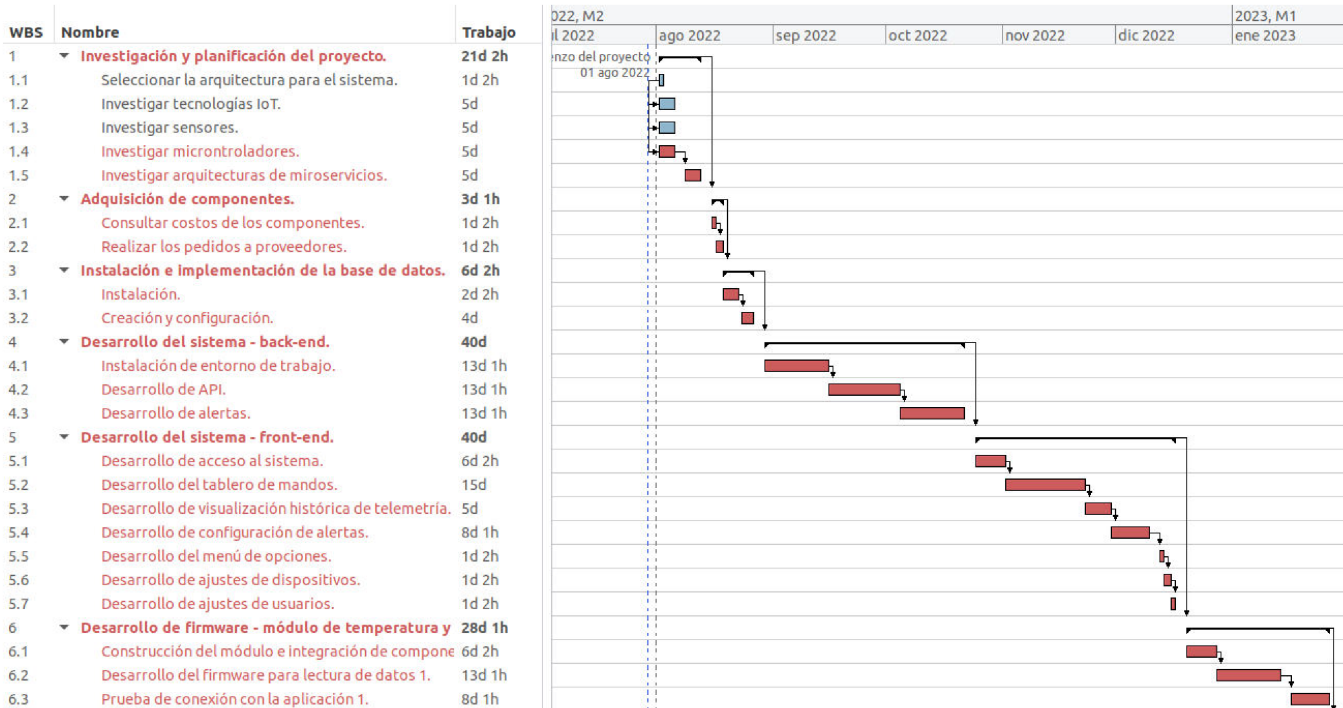


Figura 4. Diagrama de Gantt parte 1/2.

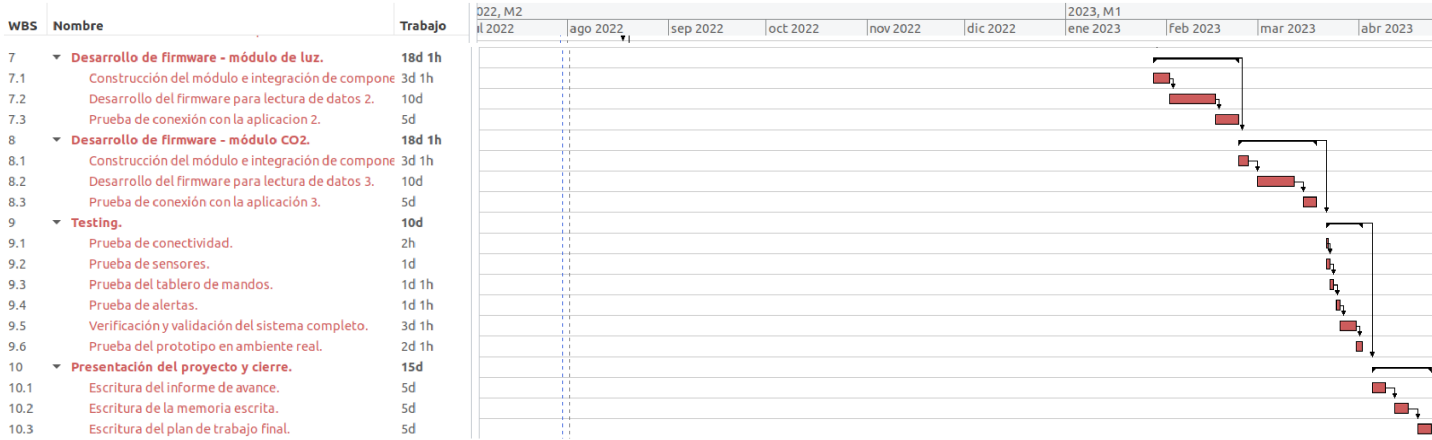


Figura 5. Diagrama de Gantt parte 2/2.

12. Presupuesto detallado del proyecto

A continuación se presentan los costos en pesos argentinos (ARS).

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Horas de ingeniería	600	1560,00	936.000,00
Placa esp-wroom-32	3	6.409,00	19.227,00
Sensor de temperatura y humedad	3	1.150,00	3.450,00
Sensor de luz	3	1.050,00	3.150,00
Sensor de CO2	3	1.100,00	3.300,00
Fuente de alimentación	3	2.500,00	7.500,00
Cable USB	3	950	2.850,00
Case	3	2.500,00	7.500,00
SUBTOTAL			982.977,00
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Transporte y movilidad	2	10.000,00	20.000,00
SUBTOTAL			20.000,00
TOTAL			1.002.977,00

13. Gestión de riesgos

En la sección actual se describirán los riesgos del proyecto cuantificados en un rango de 1 al 10 y su plan de contingencia correspondiente.

- Severidad (S): cuánto más severo, más alto es el número.
- Ocurrencia (O): cuánto más posible sea que ocurra, más alto es el número.

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

Riesgo 1: la falta de precisión de los sensores al momento de realizar las lecturas.

- Severidad (9): si los sensores hacen lecturas muy distintas a las que se hacen manualmente en la actualidad.
- Probabilidad de ocurrencia (5): suelen tener alta calidad y fiabilidad.

Riesgo 2: pérdida o daño de los nodos.

- Severidad (9): generará una demora que exigirá tener un reemplazo.

- Ocurrencia (2): por tratarse de un prototipo se suele tener cuidados adicionales.

Riesgo 3: dificultad con el uso de la tecnología seleccionada debido a la falta de experiencia.

- Severidad (8): el desconocimiento de la tecnología puede llevar a una implementación deficiente.
- Ocurrencia (5): en proyectos de estas características se busca incorporar los avances tecnológicos disponibles.

Riesgo 4: no contar con un bioterio activo al momento de las pruebas.

- Severidad (7): sin un bioterio activo es difícil estudiar el comportamiento del nodo en actividad y en condiciones normales de operación.
- Ocurrencia (2): en algunas ocasiones no está disponible.

Riesgo 5: que se cancele el proyecto con el Instituto de Medicina Regional - UNNE.

- Severidad (9): al cancelar el proyecto se pierde el contacto con los investigadores.
- Ocurrencia (3): el proyecto es de interés para los investigadores actuales pero pueden haber factores externos al equipo de investigación.

Riesgo 6: incumplimiento de los plazos fijados.

- Severidad (6): en caso de que algunas de las tareas requieran más horas de las destinadas y no hay disponibilidad para reasignar esas horas.
- Ocurrencia (5): si se desconoce el grado de dificultad de las tareas o un evento inesperado.

Riesgo 7: error de transmisión por la pérdida de conexión a Internet.

- Severidad (8): la no transmisión de los datos hacia el servidor va a generar que no se registren las lecturas de los sensores.
- ocurrencia (3): en los equipos conectados 24/7 puede ocurrir que en algunos momentos no funcione correctamente.

Riesgo 8: las fallas del firmware pueden ocasionar que todo el nodo completo funcione de manera inesperada y se generen datos incorrectos.

- Severidad (8): cuando se dan errores de firmware el producto deja de ser confiable.
- Ocurrencia (6): si la complejidad del código es alta y no se llega a probar en todas las situaciones posibles.

Riesgo 9: incumplimiento de lo pactado con el cliente.

- Severidad (9): el sistema no contempla los requerimientos del cliente.
- Ocurrencia (3): existe una devolución del cliente en etapas anteriores a la entrega del producto final.

b) Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como $RPN = S \times O$)

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
1 Falta de precisión en las lecturas los sensores	9	5	45	9	2	18
2 Pérdida o daños de los nodos	9	2	18	-	-	-
3 Dificultad con el uso de la tecnología seleccionada	8	5	40	8	3	24
4 No contar con un bioterio activo	7	2	14	-	-	-
5 Que se cancele el proyecto	9	3	27	-	-	-
6 Incumplimiento de los plazos fijados	6	5	30	-	-	-
7 Error de transmisión por pérdida de conexión a Internet	8	3	24	-	-	-
8 Las fallas del firmware	8	6	48	8	4	32
9 Incumplimiento de lo pactado con el cliente	9	3	27	-	-	-

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 39.

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:

Se trabajará un plan de mitigación para los riesgos 1, 3 y 8 por exceder el valor máximo establecido: 39.

Riesgo 1: se trabajarán con sensores estándares utilizados en las clases de CEIoT. De ser necesario se cambiarán los sensores por otros más precisos que existan en el mercado.

- Severidad (9): se mantiene.
- Ocurrencia (2): se ajusta la precisión de las lecturas de los sensores.

Riesgo 3: la tecnología seleccionada es la utilizada en distintos cursos de la CEIoT. Se realizará una mayor capacitación en las herramientas incluidas en el proyecto.

- Severidad (8): se mantiene.
- Ocurrencia (3): se espera resolver de forma optima las dificultades encontradas.

Riesgo 8: se realizarán tareas de prueba y depuración de los módulos involucrados. Hay toda una etapa de testing dedicada a probar el correcto funcionamiento del sistema.

- Severidad (8): se mantiene.
- Ocurrencia (4): se busca un software libre de errores.

14. Gestión de la calidad

- 1 Requerimientos de hardware.
 - Verificación: Se comprobará que los nodos estén conformados por un microcontrolador adecuado, los sensores correspondientes y demás componentes para su funcionamiento.
 - Validación: Se harán pruebas para confirmar que los nodos estén completos, envíen información adecuada y cumplan con las especificaciones el cliente.
- 2 Requerimientos de software.
 - Verificación: Se comprobará que los datos recibidos por el sistema se muestren en el tablero de mandos. De ser necesario el sistema debe responder con alertas y permitir la configuración de dispositivos o nodos.
 - Validación: Se harán pruebas en un bioterio bajo condiciones normales verificando el correcto funcionamiento del nodo, del sistema y la comunicación entre ellos.
- 3 Requerimientos de presentación.
 - Verificación: Se comprobará que el tablero de mandos esté suministrando los datos correctos de acuerdo a la información recibida.
 - Validación: Se harán pruebas para demostrar que el tablero esté desplegando la información correcta.
- 4 Requerimientos de alertas.
 - Verificación: Se comprobará que el sistema envíe las alertas correspondientes de acuerdo a la configuración establecida.
 - Validación: Se harán pruebas para que el usuario reciba las notificaciones cuando los datos obtenidos desde el nodo indiquen que deben emitirse alertas.
- 5 Requerimientos de almacenamiento en la base de datos.
 - Verificación: Se comprobarán que los datos recibidos por el sistema desde los nodos se almacene correctamente en la base de datos.
 - Validación: Se harán pruebas para que los valores registrados por los sensores se guarden y se visualicen correctamente.

15. Procesos de cierre

Las actividades de los procesos de cierre serán llevadas a cabo por el responsable del plan de trabajo, LSI Norberto Antonio Rodríguez.

- El grado de cumplimiento del cronograma original establecido y las tareas que pudieran generar mayor demanda de recursos, cumplimiento de los requerimientos, horas asignadas y presupuesto fijado.
- Se observarán aquellas herramientas o técnicas que mejor resultados dieron al momento de llevar a cabo el cumplimiento del proyecto.

- Se realizará un acto de cierre para destacar y agradecer a todas aquellas personas que han aportado a las distintas tareas realizadas en el proyecto, al público, miembros que integran el jurado, al director del trabajo y docentes de la CEIoT.