



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

---

Universidad de Buenos Aires

# Sistema de monitoreo de temperaturas en tiempo real para refrigeradores críticos de salud

Autor:

Marcelo Castello

Director:

Juan José Salerno (UTN - FRRO)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 25 de agosto de 2020 y el 6 de octubre de 2020.*

## Índice

Registros de cambios . . . . .	3
Acta de constitución del proyecto. . . . .	4
Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . .	5
Identificación y análisis de los interesados. . . . .	8
1. Propósito del proyecto . . . . .	8
2. Alcance del proyecto . . . . .	8
3. Supuestos del proyecto. . . . .	9
4. Requerimientos . . . . .	9
Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ) . . . . .	11
5. Entregables principales del proyecto . . . . .	14
6. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	14
7. Diagrama de Activity On Node . . . . .	16
8. Diagrama de Gantt. . . . .	18
9. Matriz de uso de recursos de materiales . . . . .	22
10. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	24
11. Matriz de asignación de responsabilidades . . . . .	24
12. Gestión de riesgos . . . . .	26
13. Gestión de la calidad . . . . .	28
14. Comunicación del proyecto . . . . .	28
15. Gestión de compras . . . . .	28
16. Seguimiento y control. . . . .	29
17. Procesos de cierre . . . . .	29

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento Versión inicial: propósito, alcance, supuestos, requerimientos, entregables y desglose del trabajo.	26/08/2020
1.2	Primera entrega	04/09/2020
1.3	Primera corrección	15/06/2020

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 25 de agosto de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Marcelo Castello que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Sistema de monitoreo de temperaturas en tiempo real para refrigeradores críticos de salud”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un sistema para la medición, visualización y emisión de alertas de temperatura para heladeras y freezers en bancos de sangre y vacunatorios de efectores de salud de la Municipalidad de Rosario, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 663 hs de trabajo y \$731120, con fecha de inicio 25 de agosto de 2020 y fecha de presentación pública 13 de abril de 2021.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Edgardo Marino  
Municipalidad de Rosario

Juan José Salerno  
Director del Trabajo Final

## Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El presente proyecto, está dirigido a solucionar un problema existente en la Municipalidad de Rosario, donde en el área Salud Pública, funcionan hospitales, centros de salud, droguerías y bancos de sangre. Todos estos efectores necesitan para almacenar los insumos médicos sistemas de refrigeración que provean alta confiabilidad en su prestación.

El buen funcionamiento de estos sistemas es afectado a menudo por cortes de energía, mermas en el rendimiento del equipo compresor, o pérdidas en el sello ya sea por desgaste de burletes o puertas mal cerradas. En el área de salud esto resulta crítico. Productos medicinales como hemoproductos o vacunas, pueden perder la eficacia médica. Esto no sólo se traduce en pérdidas económicas, sino también implica que los tratamientos sobre las personas pueden no ser efectivos o que no puedan ser accedidos por la pérdida del material, con el consecuente impacto social y mediático que esto representa para el municipio.

Además, la Administración Nacional de Medicamentos Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT), a través de la disposición: Reglamento Técnico Mercosur sobre Buenas Prácticas de Distribución de Productos Farmacéuticos”, Resolución Mercosur GMC N° 49/2002, define un conjunto de prácticas para el transporte y almacenamiento de productos farmacéuticos donde exige trazabilidad, equipamiento para el control y registro continuo de temperaturas con el fin de asegurar las condiciones ambientales de almacenamiento de tales productos.

La medición a distancia continua y en tiempo real de estas temperaturas sumado a un sistema de alerta, aseguran las condiciones legales, minimizan los riesgos y garantizan la disponibilidad de hemoproductos y vacunas seguros en el momento y el lugar en que se precise.

Este trabajo se enmarca en dos premisas fundamentales:

- La misión de la Secretaría de Salud Pública es preservar la salud de la población y proponer un trabajo integrador para la construcción de opciones y entornos saludables.
- El contexto sanitario mundial de hoy exige que en un futuro cercano se puedan distribuir adecuadamente y de manera segura especialidades medicinales tales como las vacunas.

Los equipos y software de que se dispone en plaza en su mayoría son de origen extranjero, y su utilización -además de onerosa- implica una dependencia con los fabricantes, en términos económicos pero también de criterios (en general se comercializan por módulos, no proveyendo soluciones integrales). En otras palabras, para trabajar con estos recursos se deben seguir criterios técnico-económicos diseñados para otras latitudes y otras condiciones. Se deben realizar adaptaciones y aproximaciones que implican tareas adicionales y que no siempre son del todo efectivas. El personal destinado a estas tareas debe entrenarse utilizando tiempo y esfuerzo, y este entrenamiento debe reforzarse cada vez que el propietario del sistema decide algún cambio o actualización. Por consiguiente, es menester redirigir este esfuerzo a tareas más provechosas. Se requiere para ello el desarrollo de tecnología propia destinada a este fin, que pueda ser adaptada a las necesidades de los investigadores locales, para evitar la dependencia tecnológica en equipos y en software, y reducir en todo lo posible las erogaciones durante la investigación por este ítem.

Desde el punto de vista tecnológico, el presente proyecto se destaca especialmente por incorporar una solución integral sin gastos de abono y con la característica distintiva que los datos están guardados en los servidores del cliente. Esto lo diferencia de otros sistemas similares en que los datos quedan en poder del fabricante, quien eventualmente, ofrece un portal para poder hacer

una visualización. Además, al no ofrecer una solución integral, cada módulo extra incorporado representa un gasto o abono adicional.

La solución propuesta se compone de las siguientes partes:

- Medición de la temperatura
- Transporte de los datos
- Lógica de procesamiento y persistencia de datos
- Visualización y alarmas

En la figura 1 se observa un diagrama en bloques general del sistema, donde se aprecia que los sensores estarán ubicados en distintos efectores del sistema de salud municipal en las áreas de hemoterapia y vacunación. Además se puede ver el sistema de almacenamiento y visualización implementado con un tablero de control (dashboard) en un servidor centralizado ubicado en el datacenter de la Secretaría de Salud Pública. Por simplicidad, se han dibujado sólo tres efectores.

Es necesario precisar lo antes mencionado. El sistema de salud pública municipal de la ciudad de Rosario consta de 6 hospitales, un centro de especialidades médicas, un centro regional de sangre, una droguería central y 50 centros de atención primaria de la salud.

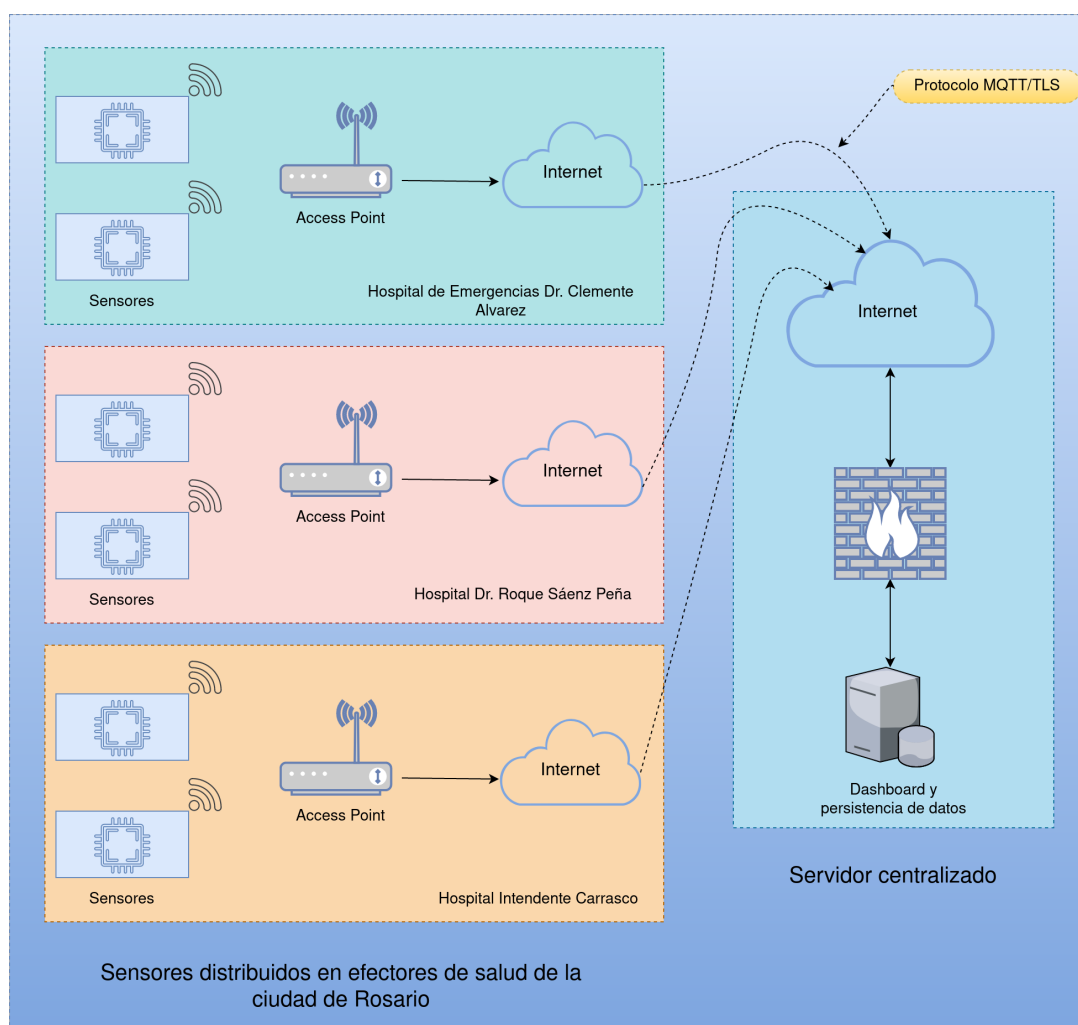


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

## Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Edgardo Marino	Municipalidad de Rosario	Director de Bioingeniería
Impulsor y colaborador	Roberto Collelo	Municipalidad de Rosario	Sub Director de Bioingeniería
Responsable	Marcelo Castello	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Silvana Pereyra	Dirección Centros de Salud	Jefa Droguería Central
Orientador	Juan José Salerno	UTN - FRRO	Director Trabajo final

### ■ Colaboradores

Roberto Collelo: resulta de valiosa ayuda en el desarrollo del firmware de los sensores, además de promover el proyecto en las estructuras de mando de la Secretaría de Salud Pública.

Silvana Pereyra: su intervención será desde el lado usuarios, ya que se muestra como una facilitadora para la implementación del sistema.

## 1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es poner en marcha un sistema de registro y visualización de temperaturas para refrigeradores críticos del área salud, con el objetivo de minimizar los riesgos de pérdida de material, mantener la calidad y eficacia médica de los productos y asegurar las condiciones legales exigidas por la autoridad.

## 2. Alcance del proyecto

El presente proyecto incluye el desarrollo de sus partes fundamentales para que sea capaz de tener una vigilancia de temperatura de al menos 4 heladeras pertenecientes a distintos efectores de salud de la ciudad de Rosario. Para ello se desarrollarán y producirán las placas de circuito impreso para los sensores de temperatura, se integrarán en una caja plástica para poder ser colocados en el equipamiento a monitorear.

Se instalará y configurará en un servidor con sistema operativo GNU/Linux con distribución Debian, la dashboard Thingsboard versión Community Edition que es la versión libre de licenciamientos pero que contiene todas las funcionalidades necesarias para este proyecto.

Se configurarán reglas en la dashboard para comparar las temperaturas de los dispositivos con sus rangos para así originar las alarmas y enviar las notificaciones.



Se instalará una base de datos en el servidor central donde se almacenarán las temperaturas, y las configuraciones del sistema.

Se configurarán en la dashboard paneles para que proporcionen información de temperatura y estado para cada dispositivo conectado al sistema.

Las notificaciones de alarmas se harán por medio de la red Telegram, configurando un canal para cada efector/área.

El presente proyecto no incluye la provisión de la infraestructura de transporte de datos, esto es, los equipos para puntos de acceso a Internet y las conexiones a Internet para cada área donde estarán emplazados los sensores. Tampoco incluirá certificaciones emitidas por las autoridades competentes. Los sensores desarrollados no son aptos para su instalación en equipos ultrafreezer ( $-70^{\circ}$ ). Los sensores no almacenarán los valores de temperaturas en memorias externas tipo SD ni en la memoria interna del microcontrolador. Los sensores no usarán baterías para su funcionamiento.

### **3. Supuestos del proyecto**

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Las áreas donde se colocarán los sensores deberán disponer de una conexión a Internet.
- Para la puesta en producción, se utilizará la infraestructura de servidores de la red informática metropolitana de la ciudad de Rosario
- Los recursos humanos y el tiempo necesario para el desarrollo serán proporcionados por la Municipalidad de Rosario.
- El gasto producido por la compra de los elementos necesarios será proporcionado por la Municipalidad de Rosario.

### **4. Requerimientos**

Se presentan a continuación los requerimientos del proyecto, los mismos están presentados en funcionales y no funcionales, donde los ítems de cada requerimiento están priorizados por orden de aparición.

Estos requerimientos se obtuvieron por:

- Relevamiento de las expectativas de los usuarios.
- Relevamiento de las condiciones impuestas por el cliente.
- Estudio de los elementos electrónicos disponibles en el mercado local y extranjero.
- Ordenanza de contabilidad de la Municipalidad de Rosario.

#### **1. Requerimientos de hardware de los nodos**

- 1.1. Cada nodo estará compuesto por un microcontrolador un elemento sensor de temperatura y la electrónica asociada para su funcionamiento.
- 1.2. El microcontrolador utilizado deberá estar en fase de producción activa.
- 1.3. El microcontrolador deberá contener capa física WiFi.
- 1.4. El elemento sensor deberá tener un rango de medición entre -50 y 100 °C
- 1.5. El nodo deberá incluir en su circuito un filtro activo de 2º orden para la filtrar las componentes de alta frecuencia de la entrada de temperatura.
- 1.6. El nodo deberá incorporar indicadores luminosos de conexión con la red WiFi, conexión con el servidor central e indicador de fuera de rango de temperatura.
2. Requerimientos del software de los nodos
  - 2.1. Deberá contener un conjunto de parámetros que identifiquen de forma unívoca el sensor dentro del sistema.
  - 2.2. Los parámetros se deberán almacenar en memoria no volátil.
  - 2.3. Deberá gestionar el procesamiento de los valores de temperatura: muestreo cada segundo y promediado cada 600 segundos.
  - 2.4. Deberá incluir parámetros de calibración como offset y ganancia para su futuro contraste con un instrumento patrón.
  - 2.5. El nodo deberá incorporar una página web para configuración de parámetros específicos/calibración del sensor.
  - 2.6. Deberá incorporar un sistema de actualización remota del firmware.
  - 2.7. Deberá ser capaz de conectar distintos modelos de sensores de temperatura.
3. Requerimientos de seguridad informática
  - 3.1. La transmisión de los datos se deberá realizar con encriptación, utilizando para ello protocolos de seguridad.
  - 3.2. El acceso al sistema de visualización deberá ser con usuario y contraseña.
  - 3.3. El acceso a la página web del sensor deberá ser con usuario y contraseña.
4. Requerimientos del cliente
  - 4.1. El sistema de visualización debe incluir roles para distintos usuarios.
    - 1) Rol Administrador: podrá dar alta a usuarios y cambiar sus roles.
    - 2) Rol Jefe: podrá cambiar parámetros, visualizar series de tiempo y recibir alertas.
    - 3) Rol Operador: sólo podrá visualizar series de tiempo y recibir alertas.
  - 4.2. El sistema deberá prever la incorporación de otras variables a monitorear, que serán materia de desarrollos futuros de sensores.
  - 4.3. El sistema de visualización deberá mostrar claramente la estructura jerárquica geográfica de la empresa.
  - 4.4. El sistema deberá ser escalable para implementar nuevas áreas a monitorear.
5. Requerimientos del sistema de visualización
  - 5.1. Deberá mostrar la temperatura.
  - 5.2. Deberá mostrar el estado del dispositivo. (online/fuera de rango)
  - 5.3. Deberá mostrar la fecha y hora de la última telemetría enviada al servidor.

- 5.4. Deberá mostrar la configuración de los parámetros de alertas (rangos de temperatura).
- 5.5. Deberá mostrar una vista rápida de los sensores fuera de rango mediante plano en pantalla del área.
- 5.6. Deberá mostrar una tabla con el histórico de alarmas por cada sensor.
- 5.7. Deberá mostrar mediante gráficas la evolución de las temperaturas en el dominio del tiempo con entorno configurable.
- 5.8. Deberá mostrar el lugar de emplazamiento del dispositivo.
6. Requerimientos de las alarmas
  - 6.1. Deberá enviar las alarmas discriminadas por efector/área.
  - 6.2. Deberá enviar notificaciones ante desplazamientos de la temperatura por encima del rango.
  - 6.3. Deberá enviar notificaciones ante desplazamientos de la temperatura por debajo del rango.
  - 6.4. Deberá enviar notificaciones ante desconexiones del dispositivo sensor.
  - 6.5. Deberá enviar notificaciones ante recupero de la conexión del dispositivo sensor.
7. Requerimientos de compras
  - 7.1. Se deberá utilizar la gestión de compras directas para elementos con presupuesto menor a \$10.000.
  - 7.2. Se deberán realizar las gestiones correspondiente para realizar compras en el exterior.

## Historias de usuarios (*Product backlog*)

Se muestran a continuación, las historias de usuarios recopiladas. Al principio se presentan dos épicas y sus correspondientes desgloses emanadas de las máximas autoridades de la empresa.

La ponderación de estas historias se realizó teniendo en cuenta la complejidad y el tiempo necesario en resolverlas (criterios complejidad-volumen). Se eligió para ello una escala basada en la serie de Fibonacci desde el 0 al 13, donde el 0 representa poco esfuerzo y el 13 alto esfuerzo para lograr el objetivo.

La siguiente tabla muestra la clasificación de las funcionalidades observadas y su ponderación.

Funcionalidad solicitada	Ponderación
Visualización de temperatura	0
Gráficas en tiempo real	1
Gráficas históricas, alarmas, estados	3
Mapas, seguridad	5
Fuera del alcance de este proyecto	13

Luego, se les asignó una prioridad de resolución, teniendo como prioridad fundamental que el sistema funcione de forma ininterrumpida. Esto se aprecia en la siguiente tabla.

Descripción de las historias de usuarios

Funciones	Prioridad
Inherentes a la robustez del sistema	1
Inherentes a las notificaciones, registros y configuraciones	2
Inherentes a la visualización de datos	3
Inherentes a la seguridad	4
Sin prioridad	5

- ÉPICA: como Secretario de Salud Pública Municipal, necesito estar seguro de la buena conservación de las vacunas, para poder informar al estado provincial y nacional la disponibilidad de las mismas.

Desglose

- Como secretario de Salud Pública Municipal deseo poder visualizar en cualquier momento la temperatura de cualquier heladera con el objetivo de asegurar que no se deteriore su contenido.

Ponderación:0 Prioridad:3

- Como secretario de Salud Pública Municipal deseo poder recibir una alarma si alguna de las heladeras superan la temperatura de 4 grados centígrados con el objetivo de poder actuar rápidamente y que no se deterioren las vacunas.

Ponderación:3 Prioridad:2

- Como secretario de Salud Pública Municipal deseo poder visualizar en cualquier momento cuántas vacunas hay por heladera con el fin de saber si se pueden reubicar vacunas ante una eventual falla de alguna heladera.

Ponderación:13 Prioridad:5

- ÉPICA: como Director de Infraestructura Hospitalaria, deseo conocer si algún efector de la red presenta problemas en los refrigeradores críticos y así direccionar las acciones necesarias para su corrección.

Desglose

- Como Director de Infraestructura Hospitalaria, necesito visualizar mediante un mapa interactivo el estado de todos los refrigeradores para poder diagramar las acciones de corrección necesarias.

Ponderación:5 Prioridad:3

- Como Director de Infraestructura Hospitalaria, necesito recibir notificaciones de las anomalías de los equipos de refrigeración para poder indagar a los responsables de la situación.

Ponderación:3 Prioridad:3

- ÉPICA: como Director de Infraestructura Hospitalaria, deseo que a este sistema se le puedan adicionar otras variables físicas para tener un panel de control completo de todo el equipamiento a mi cargo.

Desglose

- Como Director de Infraestructura Hospitalaria, deseo conocer el nivel de los tanques de agua de todos los efectores de la Municipalidad, para prevenir posibles faltantes de este elemento primordial.

Ponderación: 13 Prioridad:5

- Como Director de Infraestructura Hospitalaria, deseo conocer el estado de los filtros HEPA de los equipos de aire acondicionado de todos los efectores de la Municipalidad, para poder programar su compra y recambio.

Ponderación: 13 Prioridad:5

- Como responsable de mantenimiento necesito conocer la evolución de las temperaturas de los refrigeradores en los últimos 6 meses, para estimar las intervenciones preventivas en tales equipos.

Ponderación: 3 Prioridad:3

- Como operario de mantenimiento necesito que el sistema me envíe inmediatamente un alerta a mi teléfono si hay algún apartamiento de temperaturas, para solucionar rápidamente el desperfecto.

Ponderación:3 Prioridad:2

- Como encargado de mantenimiento electrónico, necesito saber cuándo un sensor deja de funcionar para inmediatamente proceder a su reparación.

Ponderación:3 Prioridad:1

- Como encargado de mantenimiento electrónico, necesito poder visualizar el último dato de temperatura enviado al servidor para comprobar la completitud de los datos almacenados

Ponderación:3 Prioridad:1

- Como jefe de seguridad informática, necesito que la comunicación de los sensores se haga con mecanismos de encriptación, para proteger los datos de posibles cambios por intromisiones no deseadas.

Ponderación:5 Prioridad:4

- Como Director de farmacia desearía que el acceso al sistema de visualización sea con usuario y contraseña para poder definir roles de usuarios.

Ponderación:5 Prioridad:4

- Como director de Bioingeniería, debería tener acceso a los datos históricos de temperatura para evaluar el funcionamiento a largo plazo de los equipos de refrigeración.

Ponderación:3 Prioridad:3

- Como director de Bioingeniería, desearía poder visualizar una tabla con los históricos de alarmas para evaluar la cantidad de fallos de los equipos de refrigeración.

Ponderación:3 Prioridad:3

- Como jefa de droguería, necesito tener en pantalla el registro histórico de temperaturas de la última semana para visualizar si los productos perdieron la cadena de frío.

Ponderación:1 Prioridad:2

- Como jefa de droguería, necesito tener acceso a cambiar los rangos de temperatura para poder almacenar diferentes productos en diferentes refrigeradores según las necesidades.  
Ponderación:3 Prioridad:2
- Como técnico hemoterapista de guardia, necesito obtener el registro de las últimas 24 hs de temperaturas para entregar mi guardia con los productos asegurados en su cadena de frío.  
Ponderación:1 Prioridad:2
- Como operario de droguería, necesito que el sistema registre las temperaturas cada 10 minutos para evitar los olvidos y las imprecisiones del registro manual.  
Ponderación:0 Prioridad:2

## 5. Entregables principales del proyecto

- Manual de uso
- Diagrama esquemático del circuito electrónico del nodo.
- Código fuente del firmware de los nodos.
- 4 placas de PCB sensores de temperatura con el firmware instalado y configurado.
- Imagen del servidor central con todos los servicios, programas y configuraciones correspondientes.
- Diagrama de instalación
- Informe final

## 6. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación general. (46 hs)
  - 1.1. Definiciones de alcances, requerimientos y presupuestos. (9 hs).
  - 1.2. Selección de efectores donde colocar los prototipos. (3 hs).
  - 1.3. Selección de usuarios que harán las pruebas del prototipo. (3 hs).
  - 1.4. Charlas previas con los usuarios seleccionados para explicar el porqué de la implementación y así facilitar su adopción. (6 hs)
  - 1.5. Estudio y selección de las dashboards disponibles. (10 hs).
  - 1.6. Escritura del plan de trabajo final. (15 hs).

2. Planificación y desarrollo del circuito electrónico y PCB del sensor. (69 hs).
  - 2.1. Estudio y selección de sensores de temperatura. (2 hs).
  - 2.2. Estudio, cálculo y simulación del filtro activo para el sensor de temperatura. (6 hs).
  - 2.3. Desarrollo y pruebas del circuito sensor-filtro activo. (15 hs).
  - 2.4. Investigación de los microcontroladores aptos para el proyecto. (4 hs).
  - 2.5. Investigación de las bibliotecas disponibles para el microcontrolador seleccionado. (4 hs).
  - 2.6. Desarrollo de la placa PCB del sensor. (30 hs).
  - 2.7. Montaje de los componentes en 4 placas PCB. (8 hs).
3. Planificación y desarrollo del firmware del sensor 235. (hs).
  - 3.1. Estudio del funcionamiento de las bibliotecas para conectividad WiFi del microcontrolador. (15 hs).
  - 3.2. Estudio y elaboración de los certificados TLS. (10 hs).
  - 3.3. Desarrollo de las funciones de comunicación utilizando protocolo de seguridad. (40 hs).
  - 3.4. Pruebas y depuración de errores en la conexión y transporte del dato al servidor central. (40 hs).
  - 3.5. Desarrollo de las funciones de procesamiento de la variable medida. (15 hs).
  - 3.6. Desarrollo de la página web de configuración. (35 hs).
  - 3.7. Prueba del conjunto. (40 hs).
  - 3.8. Depuración de errores. (40 hs).
4. Instalación y configuración del sistema operativo del servidor central. (16 hs).
  - 4.1. Armado de máquina virtual en ESXi e instalación del sistema operativo Linux/Debian 8.0. (8 hs).
  - 4.2. Instalación y configuración de usuarios, permisos y servicios esenciales. (8 hs).
5. Instalación y configuración de la dashboard en el servidor central. (123 hs).
  - 5.1. Instalación de la dashboard y su base de datos asociada. (8 hs).
  - 5.2. Aprendizaje del uso de la dashboard. (25 hs).
  - 5.3. Creación y configuración de permisos de los usuarios a la dashboard. (10 hs).
  - 5.4. Creación de los paneles para usuarios administradores, jefes y operadores. (40 hs).
  - 5.5. Prueba y depuración de errores del conjunto. (40 hs).
6. Gestión de las notificaciones. (84 hs).
  - 6.1. Creación de canales en Telegram. (2 hs).
  - 6.2. Instalación de app Telegram en usuarios seleccionados para prueba. (2 hs).
  - 6.3. Creación de la cadena de reglas en dashboard para el envío de alarmas. (20 hs).
  - 6.4. Creación de la cadena de reglas en dashboard para mostrar el estado del dispositivo. (20 hs).
  - 6.5. Pruebas de alarmas de baja y alta temperatura. (20 hs).
  - 6.6. Pruebas de alarmas de offline y online de los dispositivos. (20 hs).

- 7. Verificación de todas las funcionalidades. (30 hs).
  - 7.1. Verificación del cumplimiento de los requerimientos. (30 hs).
- 8. Cierre. (76 hs)
  - 8.1. Escritura de la documentación para usuarios. (16 hs).
  - 8.2. Escritura de la memoria final. (40 hs).
  - 8.3. Elaboración de la presentación. (20 hs).

Cantidad total de horas: 663 hs

## **7. Diagrama de Activity On Node**

A continuación se muestra el diagrama de actividades, donde la unidad de tiempo está expresada en horas. En color rojo se puede observar el camino crítico.



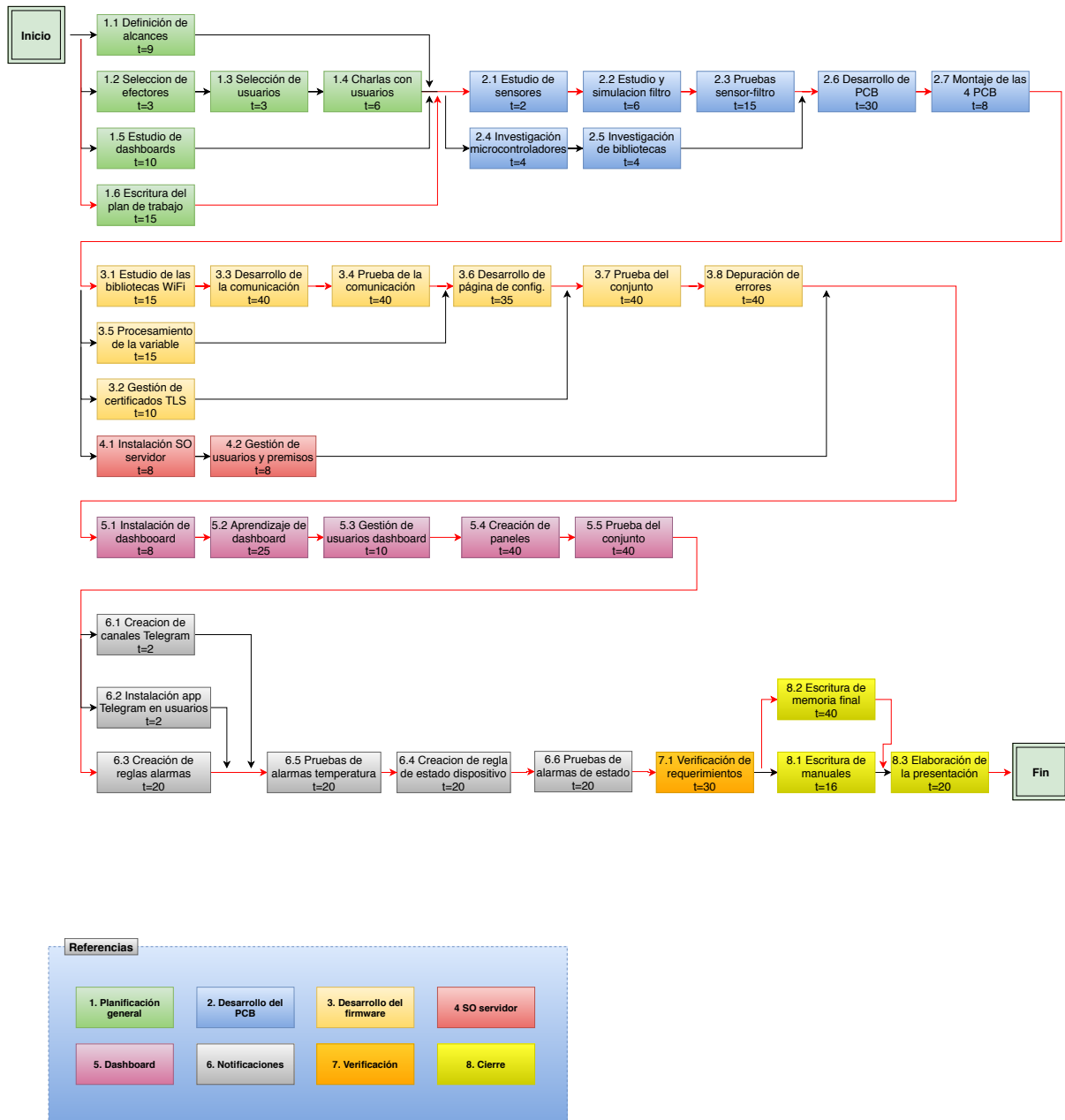


Figura 2. Diagrama *Activity on Node*

## 8. Diagrama de Gantt

En la figura 3 se aprecia la tabla del desglose de actividades con sus fechas de inicio y fin, duración y tareas predecesoras.

En las figuras 4 y 5 se observa el diagrama de gantt. Para la elaboración del mismo, se tomó una jornada de trabajo de 4 horas diarias y se ajustó el calendario para exceptuar el mes de enero de 2021.

WBS	Nome	Durata	Inizio	Fine	Predecessori
1	☐ <b>Planificación general</b>	3.75giorni	08/25/2020 08:00	08/28/2020 11:00	
1.1	Definiciones de alcances, requerimientos y presupuestos.	9ore	08/25/2020 08:00	08/27/2020 09:00	
1.2	Selección de efectores donde colocar los prototipos	3ore	08/25/2020 08:00	08/25/2020 11:00	
1.3	Selección de usuarios que harán las pruebas del prototipo	3ore	08/25/2020 11:00	08/26/2020 10:00	3
1.4	Charlas previas con los usuarios seleccionados	6ore	08/26/2020 10:00	08/27/2020 12:00	4
1.5	Estudio y selección de las dashboards disponibles	10ore	08/25/2020 08:00	08/27/2020 10:00	
1.6	Escritura del plan de trabajo	15ore	08/25/2020 08:00	08/28/2020 11:00	
2	☐ <b>Planificación y desarrollo del circuito y PCB</b>	15.25giorni	08/28/2020 11:00	09/18/2020 12:00	
2.1	Estudio y selección de sensores de temperatura	2ore	08/28/2020 11:00	08/31/2020 09:00	5,6,7,2
2.2	Estudio, cálculo y simulación del filtro activo	6ore	08/31/2020 09:00	09/01/2020 11:00	9
2.3	Desarrollo y pruebas del circuito sensor-filtro	15ore	09/01/2020 11:00	09/07/2020 10:00	10
2.4	Investigación de los microcontroladores aptos para el proyecto	4ore	08/28/2020 11:00	08/31/2020 11:00	5,6,7,2
2.5	Investigación de las bibliotecas disponibles para el microcontrolador seleccionado	4ore	08/31/2020 11:00	09/01/2020 11:00	12
2.6	Desarrollo de la placa PCB del sensor	30ore	09/07/2020 10:00	09/16/2020 12:00	11,13
2.7	Montaje de los componentes en 4 placas PCB	8ore	09/17/2020 08:00	09/18/2020 12:00	14
3	☐ <b>Planificación y desarrollo del firmware del sensor</b>	52.5giorni	09/21/2020 08:00	12/02/2020 10:00	
3.1	Estudio y funcionamiento de las bibliotecas para conectividad WIFI del microcontrolador	15ore	09/21/2020 08:00	09/24/2020 11:00	15
3.2	Estudio y elaboración de los certificados TLS.	10ore	09/21/2020 08:00	09/23/2020 10:00	15
3.3	Desarrollo de las funciones de comunicación utilizando protocolo de seguridad.	40ore	09/24/2020 11:00	10/08/2020 11:00	17
3.4	Pruebas y depuración de errores en la conexión y transporte del dato al servidor central	40ore	10/08/2020 11:00	10/22/2020 11:00	19
3.5	Desarrollo de las funciones de procesamiento de la variable medida	15ore	09/21/2020 08:00	09/24/2020 11:00	15
3.6	Desarrollo de la página web de configuración.	35ore	10/22/2020 11:00	11/04/2020 10:00	20,21
3.7	Prueba del conjunto.	40ore	11/04/2020 10:00	11/18/2020 10:00	22,18
3.8	Depuración de errores.	40ore	11/18/2020 10:00	12/02/2020 10:00	23
4	☐ <b>Instalación y configuración del sistema operativo del servidor central.</b>	4giorni	09/21/2020 08:00	09/24/2020 12:00	
4.1	Armado de máquina virtual ESXI e instalación del sistema operativo Linux/Debian 8.0	8ore	09/21/2020 08:00	09/22/2020 12:00	15
4.2	Instalación y configuración de usuaio, permisos y servicios esenciales.	8ore	09/23/2020 08:00	09/24/2020 12:00	26
5	☐ <b>Instalación y configuración de la dashboard en el servidor central.</b>	30.75giorni	12/02/2020 10:00	02/12/2021 09:00	
5.1	Instalación de la dashboard y su base de datos asociada.	8ore	12/02/2020 10:00	12/04/2020 10:00	24,27
5.2	Aprendizaje del uso de la dashboard.	25ore	12/04/2020 10:00	12/14/2020 11:00	29
5.3	Creación y configuración de permisos de los usuarios a la dashboard.	10ore	12/14/2020 11:00	12/17/2020 09:00	30
5.4	Creación de los paneles para usuarios administradores, jefes y operadores.	40ore	12/17/2020 09:00	01/01/2021 09:00	31
5.5	Prueba y depuración de errores del conjunto.	40ore	01/01/2021 09:00	02/12/2021 09:00	32
6	☐ <b>Gestión de las notificaciones.</b>	20giorni	02/12/2021 09:00	03/12/2021 09:00	
6.1	Creación de canales en Telegram.	2ore	02/12/2021 09:00	02/12/2021 11:00	33
6.2	Instalación de app Telegram en usuarios seleccionados para prueba.	2ore	02/12/2021 09:00	02/12/2021 11:00	33
6.3	Creación de la cadena de reglas en dashboard para el envío de alarmas.	20ore	02/12/2021 09:00	02/19/2021 09:00	33
6.4	Creación de la cadena de reglas en dashboard para mostrar el estado del dispositivo.	20ore	02/26/2021 09:00	03/05/2021 09:00	39
6.5	Pruebas de alarmas de baja y alta temperatura.	20ore	02/19/2021 09:00	02/26/2021 09:00	35,36,37
6.6	Pruebas de alarmas de offline y online de los dispositivos.	20ore	03/05/2021 09:00	03/12/2021 09:00	38
7	☐ <b>Verificación de todas las funcionalidades.</b>	7.5giorni	03/12/2021 09:00	03/23/2021 11:00	
7.1	Verificación del cumplimiento de los requerimientos.	30ore	03/12/2021 09:00	03/23/2021 11:00	40
8	☐ <b>Cierre.</b>	15giorni	03/23/2021 11:00	04/13/2021 11:00	
8.1	Escritura de manuales para usuarios.	16ore	03/23/2021 11:00	03/29/2021 11:00	42
8.2	Escritura de la memoria final.	40ore	03/23/2021 11:00	04/06/2021 11:00	42
8.3	Elaboración de la presentación.	20ore	04/06/2021 11:00	04/13/2021 11:00	44,45

Figura 3. *Tabla de actividades*

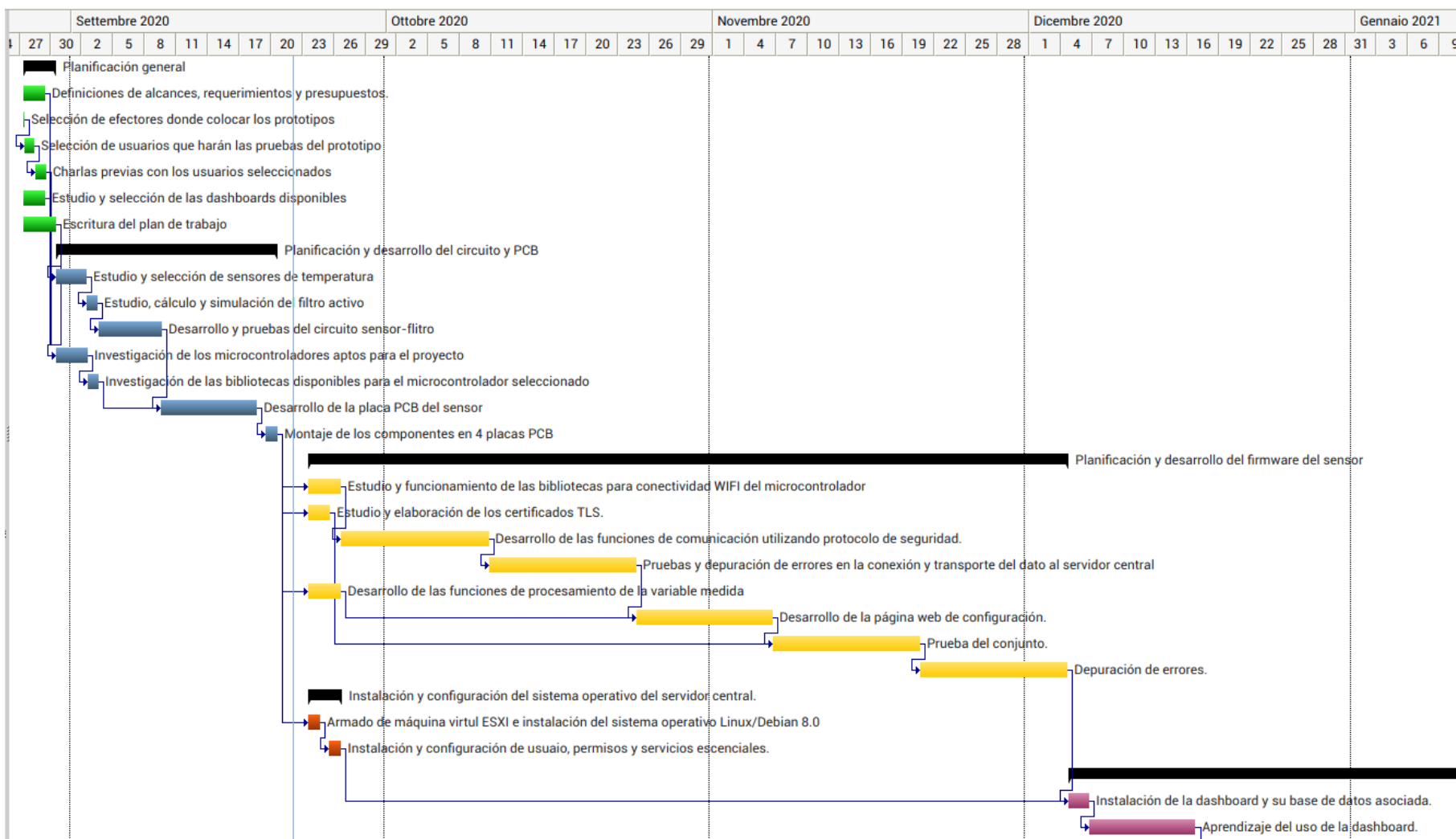


Figura 4. Diagrama de gantt parte 1/2

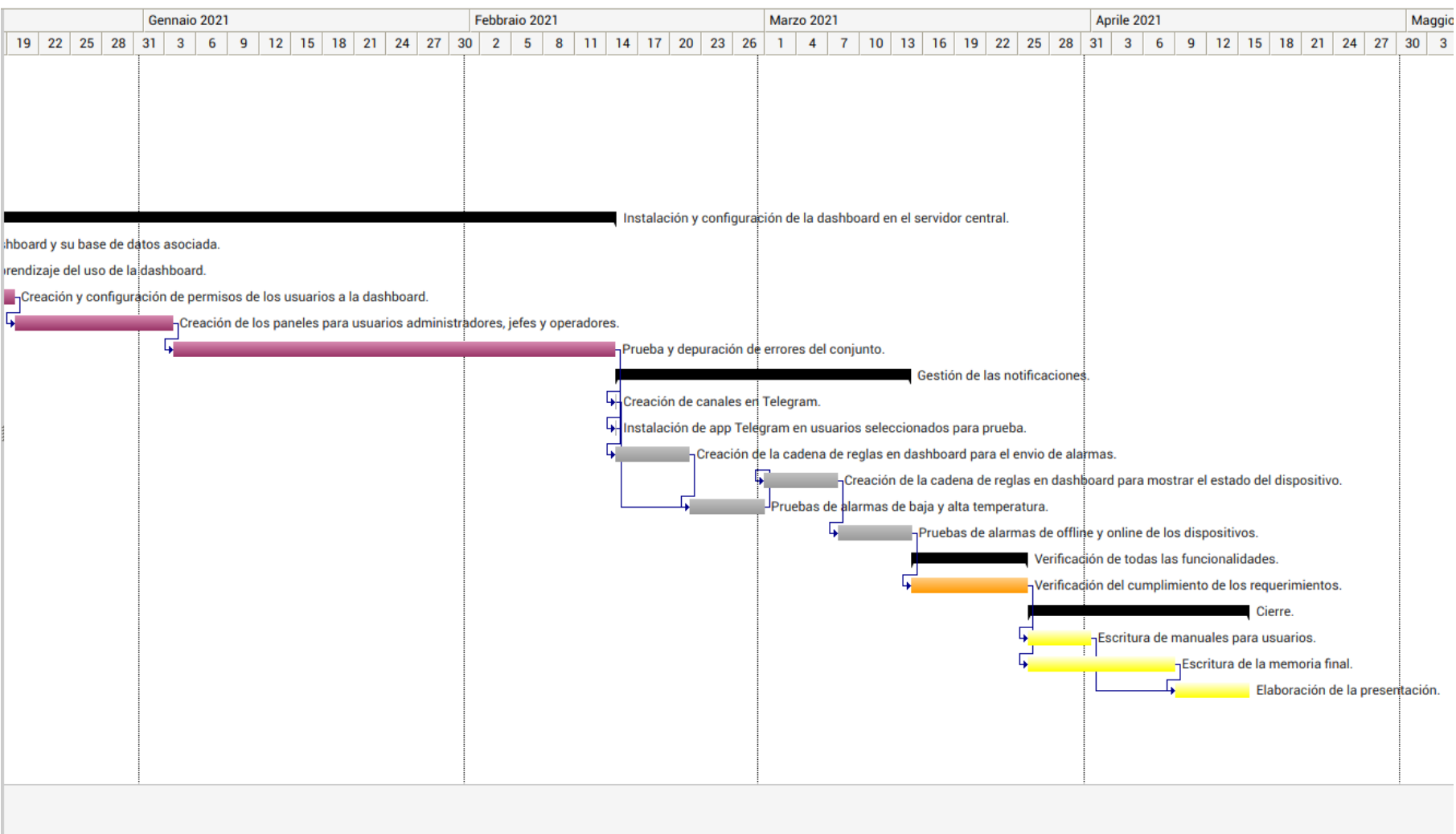


Figura 5. Diagrama de gantt parte 2/2

## 9. Matriz de uso de recursos de materiales

En la tabla 1, se visualiza la utilización de los recursos. Las cantidades están expresadas en horas.

Descripción de los recursos necesarios.

PC desktop: será una computadora de escritorio con sistema operativo Ubuntu 20.04 con las utilidades de oficina instaladas.

- Texmaker
- LibreOffice.
- Chrome con extensión Gantter.
- Git.

Laboratorio: estará compuesto por herramientas e instrumental para desarrollo y armado de placas electrónicas.

- Osciloscopio.
- Estación de soldadura/desoldadura.
- Generador de ondas arbitrarias.
- Fuente de alimentación.
- Multímetro de banco.
- PC de desarrollo con las utilidades requeridas, Visual Studio Code, Matlab, Git.
- Módulos nodeMCU con microcontroladores ESP8266.
- Red WiFi con permisos de administración.

Servidor: un hardware de servidor donde se instalará la dashboard. Deberá poseer al menos 4 Gb de memoria RAM y capacidad de almacenamiento en disco rígido de al menos 30 Gb.

Sala de reuniones: espacio de trabajo para albergar al menos un grupo de 10 personas, deberá poseer pantalla y computadora con conexión a Internet.

Teléfono móvil: un teléfono propio para hacer las pruebas de recepción de alarmas.

Código WBS	Nombre tarea	Recursos requeridos (horas)				
		PC desktop	Laboratorio	Servidor	Sala reuniones	Teléfono móvil
1.1	Definición de alcances	9				
1.2	Selección de efectores				3	
1.3	Selección de usuarios				3	
1.4	Charlas con usuarios				6	
1.5	Estudio de dashboards	10				
1.6	Escritura del plan de trabajo	15				
2.1	Estudio de sensores	2				
2.2	Estudio y simulación filtro		6			
2.3	Pruebas sensor filtro		15			
2.4	Investigación microcontroladores	4				
2.5	Investigación bibliotecas	4				
2.6	Desarrollo PCB		30			
2.7	Montaje PCB		8			
3.1	Estudio bibliotecas WiFi	15				
3.2	Gestión de certificados TLS	10				
3.3	Desarrollo comunicación		40			
3.4	Prueba comunicación		40			
3.5	Procesamiento variable		15			
3.6	Desarrollo página configuración		35			
3.7	Prueba del conjunto		40			
3.8	Depuración de errores		40			
4.1	Instalación SO servidor			8		
4.2	Gestión de usuarios y permisos			8		
5.1	Instalación dashboard	4		4		
5.2	Aprendizaje uso dashboard	15		10		
5.3	Gestión usuarios dashboard	5		5		
5.4	Creación de paneles	20		20		
5.5	Prueba del conjunto	20		20		
6.1	Creación canales Telegram	2				
6.2	Instalación app Telegram					2
6.3	Creación reglas de alarmas	10		10		
6.4	Creación reglas de estado	10		10		
6.5	Prueba alarma temperatura	15				5
6.6	Prueba alarma estado	15				5
7.1	Verificación de requerimientos	20		5		5
8.1	Escritura de manuales	16				
8.2	Escritura de memoria final	40				
8.3	Elaboración de la presentación	20				

Cuadro 1. *Tabla de asignación de recursos*

## 10. Presupuesto detallado del proyecto

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Horas de ingeniería	663	800	530400
Fabricación de PCB	10	800	8000
Componentes electrónicos para un nodo	10	1500	15000
Cables y conectores	1	4500	4500
Cajas plásticas	10	300	3000
Estaño 60/40 250gr	1	1500	1500
SUBTOTAL			562400
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
30 % de los costos directos	1	168720	168720
SUBTOTAL			168720
TOTAL			731120

## 11. Matriz de asignación de responsabilidades

En el cuadro 2 se muestra la matriz de asignación de responsabilidades y el manejo de la autoridad.

Referencias:

- P = Responsabilidad Primaria
- S = Responsabilidad Secundaria
- A = Aprobación
- I = Informado
- C = Consultado



Código WBS	Nombre de la tarea	Listar todos los nombres y roles del proyecto			
		Responsable Marcelo Castello	Director Juan José Salerno	Impulsor Roberto Collelo	Cliente Edgardo Marino
1.1	Definición de alcances	P	A		A
1.2	Selección de efectores	S	I		A
1.3	Selección de usuarios	S	I		A
1.4	Charlas con usuarios	P	I		I
1.5	Estudio de dashboards	P	I		
1.6	Escritura del plan de trabajo	P	A		A
2.1	Estudio de sensores	P		C	
2.2	Estudio y simulación filtro	P	C		
2.3	Pruebas sensor filtro	P	A		A
2.4	Investigación microcontroladores	P	I	C	
2.5	Investigación bibliotecas	P	I	C	
2.6	Desarrollo PCB	P	I	C	
2.7	Montaje PCB	P	A		I
3.1	Estudio bibliotecas WiFi	P	I	C	
3.2	Gestión de certificados TLS	P			
3.3	Desarrollo comunicación	P	I		
3.4	Prueba comunicación	P	A		I
3.5	Procesamiento variable	P	I	C	
3.6	Desarrollo página configuración	P	I	C	
3.7	Prueba del conjunto	P	A		A
3.8	Depuración de errores	P	A		
4.1	Instalación SO servidor	P	I		
4.2	Gestión de usuarios y permisos	P	I		
5.1	Instalación dashboard	P	I		
5.2	Aprendizaje uso dashboard	P	I		
5.3	Gestión usuarios dashboard	P	I		
5.4	Creación de paneles	P	C	C	C
5.5	Prueba del conjunto	P	A		A
6.1	Creación canales Telegram	P	I		
6.2	Instalación app Telegram	S	I		
6.3	Creación reglas de alarmas	P	I		
6.4	Creación reglas de estado	P	I		
6.5	Prueba alarma temperatura	P	A		I
6.6	Prueba alarma estado	P	A		I
7.1	Verificación de requerimientos	P	A		A
8.1	Escritura de manuales	P	A		A
8.2	Escritura de memoria final	P	A		I
8.3	Elaboración de la presentación	P	A		I

Cuadro 2. Matriz de asignación de responsabilidades

## 12. Gestión de riesgos

Se describen los riesgos para el desarrollo del proyecto y su plan de mitigación.

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

Riesgo 1: El panel de control seleccionado no cubre las necesidades básicas. Si el sistema de visualización, no permite configurar la estructura jerárquica geográfica o no posee la capacidad de generar roles para distintos usuarios, se deberá optar por otra solución, lo que atrasará de manera grave el proyecto.

- Severidad (S): 8. El riesgo es alto, ya que no podremos cumplir con los requerimientos del cliente.
- Ocurrencia (O): 3. Si se verifican los requerimientos del cliente, la ocurrencia de este riesgo será baja. Para ello se debe invertir un tiempo razonable en el estudio de las soluciones disponibles.

Riesgo 2: Error en el diseño del circuito electrónico. Implicaría indefectiblemente un error en el diseño del PCB.

- Severidad (S): 10. Muy severo ya produciría un mal funcionamiento.
- Ocurrencia (O): 4. Se asigna esta ocurrencia ya que se harán las pruebas necesarias para depurar los errores.

Riesgo 3: Error en la elección del microcontrolador. Es grave si el error es inherente a la capacidad de RAM o la capacidad de la memoria de programa.

- Severidad (S): 3. Se da este valor al asegurar que posea todos los recursos físicos suficientes.
- Ocurrencia (O): 1. Se verificará que el dispositivo tenga suficientes recursos para el desarrollo de la aplicación.

Riesgo 4: Falla del firmware. Fallas reiteradas en el firmware del nodo, ocasionará un atraso en la ejecución del proyecto, por lo que se deberá tener muy en cuenta al hacer su desarrollo.

- Severidad (S): 7. Un error de este tipo causará un funcionamiento inestable o no fiable del sistema.
- Ocurrencia (O): 7. Se considera este número debido a la dificultad en el desarrollo del firmware.

Riesgo 5: Atraso en la fabricación del PCB. Se preve que la fabricación sea derivada a un proveedor externo al país. Si bien no se tiene conocimiento de atrasos en la entrega, al ser un artículo importado, requiere de una previsión por el eventual cambio en las reglas de importación.

- Severidad (S): 10 Se considera muy grave, ya que no podrá seguir adelante el proyecto

- Ocurrencia (O): 5. Se asigna este valor ya que la fabricación depende de la importación del producto.

Riesgo 6: Error en el diseño del PCB. Se confiará la fabricación del PCB a un proveedor que haga una evaluación primaria del diseño, esto permite descubrir errores groseros y solucionarlos antes de su fabricación.

- Severidad (S): 4. Puede ser grave si el error se propaga a todos los componentes del circuito (falla en las pistas de alimentación o errores groseros).
- Ocurrencia (O): 5. Se asigna esta probabilidad ya que es bastante común alguna falla en el diseño que resulta de sencilla resolución.

**b) Tabla de gestión de riesgos:**

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
1	8	3	24	-	-	-
2	10	4	40	9	1	9
3	3	1	3	-	-	-
4	7	7	49	9	3	27
5	10	5	50	3	4	12
6	4	5	20	-	-	-

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean igual o mayores a 35

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: Se trabajará utilizando una placa de armado de prototipos. Luego se pasará a una placa PCB intermedia realizada en forma casera, con la ventaja de tener todos los componentes electrónicos soldados a la misma, evitando así los falsos contactos tan comunes en las placas prototipo.

- Severidad (S):9. No se modifica
- Probabilidad de ocurrencia (O):1. Se espera que con la aplicación de este plan, el riesgo disminuya sustancialmente.

Riesgo 4: Se trabajará sobre la prueba y depuración de cada uno de los módulos de software que intervienen. Se pondrá el sistema a prueba durante un tiempo razonable hasta lograr la estabilidad. Durante este tiempo se harán las modificaciones necesarias.

- Severidad (S):9. No se modifica
- Probabilidad de ocurrencia (O):3. Haciendo depuraciones y pruebas exhaustivas, se espera una baja probabilidad de fallas.

Riesgo 5: Se tratará de tener proveedores locales sustitutos aunque represente un aumento en los costos finales.

- Severidad (S):3. Con proveedores locales, no hay demoras en el proceso de importación.
- Probabilidad de ocurrencia (O):4. De ser necesario, se espera que los proveedores locales entreguen el trabajo a tiempo.

### 13. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: copiar acá el requerimiento.

Verificación y validación:

- 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.

### 14. Comunicación del proyecto

El plan de comunicación del proyecto es el siguiente:

PLAN DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO					
¿Qué comunicar?	Audiencia	Propósito	Frecuencia	Método de comunicac.	Responsable

### 15. Gestión de compras

En caso de tener que comprar elementos o contratar servicios: a) Explique con qué criterios elegiría a un proveedor. b) Redacte el Statement of Work correspondiente.

## 16. Seguimiento y control

Para cada tarea del proyecto establecer la frecuencia y los indicadores con los se seguirá su avance y quién será el responsable de hacer dicho seguimiento y a quién debe comunicarse la situación (en concordancia con el Plan de Comunicación del proyecto).

El indicador de avance tiene que ser algo medible, mejor incluso si se puede medir en % de avance. Por ejemplo, se pueden indicar en esta columna cosas como “cantidad de conexiones ruteadas” o “cantidad de funciones implementadas”, pero no algo genérico y ambiguo como “%”, porque el lector no sabe porcentaje de qué cosa.

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.
1.1	Fecha de inicio	Única vez al comienzo	Marcelo Castello	Edgardo Marino, Juan José Salerno	email
2.1	Avance de las sub-tareas	Mensual mientras dure la tarea	Marcelo Castello	Edgardo Marino, Juan José Salerno	email

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.

## 17. 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 utilizaron, 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.