



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

Red de sensores inalámbricos en invernaderos e indoors automatizados

Autor:

Ing. Maximiliano Sarli

Director:

Mg. Ing. Gonzalo Sanchez (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 25 de agosto de 2020 y el 13 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.	6
1. Propósito del proyecto.	7
2. Alcance del proyecto	7
3. Supuestos del proyecto.	7
4. Requerimientos	8
Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>)	9
5. Entregables principales del proyecto	9
6. Desglose del trabajo en tareas	9
7. Diagrama de Activity On Node	10
8. Diagrama de Gantt.	11
9. Matriz de uso de recursos de materiales	16
10. Presupuesto detallado del proyecto	18
11. Matriz de asignación de responsabilidades	18
12. Gestión de riesgos.	19
13. Gestión de la calidad	20
14. Comunicación del proyecto	20
15. Gestión de compras.	20
16. Seguimiento y control.	20
17. Procesos de cierre.	21

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	02/11/2020
1.1	Avances hasta definición de requerimientos	04/11/2020
1.2	Cierre primer entregable con WBS terminada	06/11/2020
1.3	Correcciones de la primer entrega e historias de usuarios	06/11/2020
1.4	Tercer entrega y correcciones detectadas	21/11/2020

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 25 de agosto de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Ing. Maximiliano Sarli que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Red de sensores inalámbricos en invernaderos e indoors automatizados”, consistirá en el desarrollo de un sistema de control inalámbrico y de bajo costo para invernaderos y/o indoors domésticos, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 603 hs de trabajo y \$5.345, con fecha de inicio 25 de agosto de 2020 y fecha de presentación pública 23 de agosto de 2021.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Pablo Lodetti
Wentux

Mg. Ing. Gonzalo Sanchez
Director del Trabajo Final

Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

La empresa Wentux ha desarrollado un sistema de control para invernaderos y/o indoors domésticos de bajo costo y que requiere mínimo conocimiento técnico y electrónico para su instalación y puesta en funcionamiento. Este sistema, controla y monitorea variables como humedad, temperatura, ventilación, riego, calefacción, co2 e iluminación. Las distintas variables de control se visualizan mediante un dispositivo móvil o una computadora.

En la actualidad, en el sistema de control, los diversos sensores se conectan a través de cables a un sistema embebido central que procesa la información recibida. La solución actual, atenta contra la comodidad y simpleza de instalación que la empresa tiene como objetivo en sus equipos. Por tal motivo, se tiene como propósito, reemplazar el cableado por una red de sensores inalámbrica (Wireless Sensor Network), por la cual se envíen los datos recolectados de los cultivos al dispositivo embebido central.

Esta solución deberá ser flexible y de fácil adaptación a cualquier tipo de invernadero y/o indoor, así como también, deberá implementar funciones de ahorro de energía para alargar la vida útil de las baterías utilizadas en cada sensor inalámbrico. Cada sensor inalámbrico (de ahora en más "nodo"), estará compuesto por un conjunto de componentes: microcontrolador, módulo inalámbrico, sensor y batería. Estos nodos, se comunicarán con la central a través de la red inalámbrica, usando un protocolo de comunicación entre ellos, cuya creación y método de encriptado forma parte del desarrollo de la solución.

En la Figura 1 se observa el diagrama de bloques de la solución a abordar. Como se mencionó anteriormente, se pueden observar los distintos nodos de la red de sensores inalámbrica, compuestos por el conjunto de componentes detallado. Estos nodos se comunicarán con otro nodo central que estará embebido en el sistema de control que ya tiene desarrollado Wentux, con el cual deberán comunicarse usando el protocolo de comunicación a desarrollar.

El nodo central no tendrá una batería ni ningún tipo de sensor. Este nodo se utilizará como receptor "maestro" que recibirá toda la información obtenida de los distintos nodos, y a su vez, como emisor "maestro" para dar instrucciones a los nodos de su red, o bien, para configurar valores en cada nodo. Finalmente, el nodo maestro es quien hará disponible la información recavada de los nodos en el dispositivo móvil o computadora.

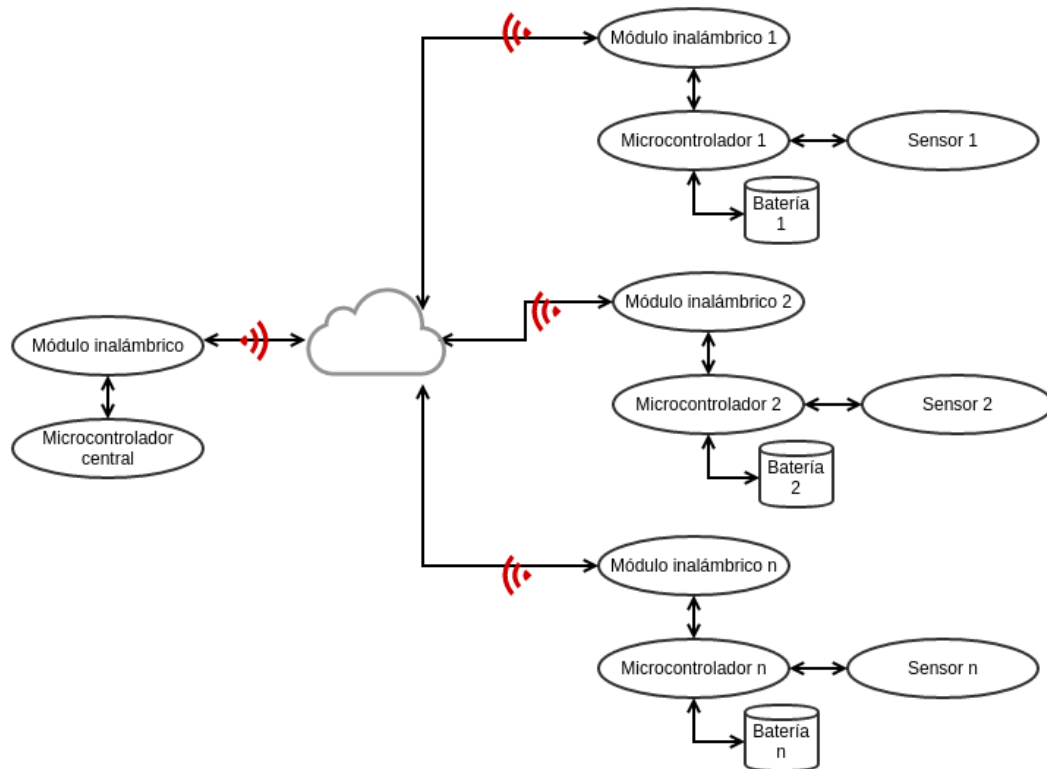


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

Identificación y análisis de los interesados

- Cliente Pablo Lodeti: CEO de Wentux. Desarrolló el actual producto que tiene la empresa .
- Colaborador Raúl Palavecino: Estudiante de la carrera ingeniería en electrónica y persona con experiencia en embebidos.
- Orientador Gonzalo Sanchez: Magister en sistema embebidos con experiencia en el microcontrolador a utilizar.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Pablo Lodetti	Wentux	CEO
Responsable	Ing. Maximiliano Sarli	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Raúl Palavecino	-	Estudiante ingeniería electrónica
Orientador	Mg. Ing. Gonzalo Sanchez	FIUBA	Director Trabajo final
Usuario final	Productores e independientes pequeña/mediana escala. Agricultura, frutihortícola, plantas ornamentales. Profesionales dedicados a climatizar recintos para diversos usos.	-	-

1. Propósito del proyecto

El propósito del proyecto es desarrollar una red de sensores inalámbrica para eliminar las incomodidades y restricciones que genera el cableado actual que tienen los equipos. De esta forma, la nueva red de sensores inalámbrica beneficiará la instalación y la comodidad en el uso diario de los equipos.

2. Alcance del proyecto

El proyecto incluye el desarrollo del firmware para la comunicación de los nodos con la central, prueba de prototipo funcional y su puesta en funcionamiento en una pequeña planta dentro de las instalaciones del taller o en planta modelo montada por colaborador para pruebas, que simule el invernadero a controlar. También se incluye el desarrollo del hardware del conjunto microcontrolador, sensor, batería y módulo inalámbrico (nodos).

El proyecto no incluye la puesta en funcionamiento en campo y posterior mantenimiento .

3. Supuestos del proyecto

- El cliente proveerá los fondos para la compra de sensores, actuadores y materiales varios para desarrollar la red de sensores.

- El cliente deberá proveer un equipo funcionando con el cual la red de sensores deberá comunicarse.
- El cliente proveerá un entorno o invernadero/indoor piloto de prueba.

4. Requerimientos

Los requerimientos surgen del análisis realizado a la propuesta y relevamiento de proyecto que envía el cliente. Se detallan a continuación, agrupados por afinidad y se indica en cada uno su prioridad, siendo [0] la más alta y [3] la más baja.

1. Grupo de requerimientos asociados con comunicación

- 1.1. Cada nodo deberá enviar la información tomada del sensor a la central. El período de muestreo deberá ser configurable desde la central. Cada mensaje hacia la central tendrá un máximo de 10 bytes [0].
- 1.2. Se deberá desarrollar un protocolo de comunicación entre la central y los nodos [0].
- 1.3. Los nodos tendrán un sistema de reintento de envío de información a la central en caso de falla en la misma [2].
- 1.4. Los nodos almacenarán en memoria interna información no enviada hasta que la misma se envíe en un reintento[3].
- 1.5. La comunicación deberá estar protegida mediante un algoritmo de encriptación para que no sea alterada externamente [3].

2. Grupo de requerimientos asociados con alimentación

- 2.1. Los nodos estarán alimentados por batería como fuente eléctrica, el rango de tensión admisible será de 1.9v a 3.3v. La tensión nominal será de 3.3v. La batería deberá durar 30 días como mínimo [0].
- 2.2. Se deberá desarrollar una función de ahorro de batería en los nodos [1].

3. Grupo de requerimientos asociados con generalidades del proyecto

- 3.1. Cada nodo estará compuesto por un conjunto de microcontrolador, módulo inalámbrico, sensor y batería. El sistema tendrá un máximo de 4 sensores y la distancia máxima a la central será de 15 metros [0].
- 3.2. El sistema debe permitir instalarse en cualquier invernadero o indoor [2].

4. Grupo de requerimientos asociados con documentación y codificación

- 4.1. Se deberá entregar un manual de instalación y manual de uso [3].
- 4.2. Se deberá usar Git como software de control de versiones [2].
- 4.3. Se deberá documentar el código con doxygen [3].

Historias de usuarios (*Product backlog*)

Se enumeran las historias de usuario y su ponderación calculada en story points (del [1] al [5]).

1. Como usuario final del proyecto quiero poder visualizar la información obtenida de los sensores en tiempo real [2].
2. Como usuario final del producto quiero instalarlo de manera práctica, flexible y sin conocimiento técnico [1].
3. Como cliente del proyecto quiero eliminar el cableado del producto final [5].
4. Como cliente del proyecto quiero despreocuparme de la duración de las baterías [4].

5. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Informe de avance
- Manual de uso
- Código fuente
- Prototipo funcional
- Manual de instalación
- Memoria técnica

6. Desglose del trabajo en tareas

El proyecto se divide en las siguientes tareas:

1. **Gestión del proyecto: 68 hs**
 - 1.1. Planificación del proyecto (20 hs)
 - 1.2. Confección informe de avance (8 hs)
 - 1.3. Análisis y relevamiento inicial (15 hs)
 - 1.4. Confección manual de instalación (10 hs)
 - 1.5. Confección manual de uso (15 hs)
2. **Hardware: 42 hs**
 - 2.1. Definición de componentes (7 hs)

- 2.2. Compra de componentes (5 hs)
- 2.3. Diseño de prototipos de los nodos (10 hs)
- 2.4. Elaboración/construcción de los nodos (20 hs)

3. Firmware: 238 hs

- 3.1. Diseño de la solución (28 hs)
- 3.2. Configuración de herramientas y plataforma de desarrollo (21 hs)
- 3.3. Estudio y aprendizaje para el desarrollo de los componentes (20 hs)
- 3.4. Desarrollo del protocolo de comunicación y su encriptación (40 hs)
- 3.5. Desarrollo de la función ahorro de batería (33 hs)
- 3.6. Desarrollo de configuración inicial de nuevo nodo en la red (35 hs)
- 3.7. Desarrollo de los componentes de medición y almacenamiento (32 hs)
- 3.8. Desarrollo del módulo de reenvío (29 hs)

4. Testing y verificación: 115 hs

- 4.1. Testing unitario del protocolo de comunicación (20 hs)
- 4.2. Testing unitario de la función de ahorro de batería (15 hs)
- 4.3. Testing unitario de nuevo nodo en red (18 hs)
- 4.4. Testing unitario de la medición, almacenamiento y reenvío (25 hs)
- 4.5. Testing de integración (37 hs)

5. Implementación e integración: 50 hs

- 5.1. Integración de los componentes con un producto final (20 hs)
- 5.2. Implementación del prototipo en una planta real (indoor o invernadero) (30 hs)

6. Presentación del trabajo: 90 hs

- 6.1. Confección de la memoria (70 hs)
- 6.2. Preparación de la presentación final (20 hs)

Cantidad total de horas: (603 hs)

7. Diagrama de Activity On Node

En la Figura 2 se detalla el diagrama de Activity On Node asociado a las tareas del proyecto. Los colores representan las agrupaciones que se realizaron en el desglose del trabajo en tareas, estas son:

- 1. Gestión del proyecto (celeste)
- 2. Hardware (lila)
- 3. Firmware (colorado)

4. Testing y verificación (amarillo)
5. Implementación e integración (verde)
6. Presentación del trabajo (gris)

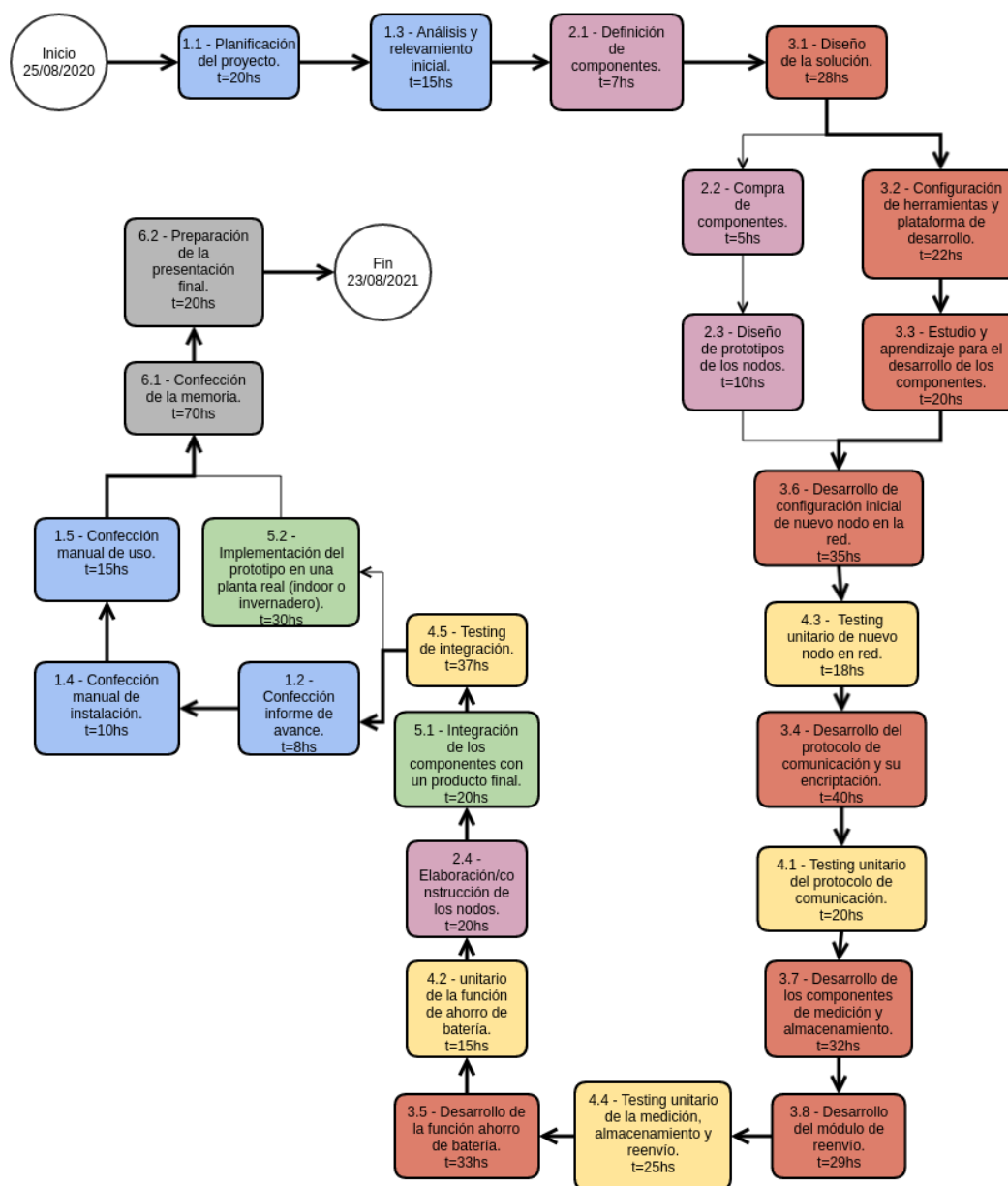


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*

8. Diagrama de Gantt

En la Figura 3 se detalla la tabla asociada al diagrama de Gantt. En la Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7 y Figura 8 se detalla el diagrama de Gantt asociado a las tareas y sus fechas correspondientes.

	WBS		Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	1		☐ Gestión del proyecto	156days	19/02/2021	24/07/2021	
2	1.1		Planificación del proyecto	20hrs	19/02/2021	25/02/2021	
3	1.2		Confección informe de avance	8hrs	14/07/2021	16/07/2021	26
4	1.3		Análisis y relevamiento inicial	15hrs	25/02/2021	02/03/2021	2
5	1.4		Confección manual de instalación	10hrs	16/07/2021	19/07/2021	3
6	1.5		Confección manual de uso Add 10 more rows at the bottom. Nov	15hrs	20/07/2021	24/07/2021	5
7	2		☐ Hardware	114.33days	02/03/2021	24/06/2021	
8	2.1		Definición de componentes	7hrs	02/03/2021	04/03/2021	4
9	2.2		Compra de componentes	5hrs	14/03/2021	15/03/2021	13
10	2.3		Diseño de prototipos de los nodos	10hrs	16/03/2021	19/03/2021	9
11	2.4		Elaboración/construcción de los nodos	20hrs	18/06/2021	24/06/2021	23
12	3		☐ Firmware	100.33days	05/03/2021	13/06/2021	
13	3.1		Diseño de la solución	28hrs	05/03/2021	14/03/2021	8
14	3.2		Configuración de herramientas y plataforma de desarrollo	21hrs	14/03/2021	21/03/2021	13
15	3.3		Estudio y aprendizaje para el desarrollo de los componentes	20hrs	21/03/2021	27/03/2021	14
16	3.4		Desarrollo del protocolo de comunicación y su encriptación	40hrs	14/04/2021	27/04/2021	24
17	3.5		Desarrollo de la función ahorro de batería	33hrs	02/06/2021	13/06/2021	25
18	3.6		Desarrollo de configuración inicial de nuevo nodo en la red	35hrs	28/03/2021	08/04/2021	10,15
19	3.7		Desarrollo de los componentes de medición y almacenamiento	32hrs	04/05/2021	15/05/2021	22
20	3.8		Desarrollo del módulo de reenvío	29hrs	15/05/2021	24/05/2021	19
21	4		☐ Testing y verificación	96.33days	08/04/2021	13/07/2021	
22	4.1		Testing unitario del protocolo de comunicación	20hrs	28/04/2021	04/05/2021	16
23	4.2		Testing unitario de la función de ahorro de batería	15hrs	13/06/2021	18/06/2021	17
24	4.3		Testing unitario de nuevo nodo en red	18hrs	08/04/2021	14/04/2021	18
25	4.4		Testing unitario de la medición, almacenamiento y reenvío	25hrs	25/05/2021	02/06/2021	20
26	4.5		Testing de integración	37hrs	01/07/2021	13/07/2021	28
27	5		☐ Implementación e integración	29days	25/06/2021	23/07/2021	
28	5.1		Integración de los componentes con un producto final	20hrs	25/06/2021	01/07/2021	11
29	5.2		Implementación del prototipo en una planta real (indoor o invernadero)	30hrs	14/07/2021	23/07/2021	26
30	6		☐ Presentación del trabajo	30days	25/07/2021	23/08/2021	
31	6.1		Confección de la memoria	70hrs	25/07/2021	17/08/2021	6,29
32	6.2		Preparación de la presentación final	20hrs	17/08/2021	23/08/2021	31

Figura 3. Diagrama en *Activity on Node*

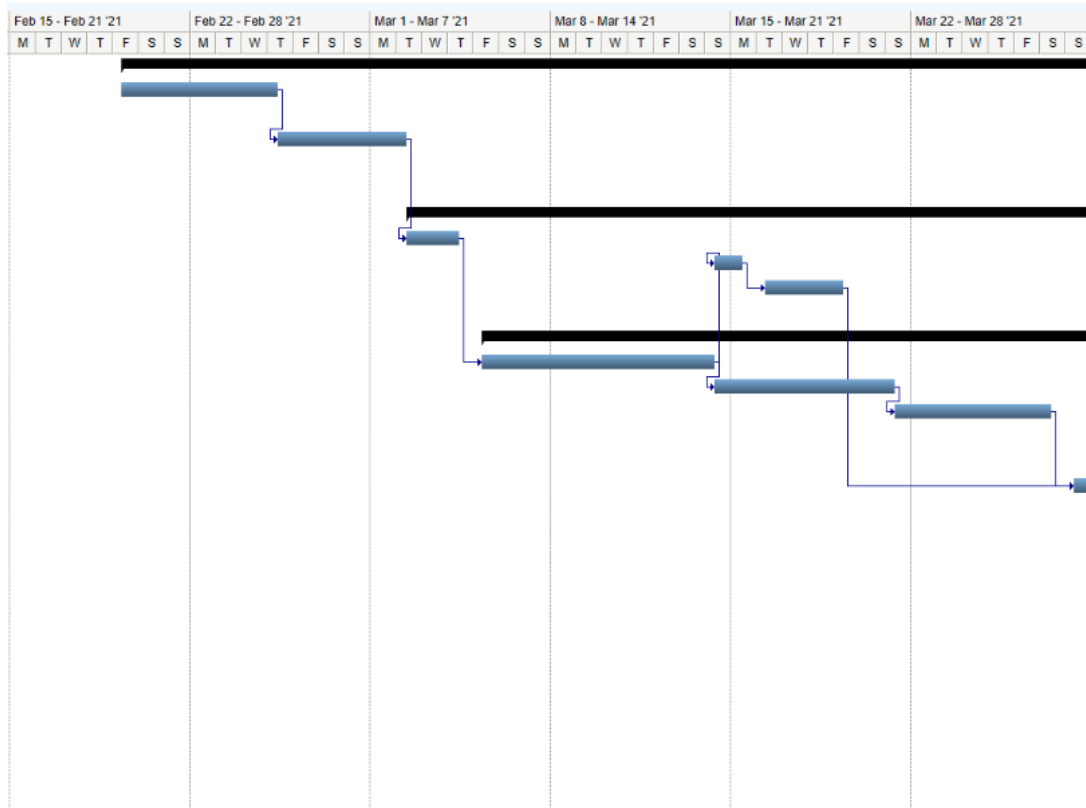


Figura 4. Diagrama en *Activity on Node*

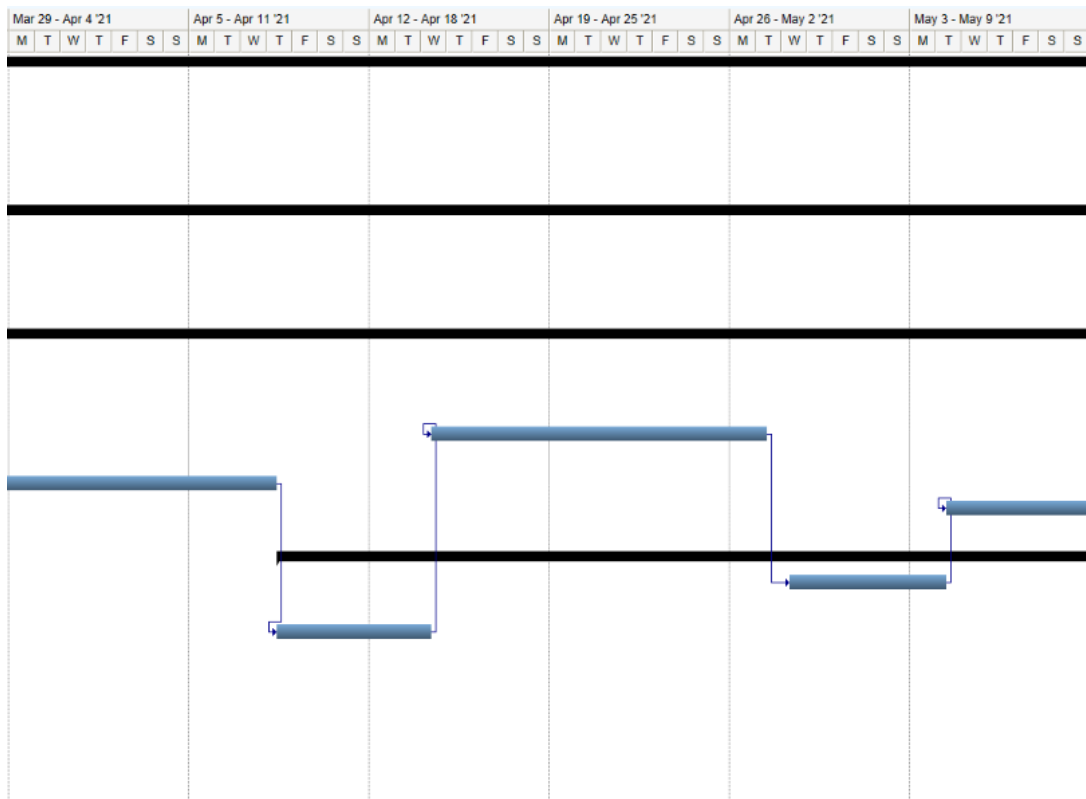
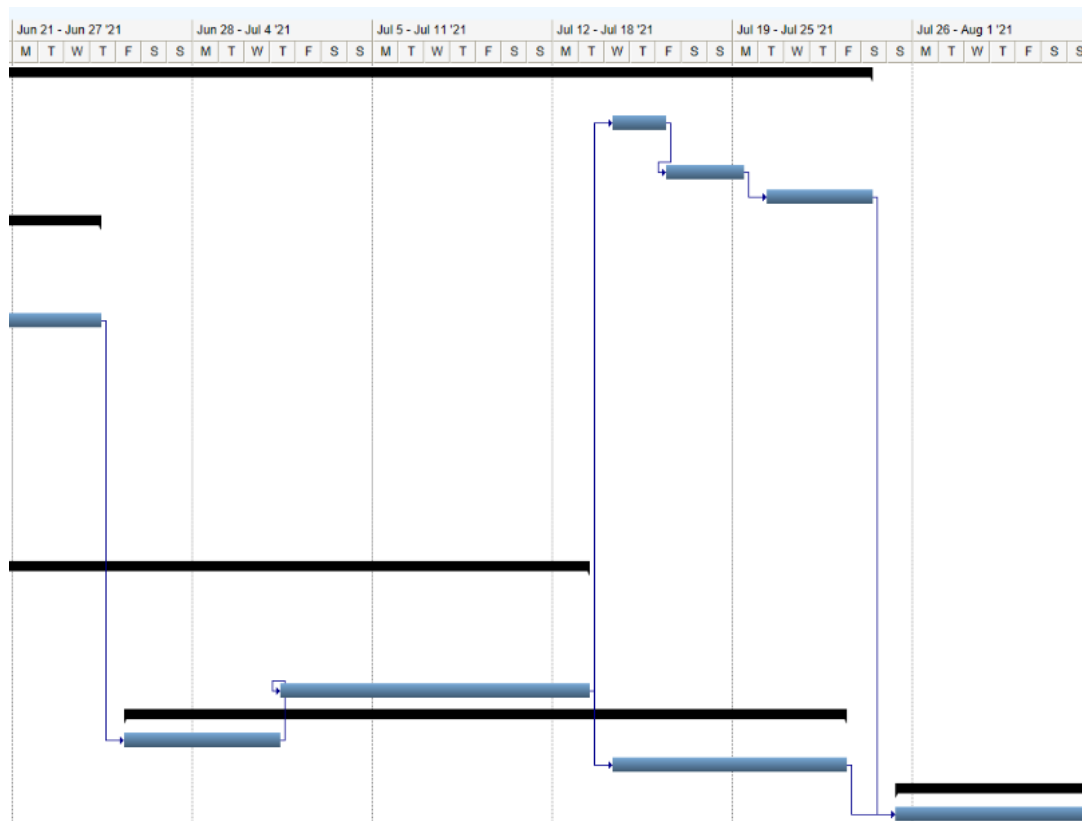
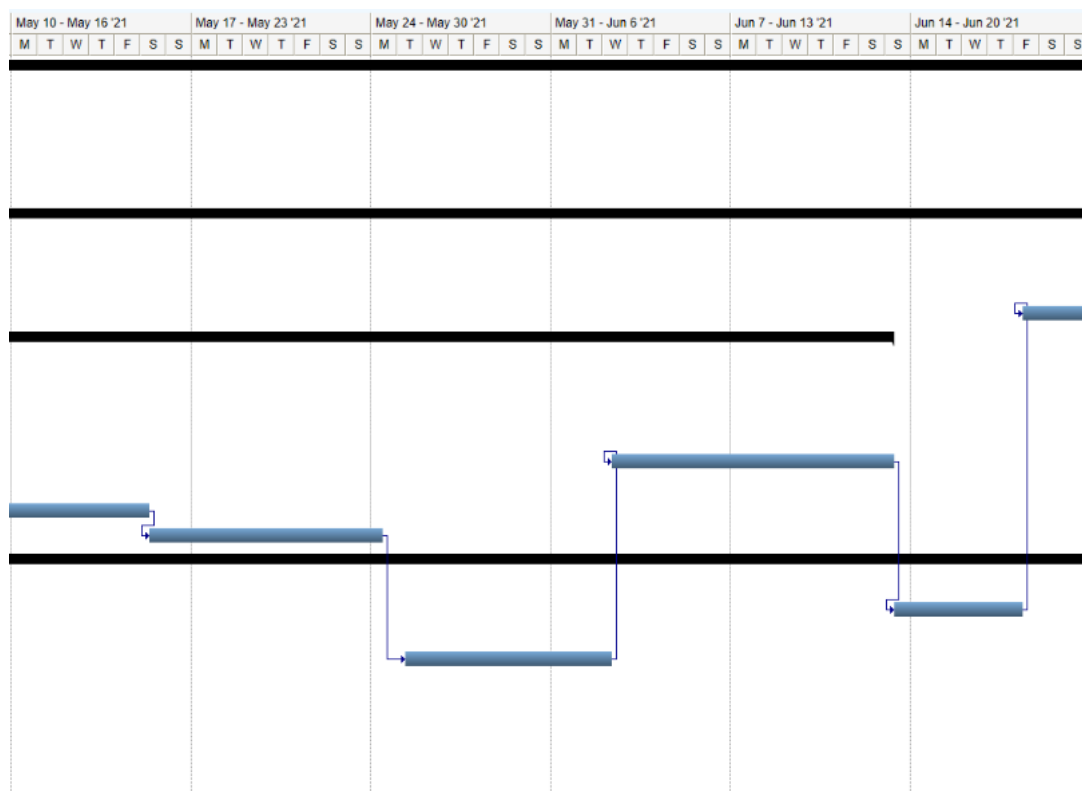


Figura 5. Diagrama en *Activity on Node*



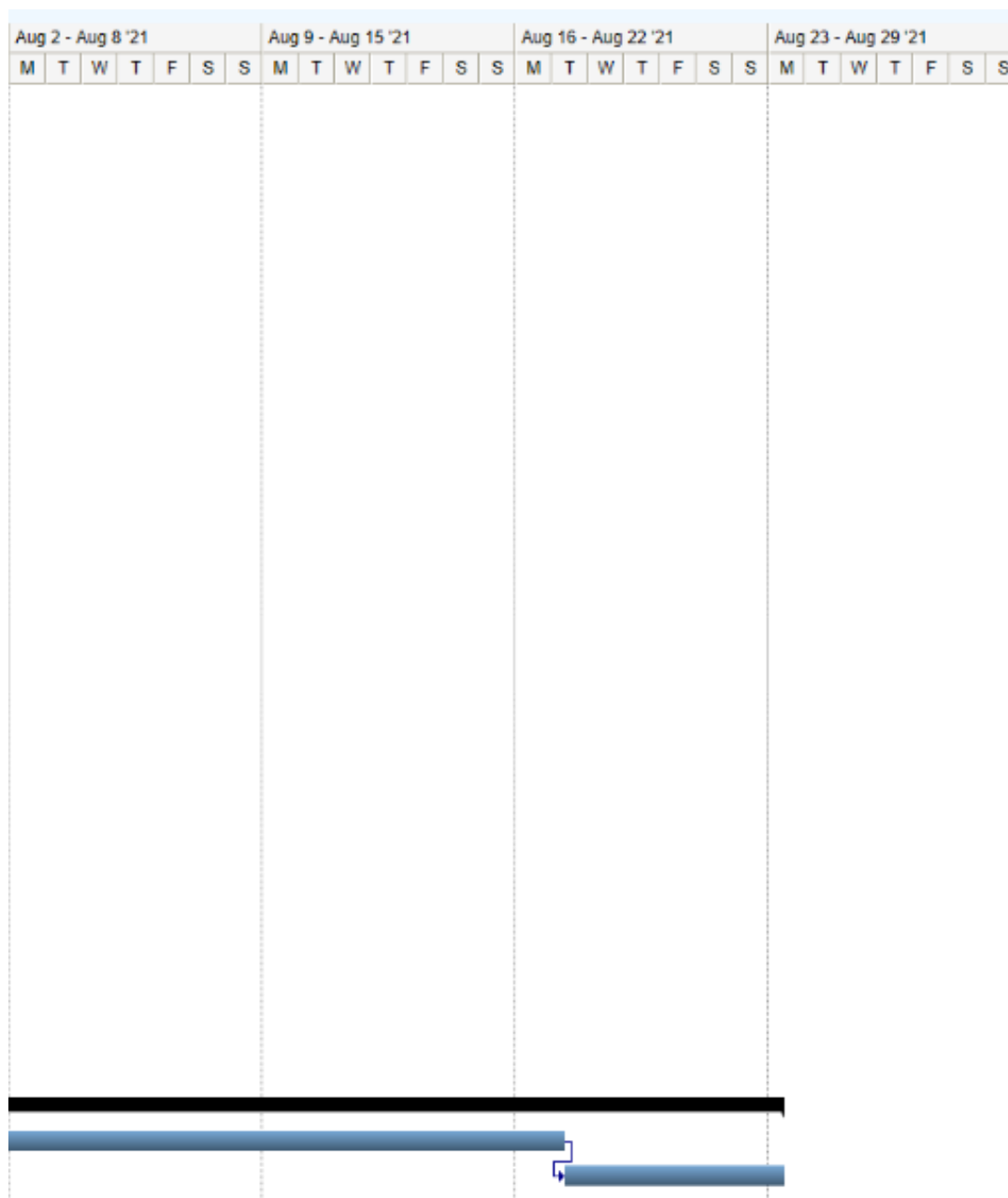


Figura 8. Diagrama en *Activity on Node*

9. Matriz de uso de recursos de materiales

Página 17 de 21

10. Presupuesto detallado del proyecto

Si el proyecto es complejo entonces separarlo en partes:

- Un total global, indicando el subtotal acumulado por cada una de las áreas.
- El desglose detallado del subtotal de cada una de las áreas.

IMPORTANTE: No olvidarse de considerar los **COSTOS INDIRECTOS**.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
TOTAL			

11. Matriz de asignación de responsabilidades

Establecer la matriz de asignación de responsabilidades y el manejo de la autoridad completando la siguiente tabla:

Código WBS	Nombre de la tarea	Listar todos los nombres y roles del proyecto			
		Responsable	Orientador	Equipo	Cliente
		Ing. Maximiliano Sarli	Mg. Ing. Gonzalo Sanchez	Nombre de alguien	Pablo Lodetti

Referencias:

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

Una de las columnas debe ser para el Director, ya que se supone que participará en el proyecto. A su vez se debe cuidar que no queden muchas tareas seguidas sin “A” o “I”.

Importante: es redundante poner “I/A” o “I/C”, porque para aprobarlo o responder consultas primero la persona debe ser informada.

12. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos (al menos cinco) y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: detallar el riesgo (riesgo es algo que si ocurre altera los planes previstos)

- Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S).
- Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

Riesgo 3:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

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

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

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

Nota: los valores marcados con (*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

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

Riesgo 1: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación). Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación: - Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S). - Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

Riesgo 3: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

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	Ing. Maximiliano Sarli	Pablo Lodetti, Mg. Ing. Gonzalo Sanchez	email
2.1	Avance de las sub tareas	Mensual mientras dure la tarea	Ing. Maximiliano Sarli	Pablo Lodetti, Mg. Ing. Gonzalo Sanchez	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.