



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

# Robot móvil de inspección y desinfección

Autor:

Sergio Alberino

Director:

Claudio Verrastro (CNEA, UTN.BA)

Jurados:

Nombre y Apellido (1) (pertenencia (1))

Nombre y Apellido (2) (pertenencia (2))

Nombre y Apellido (3) (pertenencia (3))

*Este trabajo fue realizado en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 22 de junio de 2020 y el 22 de Agosto 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 . . . . .	6
2. Alcance del proyecto . . . . .	6
3. Supuestos del proyecto . . . . .	7
4. Requerimientos . . . . .	7
5. Entregables principales del proyecto . . . . .	7
6. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	8
7. Diagrama de Activity On Node . . . . .	9
8. Diagrama de Gantt . . . . .	10
9. Matriz de uso de recursos de materiales . . . . .	12
10. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	13
11. Matriz de asignación de responsabilidades . . . . .	13
12. Gestión de riesgos . . . . .	15
13. Gestión de la calidad . . . . .	16
14. Comunicación del proyecto . . . . .	16
15. Gestión de Compras . . . . .	16
16. Seguimiento y control . . . . .	16
17. Procesos de cierre . . . . .	17

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	27/06/2020
1.1	Cambios a partir de corrección del docente	16/07/2020

## Acta de constitución del Proyecto

Buenos Aires, 22 de junio de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Sergio Alberino que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Robot móvil de inspección y desinfección”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un robot móvil útil para tareas semiautónomas de inspección y desinfección, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y \$20.000, con fecha de inicio 22 de junio de 2020 y fecha de presentación pública 22 de diciembre de 2020.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Juan Carlos Góms por Grupo de Inteligencia Artificial y Robótica  
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires

Claudio Verrastro  
Director del Trabajo Final

Nombre y Apellido (1)  
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (2)  
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (3)  
Jurado del Trabajo Final

## Descripción técnica-conceptual del Proyecto a realizar

La idea consiste en el desarrollo de una plataforma móvil que pueda ser controlada a distancia para inspeccionar zonas de difícil acceso o para proveer servicios de desinfección por efecto de rayos ultravioletas. Esto sería principalmente útil en instituciones médicas en las que es posible el contagio de enfermedades por la propagación de bacterias y virus en ambientes comunes. La plataforma debería contar con una placa de procesamiento central (Edu-CIAA) que recibe datos directos (o pre-procesados por otra/s placa/s) y una placa de control para el accionamiento de motores y/o dispositivos adicionales (como puede ser el encendido de un tubo UV). Adicionalmente, el robot podría llevar una cámara inalámbrica para dar mayor información sobre las zonas inspeccionadas. En la Figura 1 se presenta el diagrama en bloques del sistema.

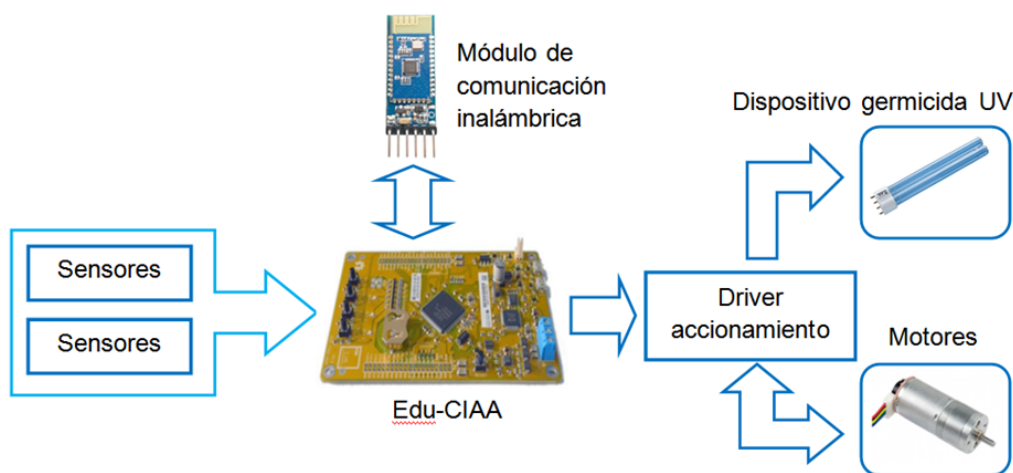


Figura 1: Diagrama en bloques del sistema

Si bien existen plataformas robots similares, las mismas suelen estar fabricadas fuera del país, con lo que el costo de adquisición y transporte resultan particularmente elevados. Además, un desarrollo local documentado contaría con la posibilidad de soporte técnico dentro de las mismas instituciones involucradas. La “Desinfección sin residuos químicos” por luz ultravioleta ha demostrado efectividad como germicida, resultando letal para virus, bacterias, esporas de hongos y microorganismos superiores, ya que altera su ADN, evitando su reproducción. Se prevé algún tipo de conectividad inalámbrica para control y obtención de datos, desde un dispositivo móvil. La idea es dejar preparada la plataforma para la posibilidad posterior de incorporación de módulos que provean servicios de valor agregado, como sensores específicos, posicionamiento GPS, etc. La plataforma robot debe poder operar con baterías recargables que le den una autonomía aceptable para la tarea a realizar. La presente propuesta espera ser aprovechada en el Grupo de Inteligencia Artificial y Robótica de la UTN - Facultad Regional Buenos Aires, El hardware resultante podrá ser utilizado también para la evaluación de algoritmos de Inteligencia Artificial, para aplicaciones en la industria local, y para actividades de docencia e investigación.

## Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante			
Cliente	Grupo de Inteligencia Artificial y Robótica	Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires	
Impulsor	Secretaría de Ciencia, Tecnología e innovación productiva	Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires	
Responsable	Sergio Alberino	FIUBA	Alumno
Colaboradores			
Orientador	Claudio Verrastro	CNEA, UTN.BA	Director Trabajo final
Usuario final	Personal de salud	Establecimientos hospitalarios	

### 1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un prototipo de plataforma móvil de observación para tareas semiautónomas de inspección y desinfección, con documentación completa para su reproducción a escala industrial. El dispositivo deberá poder controlarse a distancia para inspeccionar zonas de difícil acceso o para proveer servicios de desinfección por efecto de rayos ultravioletas. Esto sería principalmente útil en instituciones médicas en las que es posible el contagio de enfermedades por la propagación de bacterias y virus en ambientes comunes.

### 2. Alcance del proyecto

- Diseño e implementación de una plataforma robot de dimensiones reducidas, con conectividad inalámbrica
- Programación del firmware los módulos correspondientes.
- Programación del software de comunicaciones.
- Pruebas de funcionamiento.
- Documentación del trabajo.

El presente proyecto NO incluye:

- La instalación y puesta en marcha del sistema completo de inspección y desinfección, en institución hospitalario (salvo que el tiempo disponible lo permita).
- El robot no monitoreará, ni realizará la carga de la batería.
- No se incluye cargador.

### 3. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se contará con disponibilidad de los laboratorios e instrumental de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e innovación productiva. UTN. Buenos Aires, para cubrir la tarea de desarrollo.
- Se dispondrá de tiempo durante la jornada laboral para la realización del mismo.
- Se dispondrá de todos los componentes y herramientas necesarios.

### 4. Requerimientos

#### 1. Requerimientos funcionales

- 1.1. Capacidad de locomoción. El robot debe ser capaz de desplazarse por medio de ruedas motorizadas, a través de superficies planas.
- 1.2. Capacidad de percepción. El robot debe ser capaz de detectar y obtener información del medio.
- 1.3. Capacidad de comunicación inalámbrica.
- 1.4. El robot deberá funcionar con alimentación a batería recargable.
- 1.5. El proyecto debe ser extensible a una posible herramienta de enseñanza e investigación

#### 2. Requerimientos no funcionales

- 2.1. El robot no debe resultar peligroso para el ambiente o las personas con las que podría interactuar.
- 2.2. El diseño del robot debe respetar regulaciones en cuanto a radiación en el espectro ultravioleta.
- 2.3. Se utilizarán componentes electrónicos disponibles comercialmente en Argentina.

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

### 5. Entregables principales del proyecto

- Prototipo funcional
- Manual de uso
- Diagrama esquemático del hardware
- Códigos fuentes software
- Informe final

## 6. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación(50hs)
  - 1.1. Relevamiento de necesidades(10hs)
  - 1.2. Análisis de requerimientos(20hs)
  - 1.3. Confección de la planificación del proyecto(20hs)
2. Diseño e implementación(155hs)
  - 2.1. Selección de materiales y componentes (10hs)
  - 2.2. Diseño de esquemáticos (35hs)
  - 2.3. Construcción de hardware de control (35hs)
  - 2.4. Construcción de hardware de sensores (30hs)
  - 2.5. Integración de hardware (20hs)
  - 2.6. Pruebas funcionales (25hs)
3. Programación de Firmware (130hs)
  - 3.1. Programación software de control de motores (20hs)
  - 3.2. Implementación de drivers para adquisición de datos de los sensores (20hs)
  - 3.3. Pruebas de funcionamiento (15hs)
  - 3.4. Programación de firmware de control reactivo para funcionamiento del robot (40hs)
  - 3.5. Programación software de control comunicación(35hs)
  - 3.6. Modificaciones para integración al software(10hs)
4. Construcción del prototipo (105hs)
  - 4.1. Diseño mecánico de la plataforma (20hs)
  - 4.2. Armado del prototipo(40hs)
  - 4.3. Pruebas funcionales de integración mecánica-electrónica (25hs)
  - 4.4. Ajuste de parámetros de funcionamiento (20hs)
5. Programación de software de aplicación (85hs)
  - 5.1. Diseño de la interfaz de control (20hs)
  - 5.2. Programación de la interfaz de control (40hs)
  - 5.3. Pruebas y ajuste de la interfaz de control (25hs)
6. Documentación y presentación (95hs)
  - 6.1. Informe de avances (10hs)
  - 6.2. Documentación del trabajo realizado (15hs)
  - 6.3. Creación de manuales de uso (15hs)
  - 6.4. Realización de Informe del proyecto (35hs)
  - 6.5. Presentación final (20hs)

Cantidad total de horas: (630 hs)



## 7. Diagrama de Activity On Node

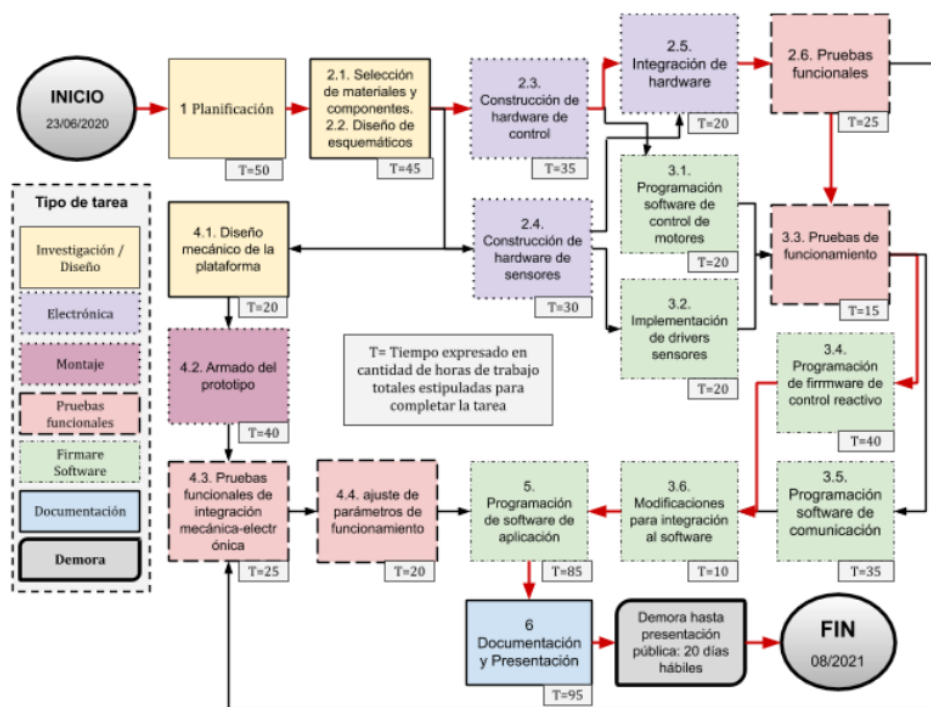


Figura 2: Diagrama en *Activity on Node*

## 8. Diagrama de Gantt

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	1.1. Relevamiento de necesidades	10 horas	lun 20/07/20	mar 04/08/20	
2	1.2. Analisis de requerimientos	20 horas	mar 04/08/20	mar 18/08/20	1
3	1.3. Confección de la planicación del proyecto	20 horas	mié 19/08/20	mar 01/09/20	2
4	2.1. Selección de materiales y componentes	10 horas	mié 02/09/20	mar 08/09/20	3
5	2.2. Diseño de esquemáticos	35 horas	mié 09/09/20	vie 02/10/20	4
6	2.3. Construcción de hardware de control	35 horas	vie 02/10/20	mar 27/10/20	5
7	2.4. Construcción de hardware de sensores	30 horas	vie 02/10/20	vie 23/10/20	5
8	2.5. Integración de hardware	20 horas	mié 28/10/20	mar 10/11/20	6;7
9	2.6. Pruebas funcionales	25 horas	mié 11/11/20	vie 27/11/20	8
10	3.1. Programación software de control de motores	16 horas	mié 28/10/20	vie 06/11/20	6
11	3.2. Implementación de drivers para adquisición de datos de los sensores	20 horas	lun 02/11/20	lun 16/11/20	7
12	3.3. Pruebas de funcionamiento	15 horas	lun 16/11/20	mié 25/11/20	10;11
13	3.4. Programación de firmware de control reactivo	30 horas	jue 03/12/20	jue 24/12/20	9;12
14	3.5. Programación software de control comunicación	35 horas	jue 26/11/20	mar 22/12/20	12
15	3.6. Modificaciones para integración al software	10 horas	lun 28/12/20	mié 03/02/21	14;13
16	4.1. Diseño mecánico de la plataforma	20 horas	mié 23/09/20	mié 07/10/20	3
17	4.2. Armado del prototipo	40 horas	lun 19/10/20	lun 16/11/20	16
18	4.3. Pruebas funcionales de integración mecánica-electrónica	25 horas	vie 27/11/20	mar 15/12/20	17;9
19	4.4. ajuste de parámetros de funcionamiento	20 horas	mié 16/12/20	mar 02/02/21	18
20	5.1. Diseño de interfaz de control	20 horas	jue 04/02/21	mié 17/02/21	15;19
21	5.2. Programación de la interfaz de control	40 horas	jue 18/02/21	mié 17/03/21	20
22	5.3. Pruebas y ajuste de la interfaz de control	25 horas	jue 18/03/21	lun 05/04/21	21
23	6.1. Informe de avances	10 horas	lun 05/04/21	lun 12/04/21	22
24	6.2. Documentación del trabajo realizado	15 horas	lun 12/04/21	mié 21/04/21	23
25	6.3. Creación de manuales de uso	15 horas	jue 22/04/21	lun 03/05/21	24
26	6.4. Realización de Informe del proyecto	35 horas	lun 03/05/21	mié 26/05/21	25
27	6.5. Presentación final	20 horas	jue 27/05/21	mié 09/06/21	26

Figura 3: Tabla de tareas de Gantt

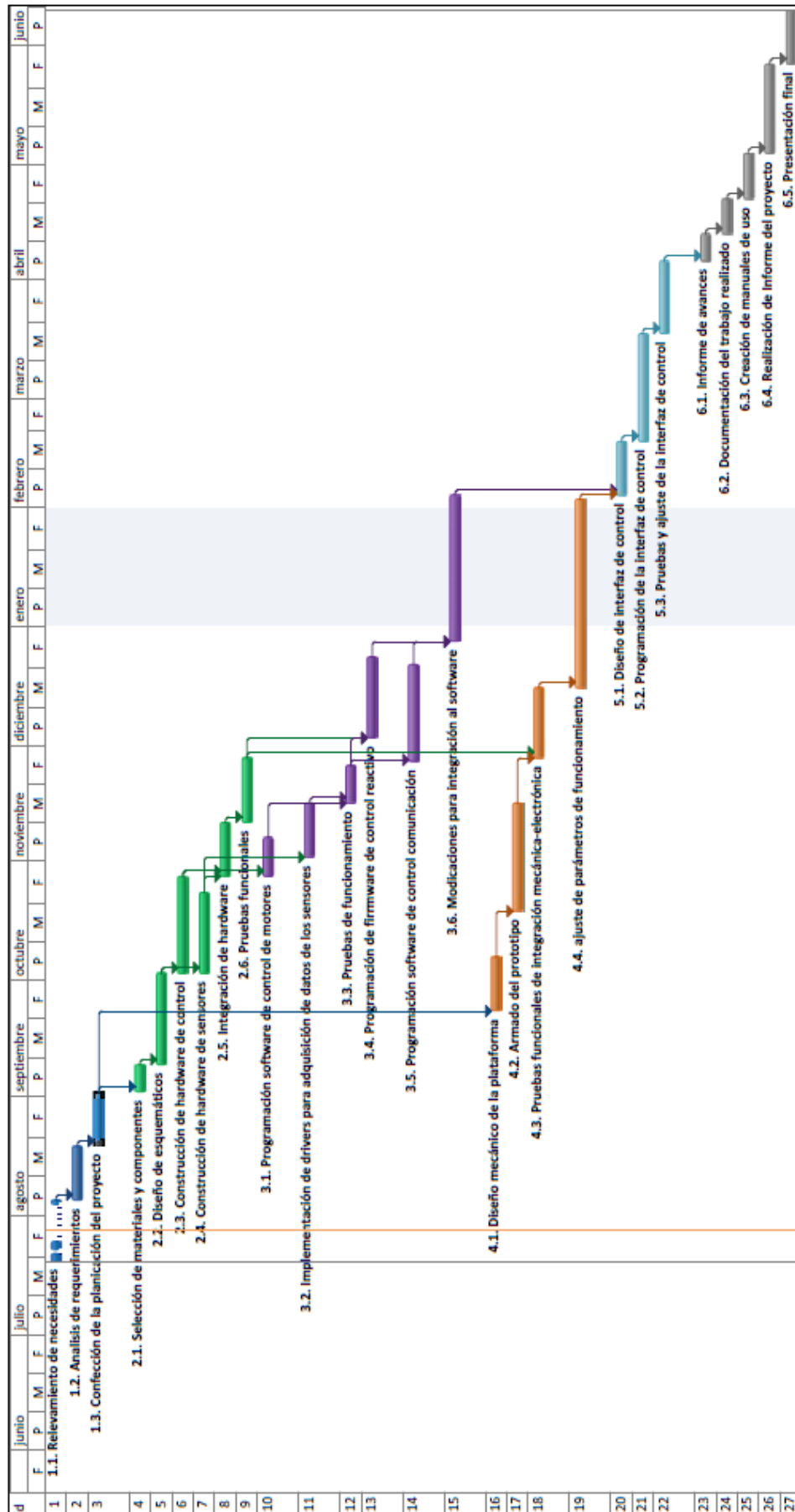


Figura 4: Diagrama de Gantt

## 9. Matriz de uso de recursos de materiales

Código WBS	Nombre tarea	Recursos requeridos (horas)			
		PC con acceso a Internet	Placa de desarrollo	Taller de electrónica	Equipamiento mecánico / 3D
1	Planificación	50hs			
2.1	Selección de materiales	10hs			
2.2	Diseño de esquemáticos	35hs			
2.3	Construcción de hardware de control			35hs	
2.4	Construcción de hardware de sensores			30hs	
2.5	Integración de hardware			20hs	
2.6	Pruebas funcionales			25hs	
3.1	Programación software de control de motores	20hs			
3.2	Implementación de drivers para sensores	20hs			
3.3	Pruebas de funcionamiento		15hs	15hs	
3.4	Programación de firmware de control reactivo del robot	40hs	40hs		
3.5	Programación software de control comunicación	35hs			
3.6	Modificaciones para integración al software	10hs	10hs		
4	Construcción del prototipo	20hs			85hs
5.1	Diseño de interfaz de control	20hs			
5.2	Programación de la interfaz de control	20hs	20hs		
5.3	Pruebas y ajuste de la interfaz de control	25hs	25hs		
6	Documentación y Presentación	95hs			

## 10. Presupuesto detallado del proyecto

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Placa Edu-CIAA	1	5100	5100
Motor DC con reducción + Encoder	2	1500	3000
Barra Led UvC Germicida 280nm	1	4000	4000
Módulo Bluetooth HC-05	1	750	750
Sensor de Distancia IR Sharp 10 A 80 Cm	1	1160	1160
Componentes electrónicos varios	1	1000	1000
Celda Batería Ion Litio 18650	3	600	1800
Porta Bateria Holder 18650 X3	1	490	490
Interruptor final de carrera	3	200	600
sensores IR reflectivos	1	400	400
Conectores y cables varios	1	500	500
Materiales gabinete prototipo / PLA imp.3D	1	1000	1000
SUBTOTAL			19400
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Se supone 20 por ciento del Costo fijo	1	3880	3880
SUBTOTAL			3880
TOTAL			23280

Cotización dólar estadounidenses al 27/07/2020: oficial 72 pesos / blue 120 pesos

## 11. Matriz de asignación de responsabilidades

Código WBS	Nombre de la tarea	Roles del proyecto			
		Responsable Sergio Alberino	Orientador Claudio Verrastro	Cliente GIAR	Jurado
1	Planificación	P	C	A	I
2	Diseño e implementación	P	C		
3	Programación Firmware	P	C		
4	Construcción del prototipo	P			
5	Programación software de aplicación	P			
6.1	Informe de avances	P	C	I	
6.2	Documentación del trabajo realizado	P	C	I	
6.3	Creación de manuales de uso	P	I		
6.4	Realización de Informe del proyecto	P	C	I	I
6.5	Presentación final	P	I	I	A

Referencias:

- P = Responsabilidad Primaria
- S = Responsabilidad Secundaria

- A = Aprobación
- I = Informado
- C = Consultado

## 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, 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.	

## 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.