



**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
Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>)	7
5. Entregables principales del proyecto	8
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	13
10. Presupuesto detallado del proyecto	14
11. Matriz de asignación de responsabilidades	14
12. Gestión de riesgos	15
13. Gestión de la calidad	17
14. Comunicación del proyecto	20
15. Gestión de Compras	20
16. Seguimiento y control	21
17. Procesos de cierre	23

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.

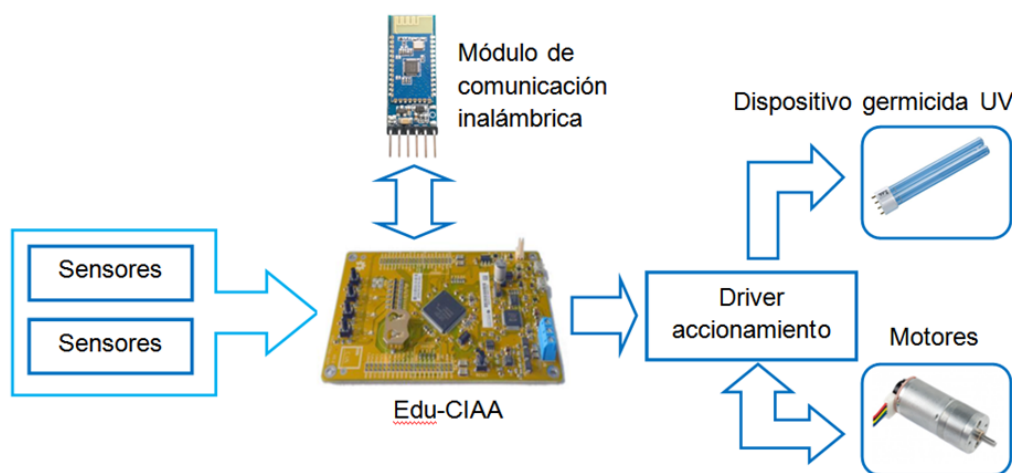


Figura 1: Diagrama en bloques del sistema

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*)

Para las siguientes historias de usuario se tomará como criterio de ponderación el esfuerzo para lograr hacer posible la misma.

La prioridad se toma como orden de necesidad/utilidad del objetivo. La Ponderación se indica con un valor 1 a 5, siendo el valor 1 el correspondiente a la mayor esfuerzo y 5 al menor. La Prioridad se cuantifica de 1 a 5, siendo el valor 1 el correspondiente a la mayor prioridad y 5 a la menor.

Historias de usuario N°1: Como personal hospitalario, quiero poder hacer que el robot sanitizante se desplace a una posición específica.

- Ponderación: 1 (siete)

- Prioridad: 2 (siete)

Historias de usuario N°2: Como técnico del producto, quiero poder modificar parámetros de funcionamiento del robot.

- Ponderación: 1 (siete)
- Prioridad: 4 (siete)

Historias de usuario N°3: Como personal hospitalario, quiero poder realizar la sanitización desde una distancia de aproximadamente diez metros.

- Ponderación: 1 (siete)
- Prioridad: 2 (siete)

Historias de usuario N°4: Como personal hospitalario, quiero contar un un manual de uso detallado para saber cómo operarlo. correctamente

- Ponderación: 4 (siete)
- Prioridad: 2 (siete)

Historias de usuario N°5: Como administrador hospitalario, quiero que el uso del robot sanitizante no resulte peligroso para ninguna persona que interactue con el mismo.

- Ponderación: 3 (siete)
- Prioridad: 1 (siete)

Historias de usuario N°6: Como técnico del producto, quiero que el robot genere un reporte con datos de funcionamiento, para poder realizar tareas de verificación y mantenimiento.

- Ponderación: 2 (siete)
- Prioridad: 3 (siete)

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

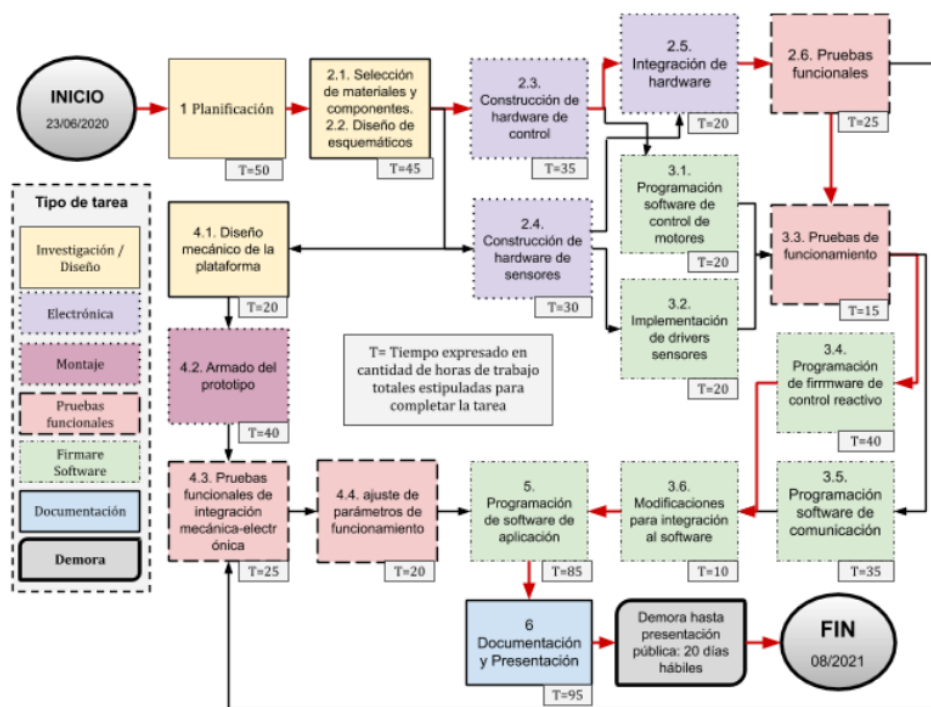


Figura 2: Diagrama en *Activity on Node*

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

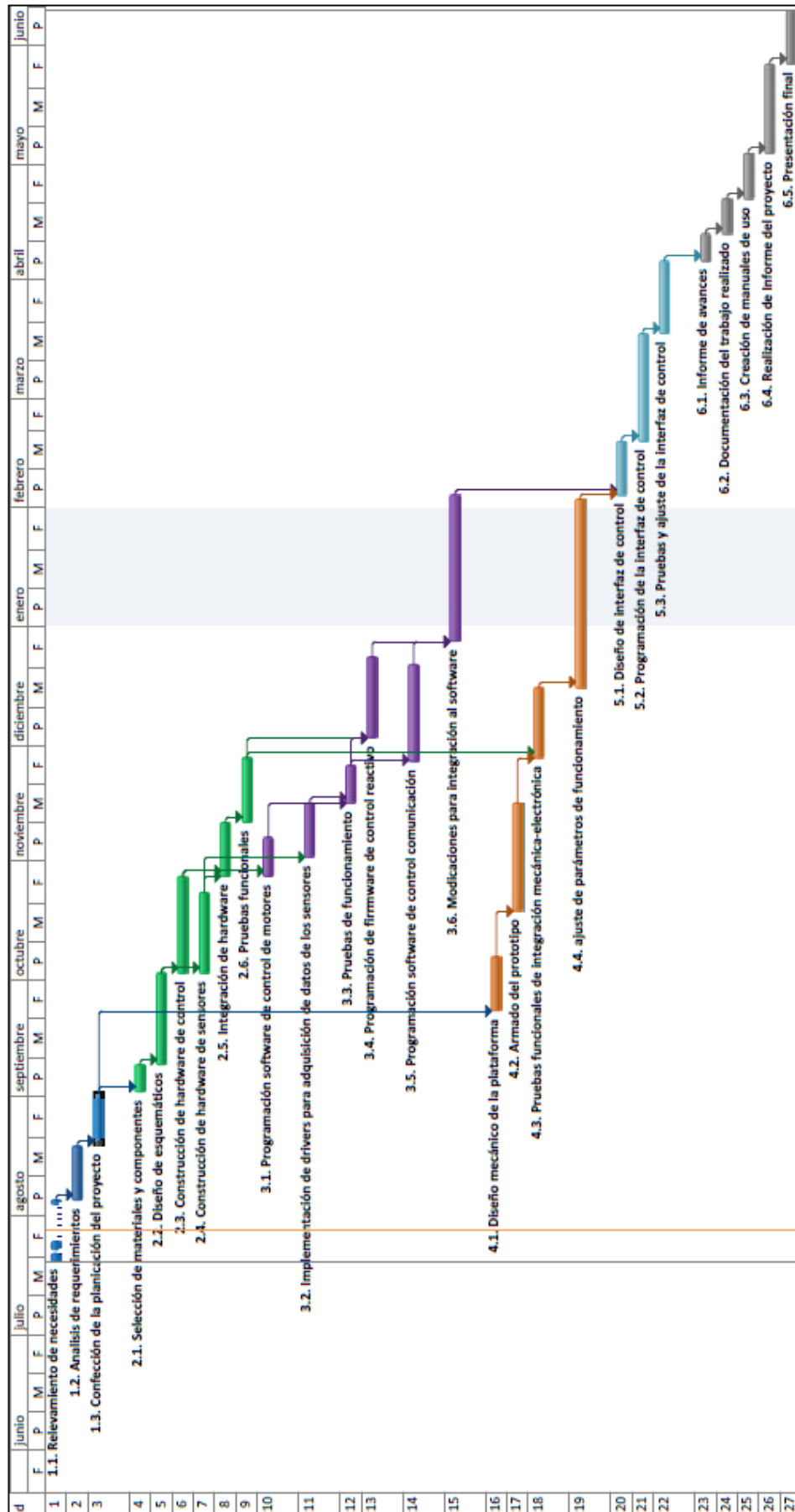


Figura 4: Diagrama de Gantt

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 continuación se describirán los riesgos asociados al proyecto y un plan de mitigación de los mismos, con la finalidad de reducir la probabilidad de ocurrencia o minimizar el impacto de los mismos. Tanto la severidad como la probabilidad de ocurrencia se indican con un valor entre 1 y 10, siendo 10 el de mayor severidad/ocurrencia

Riesgo 1: Deterioro de la placa de desarrollo y prototipo.

- Severidad (S): 9 (nueve).
La Severidad en este caso es alta ya que esta situación haría imposible realizar cualquier tipo de avance práctico.
- Probabilidad de Ocurrencia (O): 3 (tres).
La probabilidad de Ocurrencia baja, ya que la placa y el prototipo se encuentran en el domicilio del desarrollador.

Riesgo 2: : Imposibilidad de cumplir con los plazos planteados para el desarrollo del proyecto.

- Severidad (S): 7 (siete).
La Severidad es bastante alta, ya que de no lograr avanzar en el proyecto según los tiempos estimados, resultaría imposible completar el mismo en la fecha límite.
- Ocurrencia (O): 6 (seis).
La Ocurrencia indicada es media, ya que no se poseen al momento de la planificación todos los conocimientos relacionados con las tareas a desarrollar.

Riesgo 3: : Retraso en tiempo de fabricación de placas electrónicas

- Severidad (S): 8 (ocho).
La severidad es elevada ya que la placas condicionan el tiempo de pruebas del software sobre las mismas.
- Ocurrencia (O): 4 (cuatro).
La probabilidad de Ocurrencia resulta baja, ya que las placas no son de alta complejidad y deberían poder realizarse sin problemas.

Riesgo 4: Dificultad o demora para conseguir algunos componentes del prototipo.

- Severidad (S): 8 (ocho). Severidad alta, porque la falta de algún componente del prototipo hace peligrar su construcción y puesta en marcha en el tiempo estipulado.
- Ocurrencia (O): 5 (cinco). La probabilidad de ocurrencia es media, ya que a pesar de haberse realizado la selección de materiales del proyecto teniendo en cuenta disponibilidad y cuestiones económicas, las mismas varían constantemente en el mercado local.

Riesgo 5: Daño de la computadora que se usa para programar y documentar el proyecto

- Severidad (S): 8 (ocho). La severidad es alta porque tanto la redacción de documentación como la programación de software se realiza con la computadora principal.
- Ocurrencia (O): 4 (cuatro) La probabilidad de ocurrencia no es muy alta ya que si bien la máquina no es nueva, supera con éxito chequeos periódicos.

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

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
Deterioro de la placa de desarrollo y prototipo	9	3	27			
Imposibilidad de cumplir con los plazos planteados para el desarrollo del proyecto	7	6	42	4	4	16
Retraso en tiempo de fabricación de placas electrónicas	8	4	32			
Dificultad o demora para conseguir algunos componentes del prototipo.	8	5	40	5	3	15
Daño de la computadora que se usa para programar y documentar el proyecto	8	4	32			

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores o iguales a 40.

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 2: Imposibilidad de cumplir con los plazos planteados para el desarrollo del proyecto.

Medidas de mitigación: Consultar a profesionales que dominen los temas que llevan a no poder cumplir con los plazos. Reestructurar el diagrama de Gantt para poder dedicarle más tiempo a esas tareas.

Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación:

- Severidad (S): 4 (cuatro) La severidad disminuye si es posible acceder a otras fuentes de información y asesoramiento.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 4 (cuatro) Probabilidad de ocurrencia es media media/baja, ya que existen muchos profesionales con conocimientos específicos con posibilidad de ser contactados para su asesoramiento.

Riesgo 4: Dificultad o demora para conseguir algunos componentes del prototipo.

Medidas de mitigación: Se consideran componentes alternativos de origen local y costo acotado para no tener inconvenientes con las fluctuaciones de disponibilidad y costo. En el peor de los casos, se podrá utilizar componentes similares con prestaciones menores, pero suficientes.

Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación:

- Severidad (S): 5 (cinco) La severidad disminuye si es posible acceder componentes de prestaciones similares en el mercado local.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 3 (tres) Probabilidad de ocurrencia es media baja, ya que existen en el mercado opciones que cumplen con las características principales del diseño, aunque no correspondan a la elección óptima.

13. Gestión de la calidad

Requerimientos funcionales:

- Req #1.1: Capacidad de locomoción. El robot debe ser capaz de desplazarse por medio de ruedas motorizadas, a través de superficies planas.

Verificación y validación:

- Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente:
Probar que las ruedas y los motores producen los desplazamientos que se setean en el software, sobre superficies como las que encontrará en su desempeño.
- Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido:
Programar una serie de desplazamientos definidos y medir que el mismo sea el esperado.

- Req #1.2: Capacidad de percepción. El robot debe ser capaz de detectar y obtener información del medio.

Verificación y validación:

- Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente:
Del análisis de las hojas de datos de los sensores se verificará si detecta obstáculos a las distancias definidas, y en distintos ángulos de ataque.
- Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido:
Se enfrentará al prototipo a distintos objetos que obstaculicen su camino, para demostrar que puede sortearlos.

- Req #1.3: Capacidad de comunicación inalámbrica.

Verificación y validación:

- Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente:
Analizar de hojas de datos del módulo bluetooth si la capacidad de tráfico de información está acorde con el la necesaria para el comando del robot. Buscar en Notas de Aplicación si la distancia mínima de funcionamiento alcanza para el requerimiento planteado.
- Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido:
Realizar una operación del robot enlazado con el módulo bluetooth desde distintas distancias (dentro y fuera del rango definido) para que pueda observarse el comportamiento dentro y fuera de alcance máximo.

- Req #1.4: El robot deberá funcionar con alimentación a batería recargable.
Verificación y validación:
 - Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente:
Se realizarán mediciones de consumo de las distintas las placas del sistema. Se verificarán las indicaciones de las hojas de datos correspondientes. Se realizarán estimaciones de consumo a partir de estas mediciones y de los valores calculados. Se verificará con distintos pesos sobre el robot, para simular condiciones de carga mayores.
 - Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido:
Con la batería a plena carga, se programa una secuencia de movimientos continuos para demostrar que el robot presenta autonomía de alimentación.
- Req #1.5: El proyecto debe ser extensible a una posible herramienta de enseñanza e investigación.
Verificación y validación:
 - Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente:
Se comprobará que el software admite actualizaciones desde una unidad remota.
 - Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido:
se transferirá al robot una secuencia de datos que reconfigure su funcionamiento con un comportamiento diferente al de su aplicación principal, de modo que pueda verificarse su funcionalidad como plataforma de pruebas.

Requerimientos no funcionales:

- Req #2.1: El robot no debe resultar peligroso para el ambiente o las personas con las que podría interactuar.
 - Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente:
Se verificará que el robot no posea aristas filosas o partes que puedan producir daño. Se verificará que el módulo UV se apaga en condiciones de contacto con seres vivos (por sensor de movimiento).
 - Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido:
Se mostrarán planos del robot en los que se observe la forma no punzante del mismo. Se programará una secuencia de funcionamiento del robot que incluya una condición potencialmente peligrosa, para observar cómo se desactiva el módulo UV.
- Req #2.2: El diseño del robot debe respetar regulaciones en cuanto a radiación en el espectro ultravioleta.

- Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente:
Se consultará documentación respecto de peligrosidad de la luz Ultravioleta en seres vivos y se harán mediciones de laboratorio para verificar que la misma no exceda los valores permitidos. Lo ideal sería contar con un luxómetro, aunque podría utilizarse algún módulo sensor junto con instrumental de laboratorio de electrónica.
 - Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido:
Se presentarán mediciones de radiación UV del robot desarrollando una secuencia normal, en laboratorio o con video demostrativo.
- Req #2.2: Se utilizarán componentes electrónicos disponibles comercialmente en Argentina..
- Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente:
Se elaborará una lista de compra indicando proveedor local.
 - Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido:
Se presentarán lista y boletas de compra de materiales a proveedores locales

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
Definición de los objetivos y los alcances	Director	Evaluación	Inicio del proyecto	Correo electrónico	Sergio Alberino
Inicio de las tareas de implementación	Director	Informar	Inicio de implementación	Correo electrónico	Sergio Alberino
Grado de avance	Director	Informar y evaluar	Al término de cada tarea	Correo electrónico	Sergio Alberino
Problemas que puedan afectar los tiempos de entrega	Director Cliente	Informar	Cuando surjan	Correo electrónico	Sergio Alberino
Finalización y cierre	Director Jurados	Evaluación	Final del proyecto	Correo electrónico	Sergio Alberino

15. Gestión de Compras

Criterio de selección de proveedores: Para el caso de compra de componentes electrónicos, se seleccionarán aquellos proveedores del mercado nacional que, disponiendo de stock de los componentes requeridos, presenten una cotización de menor valor. Dado que los componentes a utilizarse pueden ser adquiridos en varios proveedores, se descarta un análisis de los mismos.

16. Seguimiento y control

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
WBS	Indicador de avance	Frecuencia	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.
1.1 - 1.2	Versiones de planificación de proyecto	Semanal	Sergio Alberino	Patricio Bos Ariel Lutenberg	Correo Electrónico
1.3	Aprobación del documento de planificación	Única vez	Sergio Alberino	Patricio Bos Ariel Lutenberg	Correo Electrónico
2.2	Diseño de esquemáticos	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
2.2	Selección de materiales	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
2.3	Construcción de hardware de control de motores	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
2.4	Construcción de hardware de sensores	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
2.5 - 2.6	Integración y pruebas funcionales	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
3.1	Programación de software de control de motores	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
3.2	Implementación de drivers para sensores	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
3.3	Pruebas de funcionamiento	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
WBS	Indicador de avance	Frecuencia	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.
3.4	Programación de firmware de control reactivo del robot	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
3.5	Programación de software de control comunicación	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
3.6	Modificaciones para integración al software	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
4	Construcción del prototipo	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
5.1	Diseño de interfaz de control	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
5.2	Programación de la interfaz de control	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
5.3	Pruebas y ajuste de la interfaz de control	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
6.1	Informe de avances	Mensual	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
6.2	Documentación del trabajo realizado	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
6.3	Creación de manuales de uso	Única vez	Sergio Alberino	Director	Correo Electrónico
6.4	Realización de Informe del proyecto	Única vez	Sergio Alberino	Director Jurado	Correo Electrónico
6.5	Presentación final	Única vez	Sergio Alberino	Jurado	Correo Electrónico

17. Procesos de cierre

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:
 - Encargado: Sergio Alberino
 - Se evaluarán los requerimientos y los objetivos alcanzados frente a los planteados en el plan original.
 - Se pondrá especial interés en verificar si se cumplieron los lineamientos en los tiempos propuestos.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se utilizaron, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron: - Encargado: Sergio Alberino
 - Se evaluará cual fue la configuración que mejores resultados arrojó, para los objetivos planteados en el plan original.
 - Se identificarán nuevas herramientas o procedimientos, en caso que corresponda.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores: - Encargado: Sergio Alberino
 - Luego de la presentación del proyecto mediante la defensa pública , se procederá a agradecer a todas las personas que participaron del desarrollo del proyecto, al director, a los compañeros y a las autoridades del CESE.