

SISTEMA ROBÓTICO MÓVIL TELEOPERADO PARA EL RECONOCIMIENTO DE
ÁREA COMO HERRAMIENTA AL PERSONAL DEL SERVIDOR DE POLICÍA
JUDICIAL

JULIO CÉSAR CASALLAS SEPÚLVEDA

REALIZADO CON LA ASESORÍA DE:

OSBERTH CRISTHIAN LUEF CASTRO CUEVAS

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SEPTIEMBRE, 2023

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ÁREA DE ÉNFASIS: CONTROL Y AUTOMATISMOS INDUSTRIALES

SISTEMA ROBÓTICO MÓVIL TELEOPERADO PARA EL RECONOCIMIENTO DE
ÁREA COMO HERRAMIENTA AL PERSONAL DEL SERVIDOR DE POLICÍA
JUDICIAL

JULIO CÉSAR CASALLAS SEPÚLVEDA

REALIZADO CON LA ASESORÍA DE:
OSBERTH CRISTHIAN LUEF CASTRO CUEVAS

Página de Aprobación. Inclusión de Acta de grado.

NOTA DE SALVEDAD

Según el artículo 37 del 14 de diciembre de 1989 del acuerdo 017, “La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

RESUMEN

El presente proyecto de grado trata sobre el diseño y construcción de un robot móvil terrestre, controlado a distancia. Su aplicación es servir de apoyo al servidor de policía judicial.

El robot móvil terrestre puede ser utilizado como el transporte, mapeo de información o exploración en ambientes de difícil acceso que se pueden visualizar en tiempo real mediante una cámara. Estas funciones son de gran ayuda al servidor de policía judicial.

Para el desarrollo del proyecto se realizó una recolección de datos en cuanto a los robots móviles terrestres, cuya funcionalidad supla alguna de las necesidades planteadas para los servidores de policía judicial. Luego se realizó la investigación sobre las necesidades del cliente para determinar el diseño más adecuado para el desarrollo completo del robot móvil. Además, se realizaron análisis, estudios, pruebas y prototipos para el desarrollo del robot móvil con el fin de evaluar los componentes electrónicos para su elaboración.

Se logró un prototipo móvil teleoperado con todos los requisitos del servidor del policía judicial usando materiales de bajo costo.

Palabras Clave: Robot móvil terrestre, frecuencia, servidor de policía judicial

ABSTRACT

This degree project deals with the design and construction of a terrestrial mobile robot, remotely controlled. Its application is to support the judicial police server.

The terrestrial mobile robot can be used as transportation, information mapping or exploration in difficult access environments that can be visualized in real time by a camera.

These functions are of great help to the judicial police server.

For the development of the project, a data collection was carried out regarding land mobile robots, whose functionality supplies some of the needs raised for the judicial police servers.

Then, research on the client's needs was carried out to determine the most appropriate design for the complete development of the mobile robot.

In addition, analysis, studies, tests and prototypes for the development of the mobile robot were carried out in order to evaluate the electronic components for its development.

A teleoperated mobile prototype with all the requirements of the judicial police server was achieved using low-cost materials.

Key words: Land mobile robot, frequency, judicial police server.

LISTA DE ABREVIATURAS

Wifi	Red inalámbrica de banda ancha
mAh	MiliAmperios Hora
V	Voltios
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
CTI	Cuerpo Técnico de Investigación
UVC	Ultra Violeta C
IA	Inteligencia Artificial
Dr.	Doctor
MHz	Mega Hercios
GHz	Giga Hercios
AC	Corriente Alterna
DC	Corriente Directa
IP	Protección contra ingreso de cuerpos solidos
IK	Protección contra impactos
SPI	Inyección de un Solo Punto
RFID	Identificación por Radio Frecuencia

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2.1 Antecedentes y Estado del Arte	15
2.1.1 Nivel Internacional	15
2.1.2 Nivel Nacional	16
2.2 Descripción y Formulación del Problema	18
2.3 Justificación	19
2.4 Objetivos	20
2.4.1 Objetivo General	20
2.4.2 Objetivos Específicos	21
2.5 Alcance y Limitaciones del Proyecto	21
3. MARCO DE REFERENCIA	22
3.1 Marco Teórico o Conceptual	22
3.1.1 Tipos de locomoción	22
3.1.2 Tipos de procesadores	24
3.1.3 Tecnologías generales de robots, aplicaciones y definiciones	27
4. DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADO	31
4.1 Requerimientos	31
4.1.1 Requerimientos del usuario	31
4.1.2 Requerimientos funcionales	31
4.1.3 Requerimientos de calidad	32
4.1.4 Requerimientos de restricción	32
4.2 Metodología del Diseño	33
4.2.1 Levantamiento de requerimientos	33
4.2.2 Selección de materiales	33
4.2.3 Pruebas funcionales	33

4.2.4	Prueba final	33
4.3	Descripción Técnica del Producto	34
4.3.1	Selección de motores	36
4.3.2	Selección de tarjeta de control	41
4.3.3	Selección de baterías DC	42
4.3.4	Selección de sensores.....	43
4.3.5	Conceptos de desarrollo.....	46
4.3.6	Arquitectura de bloques detalladas	47
4.3.7	Selección de conceptos	51
4.3.8	Arquitectura del producto	53
4.3.9	Cálculos para determinar la velocidad del motor	55
4.3.10	Cálculos para determinar la duración de la batería.....	56
4.3.11	Selección de emisores y receptores de señal	57
5.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	58
5.1.1	Control	58
5.1.2	Robot móvil	58
5.1.3	Resultado final con el servidor de policía judicial.....	59
6.	CONCLUSIONES	61
7.	RECOMENDACIONES.....	62
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTA DE TABLAS

Tabla	Pág.
Tabla 1. Requerimientos de diseño del JC-ROBOTCAR.....	34
Tabla 2. Características principales de las opciones de actuadores a implementar	36
Tabla 3. Descripción General de Subsistemas	40
Tabla 4. Selección de la tarjeta de control principal.....	41
Tabla 5. Selección de batería DC.....	43
Tabla 6. Selección para materiales para la estructura	51
Tabla 7. Selección de opciones para la elaboración del prototipo.....	52
Tabla 8. Necesidades ergonómicas	53
Tabla 9. Componentes electrónicos comprados con su características y precio	75

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
Figura 1. Robot móvil teleoperado con tareas de desinfección en los centros hospitalarios [1]	16
Figura 2. Interfaz de la aplicación para el ingreso con ID y contraseña [2]	17
Figura 3. Interfaz de la aplicación para el ingreso de comandos para el robot móvil [2]..	17
Figura 4. Secuencia de movimiento con avance hacia atrás [2]	18
Figura 5. Referencia de ejes con coordenadas X Y [2]	18
Figura 6. Locomoción mediante patas [3]	22
Figura 7. Locomoción mediante orugas [4].....	23
Figura 8. Locomoción mediante ruedas [3]	24
Figura 9. Arduino Uno (Hardware) [5].....	25
Figura 10. Arduino Mega (Hardware) [5]	25
Figura 11. Arduino Mega (Hardware) [5]	26
Figura 12. Software del Arduino	26
Figura 13. Raspberry Pi 3 (Señalamiento de cada entrada que tiene la Raspberry) [6]	27
Figura 14. Software de la Raspberry Pi (En la imagen A podemos ver el software Raspberry Pi OS y B software Noobs) [6].....	27
Figura 15. Dragón Runner 20 (usados en los campos militares de los Estados Unidos) [10]	30
Figura 16. Diagrama de bloques general	35

Figura 17. Motor DC seleccionado para el robot [11].....	40
Figura 18. Sensor de gas seleccionado para el robot [12]	44
Figura 19. Sensor de distancia ultrasonido seleccionado para el robot [13].....	45
Figura 20. Diagrama de bloques detallado en la construcción del carro	47
Figura 21. Diagrama de bloques de la etapa de ingreso con la antena RFID	48
Figura 22. Diagrama de bloques etapa de la antena receptora.....	48
Figura 23. Diagrama de bloques etapa potencia	49
Figura 24. Diagrama de bloques etapa visual para el usuario	49
Figura 25. Diagrama de bloques detallado en la construcción del control	50
Figura 26. Diagrama de bloques etapa de la antena transmisora con joystick	50
Figura 27. Diagrama de bloques etapa potencia del control.....	51
Figura 28. Diagrama de bloques etapa del celular.....	51
Figura 29. Comparación de la evaluación	53
Figura 30. Arquitectura electrónica general	54
Figura 31. Arquitectura mecánica.....	54
Figura 32. Antena NRF24I01[14].....	57
Figura 33. Diseño final del control impreso en 3D.....	58
Figura 34. Prototipo final denominado JC-ROBOTCAR.....	59
Figura 35. Servidor de policía judicial usando el prototipo final	59
Figura 36. Circuito electrónico del robot móvil	69

Figura 37. Circuito electrónico del control	70
Figura 38. Diseño del circuito electrónico de la PCB para uso interno del control remoto	71
Figura 39. Diseño de impresión en 3D parte de en frente	72
Figura 40. Diseño de impresión en 3D parte de atrás	72
Figura 41. Diseño de impresión en 3D interno	73
Figura 42. Diseño de impresión en 3D parte inferior	73
Figura 43. Diseño de impresión en 3D parte superior	74
Figura 44. Posición para la colocación de la tarjeta de ingreso	86
Figura 45. Sensor de proximidad izquierdo	86
Figura 46. Sensor de proximidad derecho	86
Figura 47. Prueba sensor de proximidad derecho con su led	87
Figura 48. Prueba sensor de proximidad izquierdo con su led	87
Figura 49. Prueba sensor de gas con su led	87
Figura 50. Sensor de gas	88
Figura 51. Pila del control remoto 7.4V	88
Figura 52. Aplicación V380	88

1. INTRODUCCIÓN

Ante una situación de riesgo existen diversos equipos de trabajo que se preparan para ayudar y proteger a las personas. Instituciones como la fiscalía general de la Nación CTI, Ejército Nacional de Colombia, Policías y demás ayudan a mantener la ciudad un poco más segura. Bajo la ley de la constitución política, estos equipos de trabajo operan en situaciones donde es fundamental la importancia de un equipo especializado para poder tener una forma rápida y precisa de respuesta a los posibles peligros. Para esto, se busca el equipamiento con distintos elementos que van desde los animales hasta equipos electrónicos y mecánicas los cuales facilitan la ejecución de la tarea y el ingreso a zonas de alto riesgo. Dichas herramientas son utilizadas generalmente para no exponer la vida de las personas.

Los servidores de policía judicial deben dar cumplimiento a desarrollar actividades investigativas de reconocimiento de área, el cual generan riesgos que han ocasionado que salgan gravemente lesionados, en ocasiones se han generado pérdidas humanas.

Como contribución para dar soporte a estas actividades, este proyecto muestra el desarrollo de un prototipo de robot móvil teleoperado que ayudara a que estos riesgos se minimicen para hacer esta labor, a partir de esto se necesitaron unos requerimientos del servidor de policía judicial en el cual se pueden encontrar en la sección 4.1, en la sección 4.3 podremos observar cómo está diseñado el prototipo y en el Anexo F son los materiales que se utilizaron, por último, en el capítulo 5 tendremos los resultados finales acompañado de un video que se encuentra en el Anexo K, con una carta de respuesta de un servidor de policía judicial en el Anexo J.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Antecedentes y Estado del Arte

2.1.1 Nivel Internacional

El 7 de marzo del 2023 un grupo de ingenieros hicieron una presentación de un robot móvil teleoperado para la ayuda de personas que trabajan en los hospitales y para los pacientes, el acto fue desarrollado en el hospital Dr. Guillermo Rawson en el país de Argentina en San Juan.

Este robot es una herramienta que ayudara a las personas que están a cargo de la limpieza y la desinfección de los hospitales, no está diseñado para reemplazarlas, este proyecto tuvo varias fases las cuales se nombraran dos que fueron importantes para el desarrollo de este robot.

La primera fase fue la adaptación de un robot móvil prototipo para la desinfección del compuesto por un sistema de emisión de luz ultravioleta tipo C UVC.[1]

La segunda fase incluyo la programación de un radiocontrol para manejarlo en zonas seguras, además en esta fase incluye el diseño y la construcción de una plataforma móvil adecuada para la desinfección con sugerencias del sector de salud. [1]

El robot usa una tecnología de luz ultravioleta para desinfectar las zonas del hospital evitando riesgos y contagios biológicos, fue financiado por el SECITI y CONICET, lo cual participaron personas del instituto de autonomía. [1]

El objetivo de este proyecto es un sistema de desinfección basado en la radiación ultravioleta UV-C con sistema de alimentación propia con sistema de desinfección 360°. Fue creado a raíz del brote del Covid-19 el cual tuvieron la iniciativa del ministerio de salud y CONICET. [1] Ingenieros de UNSJ y UCC resolvieron de cómo desarrollar el robot cumpliendo los requerimientos para esterilizar los espacios hospitalarios.

El robot lo bautizaron como Lepchap el cual permitirá desinfectar zonas de alto riesgo de contagio, como se puede observar en la Figura 1 está el robot móvil y los ingenieros que hicieron eso posible.



Figura 1. Robot móvil teleoperado con tareas de desinfección en los centros hospitalarios [1]

2.1.2 Nivel Nacional

En el año 2012 en la universidad Autónoma de occidente de la faculta de ingeniería en Santiago de Cali, el ingeniero Javier Antonio Constatin Arroyave, presento un diseño e implementación de la tele operación de un robot móvil.

En su proyecto describe el proceso, diseño e implementación de un prototipo de robot móvil que es capaz de brindar una herramienta que permitirá soportar nuevas tendencias de migración para la educación de entornos virtuales y remotos.

El prototipo diseñado es para dar a entender de un robot móvil teleoperado con trayectoria de rutas establecidas por el usuario, es un tema importante porque así es como se empieza a establecer tareas predeterminadas que le pueden dejar al robot, además de la localización en la que se encuentra, un ejemplo más conocido son los drones los cuales ellos están equipados con localización GPS y demás cosas [2], también se enfoca con la interfaz del usuario para que sea de fácil manejo, sin dejar a un lado la seguridad, implementando una interfaz creada con ingreso por internet, para tener acceso al robot deberá tener un usuario y contraseña para poder tener acceso al robot como se observa en la Figura 2.



← → http://172.16.49.143/login.php

BIENVENIDO

A la plataforma de teleoperación de Robots Móviles De la universidad Autónoma de Occidente

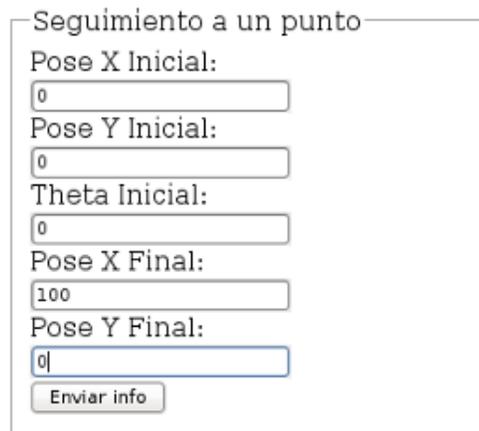
Iniciar Sesión:

Nombre de Usuario:

Contraseña:

Figura 2. Interfaz de la aplicación para el ingreso con ID y contraseña [2]

En la figura 3 se puede observar cómo es la interfaz del robot móvil para darle las indicaciones.



Seguimiento a un punto

Pose X Inicial:

Pose Y Inicial:

Theta Inicial:

Pose X Final:

Pose Y Final:

Figura 3. Interfaz de la aplicación para el ingreso de comandos para el robot móvil [2]

En la figura 4 se puede observar la teleoperación dada las secuencias que le dio el usuario con la secuencia de movimientos establecidos.

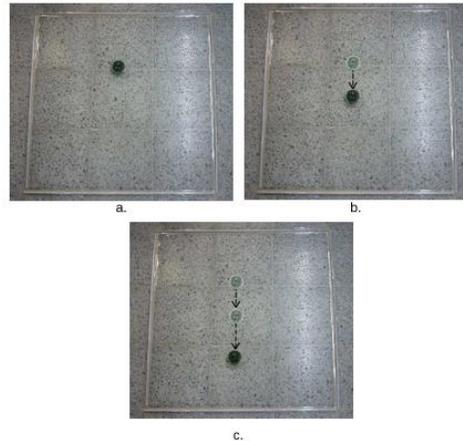


Figura 4. Secuencia de movimiento con avance hacia atrás [2]

En la figura 5 se puede observar los ejes coordinados del espacio de trabajo.

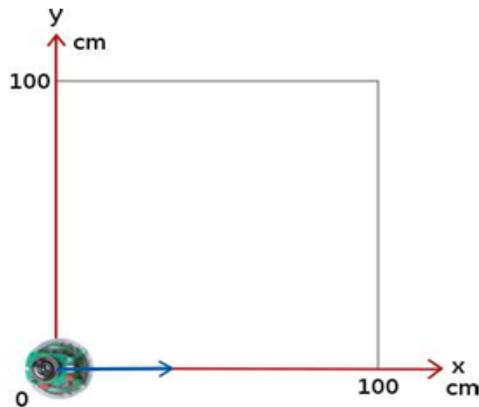


Figura 5. Referencia de ejes con coordenadas XY [2]

2.2 Descripción y Formulación del Problema

Los servidores del cuerpo técnico de investigación CTI de la fiscalía general de la Nación, Ejército Nacional de Colombia y Policías deben dar cumplimiento a las funciones de policía judicial plasmadas en la constitución política y normas penales. Dentro de dichas funciones se deben desarrollar actividades investigativas, procedimientos operativos y todo tipo de actividades legales que permitan cumplir con los fines institucionales, en los que se encuentran establecer la verdad de los hechos delictivos y la judicialización de los responsables de su comisión.

Los riesgos que generan el desarrollo de estas actividades han ocasionado que los servidores del CTI, Ejército Nacional de Colombia y Policía salgan gravemente lesionados. En

ocasiones, se han generado pérdidas humanas por falta de equipos que permitan identificar y reconocer las áreas urbanas donde se desarrollan diligencias judiciales como capturas, allanamiento y registro, vigilancia y seguimientos a personas o cosas, inspecciones en el lugar de los hechos, entre otros.

2.3 Justificación

a. Manifestación

Servidores de policía judicial que arriesgan su integridad física al cumplir la labor de reconocimiento de áreas urbanas.

b. Causas

Los servidores de policía judicial deben dar cumplimiento a las funciones de policía plasmadas en la constitución política, de las cuales deben dar cumplimiento a desarrollar actividades investigativas, procedimientos operativos y todo tipo de actividades legales.

- i. Falta un equipo que permita registrar conversaciones de miembros criminales.
- ii. Falta un equipo que permita un registro completo de una zona peligrosa.
- iii. En laboratorios donde se fabrican sustancias psicoactivas se emiten gases peligrosos para la salud.

c. Efectos

Los riesgos que generan el desarrollo de actividades operacionales han ocasionado que los servidores de policía judicial puedan salir gravemente lesionados o en ocasiones pérdidas humanas.

- i. Los policías corren riesgo de ser identificados y asesinados.
- ii. Se generan pérdidas humanas por no tener control ni conocimiento de la zona.
- iii. Intoxicación por gases o explosiones en caso que se dispare un arma de fuego.

d. Aspectos a solucionar

El servidor de policía judicial presenta inconvenientes al no poder hacer su labor exitosamente de inspeccionar el campo, ya que, pone en riesgo su propia vida. En el campo de reconocimiento que debe hacer, está lleno de peligros ya sea por bandas criminales o difícil acceso.

- i. Falta un equipo que permita registrar conversaciones de miembros criminales.
- ii. Falta un equipo que permita un registro completo de una zona peligrosa.
- iii. En laboratorios donde se fabrican sustancias psicoactivas se emiten gases peligrosos para la salud.

e. Solución Propuesta

Los servidores de policía judicial, que cumplen con las labores de vigilancia y actividades investigativas, buscan un robot móvil que funcione en la labor de reconocimiento de áreas urbanas. El robot móvil con los sensores y el reconocimiento de área sería una solución viable para lugares peligrosos, en los cuales el servidor de policía judicial arriesga su integridad física. El robot les ayudará con las labores que requieran en el reconocimiento de área de forma teleoperada.

El presente proyecto tiene como fin apoyar al servidor de policía judicial en sus labores de campo a partir de tecnología de punta que permita esclarecer hechos delictivos. Este prototipo es de fácil manejo y puede identificar, reconocer áreas y, con sus sensores, darle información al servidor de policía judicial sobre las condiciones del lugar. Además, el robot garantizará la seguridad de información almacenada, que posteriormente será usada por el fiscal designado para el caso, en un posible juicio.

Los sensores que ayudarán a dar más información al servidor policial son: Sensor de proximidad el cual le dará información si tiene obstáculos a los lados; Sensor de movimiento; Sensor de Gases que dará la información necesaria al servidor de policía judicial si hay algún tipo de gas inflamable; Micrófono el cual permitirá escuchar el sonido que hay en la zona.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema robótico móvil teleoperado como apoyo al servidor de policía judicial para el cumplimiento de sus labores de campo, equipado con sensores y cámara.

2.4.2 Objetivos Específicos

1. Identificar el estado del arte en las técnicas de exploración de los robots móviles utilizados por los servidores de policía judicial.
2. Seleccionar el sistema de visión por intermedio de cámara que permitan extraer la información necesaria del área que se está reconociendo.
3. Identificar una interfaz de usuario para el servidor de policía judicial encargado de controlar el dispositivo móvil en forma teleoperado y permita el manejo del robot a una distancia segura.
4. Evaluar e implementar el protocolo de conexión a gran distancia entre el sistema robótico y el operador por intermedio de un control.
5. Desarrollar las pruebas de laboratorio del robot móvil teleoperado con todas sus herramientas en un ambiente simulado.
6. Presentar el informe final del prototipo funcional del sistema robótico teleoperado.

2.5 Alcance y Limitaciones del Proyecto

Se llegó hasta un prototipo móvil el cual funciona, pero con algunas limitaciones, las cuales no interfieren para su uso.

Se usaron materiales de bajo costo para la creación del prototipo para dar una idea de cómo sería la construcción del robot cumpliendo los requerimientos del servidor de policía judicial.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Marco Teórico o Conceptual

El proyecto ha sido fundamentado mediante el marco teórico donde se define algunos conceptos de los dispositivos, programas informáticos, componentes y herramientas que formaran parte del sistema. Debido a esto se tocarán estos temas:

- Tipos de locomoción
- Tipos de procesadores
- Tipos de robots, aplicaciones y definiciones

3.1.1 Tipos de locomoción

Existen varios tipos de locomoción, el cual se hablará alguno de ellos para entender cuál sería la mejor opción para la creación del prototipo móvil.

3.1.1.1 Locomoción mediante patas

La locomoción predomina en la naturaleza el cual emplea unas patas como se ve en la Figura 6, estas ayudaran aislar el cuerpo del terreno. Tiene mejores propiedades que las ruedas para atravesar terrenos, ya que las patas proporcionan una maniobrabilidad más fácil permitiendo pasar grandes obstáculos que encuentre en su camino. Sin embargo, una de las desventajas que tiene incluye la potencia, la complejidad mecánica y el control, por el número de actuadores es muy elevado (al menos 2 por pata). [3]



Figura 6. Locomoción mediante patas [3]

3.1.1.2 Locomoción mediante orugas

La locomoción que emplea el método de orugas actúa de forma análoga a ruedas de gran diámetro, por lo tanto, tienen mucho más contacto con el suelo, y esto puede mejorar significativamente su capacidad de maniobra en los terrenos de tipo: suelto, deslizante y abrupto. Se consigue mayor fuerza de tracción en el terreno [4].

Las orugas emplean cadenas de tracción como se observa en la Figura 7, que pueden estar girando independientemente, de modo que el cambio de dirección se consigue de forma de variación de las velocidades relativas de las cadenas. El método de odometría no es confiable para la localización del robot, ya que, estos proporcionarían grandes errores debido al deslizamiento que genera las orugas.



Figura 7. Locomoción mediante orugas [4]

3.1.1.3 Locomoción mediante ruedas

La rueda es uno de los métodos más comunes que se emplean para el desplazamiento para una máquina terrestre. Una de las ventajas principales que tiene este sistema es su sencillez, como la mecánica que se usan para el control, ya que tienen un campo de aplicación más extenso de la que emplea las articulaciones o la locomoción mediante patas, debido a su control que lo hace más sencillo, teniendo menos problemas en la estabilidad y habitualmente en los movimientos. Pueden llegar a alcanzar grandes velocidades en los terrenos planos [3]. Los robots con ruedas son diseñados de tal manera que todas sus ruedas están siempre en contacto con el suelo empleando tipos de amortiguadores que ayudan a que esto sea posible.

En la figura 8 se puede observar un sistema de locomoción empleando un sistema de 4 ruedas. Un robot que emplee tres ruedas ya es suficiente para garantizar un equilibrio estable, aunque un robot que emplee dos ruedas puede ser estable, pero no tan confiable para usarlo en terrenos difíciles. Cuando se usa más de tres ruedas es necesario un sistema de suspensión para así poder garantizar que todas las ruedas estén en contacto con el suelo cuando se encuentre en un terreno irregular.



Figura 8. Locomoción mediante ruedas [3]

Ruedas omnidireccionales: Tienen rodillos en su periferia, este tipo de rueda permiten el giro libre en dos direcciones.

Ruedas unidireccionales: La banda de rodadura de la llanta está formada para girar sobre el robot en una sola dirección.

3.1.2 Tipos de procesadores

Existen varios tipos de procesadores, el cual se hablará alguno de ellos para entender cuál sería la mejor opción para la creación del prototipo móvil.

3.1.2.1 Arduino Uno

Es una plataforma de hardware libre, que cuenta con un microcontrolador. Está diseñado para facilitar el uso electrónico en proyectos, pues nos proporciona un software que implementa un lenguaje de programación de Arduino y el que lo ejecuta es el bootloadwer [5]. En la

Figura 9 podemos observar el Arduino uno con su microprocesador y sus pines de entradas y salidas; en la Figura 12 el programa que usa Arduino.

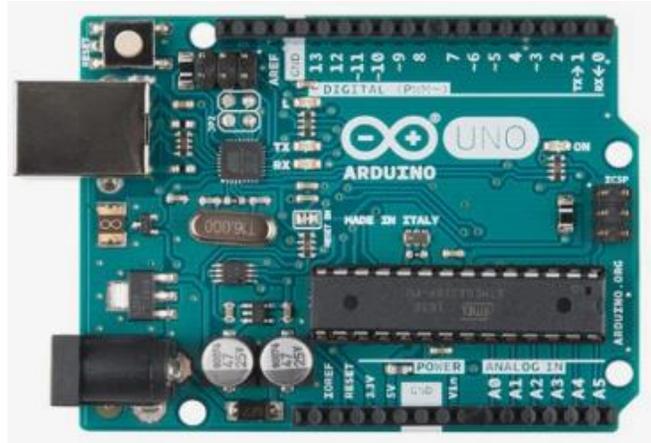


Figura 9. Arduino Uno (Hardware) [5]

3.1.2.2 Arduino Mega 2560

Usa una placa de desarrollo que se basa con el microcontrolador Atmega2560. Tiene 54 pines que se pueden usar ya sea como entradas y en salidas digitales (de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM), 16 de estas entradas son analógicas, 4 UARTs, un cristal de 16Mhz, Jack para una alimentación en DC de 7V a 12V, conector ICSP, y un botón de reseteo. La placa Mega 2560 es compatible con la mayoría de shields compatibles para cualquier Arduino. [5]

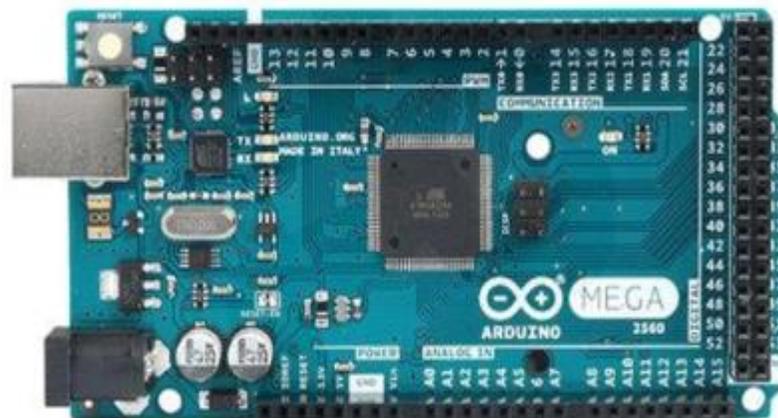


Figura 10. Arduino Mega (Hardware) [5]

3.1.2.3 Arduino Nano

Es una placa desarrollada con un microcontrolador ATmega328. Que sirve con una tensión de operación de 5V, y de alimentación 7-12V. Tiene 14 pines digitales I/O los cuales 6 son PWM, una memoria de 32KB y una frecuencia de trabajo de 16MHz.

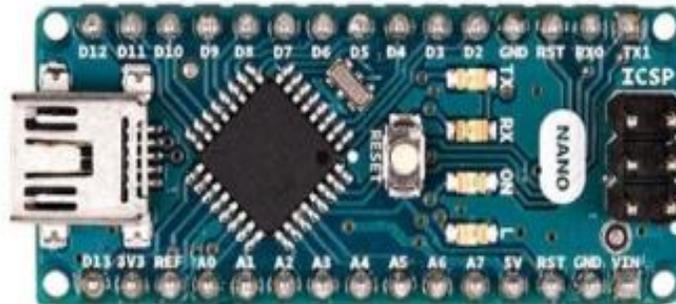


Figura 11. Arduino Mega (Hardware) [5]

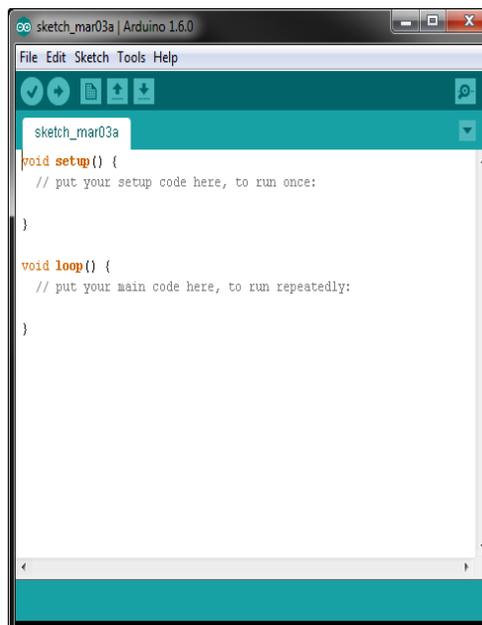


Figura 12. Software del Arduino

3.1.2.4 Aplicaciones de los robots móviles

Es una placa de computadora de tamaño reducido. Con su software libre podemos navegar en internet y programar las aplicaciones que vienen instaladas [6], en la Figura 13 podemos ver tarjeta de la Raspberry y sus entradas. En la Figura 14 se ve el software de la Raspberry el cual puede ser Raspberry Pi OS anteriormente conocido como Raspbian y el software Noobs.

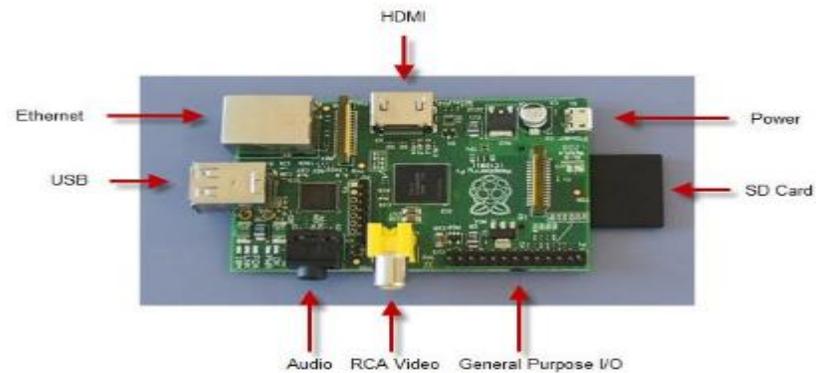


Figura 13. Raspberry Pi 3 (Señalamiento de cada entrada que tiene la Raspberry) [6]

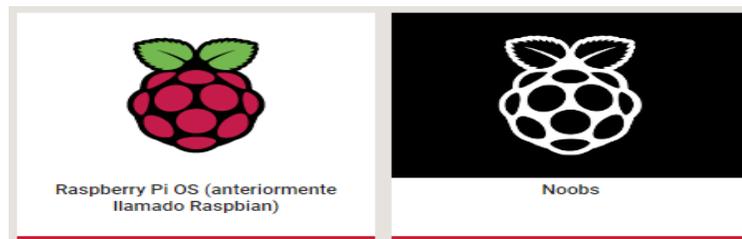


Figura 14. Software de la Raspberry Pi (En la imagen A podemos ver el software Raspberry Pi OS y B software Noobs) [6]

3.1.3 Tecnologías generales de robots, aplicaciones y definiciones

JIRA siglas en inglés (Asociación Robótica Industrial Japonesa) creo una lista que clasifica y los tipos de robots. [2] [7]

Robots operados manualmente: Robots en el cual deben ser operados mínimo por una persona para el manejo.

Robots secuenciales: Robots que tienen programada una serie de tareas en una misma secuencia.

Robots sensate: Robots que usan cualquier tipo de sensores, para realizar la tarea establecida.

Robots adaptativos: Robots que se ajustan al comportamiento de los cambios en su entorno.

Robots inteligentes: Robots que tienen tecnología avanzada llamada IA (Inteligencia Artificial).

3.1.3.1 Aplicaciones de los robots móviles

Los robots móviles tele operados y no tele operados, generalmente son fabricados dependiendo para su uso y el entorno que son típicamente interiores (edificios, casas, bodegas, etc.), y para uso exterior (campo abierto). Los diversos robots móviles usan diversas aplicaciones como: reconcomiendo de área, asistencia en hospitales, guías en museos o centro comerciales, etc. También son muy útiles para la movilización de objetos pesados, detector de bombas, desactivar bombas, entre otros. Además, tienen todo tipo de aplicación a la que las personas les puedan encontrar uso, ya sea personal, investigación o comercial, como, por ejemplo: batallas de robots, investigaciones, demás. [2][8] [9]

3.1.3.2 Anatomía de los robots móviles

La robótica fusiona diversas ramas del saber cómo, la electrónica, la mecánica y la informática. Por ello se pueden encontrar diversos tipos de componentes y sistemas dentro de un robot. [2]

3.1.3.3 Sensores

Son uno de los elementos más importantes que permiten al robot obtener la información de su entorno y saber lo que sucede. [2]

Sensores de sonido: son los sensores de ultrasonido el cual envían un sonido no captable para el oído humano rebotando la señal. Permiten conocer la presencia de un objeto, además es posible calcular la distancia midiendo el tiempo que dura la onda en ir y volver. [2]

Sensores de contacto: son aquellos sensores básicos que actúan con una simple acción de un contacto sólido.

Sensores de luz: son los que detectan la presencia de luz. [2]

3.1.3.4 Motores

Los motores son los que nos ayudan con el movimiento del robot. En el mercado existen dos tipos de motores, AC y DC. Sin embargo, dependiendo del uso dependerá del tipo de motor, en robótica móvil, por requerimientos de energía y tamaño se usan más los motores DC. [2]

Motor DC: Son los más usados en los robots móviles. Sin embargo, su velocidad de giro es muy rápida para ser aprovechada por el robot móvil y su torque es lo suficientemente necesario para mover el robot, a veces suele ser necesario adaptarle ciertos mecanismos mecánicos como engranajes, piñones y correas para aprovechar al máximo sus capacidades. [2]

Servomotor: viene adaptados con una caja reductora y control, el cual funciona de 0° hasta 180°.

3.1.3.5 Energía

Para poder desplazarse en el entorno o realizar las tareas, necesitan de una fuente de poder. Es necesario también, que esta fuente entregue una tensión constante para que los circuitos trabajen adecuadamente, además con una gran capacidad de amperaje para la duración de uso. Entre los diversos sistemas de alimentación se pueden encontrar: baterías, celdas solares, etc. [2]

3.1.3.6 Teleoperación

Es el término técnico empleado al control de robots controlados por un control remoto. En un sistema robótico teleoperado, con mínimo una persona puede controlar la velocidad, dirección y otros movimientos del robot a cierta distancia. [2]

3.1.3.7 Dragon Runner 20

Es un sistema no tripulado especializado especialmente para los usuarios con la capacidad de ver alrededor de un espacio reducido, lo que lo convierte en una opción perfecta para una amplia gama de aplicaciones militares, especialmente en entornos urbanos con su reconocimiento, inspección y seguridad en aplicaciones militares con sus primeros auxilios. Como se puede observar en la Figura 15 un Dragón Runner utilizado en las fuerzas militares de Estados Unidos.



Figura 15. Dragón Runner 20 (usados en los campos militares de los Estados Unidos) [10]

4. DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADO

En el desarrollo del proyecto se tuvo unos requerimientos del proyecto acordados con un servidor de policía judicial de un sistema de implementación del hardware para el desarrollo del prototipo.

4.1 Requerimientos

4.1.1 Requerimientos del usuario

- 1 El prototipo debe ser un robot móvil teleoperado.
- 2 El prototipo deberá tener una cámara con rotación de 360 grados.
- 3 El prototipo debe tener una cámara con transmisión de imagen a color y con una resolución mínima de 720p.
- 4 El prototipo deberá pesar menos de 10kg.
- 5 El prototipo no deberá desplazarse a una velocidad máxima de 10 km/h.
- 6 El prototipo deberá contar con un sensor de proximidad que advertirá si hay obstáculos a un aproximado de 40 centímetros de distancia en dirección horizontal.
- 7 El prototipo deberá contar con una advertencia visual para la detección de obstáculos a través de los sensores.
- 8 El prototipo deberá enviar una alerta visual al operador, al momento de la detección de algún tipo de gas inflamable.
- 9 El prototipo deberá registrar las ondas de sonido que hay en la zona, mediante la activación de un micrófono y deberá transmitir el audio.
- 10 El prototipo deberá transmitir en directo las imágenes que se registren a través de la cámara.

4.1.2 Requerimientos funcionales

1. El prototipo pesara menos de 10kg
2. El prototipo se desplazará a una velocidad menor de 10 km/h.
3. El prototipo contará con dos sensores de proximidad que advertirá un obstáculo a un aproximado de 35 centímetros de distancia en los verticales.

4. El prototipo contará con enviar una alerta visual al operador, al momento de la detección de algún tipo de gas inflamable.
5. El prototipo contará con registrar las ondas de sonido que hay en la zona, mediante la activación de un micrófono.
6. El prototipo transmitirá en directo las imágenes que se registran en la cámara.
7. El prototipo contará con una cámara de resolución de 1080p y con imagen a color.

4.1.3 Requerimientos de calidad

1. El prototipo deberá ser operado mínimo por un usuario
2. La batería deberá funcionar con autonomía continua de una a tres horas, según el uso
3. El prototipo contará únicamente con un canal de recepción de audio.
4. El prototipo deberá tener una contraseña para su conectividad con la aplicación.
5. El controlador deberá ser compatible con todos los dispositivos móviles (Android) que tengan la aplicación.
6. El prototipo contará con una conexión inalámbrica para el manejo del robot móvil con el operador.

4.1.4 Requerimientos de restricción

1. El prototipo no podrá subir o bajar escaleras, pero podrá evadir obstáculos.
2. El prototipo no podrá subir pendientes de más de 26 grados.
3. El prototipo no podrá sobrepasar obstáculos de más de 4cm.
4. El dispositivo móvil tendrá un IP2X
5. El prototipo sólo podrá ser utilizado por los usuarios previamente capacitados.
6. El prototipo no guardará el registro de imágenes ni sonido en sus componentes, a menos que el operador lo desee.
7. El prototipo no estará programado para ejecutar acciones predeterminadas.
8. El prototipo no podrá ser utilizado en más de 40°C.

4.2 Metodología del Diseño

A continuación, se elaboró un plan de trabajo de como se hizo la solución del proyecto de grado.

4.2.1 Levantamiento de requerimientos

Se tuvo varias reuniones con un servidor de policía judicial con el cual se empezó hablar cuál es el problema que tienen ellos al hacer su trabajo de reconocimiento de área, con el cual se empezaron hacer los requisitos más esenciales en donde se pueden encontrar en el capítulo 4.1.1.

4.2.2 Selección de materiales

Se prosigue actuar con la sección de tecnologías para dar con la mejor opción propuestos con los requerimientos del servidor de policía judicial, en cual en estos capítulos se pueden encontrar la parte teórica capítulo 3.1.2. y capítulo 3.1.1.

En el capítulo 4.3 se puede encontrar los materiales seleccionados para la realización del prototipo, cuando se hace esta investigación se selecciona los materiales que se encuentran en el Anexo F.

4.2.3 Pruebas funcionales

Se empieza hacer pruebas individuales de cada sensor y antena para comprobar el funcionamiento correcto antes de hacer el código final, estos códigos se pueden encontrar en el Anexo L.

4.2.4 Prueba final

Se hizo la prueba final donde el servidor de policía judicial es el operador del prototipo, dándole unas instrucciones del funcionamiento el cual se encuentra en el Anexo A, se hace un video probando el prototipo, este video se puede encontrar en el Anexo K.

4.3 Descripción Técnica del Producto

En esta sección se aborda el desarrollo del prototipo del robot móvil denominado JC-ROBOTCAR. Se desarrolla un diseño electrónico y mecánico del prototipo, al igual que el software del sistema, se hablará sobre las características del vehículo, no solo para el correcto desarrollo del proyecto, sino que también se hablará sobre las posibilidades que el prototipo puede ofrecer. Esto se lleva a cabo con el objetivo de seguir un esquema ordenado que se estudió tanto desde el punto de vista mecánico y electrónico, como la óptima ubicación de los componentes que llevarán internamente. Para hacer una introducción un poco más clara, la sección se dividió en tres segmentos: capa electrónica, capa mecánica y capa de software, cuyos requerimientos o parámetros de diseño se puede encontrar en la tabla 1. Para tener en claro como poder usar el prototipo ver Anexo A.

Tabla 1. Requerimientos de diseño del JC-ROBOTCAR

Mecánica		
Requerimientos	Definición	Implementación
Modular	Los elementos que conforman el prototipo son desmontables.	Dispositivo desmontable.
Robustez mecánica	Su construcción garantiza durabilidad y resistencia frente al uso.	Uso de materiales resistentes y con buena durabilidad.
Masa	La plataforma debe pesar entre los 7Kg a 10Kg.	Peso 8Kg.
Topología / Sistema de tracción	Configuración de dirección utilizada Skid-steer.	Topología para usar Skid-steer / 4 ruedas.
Interfaz de hardware amigable	Permite al usuario manipular el prototipo de forma intuitiva sin dificultades.	Panel de control físico del sistema y digital para la cámara.
Tamaño	El área del robot no puede superar las medidas de 70cm x 50cm x 50cm (largo x ancho x alto).	67cm x 38cm x 31cm.
Electrónica		
Requerimientos	Definición	Implementación
Autonomía	El prototipo debe funcionar durante un límite de horas, hasta una nueva recarga.	El prototipo puede durar 1 a 3horas según su uso, de forma continua.
Paro de emergencia	El robot debe contar con un dispositivo de apagado de emergencia en su hardware.	Tendrá un interruptor de prendido y apagado. También puede usarse en paro de emergencia.
Iluminación	El vehículo podrá contar con un sistema de luces led que le permita operar en espacios de baja iluminación.	La cámara tendrá visión nocturna.
Software		
Requerimientos	Definición	Implementación
Ejecución multitarea	El robot móvil debe ejecutar sus diferentes funciones de operación al mismo tiempo.	El microcontrolador 2560 permite esta función.
Acceso	En caso de requerir modificar el código fuente o los parámetros del robot, debe poderse acceder remotamente.	Para el usuario/operario no tendrán acceso.

Modos de manejo	El prototipo debe contar con un modo de operación: manual	Tendrá un único modo de manejo que es el manual, el robot móvil no tendrá más modos de manejo
Manipulación	El robot debe manipularse desde una estación remota	Implementación a una frecuencia de 2.4Ghz y con canal único

La capa electrónica del prototipo está compuesta por los circuitos electrónicos los cuales se utilizan para el funcionamiento del sistema a niveles de potencia y lógico. Además, se incluyeron elementos de acondicionamiento que garantizan los niveles correctos de energía, según lo requerido de cada equipo conectado. Al principio se dividió la fuente de energía en dos: Potencia y Lógico. La potencia comprende los niveles de tensión y corrientes inyectados sobre los motores. El lógico corresponde a la tensión DC que alimenta los Arduinos. En la Figura 16 se aprecia un diagrama de bloques general del prototipo.

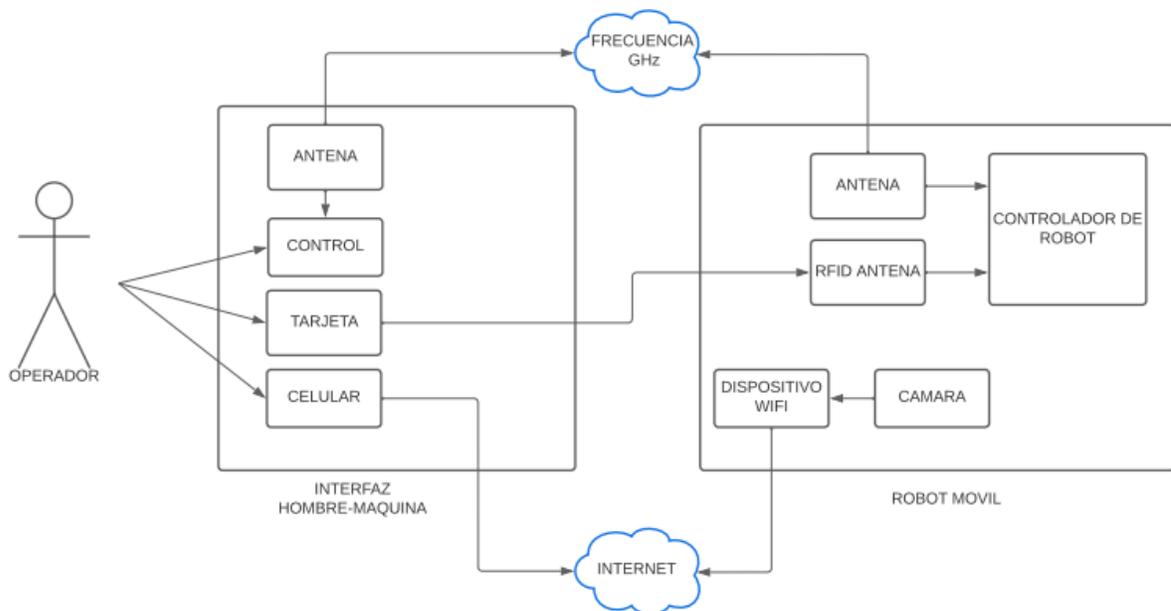


Figura 16. Diagrama de bloques general

Para el correcto funcionamiento del prototipo son necesarios ciertos componentes: los motores que permiten los diferentes tipos de movimientos del robot; dependiendo del sensor y del uso podrá conocer su entorno y estado; las baterías son la fuente de energía tipo portátil que se ha estado empleando para dispositivos que requieren movilidad; y por último, los circuitos electrónicos, que están diseñados a partir de ciertos requisitos según el uso de la selección del prototipo construido. A continuación, se presenta la selección de elementos como motores, ruedas, sensores y sistema de alimentación.

4.3.1 Selección de motores

La selección de los motores depende del sistema a desarrollar y según esto puede variar sus características para hallar el que más se adopte, se busca el mejor actuador que se adapte a sus requerimientos. Los servomotores tienen un desplazamiento angular muy limitado, el funcionamiento de estos se basan de un control por ancho de pulso, por lo tanto, no es el recomendable para este prototipo por el nivel de exigencia que se tiene para desarrollar las tareas establecidas por el servidor de policía judicial.

Los motores paso a paso tienen una gran precisión muy elevada en el giro del rotor debido a su estructura interna. Sin embargo, exigen mayor electrónica para su control, lo cual dificulta la programación y no es necesario este tipo de motor para ejercer estas tareas.

El motor DC tiene un modelo lineal que facilita su control, puede alcanzar altas velocidades con un buen torque y ofrece una operación más suave a bajas velocidades, adicional a esto son más sencillos de instrumentar. Añadiendo una muy buena relación entre el costo, dimensiones, peso, potencia, eficiencia y cierto control dentro de los rangos de velocidades a los que serán sometidos, de ahí que se eligen los motores DC. En la Tabla 2 se puede observar una relación entre las características principales de los motores anteriormente detallados.

Tabla 2. Características principales de las opciones de actuadores a implementar

Tipo de actuador	Precisión	Potencia	Costo
Servomotor	ALTO	ALTO	ALTO
Motor paso a paso	ALTO	BAJA	BAJA
Motor DC	MEDIO	ALTA	BAJA

Se selecciona el Motor DC (Corriente Directa) considerando lo anterior, para la elección del motor, se debe tener en cuenta tres aspectos fundamentales los cuales son: la velocidad, el torque y la eficiencia energética del tipo de motor. A continuación, se realizarán los cálculos pertinentes para saber que torque debe suministrar el motor.

Inicialmente se estima la masa total de los componentes que conforman el prototipo, además de algunos componentes extras que podrían ser necesarios en aplicaciones futuras. Así que se obtiene una masa total de:

$$MT = Me + Mm = 5kg + 2kg \quad (1)$$

$$Mt = 7kg$$

MT masa total aproximada del robot

Me masa estimada de los componentes electrónicos

Mm masa estimada de los componentes mecánicos.

Se toman unos parámetros de diseño en el modelo del prototipo como, eficiencia de las cajas reductoras, número de ruedas motrices, radio de ruedas, los dos últimos parámetros hacen parte del diseño mecánico en el cual se podrá observar en la Tabla 3.

Eficiencia de las reductoras: $\eta = 0.8$

Número de ruedas motrices: $n = 2$

Radio de ruedas motrices: $r = 0.065m$

Teniendo en cuenta, la masa podría variar en el proceso de su construcción del prototipo, se consideró un margen de seguridad del 80%, esto quiere decir que, se dividió la masa total entre 0.8 para obtener la nueva MT que será considerada en la selección de torque del motor. La masa de seguridad: $MT = 8.75Kg$.

Considerando que en las aplicaciones móviles terrestres de investigación se requiere velocidades menores a 10 km/h (dato tomado por un servidor de policía judicial), se escogieron los siguientes parámetros iniciales:

- Velocidad esperada (V): se decidió establecerla en 7 km/h aproximado = 1.944 m/s
- Aceleración esperada (a): en 1km/h = 0.277 m/s²
- Posible pendiente a superar (α): de unos 20°

La velocidad del motor siempre se refiere a una velocidad angular en su eje de giro y en el Sistema Internacional (SI) lo cual lo estandarizaron como rad/s. Existe otra unidad de uso frecuente en los motores que es en revoluciones por minuto (rpm).

A continuación, los parámetros que se disponen se calcula la velocidad angular que proporcionarán los motores para mover al prototipo:

$$T = r * F \quad (2)$$

$$Vl = w * r \quad (3)$$

En el cálculo (2) se observa la relación que se tiene entre el torque del motor y el diámetro de las ruedas, en donde T es el torque del motor dado en N*m, r significa el radio de la rueda

en metros. Entrás más grande sea el radio de las ruedas mayor será la velocidad lineal, pero será menor la fuerza ejercida por el motor.

A partir del cálculo (3) se calcula la velocidad angular de los motores en rpm, en donde Vl es la velocidad lineal calculadas en km/h, w es la velocidad angular en rad/s y r como se había mencionado anteriormente es el radio de la rueda.

$$w = \frac{Vl}{r} \quad (4)$$

$$w = \frac{1.944 \text{ m/s}}{0.065\text{m}} = 29.907 \text{ rad/s}$$

Para realizar la selección del motor en el parámetro de velocidad angular en la Tabla 3 de comparaciones, se hizo una conversión de unidades (radianes por segundo a RPM), por lo tanto:

$$w = 29.907 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{60}{2 * \pi} \quad (5)$$

$$w = 285.590 \text{ rpm}$$

Ya teniendo w , se debe usar un motor que tenga estas características en rpm, además, se debe relacionar la fuerza que debe ejercer el motor en función del peso del robot y la velocidad máxima que deben ejercer. Para ello, se calcula el par del motor o torque necesario con (6) donde:

$$F = \frac{(MT * g * \text{sen}(\alpha) + MT * a}{Fs} \quad (6)$$

$$F = 38.334\text{N}$$

$$T = 0.065\text{m} * 38.334\text{N}$$

$$T = 2.491 \text{ N} * \text{m}$$

$$T.T. = \frac{2.491 \text{ N} * \text{m}}{2} = 1.245 \text{ N} * \text{m}$$

En el cálculo (6), F representa la fuerza del motor en Newton, g fuerza de atracción o gravedad (se coloca la gravedad de Bogotá 9.77 m/s), α ángulo de inclinación del terreno, a es aceleración lineal del robot y FS es el factor de seguridad que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos. Teniendo en cuenta que el robot cuenta

con 4 ruedas, el diseño del robot usará solo 2 ruedas motrices que compartirán su caja reductora, de forma que el torque que deberá desarrollar el Rover será dividido en el número de ruedas motrices del mismo. En este caso se calculará la potencia que debe desarrollar el motor cálculo (7), del torque del motor y la velocidad angular se halló la potencia mecánica.

$$P = \frac{T * \omega}{\eta} \quad (7)$$

$$P = \frac{0.622 \text{ N.m} * 14.953 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{0.8}$$

$$P = 11.625 \text{ W}$$

El cálculo de potencia se utiliza a menudo como un paso preliminar en la selección de motor y de equipos electrónicos a conectar. Si se conoce la potencia mecánica requerida para una aplicación determinada, se pueden examinar la potencia máxima o continua de varios motores, para determinar cuáles son los posibles candidatos para su uso en el prototipo. Para cumplir las especificaciones indicadas se tiene en cuenta las posibles inclinaciones, para un ángulo de 20 grados será necesario un motor con una potencia de aproximadamente 11.625W.

Teniendo en cuenta la potencia requerida del motor es necesario tener en cuenta las especificaciones mecánicas y eléctricas, en este caso las del fabricante. Por parte mecánica está diseñado para un torque no mayor a 1.5 N*m, si se llegase a necesitar más de lo necesario, actuará un sistema de protección que dejará inhabilitada la acción necesaria. Esto quiere decir que, el motor podrá seguir girando pero la caja reductora del carro no responderá, al pasar esto no habrá ningún problema no se verá afectado el sistema mecánico, por la parte eléctrica tiene un sistema de puente H que solo entregara 25W como máximo, como se dijo anteriormente en los requerimientos de restricción el prototipo no podrá superar los 26°.

Tabla 3. Descripción General de Subsistemas

N° de Modelo	Tensión		Sin Carga		Con Carga			Porcentaje para su uso
	Rango de operación	Voltaje nominal	Actual	Velocidad	Actual	Esfuerzo de torsión	Velocidad	
	V	V	A	r/min	A	Kg.cm	r/min	
KM-25A370-9.3-061575	6.0-24.0	6	0,25	1575	0.56	0.09	1467	20%
KM-25A370-48-06100	6.0-12.0	6	0.033	100	0.202	0.8	75.5	80%
KM-25A370-109-0652	6.0-12.0	6	0.058	52	0.4	2	40	60%
KM-25A370-181-0662	6.0-12.0	6	0.12	62	0.63	3	51	60%
KM-25A370-248-00622.3	6.0-12.0	12	0.3	200	0.968	2	170	95%

El motor seleccionado para el desarrollo del presente prototipo corresponde al modelo KM-25A370-248-00622.3 del fabricante Kinmore con una valoración del 95% estimada para el uso que le voy a dar, los cuales requieren de un voltaje de alimentación de 6v a 12v, velocidad angular 200 rpm y potencia mecánica de 11.625W. En la Figura 17 se muestra el motor de DC utilizado en el prototipo.



Figura 17. Motor DC seleccionado para el robot [11]

4.3.2 Selección de tarjeta de control

En esta sección se hablará sobre el cerebro del prototipo con el cual se puede colaborar con microcontroladores. Actualmente se tienen tecnologías para los robots como lo son los Arduinos, Raspberry PI o FPGA's, se evaluará las tarjetas para saber cuál es con la que más cumple bajo los requerimientos del servidor de policía judicial, se revisara las características de capacidad lo cuales son (puertos de entradas y salidas y memoria), velocidad del procesamiento, el consumo energético, y facilidad del manejo. No obstante, es necesario un sistema lógico necesario para emplear unidades de acondicionamiento sobre la función de las señales de control enviadas desde el control genere la acción correspondiente con la potencia necesaria. Los parámetros de la elección de las tarjetas se tratarán en la Tabla 4. Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados tendrán una calificación entre 1 y 5 (siendo 5 la calificación más alta y 1 la más baja).

Tabla 4. Selección de la tarjeta de control principal

Punto de vista	%	Raspberry Pi 3 B			Arduino Nano			Arduino mega		
		Característica	Nota	Total	Característica	Nota	Total	Característica	Nota	Total
Alimentación	5%	5v	5	0,25	7.5-12v	5	0,25	7-12v	5	0,25
Memoria	10%	Micro SD	0	0	32KB Flash	2	0,2	256KB Flash	3	0,3
CPU	10%	1,2GHz	5	0,5	16MHz	2	0,2	16MHz	2	0,2
Consumo	5%	1,4A	1	0,05	19mA	5	0,25	93mA	5	0,25
Masa	5%	45gr	3	0,15	7gr	5	0,25	37gr	4	0,2
Pines	10%	40	4	0,4	22	3	0,3	70	5	0,5
Variedad de programación	20%	Si	5	1	Único	5	1	Único	5	1
Efectividad	15%	Alta	5	0,75	Alta	5	0,75	Alta	5	0,75
Costo	20%	\$ 189.900	1	0,2	\$ 35.000	5	1	\$ 43.000	4	0,8
Total	100%	3,3			4,2			4,25		

En el mercado se pueden encontrar una gran variedad de plataformas de alto rendimiento y bajo consumo energético. Estas han sido implementadas en distintas aplicaciones de forma eficiente como la plataforma “Arduino Nano y Arduino mega”, que requieren un consumo menor de energía, bajo costo, programación con un nivel de dificultad alta y fácil de usar. Se escogieron estas dos tarjetas de control en comparación con: Raspberry pi 3 B+, la categoría de PIC 18F y 16F, estos microcontroladores no son tan efectivos para el presente proyecto.

De igual forma, se investigó y se analizaron otros controladores que permitieron conocer que existen mejores tarjetas de control, pero por carencia de tiempo y aumento en los costos de insumos del proyecto, fueron descartados.

Se seleccionaron dos tarjetas de control las cuales serán el Arduino Nano y Arduino mega, fueron escogidas para la efectividad del robot móvil. Al principio se iba a escoger solo el Arduino mega, pero por falta de pines SPI (Serial Peripheral Interface) se llegó a la conclusión de escoger dos Arduinos, y se utilizarán dos módulos que usarán los mismos pines del SPI. Para ello, se pondrá la tarjeta Arduino Nano, la cual tendrá el módulo RFID-RC522 que será la encargada de dar el acceso al operador, y el Arduino mega usará el módulo nFR24L01 y será la encargada de dar las órdenes a los demás componentes electrónicos.

4.3.3 Selección de baterías DC

La selección de la batería DC, es necesario tener en cuenta que se utilizará como la fuente de energía para la alimentación del prototipo en un sistema que se divide en: Potencia y Lógico. Lo primero es la alimentación que corresponde a los niveles de tensión y corrientes sobre los motores, esto se conoce como etapa de potencia; la etapa lógica corresponde a la alimentación de las tarjetas de control. Con estas características, se incluye el uso de baterías DC. Esto implica incluir elementos de acondicionamiento que garanticen la tensión y corriente necesaria para el funcionamiento correcto del sistema, en la Tabla 5 podemos encontrar diferentes tipos de baterías los cuales se harán una comparación entre ellas. Los parámetros de la elección de los motores se tratarán en la Tabla 5. Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados tendrán una calificación entre 1 y 5 (siendo 5 la calificación más alta y 1 la más baja).

Tabla 5. Selección de batería DC

Punto de vista	%	Power Sonic			Power Bank batería krono			Lectrón pro charge rate		
		Característica	Nota	Total	Característica	Nota	Total	Característica	Nota	Total
Recargable	10%	Si	5	0,5	Si	5	0,5	Si	5	0,5
Capacidad de amperaje	20%	7A	5	1	10A	5	1	5.2A	3	0,6
Voltaje	20%	12v	5	1	5v-5v	2	0,4	22.2v	2	0,4
Tamaño (cm)	10%	15.1 x 6.5 x 9.3	3	0,3	13.8 x 6.8 x 1.4	5	0,5	4.1 x 2.6 x 13.3	5	0,5
Masa	10%	2.15kg	3	0,3	2.45gr	5	0,5	378gr	4	0,4
Efectividad	10%	Alta	5	0,5	Baja	1	0,1	Baja	1	0,1
Costo	20%	\$ 25.000	5	1	\$ 49.900	2	0,4	\$ 54.900	1	0,2
Total	100%	4,6			3,4			2,7		

A continuación, se describirán en detalle las características de alimentación para los diferentes elementos del robot móvil, se cuenta con la batería “Power Sonic Modelo PS-1270 F2” de 12V a 7000mAh, es la fuente de alimentación de la línea de potencia de los subsistemas de acción del robot, y también es la encargada de alimentar la línea lógica de los subsistemas de percepción y unidad de control. La batería será la encargada de alimentar todo el circuito del robot móvil.

Ofrece 7000mA de intensidad, lo cual se considera suficiente ya que los mayores consumos residen en los motores (1100mA Max entre los dos motores), la cámara (1500mA), las tarjetas de control Arduino Nano (19mA Max) y Arduino mega (250mA Max). Esto nos da a entender que el consumo total promediado sería de 2900mA/hora. Por lo anterior, la batería “Power Sonic Modelo PS-1270 F2” es la adecuada y cumple con los requisitos mínimos que pide el servidor de policía judicial.

4.3.4 Selección de sensores

Los sensores son los encargados de transmitir la información captada de acuerdo con el tipo de sensor. En esta área de robótica se tiene distintas herramientas que pueden ser de gran ayuda para obtener y procesar los datos con el objetivo de tomar una decisión antes de que ocurra un problema en este caso se tendrá como objetivo de resolver los problemas de distancia y gases. Teniendo en cuenta lo anterior, se analizará los sensores que más se adaptó para este prototipo.

En los robots móviles terrestres lo más importante es tener la capacidad de analizar el entorno obteniendo datos durante el transcurso del uso y transmitirlos al centro de control para facilitar la maniobrabilidad a tiempo. A continuación, se dará las características de los sensores para el desarrollo del proyecto.

4.3.4.1 Sensor de gas MQ-9

El módulo MQ-9 Sensor de Gas es un dispositivo sensible para detectar una cantidad de monóxido de carbono en concentraciones de 10 hasta 1000 ppm (partes por millón) y gas combustible desde 100 hasta 10000 ppm (partes por millón), cuando el sensor detecta alguna de estas señales que estén dentro de estos rangos este emitirá una señal analógica o digital variable dependiendo la concentración de gas detectada. Este sensor consta de cuatro terminales los cuales dos son para la alimentación, la tercera entregará una salida analógica de tensión, y la última enviara una señal digital, solo se necesitará un microcontrolador para que pueda leer la señal y así poderla usar de acuerdo a las necesidades que uno necesite. El consumo de corriente ronda está por debajo de los 150mA con una tensión de funcionamiento de 5V [12]. En la Figura 18 se puede encontrar el sensor de gas puesto en el prototipo.



Figura 18. Sensor de gas seleccionado para el robot [12]

4.3.4.2 Sensor de distancia ultrasonido HC-SR05

El sensor de distancia ultrasónico proporciona una medición con 1cm de distancia como mínimo y con un ángulo amplio para la detección de obstáculos. Esta última función se cumple mandando sonido el cual no puede ser captado por el oído del ser humano por su frecuencia y depende de la duración de lo que tarde en llegar el rebote del sonido se puede saber la distancia del objeto. Este módulo tiene cinco pines y se utiliza un pin en trigger, un pin en echo y dos para la alimentación [13]. En la Figura 19 se puede encontrar el sensor de distancia puesto en el prototipo.



Figura 19. Sensor de distancia ultrasonido seleccionado para el robot [13]

El prototipo tiene una arquitectura modular, usando un microcontrolador con el cual se controla el prototipo que puede ser remplazado o cambiado por una tarjeta de desarrollo, por tal motivo, el lenguaje con el cual se programe el prototipo depende de que controlador se esté utilizando.

El prototipo posee una tarjeta de Arduino Nano y Arduino mega la cual es compatible con el software Arduino, solo se puede programar mediante su propio lenguaje Arduino. La programación para este microcontrolador es muy usada y compleja, a diferencia de otros. Este lenguaje se puede encontrar en diferentes páginas web, su complejidad conlleva en juntar diferentes ejemplos en uno solo. Como podemos observar en la Figura 12 es el software que usa para la programación del Arduino.

4.3.5 Conceptos de desarrollo

Los conceptos ya identificados anteriormente se proceden a identificar las funciones que tendrá y así evaluarlas para ver que alternativas tecnológicas existen para su realización.

Una vez realizada la descomposición funcional del sistema se procede para la generación de conceptos mediante una búsqueda interna y externa para así poder encontrar posibles soluciones a los subprocesos que puede llegar a tener el sistema.

- Almacenar energía

Power Sonic

Lectrón pro charge rate

Batería de polímero de litio (lipo)

Batería níquel

- Transmitir datos

USB o Bluetooth

Frecuencia 2.4GHz o 5GHz

- Unidad central de control y procesos

Tarjetas de desarrollo (beagleboard, Raspberry Pi, Arduino, pandaboard, entre otras)

PC

- Actuadores

Servomotores

Motor DC

Motor paso a paso

- Sistema motriz

Unidireccional

Omnidireccional con ruedas estándar

Se establecen estos conceptos por el desarrollo que se dio por el estado del arte que se logró identificar algunas características más relevantes que contienen los robots móviles terrestres teleoperados y no teleoperados. Con el estado del arte se tomaron unas decisiones que influyeron para el diseño final del prototipo las cuales son:

- El uso de ruedas.
- Un sistema motriz unidireccional de sistema Skid-Steer.

- La transmisión de datos se podrá realizar por frecuencia 2.4GHz, se deja esta opción debido a que hoy en día la forma más común de transmitir una señal es por frecuencia.
- Debido a que se desea que el robot se maneje a distancia, se usara un control que pueda realizar los movimientos del robot.

4.3.6 Arquitectura de bloques detalladas

En la Figura 20 encontramos el diagrama de bloques detallado del robot móvil en donde sabremos como está interconectado cada dispositivo, en el Anexo C Figura 29 se encuentra las conexiones electrónicas basados en el diagrama de bloques.

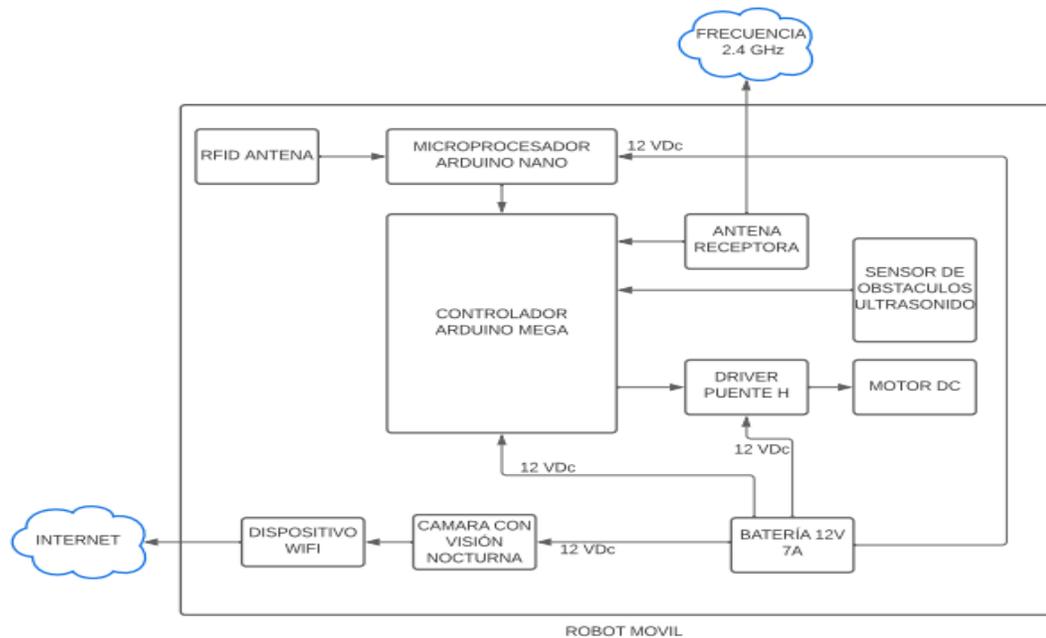


Figura 20. Diagrama de bloques detallado en la construcción del carro

En la Figura 21 encontramos la etapa donde el RFID tiene la función de mandarle un pulso a la tarjeta principal (Arduino mega) para que pueda conectarse con el control y active todas las funciones.

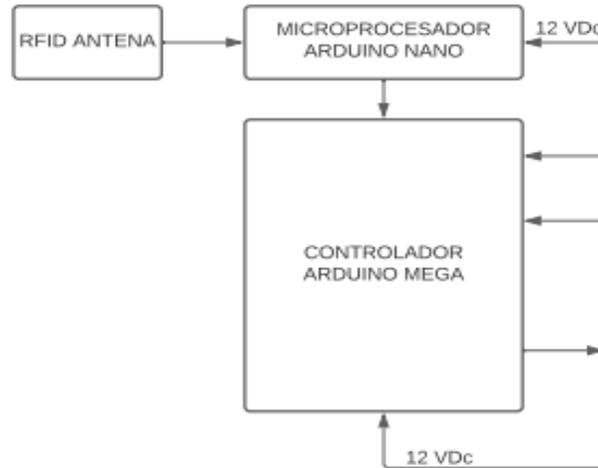


Figura 21. Diagrama de bloques de la etapa de ingreso con la antena RFID

En la Figura 22 encontramos la antena NRF24101 usada como antena receptora el cual tiene como función conectarse por un canal personalizado con otra antena el cual estará equipada al control usando una frecuencia de 2.4GHz, lo cual hace que sea una conexión estable.

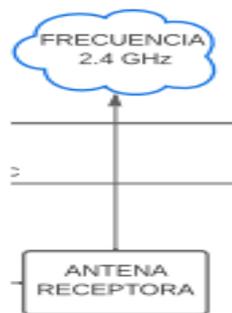


Figura 22. Diagrama de bloques etapa de la antena receptora

En la Figura 23 se puede observar la etapa de potencia en donde se usa una batería anteriormente mencionada conectada directamente a un driver puente H el cual le regulará la potencia necesaria que requiera el motor.

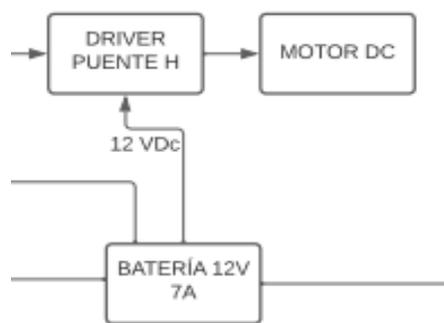


Figura 23. Diagrama de bloques etapa potencia

En la Figura 24 se observa la etapa visual el cual se usa una cámara con conexión a internet para que el usuario pueda observar las imágenes en tiempo real cuando este alejado del prototipo.



Figura 24. Diagrama de bloques etapa visual para el usuario

En la Figura 25 encontramos el diagrama de bloques detallado del control en donde sabremos como está interconectado cada dispositivo, en el Anexo C Figura 30 se encuentra las conexiones electrónicas basados en el diagrama de bloques.

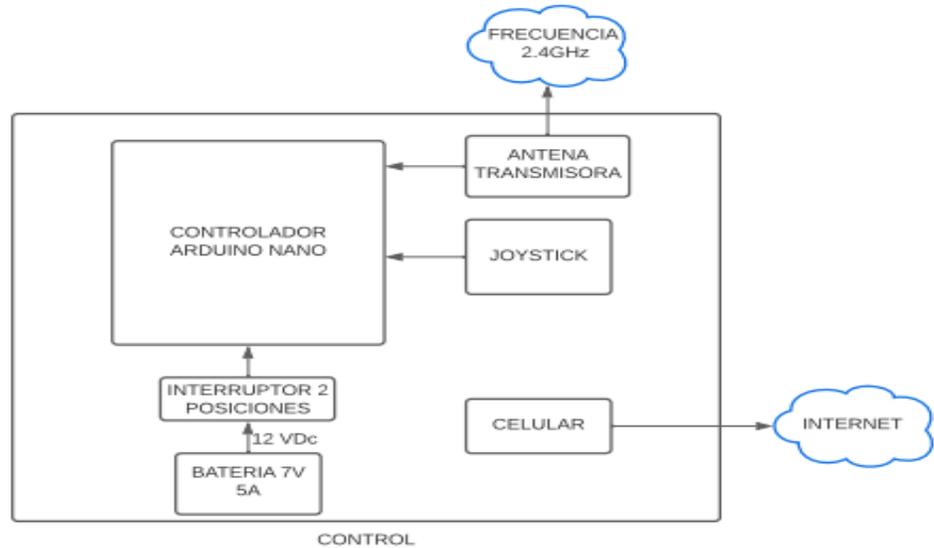


Figura 25. Diagrama de bloques detallado en la construcción del control

En la Figura 26 encontramos la antenna NRF24I01 usada como antenna trasmisora el cual tiene como función conectarse por un canal personalizado con otra antenna el cual estará equipada al robot usando una frecuencia de 2.4GHz. El joystick será el dispositivo electrónico el cual dará las ordenes en la dirección que debe moverse.

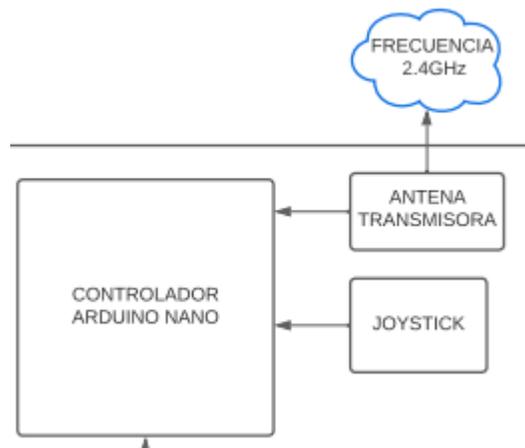


Figura 26. Diagrama de bloques etapa de la antenna trasmisora con joystick

En la Figura 27 es la etapa de potencia el cual alimentara el control teniendo un interruptor el cual funcionara para el encendido y apagado del control.

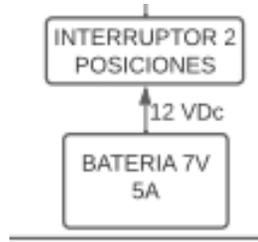


Figura 27. Diagrama de bloques etapa potencia del control

En la Figura 28 es la etapa en donde se usará cualquier celular que tenga acceso a internet y con la aplicación V380 para tener acceso a lo visual de la cámara.



Figura 28. Diagrama de bloques etapa del celular

4.3.7 Selección de conceptos

En esta sección se pondrán unas opciones las cuales se ubican en módulos funcionales que constituirán elementos básicos del prototipo. Una vez que se tenga generado los conceptos, se procedió a desarrollar las diferentes opciones de conceptos para los subprocesos como se puede observar en el Tabla 6.

Tabla 6. Selección para materiales para la estructura

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3	OPCIÓN 4
Batería	Lectron pro charge rate	Power Sonic	Power Sonic	Lectron pro charge rate
Transmitir datos	USB o Bluetooth	Frecuencia 2.4GHz o 5GHz	Frecuencia 2.4GHz o 5GHz	USB o Bluetooth
Unidad Central	PC	Tarjetas de desarrollo	Tarjetas de desarrollo	PC
Actuadores	Servomotor	Motor DC	Motor paso a paso	Servomotor
Sistema motriz	Omnidireccional con ruedas estándar	Unidireccional	Omnidireccional con ruedas estándar	Unidireccional

En la Tabla 7 se puede observar que el sistema ya fue escogido por la investigación realizada que se hizo con el estado del arte y es igual para todos los conceptos generados. Por tal motivo los conceptos se van a centrar en el sistema electrónico.

Se procede a realizar la elección de los conceptos que se van a tratar en la Tabla 7, el cual se evalúan las alternativas de conceptos con el objetivo de generar un análisis de las posibles alternativas para poder diseñar el prototipo final. Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados tendrán una calificación de 0 y 1 (siendo 1 la calificación más alta

A continuación, se procede a realizar la elección de la mejor alternativa de concepto, mediante el método estructurado de matriz de selección, en el cual se evalúan todas las alternativas de conceptos, con el objetivo de generar el análisis de las posibles alternativas para así poder diseñar el producto final. Los criterios mencionados anteriormente tendrán una calificación entre 0 y 1 (siendo 1 la calificación más alta).

Tabla 7. Selección de opciones para la elaboración del prototipo

CRITERIOS DE SELECCIÓN	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Al robot podrá instalarle sensores, motores y tarjetas controladoras comerciales y estandarizadas	1	1	1	1
El robot posee una eficiencia energética de mínimo 2 horas	0	1	1	0
La programación del robot se puede realizar en diferentes lenguajes estandarizados	0	0	0	0
El robot brinda las herramientas para que el usuario realice mapeo, monitoreo y localización	1	1	1	1
Facilidad de realizar mantenimiento al robot	1	1	1	1
El sistema mecánico del robot es robusto para soportar y transportar cierta cantidad de peso	1	1	1	1
El robot se desempeña en terrenos irregulares	1	1	1	1
El robot provee un sistema sensorial para detectar y evitar obstáculos	1	1	1	1
El robot podrá se podrá usar fácilmente	0	1	0	1
Total	6	8	7	7

Posteriormente de realizar la evaluación de las alternativas de diseño, por medio de la matriz en donde se comparó las diferentes variantes de opciones con respecto a los criterios de selección se observa que la opción 2 sobre sale entre los demás, como se puede observar en la Figura 29 y por tal motivo es el concepto de diseño que se ejecutara el prototipo, estas opciones salen de posibles casos acordados con el servidor de policía judicial.

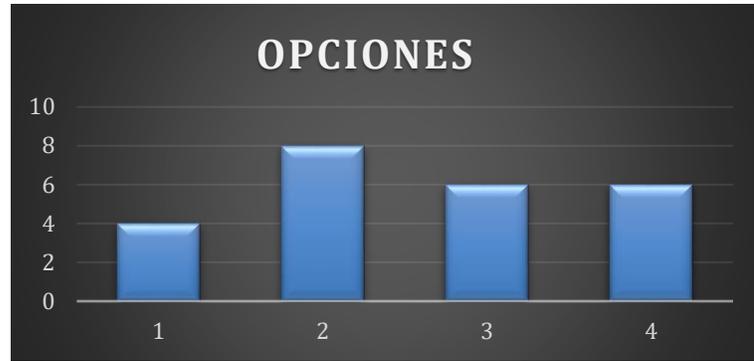


Figura 29. Comparación de la evaluación

En la tabla 8 se muestra como está compuesta la alternativa de diseño que se desarrollara el prototipo.

Tabla 8. Necesidades ergonómicas

CONCEPTOS	ALTERNATIVA DE DISEÑO
Batería	Power Sonic
Transmitir datos	Frecuencia 2.4GHz o 5GHz
Unidad central de control y procesos	Tarjetas de desarrollo
Actuadores	Motor DC
Sistema Motriz	Unidireccional
Llantas	Ruedas

4.3.8 Arquitectura del producto

Para esta sección se hará una selección del producto, los cuales se tuvieron en cuenta variables como: la durabilidad del prototipo, facilidad para el mantenimiento, el cambio de piezas, el cambio de productos por las actualizaciones que generan las diversas tecnologías (nuevas tarjetas de control, mayor eficiencia de los motores, etc.), bajo costo de manufactura, estandarización y desempeño. Por este motivo se eligió una arquitectura física del producto en donde sus módulos están bien definidos y cada uno cumple con los requerimientos brindados por el servidor de policía judicial.

En la arquitectura electrónica del concepto seleccionado, se puede observar de forma detallada las funciones que tiene cada uno de los componentes electrónicos del robot.

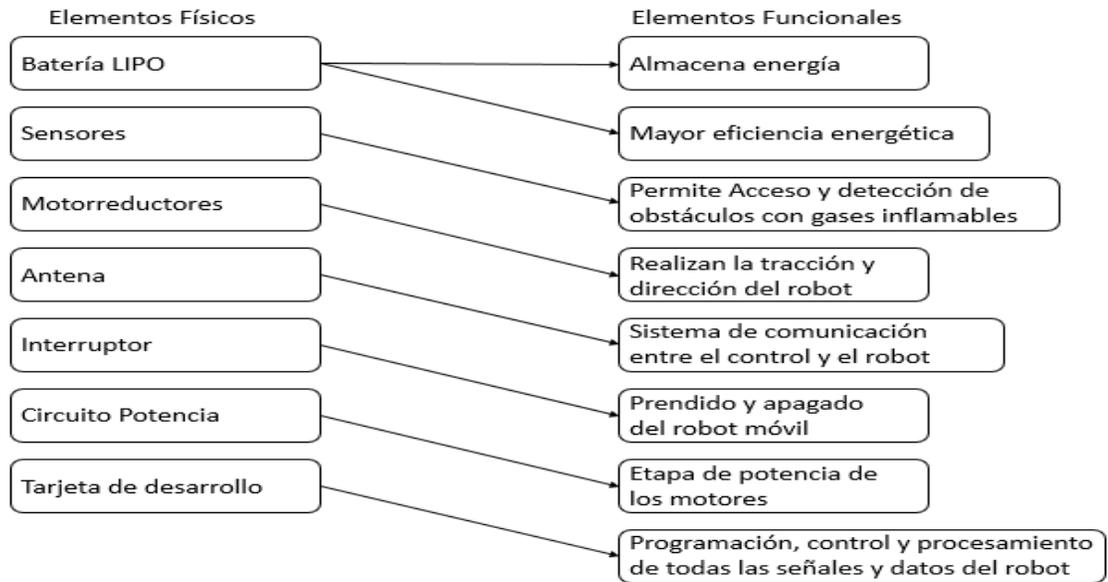


Figura 30. Arquitectura electrónica general

Al tener una arquitectura electrónica general Figura 30, nos facilita en construir una arquitectura electrónica detalla con diagramas de bloques, empezando por el diagrama de bloques general que fue implementado en el prototipo como se puede observar en la Figura 16, teniendo esto en claro pasamos al diagrama de bloques detallado el cual nos hará entender con más profundización sobre el tema.

En la arquitectura mecánica de la Figura 31 del concepto seleccionado, se puede observar de forma detallada las funciones que tiene cada uno de los componentes mecánicos del robot.

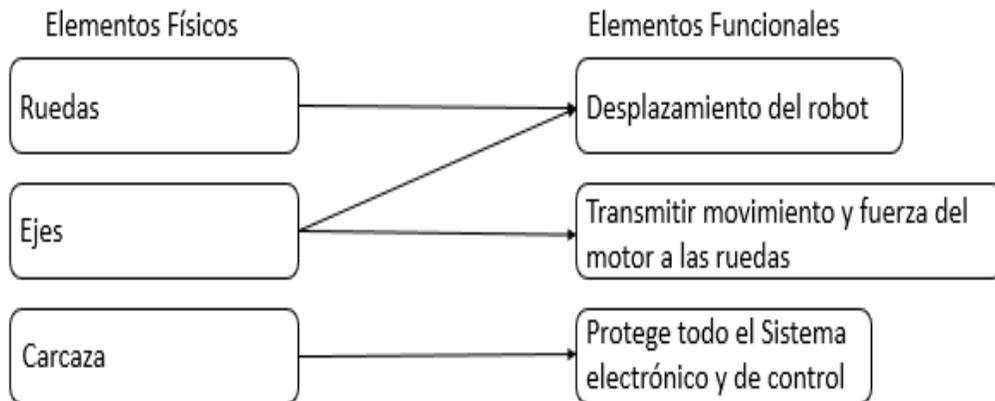


Figura 31. Arquitectura mecánica

4.3.9 Cálculos para determinar la velocidad del motor

Se realizan los cálculos necesarios para determinar la velocidad aproximada a la cual se desplazará el robot. El robot posee 1 motorreductor modelo KM-25A370-248-00622.3 del fabricante Kinmore como se puede observar en la Figura 17. Como se desea encontrar la máxima velocidad de desplazamiento del robot, realizaremos los cálculos con los datos característicos del motorreductor para la tracción.

Datos:

Velocidad máxima del motorreductor: $0.6 \text{ s}/360^\circ$

Diámetro de la rueda: 13 cm

El motorreductor recorre 360 grados en 0.6 segundos.

Ahora se necesita saber cuántas vueltas da el motorreductor en un minuto que se expresan en rpm.

$$1 \rightarrow 0.3s \quad (8)$$

$$x \rightarrow 60s$$

$$x = \frac{1 * 60}{0.3}$$

$$x = 200rpm$$

Se tiene que la velocidad lineal es la siguiente: $V=w*r$, donde w es la velocidad angular y se expresa de la siguiente manera:

$$w = \frac{2\pi N}{60} \quad (9)$$

Donde N es el número de revoluciones por minuto (rpm) del motorreductor, remplazando en la fórmula de la velocidad lineal en el cálculo (9) se tiene:

$$w = \frac{2\pi(200)(6.5)}{60} \quad (10)$$

$$w = 136.135 \frac{cm}{s}$$

$$w = 4.900 \frac{Km}{h}$$

Como se puede observar en la formula del cálculo (10) el robot móvil tendrá una velocidad aproximada de 4.9 Km/h cumpliendo uno de los requisitos que del servidor de policía judicial.

4.3.10 Cálculos para determinar la duración de la batería

Uno de los requerimientos más importantes del robot es la duración mínima de una hora de la batería. Por tal motivo se realiza el cálculo de la duración del tiempo en que se descargaría. Dicho lo anterior se describirán en detalle las características de alimentación para los diferentes elementos del robot móvil, se cuenta con la batería “Power Sonic Modelo PS-1270 F2” de 12V a 7000mAh, es la fuente de alimentación de la línea de potencia de los subsistemas de acción del robot, y también es la encargada de alimentar la línea lógica de los subsistemas de percepción y unidad de control.

Ofrece 7 Amperios de intensidad, lo cual se considera suficiente ya que uno de los mayores consumos reside en el motorreductor (1100mA promedio entre los dos motores), la cámara (1500mA), las tarjetas de control Arduino Nano (150mA promedio con todos los componentes electrónicos conectados a este) y Arduino mega (250mA promedio con todos los componentes electrónicos conectados a este).

$$T. t. = \frac{\text{Capacidad de la batería (mAh)}}{\text{Consumo del circuito}} \quad (11)$$

$$T. t. = \frac{7000 \text{ mAh}}{3000 \text{ mAh}}$$

$$T. t = 2.33 \text{ h}$$

Se obtuvo que la batería del robot se descargará en un tiempo mínimo de 2.33 horas. Como se puede observar en el cálculo (11), se tuvo en cuenta el consumo de la línea de potencia y de la línea lógica, como podemos observar en la Figura 20, teniendo en cuenta que se realizó el cálculo con la corriente promedio que consumiría todo el circuito eléctrico y esto solo es posible si el motorreductor no se pone a trabajar a su máximo torque, ya que el robot se restringe con un peso máximo de 10 kg.

Dándonos a entender que el consumo promedio sería de (3000mA), la batería “Power Sonic Modelo PS-1270 F2” es la adecuada y cumple con los requisitos mínimos que pide el servidor de policía judicial.

4.3.11 Selección de emisores y receptores de señal

Se hizo un estudio del tipo de antenas para saber cuál sería la mejor para cumplir los requerimientos del usuario, se tuvo en cuenta tres tipos: Internet, Bluetooth, Frecuencia.

Se sabe que la conexión por internet es más compleja ya que no en todos los sitios existe este tipo de cobertura de señal, por otro lado, se hizo varias averiguaciones y una de ellas fue preguntarle al servidor de policía judicial sobre este tema y ellos poseen un sistema de receptor de señal de internet por vía satelital, pero les sale muy costoso este tipo de servicios, dando a entender que este sistema queda descartado.

Por señal Bluetooth tiene un alcance máximo de 10 metros, el cual no nos sirve por la distancia tan corta.

Por último, se escogió la señal de frecuencia, la cual es una de las mejores para la distancia de señal, usando la antena NRF24I01, las especificaciones de esta antena la podemos encontrar en el Anexo F, en el cual usa frecuencia de 2.4GHz y tiene un alcance de más de 1km de distancia cumpliendo con los requerimientos del usuario, en la Figura 32 se puede observar la antena que se usó para el prototipo.



Figura 32. Antena NRF24I01[14]

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se mostrará los resultados finales con la ayuda de un servidor de policía judicial como operario del prototipo.

5.1.1 Control

El diseño del control fue basado en controles de consolas de videojuegos y con controles de los mandos de los drones, se hizo una adaptación de ambos para sacar un diseño para este prototipo, como se puede observar en el Anexo E Figura 39, Figura 40, Figura 41. El circuito electrónico del control lo podemos encontrar en el Anexo C Figura 38, en donde se hizo una PCB Anexo D.

Como se puede observar en la Figura 33 es el diseño final del control el cual está impreso en una maquina 3D donde el diseño se puede encontrar en el Anexo E.



Figura 33. Diseño final del control impreso en 3D

5.1.2 Robot móvil

El robot móvil está adaptado con los requerimientos del servidor de policía judicial el cual el chasis puede soportar un IK02, además se agregó una protección para los sensores de ultrasonido los HC-SR05 el cual ayudara para la protección contra golpes de un IK02 como se observa en el Anexo E Figura 42, Figura 43.

El circuito electrónico del robot móvil lo podemos encontrar en el Anexo C Figura 36, donde se podrá observar los pines que se usaron, y las conexiones de cada componente electrónico colocado en el prototipo, como se puede observar en la Figura 34 es el prototipo final.



Figura 34. Prototipo final denominado JC-ROBOTCAR

5.1.3 Resultado final con el servidor de policía judicial

Se hicieron las pruebas finales con los requerimientos planteados anteriormente con un servidor de policía judicial como operario del prototipo en la Figura 35.



Figura 35. Servidor de policía judicial usando el prototipo final

Por último, los resultados obtenidos fueron acordes con lo solicitado por el servidor de policía judicial, además, fue de gran facilidad el manejo del prototipo. Como podemos observar en el Anexo H fue una carta para la recomendación de un prototipo que les pudiera colaborar en el reconocimiento de áreas para así poder cumplir la labor de ellos y minimizar el riesgo al prestar este tipo de servicio. La respuesta final del servidor de policía judicial ver Anexo J. En el Anexo K se podrá observar el funcionamiento del JC-ROBOTCAR con el operario de un servidor de policía judicial.

6. CONCLUSIONES

Se evidencia las siguientes conclusiones teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el desarrollo de la construcción del prototipo.

- Se logro la construcción de un prototipo con los requerimientos del servidor de policía judicial.
- El protocolo que fue utilizado para este prototipo teleoperado fue con conexión inalámbrica con frecuencia en GHz el cual con el robot nos permite una conexión estable de forma local, lo cual garantiza una mayor conexión de respuesta a los comandos dados por el operador además que se puede dar una mejor supervisión en las acciones en tiempo real.
- Usar un microprocesador capaz de transmitir y recibir las señales del mando al robot con una única antena la cual este prototipo fue montado con una antena que solo sirve ya sea como trasmisor o receptor.
- El diseño del prototipo está basado en un diseño típico de robot de topología Skid-steer que cuenta con par de ruedas traseras que son las que proporcionan la tracción del prototipo y las dos delanteras son las que brindan la dirección.
- Se escoge una cámara con visión nocturna con conexión wifi de resolución 1080p cumpliendo uno de los requerimientos del policía judicial con un IP2X.
- El prototipo está diseñado con un IK02, a prueba de choque eléctrico.

7. RECOMENDACIONES

Se deja algunas recomendaciones para mejorar y optimizar los procesos del prototipo a futuro.

- Se recomienda este microprocesador Beaglebone Black el cual supera las características de los Arduinos usados para este prototipo.
- Se recomienda la cámara Arlo ultra 4k, sirve para exteriores, interiores y tiene una resolución de 4k, además tiene un sistema de circuito cerrado.
- Crear una red de comunicación de único acceso el cual permita controlar el prototipo desde otro lugar sin importar la distancia del operador al prototipo.
- Se recomienda una batería Lipo de 12V a 20Ah con un peso máximo de 1Kg.
- Añadir paneles solares para que cargue cuando este en reconocimiento de área rural.
- Modificar el prototipo para que pueda usar los tres tipos de locomoción: oruga, ruedas y unidireccional.
- Se recomienda automatizar el sistema de avisos de los sensores mandando una señal de aviso al celular.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Prensa secretaria de ciencia «Tecnología e Innovación» desarrollo de un robot móvil teleoperado para tareas de desinfección de centros hospitalarios 13 de marzo 2023.
- [2] J. A. C. Arroyave, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA TELEOPERACIÓN DE UN ROBOT MÓVIL», universidad autónoma de occidente Cali, 2012.
- [3] Blogger, «Métodos de locomoción terrestre» Mediante patas robot hexápodos 21 de octubre de 2013.
- [4] SuperRobotica, «Tri-Track» robot tri-track sin electrónica s300167 25 de mayo 2023.
- [5] Arduino.cl, «Modelos Arduino», MCI electronics, 2023.
- [6] L. Contreras, «Historia de la Informática,» Raspberry Pi 2013.
- [7] Wikilibros, «La robótica y sus componentes/Clasificación de los robots», MediaWiki 24 febrero 2015.
- [8] Jordi Pelegrí, «aplicaciones de la robótica en la industria automotriz», Universal robots, 27 octubre 2021.
- [9] Ángel Eduardo Gil, «robótica móvil que es y sus aplicaciones», OpenWebinars, 6 julio 2022.
- [10] epequip, «EPE,» Dragón Runner 20 2015.
- [11] Shenzhen Kinmore Motor Co. Ltd «Producto km-25a370» Kinmore 1998-2020.
- [12] Geek Factory «Producto sensor MQ-9» Geek 2013-2021.
- [13] Electronilab «Producto sensor ultrasonido HC-SRF05» Electronilab 2021.
- [14] Mactronica, «TRANSCEPTOR NRF24L01 CON ANTENA», Mactronica, 2014.
- [15] Amazon «Arlo Ultra - Cámara de seguridad 4K UHD sin cables para interiores y exteriores con visión nocturna de color, visión de 180°, audio de 2 vías, foco», Arlo Ultra, 2023.
- [16] Beagleboard.org «BeagleBone® Black», BeagleBone, 2023.

ANEXOS

ANEXO A: MANUALES

1. El robot móvil debe dejarlo en el piso y tener el control en la mano a una distancia máxima de 2 metros.
2. Encender el robot móvil y el control.
 - a. En la parte trasera del robot móvil encontrara un interruptor, ponerlo en el modo ON para poderlo prender.
 - b. Poner la tarjeta de ingreso en el lugar específico del robot móvil ver Figura 44.
 - c. Conectar el equipo a usar por internet
 - d. Poner el modem de Internet en el robot móvil para la cámara (se puede saltar este paso si no desea visualizar las imágenes en directo).
 - e. Acceder a la aplicación V380 la cual se conecta con la cámara por vía internet, ver Figura 52.
 - f. En la aplicación V380 está la opción para conectar la cámara a una red de internet.
 - g. Verificar que la cámara si este conectada a internet (se verifica con el paso f).
3. Probar los sensores de proximidad, ver Figura 45, Figura 46 verificando que se prendan con el led correspondiente.
 - a. Hay dos leds que corresponden a los sensores de proximidad que son:
 - i. Led de color amarillo prende con el sensor de proximidad izquierdo, ver Figura 48.
 - ii. Led de color verde prende con el sensor de proximidad izquierdo, ver Figura 47.
4. Probar el sensor de gases inflamables Figura 50 verificando que se prenda el led de color azul.
 - i. Led de color azul prende con el sensor de gases inflamables, ver Figura 49.
5. Probar el control con el robot móvil verificando que si haga sus funciones necesarias (mover para al frente, atrás, derecha e izquierda).
6. Ya probado todo el robot móvil, estará a disposición del operador.

7. Si el robot móvil presenta fallas
 - a. Apagar todo el sistema y empezar desde el paso 1.
 - b. Si sigue presentando inconvenientes contactarse con el técnico o el ingeniero autorizado.

ANEXO B: PREGUNTAS FRECUENTES

1. Batería del robot móvil
 - a. ¿La batería es recargable?
 - i. Si
 - b. ¿Cuánto dura la batería?
 - i. Aproximadamente entre 30min a 2horas, funcionamiento continuo
 - c. ¿Puedo sacar la batería del robot móvil para cargarlo?
 - i. Si, pero toca tener precaución al desmontarlo de su sitio.
 - d. ¿Si se dañó la batería la puedo cambiar?
 - i. Si, pero solo para personal capacitado, el robot recibirá cualquier tipo de batería, pero tendrá que cumplir que la batería debe ser de 12V.
2. Pilas del control
 - a. ¿Cuántas pilas debe tener el control?
 - i. El control debe tener 2 pilas y se conecta en la parte de atrás, ver Figura 51.
 - b. ¿Puedo cambiar las pilas?
 - i. Si, pero solo para personal capacitado, el control recibirá cualquier tipo de batería, pero tendrá que cumplir que la batería debe ser de 7.4V.
 - c. ¿Las pilas son recargables?
 - i. Si
3. Robot móvil
 - a. ¿Si la pila y la batería están cargadas y el robot móvil no prende que hago?
 - i. Contactar al técnico para encontrar el problema, el usuario no puede manipular el robot móvil internamente.
 - b. ¿Qué pasa si no se enlaza el control con el robot móvil?
 - i. Seguir la instrucción de uso 7.
 - ii. Contactar al técnico para encontrar el error.
 - c. ¿Qué pasa si la pendiente es muy alta?
 - i. Buscar otro ingreso, el prototipo no podrá subir pendientes de más de 26°.
 - d. ¿Qué distancia puede llegar a tener el robot móvil con el control?

- i. Aproximadamente puede llegar a tener un alcance de 1km sin obstáculos.
- e. ¿El robot móvil trabaja con GPS?
 - i. No
- f. ¿Puedo usar el robot móvil con otro control?
 - i. No
- g. ¿El robot móvil es blindado?
 - i. No
- h. ¿Qué hago si un sensor de proximidad se daña?
 - i. El personal capacitado podrá cambiarlo con las mismas referencias del sensor dañado.
- i. ¿Qué hago si el sensor de gases inflamable se daña?
 - i. El personal capacitado podrá cambiarlo con las mismas referencias del sensor dañado.
- j. ¿Yo como usuario puedo cambiar partes o piezas del robot móvil o control?
 - i. No, si en dado caso el usuario cambia o modifica el robot móvil o el control pierde la garantía y no se hace responsable el fabricante.
- k. ¿Para qué sirve la tarjeta que trae el robot móvil?
 - i. Para que el robot móvil pueda tener todas sus funciones activas
- l. ¿Si no tengo la tarjeta del robot móvil puedo usarlo?
 - i. No.
- m. ¿Qué pasa si perdí la tarjeta de acceso del robot móvil?
 - i. Contactarse con el ingeniero que fabrico el robot móvil para reemplazarle la tarjeta.
- n. ¿Si perdí la tarjeta de acceso del robot móvil puedo usar otra distinta?
 - i. No, ya que cada tarjeta queda registrada en la base de datos del robot móvil.
- o. ¿Si perdí la tarjeta de acceso del robot móvil puedo registrar otra?
 - i. No, únicamente tiene acceso el ingeniero que fabrico el robot móvil para poder registrar tarjetas, ninguna persona tendrá acceso al código del robot.

4. Recomendaciones

- a. Solamente un técnico o un ingeniero autorizado puede arreglar los problemas internos del robot móvil y del control.
- b. Hay que hacerle limpieza externa constantemente y solo se puede realizar cuando el robot móvil está apagado y con el mayor cuidado.
- c. El robot móvil no se puede usar bajo la lluvia.
- d. No se puede meter a charcos.
- e. No utilizarlo para saltos.
- f. No bajarlo por escaleras.
- g. Evitar golpes superiores a un IK02.
- h. Guardarlo en un lugar seco y no poner otras cosas encima.
- i. Usar un cargador especial para baterías para que lo pueda cargar y facilitar el uso.

ANEXO C: PLANOS DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA
 CONEXIÓN ELECTRICA DEL ROBOT

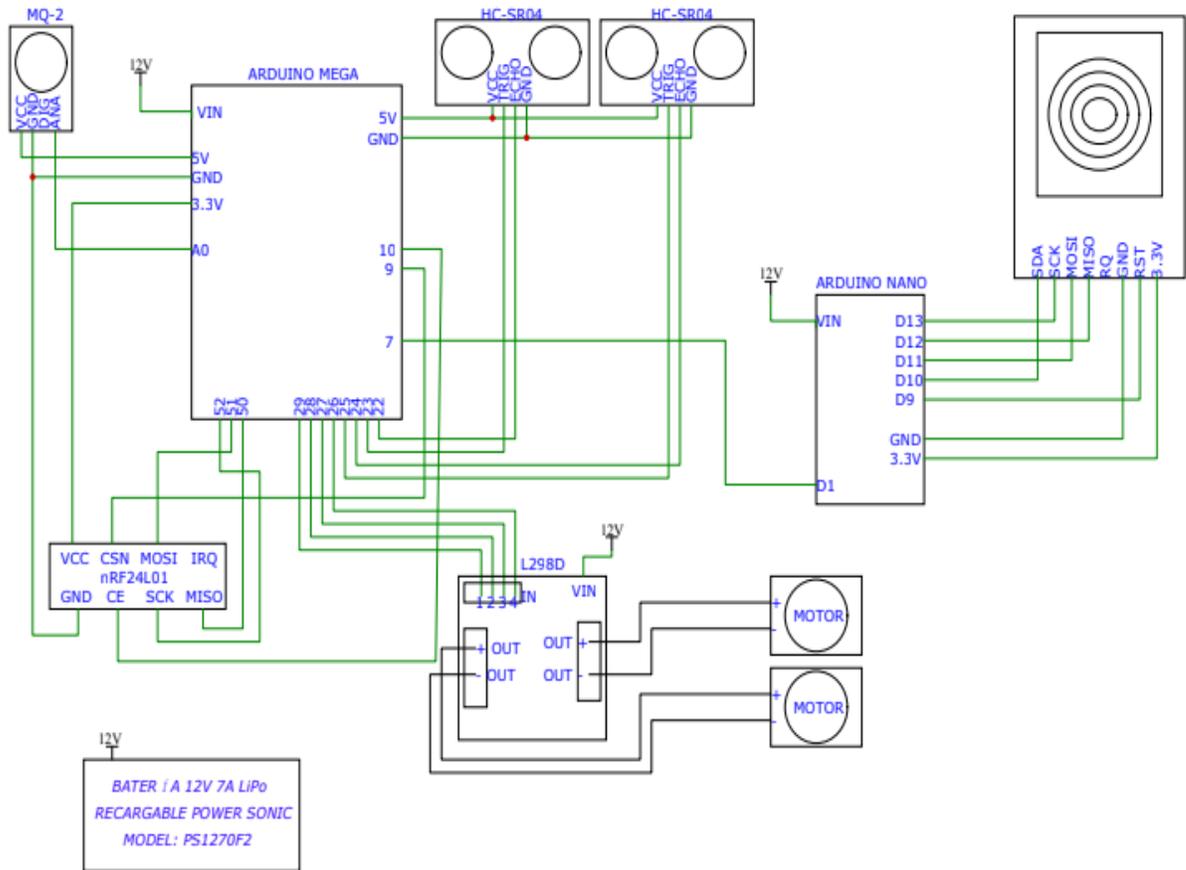


Figura 36. Circuito electrónico del robot móvil

CONEXIÓN ELECTRICA DEL CONTROL

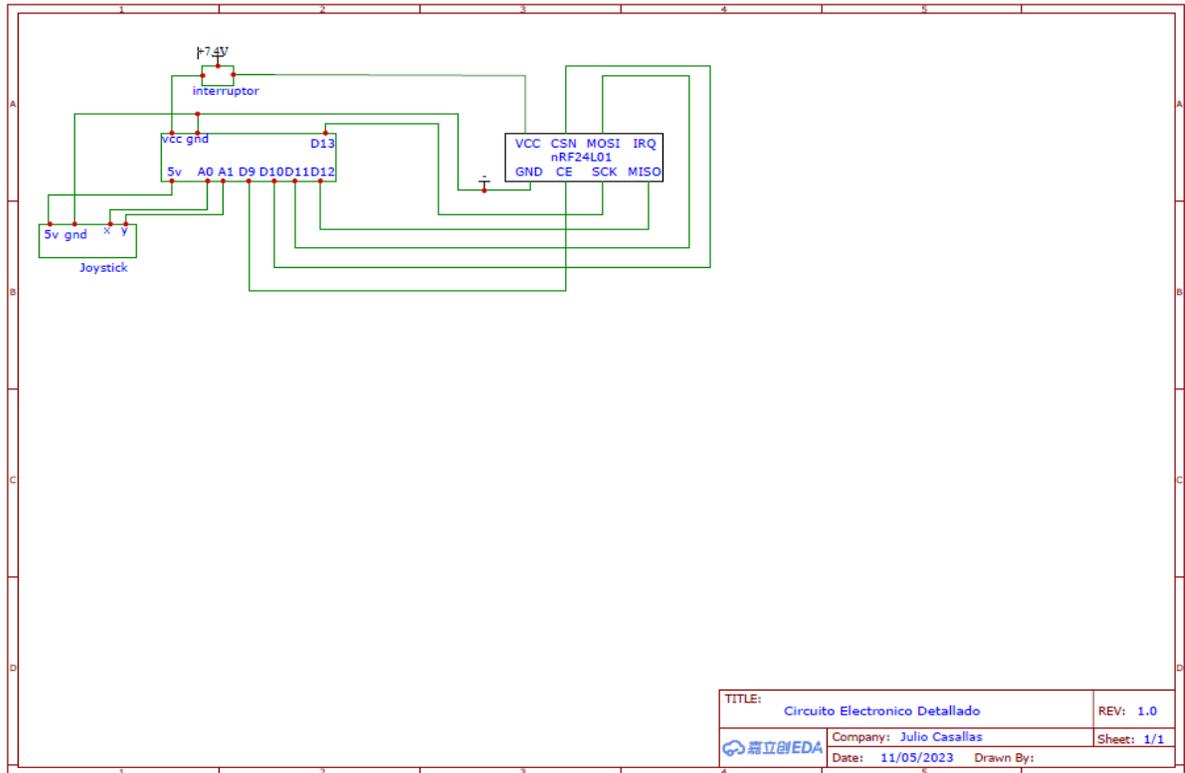


Figura 37. Circuito electrónico del control

ANEXO D: ARCHIVOS DE MANUFACTURA DE PCB

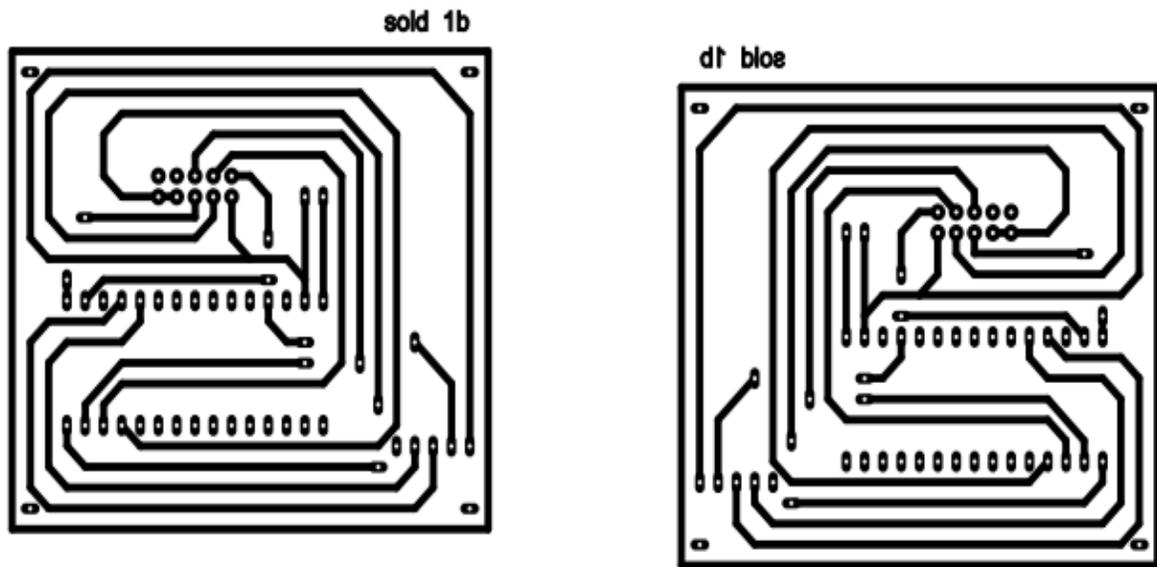


Figura 38. Diseño del circuito electrónico de la PCB para uso interno del control remoto

ANEXO E: PLANOS DE ENSAMBLAJE 3D
DISEÑO DEL CONTROL



Figura 39. Diseño de impresión en 3D parte de en frente



Figura 40. Diseño de impresión en 3D parte de atrás

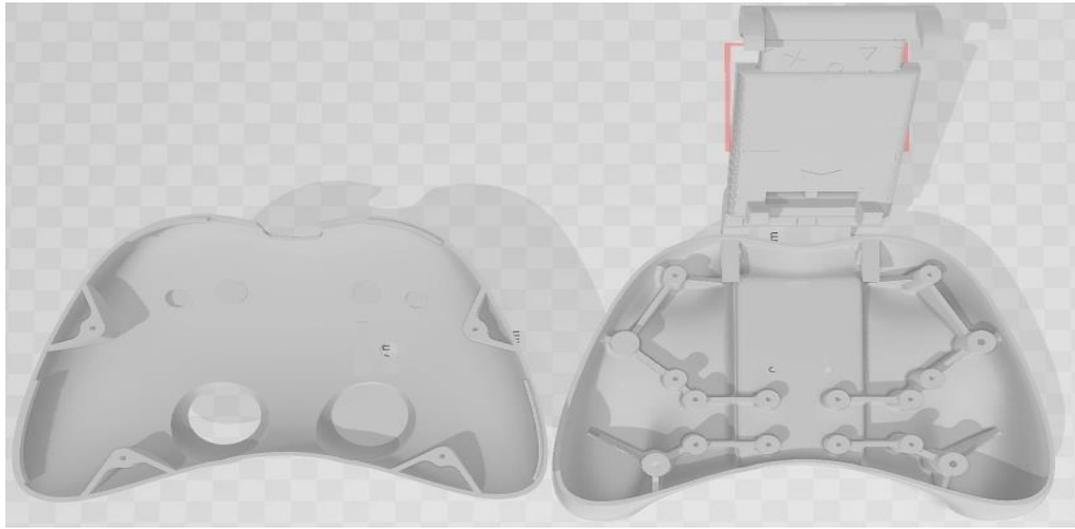


Figura 41. Diseño de impresión en 3D interno

DISEÑO DE PROTECCION CONTRA GOLPES DEL ULTRASONIDO

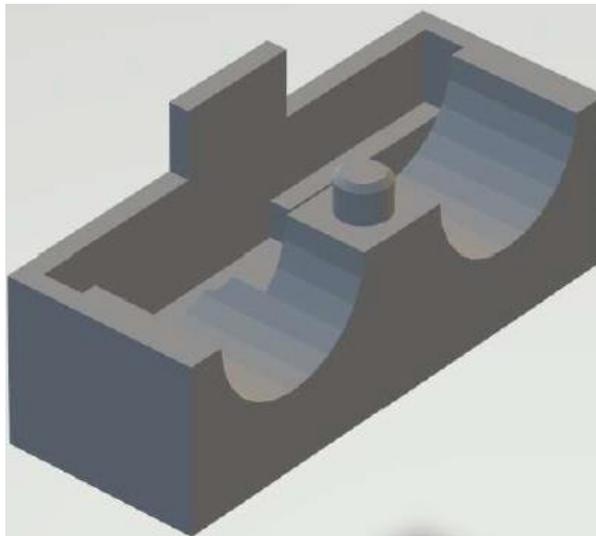


Figura 42. Diseño de impresión en 3D parte inferior

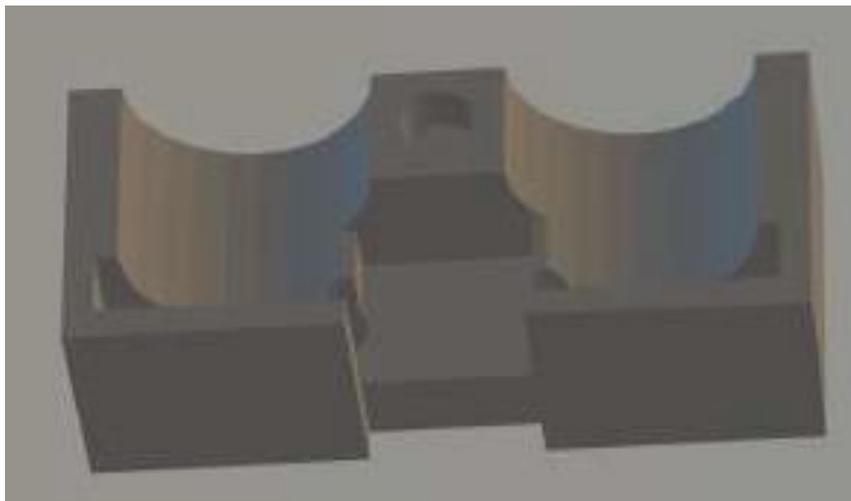


Figura 43. Diseño de impresión en 3D parte superior

ANEXO F: LISTAS DE PARTES Y COMPONENTES

Tabla 9. Componentes electrónicos comprados con su características y precio

COMPONENTES ELECTRONICOS Y SUS CARACTERISTICAS		
Componente Electrónico	Especificaciones	Costo Unidad
Kit RFID Rc522 receptor tarjeta Y llavero Arduino	Frecuencia de operación: 13.56MHz Velocidad de comunicación: 106KBPS Capacidad: 8KB EEPROM Chip: Philips Mifare 1 S50 Distancia de lectura/escritura: 2.5 ~ 10 cm Tiempo de lectura/escritura: 1 ~ 2 ms Temperatura de operación: -20 ~ 85 Capacidad de sobrescritura: > 100.000 veces	\$10.000
Sensor detector de gas MQ-9 gas inflamable	Voltaje de alimentación: 5V Salida: Analógica y Digital Corriente: 150mA. Tiempo de respuesta: <= 1s. Resistencia de calentador: 33 ohm +- 5% Peso: 7 Dimensiones: 32x27x22mm	\$10.000
Sensor medidor de distancia ULTRASONICO HC-SR05	Formato del pin de activación: pulso digital de 10 uS Frecuencia de sonido: 40 kHz Echo Pin Salida: 0-Vcc Echo Pin Formato: la salida es DIGITAL y directamente proporcional con rango. Vea nuestra fórmula de conversión abajo. Rango de medición: 2cm a ~ 4,5m Resolución de la medida: 0.3cm Ángulo de medición: hasta 15 grados Velocidad de medición: 40 Hz Voltaje de suministro: 4.5V to 5.5V Corriente de suministro: 10 a 40 mA Conector: conector macho estándar de 5 pines que puede conectarse directamente a placas o protoboard.	\$15.000
MOTORREDUCTOR de 2KG 12V 100RPM	Motor-reductor 12v de piñones metálicos para aplicaciones de robótica	\$25.000
Arduino Mega 2560 Ch340G	Microcontrolador Atmega2560 Tensión de funcionamiento 5V Voltaje de entrada (recomendado) 7-12V Voltaje de entrada (límites) 6-20V 54 Digitales pines I / O (de los cuales 15 proporcionan salida PWM) Entrada analógica pasadores 16 O / DC Corriente por I Pin 40 mA Corriente DC 3.3V para el Pin 50 mA Memoria flash de 256 KB, 8 KB utilizado por el gestor de arranque SRAM 8 KB EEPROM 4 KB Velocidad de reloj de 16 MHz	\$40.000
Módulo Inalámbrico Rf Transceptor Con Frecuencia de 2.4GHz	Protocolo: SPI Voltaje de operación: 3.3V. Corriente Nominal: 50mA. Rango: 1100 metros. Corriente de operación: 250mA (máxima) Tasa de baudios: 250 kbps - 2 Mbps.	\$15.000

Modulo Joystick	Dimensiones: 4.0 x 2.6 x 3.2 cm. Peso 12g. 2 Grados de libertad (X y Y). Mecanismo resistivo. Compatible con cualquier circuito con entradas analógicas.	\$5.000
Arduino Nano V3.0 Atmega328	Microcontrolador: ATmega328P Chip USB: CH340G Voltaje de Alimentación: 7V -12V DC Voltaje de I/O: 5V Pines Digitales I/O: 14 (6 PWM) Entradas Analógicas: 8 Corriente máx. entrada/salida: 40mA Memoria FLASH: 32KB (2KB usados por el bootloadwer) Memoria SRAM: 2KB Memoria EEPROM: 1KB Frecuencia de Reloj: 16 MHz	\$20.000
Power Sonic, PS	12v 7A Modelo PS-1270 F2 Recargable Larga duración de vida	\$25.000

ANEXO G: CÓDIGO FUENTE DE PROGRAMACIÓN

CODIGO DE SISTEMA DE ACCESO CON TECNOLOGÍA RFID

```

#include <SPI.h> //Librería para comunicar por el bus SPI
#include <MFRC522.h>
#define RST_PIN 9 //Pin 9 para el reset del RC522
#define SS_PIN 10 //Pin 10 para el SLAVE SELECT (SDA) del RC522
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); //Creamos el objeto para el RC522 y mandamos
las constantes creadas antes
int PrenderCarro = 8;
byte LecturaUID[4]; //Creamos un array de 4 bits para guardar los valores de los UID
byte Usuario1[4] = {0x59, 0x93, 0xDD, 0xB3}; //0x Es para decirle que es hexaedimal.
Trajeta
byte Usuario2[4] = {0xD7, 0xD8, 0x26, 0xB3}; //llavero
void setup() {
  Serial.begin(9600); //Iniciamos el puerto serie
  SPI.begin(); //Iniciamos el Bus SPI
  mfrc522.PCD_Init(); // Iniciamos el MFRC522. PCD es el módulo lector(proximity
coupling devide)
  Serial.println("Pasa tarjeta o llavero");
  pinMode(PrenderCarro, OUTPUT);
}
void loop() {
  //PICC es la tarjeta o llavero
  if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent() ) // si no hay una tarjeta presente
    return; // retorna al loop esperando por una tarjeta
  if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial() ) // si no puede obtener datos de la tarjeta
    return; // retorna al loop esperando por otra tarjeta
  //Enviamos serialmente su UID (Unica Identificación)
  //UID es en hexadecimal y es unico para cada tarjeta
  Serial.print("UID:"); // muestra texto UID:
  //Para que nos saque el UID de dos en dos digitos

```

```

for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++) { // bucle recorre de a un byte por vez el UID
  if (mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10) { // si el byte leído es menor a 0x10
    Serial.print(" 0"); // imprime espacio en blanco y numero cero
  } else { // sino
    Serial.print(" "); // imprime un espacio en blanco
  }
  Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX); // imprime el byte del UID leído en
hexadecimal
  LecturaUID[i] = mfrc522.uid.uidByte[i]; // almacena en array el byte del UID leído
}
  Serial.print("\t"); // imprime un espacio de tabulacion
  if (comparaUID(LecturaUID, Usuario1)){ // llama a funcion comparaUID con
Usuario1
    Serial.println("Bienvenido Operario, Haz prendio el carro"); // si retorna verdadero
muestra texto bienvenida
    digitalWrite(PrenderCarro, HIGH); // se le da la orden de prender el carro
  }
  else if (comparaUID(LecturaUID, Usuario2)){ // llama a funcion comparaUID con
Usuario2
    Serial.println("Hasta Luego Operario, Haz apagado el carro"); // si retorna verdadero
muestra texto
    digitalWrite(PrenderCarro, LOW); // se le da la orden de prender el carro
  }
  else { // si retorna falso
    digitalWrite(PrenderCarro, LOW);
  }
  // Terminamos la lectura de la tarjeta actual
  mfrc522.PICC_HaltA(); // detiene comunicacion con tarjeta
  //Así le decimos a la tarjeta que no necesitamos mas info
  //así el lector para y no consume, mandando la señal
}

```

```

boolean comparaUID(byte lectura[], byte usuario[]) // funcion comparaUID
{
  for (byte i = 0; i < mfr522.uid.size; i++) { // bucle recorre de a un byte por vez el UID
    if (lectura[i] != usuario[i]) // si byte de UID leido es distinto a usuario
      return (false); // retorna falso
  }
  return (true); // si los 4 bytes coinciden retorna verdadero
}

```

CODIGO DEL CONTROL

```

#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
//Declaremos los pines CE y el CSN
#define CE_PIN 9
#define CSN_PIN 10
byte canal[6] = {"00001"}; //Variable con la dirección del canal por donde se va
a transmitir
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN); //Creamos el objeto radio (NRF24L01)
int joyX; //Variable con los datos a enviar X
int joyY; //Variable con los datos a enviar X
void setup(){
  radio.begin(); //Inicializamos el NRF24L01
  radio.openWritingPipe(canal); //Abrimos un canal de escritura
}
void loop(){
  joyX=map(analogRead(0), 0, 1023, 0, 1023); //Cargamos el dato del joystick en datos x
  bool okX = radio.write(&joyX, sizeof(joyX)); //Enviamos los datos
  joyY=map(analogRead(1), 0, 1023, 0, 1023); //Cargamos el dato del joystick en datos y
  bool okY = radio.write(&joyY, sizeof(joyY)); //Enviamos los datos
  delay(5);
}

```

```
}

```

CODIGO DEL PROTOTIPO

```
int PrenderCarro = 6;    // Prender el carro
int Prender = 0;
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
//Declaremos los pines CE y el CSN
#define CE_PIN 9
#define CSN_PIN 10
byte canal[6]={"00001"}; //Variable con la dirección del canal por donde se va a transmitir
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN); //Creamos el objeto radio (NRF24L01)
// Declaramos las variables para el jostick
int X;
int Y;
// GAS
const int MQ_9 = A0;
int LedGAS = 8;
// Declaramos los pines de los motores
const int Motor1_ADE=2; //Mover Hacia Adelante Motor 1    MORADO
const int Motor1_ATR=3; //Mover Hacia Atras Motor 1    AZUL
const int Motor2_IZQ=4; //Mover Hacia Izquierda Motor 2    BLANCO
const int Motor2_DER=5; //Mover Hacia Derecha Motor 2    GRIS
// Declaramos los pines del ultrasonico IZQ
#define EchoIZQ 24
#define TrigIZQ 25
int LedIZQ=22;
long duracionIZQ, distanciaIZQ;
// Declaramos los pines del ultrasonico DER
#define EchoDER 26

```

```

#define TrigDER 27
int LedDER=28;
long duracionDER, distanciaDER;
void setup(){
  Serial.begin (9600); // inicializa el puerto seria a 9600 baudios
  //SENSORES DE DISTANCIA
  pinMode(EchoIZQ, INPUT); //Define el pin 30 como entrada (echo)
  pinMode(TrigIZQ, OUTPUT); //Define el pin 31 como salida (trigger)
  pinMode(EchoDER, INPUT); //Define el pin 34 como entrada (echo)
  pinMode(TrigDER, OUTPUT); //Define el pin 35 como salida (trigger)
  //MOTORES CARRO
  pinMode(Motor1_ADE, OUTPUT); //Define el pin 26 como salida
  pinMode(Motor1_ATR, OUTPUT); //Define el pin 27 como salida
  pinMode(Motor2_IZQ, OUTPUT); //Define el pin 28 como salida
  pinMode(Motor2_DER, OUTPUT); //Define el pin 29 como salida
  radio.begin(); //Inicializamos el NRF24L01
  radio.openReadingPipe(1, canal); //Abrimos el canal de Lectura
  radio.startListening(); //Empezamos a escuchar por el canal
  pinMode(LedIZQ, OUTPUT); //Aviso de obstaculo cerca
  pinMode(LedDER, OUTPUT); //Aviso de obstaculo cerca
  pinMode(LedGAS, OUTPUT); //Aviso de gas inflamable
}
void loop() {
  Prender = digitalRead(PrenderCarro); //PARAMETRO PARA QUE TODO FUNCIONE
  if (Prender == HIGH){
    if ( radio.available() ){
      radio.read(&X,sizeof(X)); //Leemos los datos y los guardamos en la variable datos
      if (X >= 0 && X < 480){
        digitalWrite(Motor2_IZQ, map(X, 0, 480, 255, 0));
      } else {
        digitalWrite(Motor2_IZQ, LOW);
      }
    }
  }
}

```

```

}
if (X > 520 && X <= 1023){
    digitalWrite(Motor2_DER, map(X, 520, 1023, 0, 255));
} else {
    digitalWrite(Motor2_DER, LOW);
}
delay(5);
}

if ( radio.available() ){
    radio.read(&Y,sizeof(Y)); //Leemos los datos y los guardamos en la variable datos
    if (Y >= 0 && Y < 480){
        digitalWrite(Motor1_ATR, map(Y, 0, 480, 255, 0));
    } else {
        digitalWrite(Motor1_ATR, LOW);
    }
}
if (Y > 520 && Y <= 1023){
    digitalWrite(Motor1_ADE, map(Y, 520, 1023, 0, 255));
} else {
    digitalWrite(Motor1_ADE, LOW);
}
delay(5);
}

//SENSOR DE OBSTACULOS
//SENSOR IZQUIERDO
digitalWrite(TrigIZQ, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(TrigIZQ, HIGH);
delayMicroseconds(10); //genera el pulso de trigger por 10ms
digitalWrite(TrigIZQ, LOW);
//CALCULOS PARA EL SENSOR DE DISTANCIA
duracionIZQ = pulseIn(EchoIZQ, HIGH);

```

```
distanciaIZQ = (duracionIZQ*0.034/2); //calcula la distancia en centimetros
//PARAMETROS Y AVISO PARA EL SENSOR DE DISTANCIA IZQUIERDA
if (distanciaIZQ <= 35 && distanciaIZQ >= 1){
  Serial.println(distanciaIZQ);
  digitalWrite(LedIZQ, HIGH);
} else {
  digitalWrite(LedIZQ, LOW);
}
//SENSOR DERECHO
digitalWrite(TrigDER, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(TrigDER, HIGH);
delayMicroseconds(10); //genera el pulso de trigger por 10ms
digitalWrite(TrigDER, LOW);
//CALCULOS PARA EL SENSOR DE DISTANCIA
duracionDER = pulseIn(EchoDER, HIGH);
distanciaDER = (duracionDER*0.034/2); //calcula la distancia en centimetros
//PARAMETROS Y AVISO PARA EL SENSOR DE DISTANCIA DERECHA
if (distanciaDER <= 35 && distanciaDER >= 1){
  Serial.println(distanciaDER);
  digitalWrite(LedDER, HIGH);
} else {
  digitalWrite(LedDER, LOW);
}
//CODIGO GAS
int ppm = analogRead(MQ_9); //ppm = partes por millon
if (ppm > 300){ // para el ser humano empieza hacer peligroso desde los 300ppm
  digitalWrite(LedGAS, HIGH); // aviso de algun gas inflamable peligroso
  delay(5); //espera 100ms para que se logre ver la distancia en la consola
} else {
  digitalWrite(LedGAS, LOW);
}
```

```
    }  
    if (Prender == LOW){  
        digitalWrite(LedGAS, LOW);  
        digitalWrite(LedIZQ, LOW);  
        delay(5);  
    }  
    delay(5);  
}  
}
```

ANEXO H: CARTA DEL SERVIDOR DEL POLICÍA JUDICIAL

Bogotá D.C.
Septiembre 21 de 2020

Señores
UNIVERSIDAD EL BOSQUE
Facultad Ingeniería Electrónica
Ciudad.

Respetuosamente me dirijo a ustedes con el fin de aportar concepto personal, sobre la funcionalidad del proyecto presentado por el estudiante Julio Cesar Casallas Sepulveda, quien presentó a consideración como anteproyecto de grado dentro de la asignatura Seminario de Investigación, la creación de un "Sistema Robótico Móvil Equipado con Sensores para Reconocimiento de Área", el cual será diseñado para la utilización de organismos de seguridad que cumplen funciones de policía judicial en áreas urbanas y rurales del territorio colombiano.

De acuerdo con la presentación del diseño y los componentes del Sistema Robótico, se muestra como una herramienta de inteligencia, que presta funcionalidad en las actividades operacionales que desarrollan las entidades que cumplen funciones de policía judicial permanentes (Fiscalía General de la Nación – CTI, Policía Nacional – Dijin / Sijin) y Fuerzas militares (Ejército Nacional, Armada Nacional), con el objetivo de minimizar lesiones físicas a servidores y pérdidas humanas, a través de la identificación de riesgos al momento de ejecutar actividades de campo como son capturas, vigilancias y seguimientos, allanamientos, búsqueda y destrucción de artefactos explosivos, entre otros, permitiendo a los agentes del estado advertir peligros y detectar acciones hostiles.

El equipo refiere componentes de alta tecnología (audio, video, sensores de movimiento, detección de sustancias químicas) que permiten la descripción de un escenario para determinar si se trata de un ambiente riesgoso o seguro para los agentes del Estado.

En mi concepto, considero que es una herramienta de gran utilidad la cual va a permitir un mejor desempeño de la actividad misional desarrollada por cada una de las instituciones antes referidas, permitiendo la neutralización de organizaciones criminales, salvaguardando la vida de quienes tienen el deber constitucional de contrarrestar los delitos.

Cabe anotar, que para dar viabilidad al proyecto se brindará apoyo económico al estudiante gestor del mismo, en la consecución de los insumos requeridos para la elaboración del robot.

ANEXO I: FUNCIONAMIENTO Y POSICIÓN DE LOS SENSORES

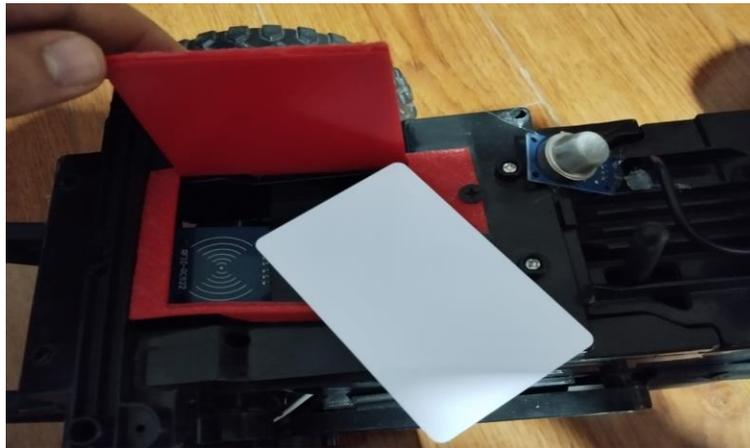


Figura 44. Posición para la colocación de la tarjeta de ingreso



Figura 45. Sensor de proximidad izquierdo



Figura 46. Sensor de proximidad derecho



Figura 47. Prueba sensor de proximidad derecho con su led



Figura 48. Prueba sensor de proximidad izquierdo con su led



Figura 49. Prueba sensor de gas con su led



Figura 50. Sensor de gas



Figura 51. Pila del control remoto 7.4V

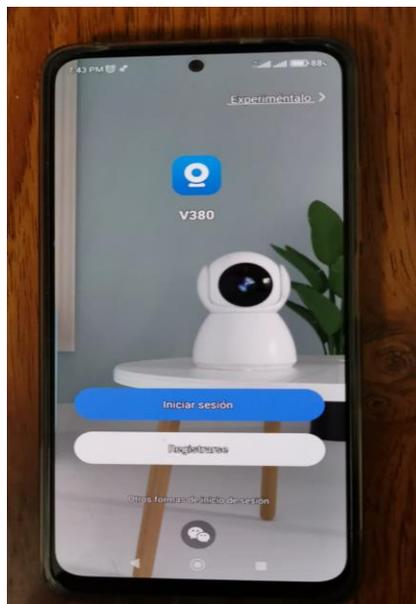


Figura 52. Aplicación V380

ANEXO J: CARTA DEL SERVIDOR DEL POLICÍA JUDICIAL RESPUESTA FINAL

Bogotá D.C.
Septiembre 20 de 2023

Señor
JULIO CESAR CASALLAS SEPULVEDA
Ingeniero en Formación
Universidad El Bosque
Ciudad.

Cordial saludo,

De acuerdo con la solicitud presentada por el suscrito ante la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad el Bosque en fecha septiembre 21 de 2020, por medio de la cual se aportó concepto personal sobre la funcionalidad del proyecto de grado dentro de la asignatura Seminario de Investigación, denominado "*Sistema robótico móvil teleoperado para el reconocimiento de área como herramienta al personal de Policía Judicial*" el cual sería diseñado como herramienta de inteligencia con funcionalidad en las actividades operacionales de campo que cumplen los servidores adscritos a los diferentes organismos que cumplen funciones de Policía Judicial (permanentes, especiales y transitorias); me permito expresar lo siguiente:

Una vez el estudiante realizó la presentación final del componente robótico, se estableció que es un sistema de fácil operación, con dos (2) mecanismos de arranque para iniciar su operación. La consola muestra los comandos básicos / necesarios para desplazar el sistema robótico y controlar los componentes de detección y/o visualización que fueron instalados.

Al realizar pruebas de funcionalidad de su equipamiento, se evidencia una robusta composición con sistema de amortiguación que permite desplazamiento en diferentes terrenos, con una velocidad de marcha aceptable y sin generación de ruidos que alerte su presencia.

Respecto de los sensores de proximidad y detección de sustancias químicas se realizaron pruebas de funcionalidad, estableciendo que las alertas son visuales con indicadores LED de diferentes colores. Así mismo, se verificó el componente audiovisual el cual transmite audio y video en tiempo real y almacena los registros de forma digital en dispositivos externos de almacenamiento (Micro SD); esto se complementa con la aplicación V380 la cual es propia del sistema audiovisual y funciona con conectividad permanente de Internet a través de conexión Wi-Fi.

En relación con la distancia de operación, en las pruebas realizadas se estableció conectividad efectiva en línea recta de aproximadamente cinco (5) mts, permitiendo

visualización de sus imágenes en teléfono Android con instalación previa de la App V380. Por otra parte, se obtuvo conectividad del mando con el sistema robótico en aproximación de 500 mts lineales, sin previsualización en el dispositivo móvil, pero con almacenamiento de datos en el dispositivo externo (Micro SD).

Por lo anteriormente expuesto, se concluye que el proyecto "*Sistema robótico móvil teleoperado para el reconocimiento de área como herramienta al personal de Policía Judicial*" cumple con las funciones básicas planteadas por el estudiante en la presentación de su anteproyecto, acotando que puede emplearse en actividades de campo de los servidores de los organismos de seguridad, con el objetivo de identificar riesgos y minimizar lesiones físicas.

ANEXO K: VIDEO DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

<https://www.youtube.com/watch?v=qgDxPE7wu2Y&feature=youtu.be>

ANEXO L: CODIGOS DE PRUEBAS PARA EL FUNCIONAMIENTO CORRECTO

CODIGO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL JOYSTICK

```

int X;           // variable para almacenar valor leído del eje X
int Y;           // variable para almacenar valor leído del eje y
int LedIZQ = 7;   // LED izquierdo a pin digital 22
int LedADE = 6;   // LED central a pin digital 23
int LedDER = 5;   // LED derecho a pin digital 24
int LedATR = 4;   // LED atras a pin digital 25
void setup(){
  pinMode(LedIZQ, OUTPUT); //Aviso de IZQUIERDA
  pinMode(LedADE, OUTPUT); //Aviso de ADELANTE
  pinMode(LedDER, OUTPUT); //Aviso de DERECHA
  pinMode(LedATR, OUTPUT); //Aviso de ATRAS
}
void loop(){
  X = analogRead(A0); // lectura de valor de eje X
  Y = analogRead(A1); // lectura de valor de eje Y
  if (X >= 0 && X < 480){ // si X esta en la zona atras
    analogWrite(LedIZQ, map(X, 0, 480, 255, 0));
  } else {
    analogWrite(LedIZQ, 0);
  }
  if (X > 520 && X <= 1023){ // si X esta en la zona adelante
    analogWrite(LedDER, map(X, 520, 1023, 0, 255));
  } else {
    analogWrite(LedDER, 0);
  }
  if (Y >= 0 && Y < 480){ // si Y esta en la zona izquierda
    analogWrite(LedADE, map(Y, 0, 480, 255, 0));
  } else {
    analogWrite(LedADE, 0);
  }
}

```

```

    }
    if (Y > 520 && Y <= 1023){    // si Y esta en la zona derecha
        analogWrite(LedATR, map(Y, 520, 1023, 0, 255));
    } else {
        analogWrite(LedATR, 0);
    }
}
}

```

CODIGO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL LECTOR DE TARJETA

```

#include <SPI.h> //Librería para comunicar por el bus SPI
#include <MFRC522.h>
#define RST_PIN 9 //Pin 5 para el reset del RC522
#define SS_PIN 10 //Pin 53 para el SLAVE SELECT (SDA) del RC522
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); //Creamos el objeto para el RC522 y mandamos
las constantes creadas antes
int PrenderCarro = 22;
byte LecturaUID[4]; //Creamos un array de 4 bits para guardar los valores de los UID
byte Usuario1[4] = {0x59, 0x93, 0xDD, 0xB3}; //0x Es para decirle que es hexaedimal.
Trajeta
byte Usuario2[4] = {0xD7, 0xD8, 0x26, 0xB3}; //llavero
void setup() {
    Serial.begin(9600); //Iniciamos el puerto serie
    SPI.begin(); //Iniciamos el Bus SPI
    mfrc522.PCD_Init(); // Iniciamos el MFRC522. PCD es el módulo lector(proximity
coupling devide)
    Serial.println("Pasa tarjeta o llavero");
    pinMode(PrenderCarro, OUTPUT);
}
void loop() {
    //PICC es la tarjeta o llavero
    if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent()) // si no hay una tarjeta presente

```

```

return;      // retorna al loop esperando por una tarjeta
if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial()) // si no puede obtener datos de la tarjeta
return;      // retorna al loop esperando por otra tarjeta
//Enviamos serialmente su UID (Unica Identificación)
//UID es en hexadecimal y es unico para cada tarjeta
Serial.print("UID:"); // muestra texto UID:
//Para que nos saque el UID de dos en dos digitos
for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++) { // bucle recorre de a un byte por vez el UID
  if (mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10) { // si el byte leído es menor a 0x10
    Serial.print(" 0"); // imprime espacio en blanco y numero cero
  } else { // sino
    Serial.print(" "); // imprime un espacio en blanco
  }
  Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX); // imprime el byte del UID leído en
hexadecimal
  LecturaUID[i] = mfrc522.uid.uidByte[i]; // almacena en array el byte del UID leído
}
  Serial.print("\t"); // imprime un espacio de tabulacion
  if (comparaUID(LecturaUID, Usuario1)){ // llama a funcion comparaUID con
Usuario1
    Serial.println("Bienvenido Operario, Haz prendio el carro"); // si retorna verdadero
muestra texto bienvenida
    digitalWrite(PrenderCarro, HIGH); // se le da la orden de prender el carro
    delay (2000);
  }
  else if (comparaUID(LecturaUID, Usuario2)){ // llama a funcion comparaUID con
Usuario2
    Serial.println("Hasta Luego Operario, Haz apagado el carro"); // si retorna verdadero
muestra texto
    digitalWrite(PrenderCarro, LOW); // se le da la orden de prender el carro
    delay (2000);

```

```

    }
    else {      // si retorna falso
    digitalWrite(PrenderCarro, LOW);
    delay (2000);
    }
    // Terminamos la lectura de la tarjeta  actual
    mfrc522.PICC_HaltA();  // detiene comunicacion con tarjeta
    //Así le decimos a la tarjeta que no necesitamos mas info
    //así el lector para y no consume, mandando la señal
}
boolean comparaUID(byte lectura[], byte usuario[]) // funcion comparaUID
{
for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++) { // bucle recorre de a un byte por vez el UID
if (lectura[i] != usuario[i])    // si byte de UID leido es distinto a usuario
return (false);    // retorna falso
}
return (true);    // si los 4 bytes coinciden retorna verdadero
}

```

CODIGO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL RECEPTOR CON JOYSTICK

```

#include <SPI.h>    // se incluye la libreria SPI
#include <nRF24L01.h> // se incluye la libreria nRF24L01
#include <RF24.h>    // se incluye la libreria RF24
//Declaremos los pines CE y el CSN
#define CE_PIN 9
#define CSN_PIN 10
byte canal[6] = {"00001"};    //Variable con la dirección del canal por donde se va a
transmitir
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);    //Creamos el objeto radio (NRF24L01)
int X;    //Variable con los datos a enviar
int Y;

```

```
const int LedDER=2;
const int LedIZQ=3;
const int LedADE=4;
const int LedATR=5;
void setup(){
  Serial.begin(9600);          //Inicializamos el puerto serie para vizualizar lo que enviamos
  pinMode(LedADE, OUTPUT);    //Asignando un pin al servo
  pinMode(LedATR, OUTPUT);    //Asignando un pin de salida al led
  pinMode(LedDER, OUTPUT);    //Asignando un pin de salida al led
  pinMode(LedIZQ, OUTPUT);    //Asignando un pin de salida al led
  radio.begin();              //Inicializamos el NRF24L01
  radio.openReadingPipe(1, canal); //Abrimos el canal de Lectura
  radio.startListening();     //Empezamos a escuchar por el canal
}
void loop() {
  if ( radio.available() ){
    radio.read(&X,sizeof(X)); //Leemos los datos y los guardamos en la variable datos
    if (X >= 0 && X < 480){
      digitalWrite(LedIZQ, map(X, 0, 480, 255, 0));
    } else {
      digitalWrite(LedIZQ, LOW);
    }
    if (X > 520 && X <= 1023){
      digitalWrite(LedDER, map(X, 520, 1023, 0, 255));
    } else {
      digitalWrite(LedDER, LOW);
    }
    delay(5);
  }
  if ( radio.available() ){
    radio.read(&Y,sizeof(Y)); //Leemos los datos y los guardamos en la variable datos
```

```

if (Y >= 0 && Y < 480){
  digitalWrite(LedATR, map(Y, 0, 480, 255, 0));
} else {
  digitalWrite(LedATR, LOW);
}
if (Y > 520 && Y <= 1023){
  digitalWrite(LedADE, map(Y, 520, 1023, 0, 255));
} else {
  digitalWrite(LedADE, LOW);
}
delay(5);
}
}

```

CODIGO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR DE DISTANCIA

```

// Declaramos los pines del ultrasonico IZQ
#define EchoIZQ 24
#define TrigIZQ 25
const int LedIZQ=22;
long duracionIZQ, distanciaIZQ;
// Declaramos los pines del ultrasonico ADE
#define EchoADE 26
#define TrigADE 27
const int LedADE=28;
long duracionADE, distanciaADE;
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  //SENSORES DE DISTANCIA
  pinMode(EchoIZQ, INPUT); //Define el pin 30 como entrada (echo)
  pinMode(TrigIZQ, OUTPUT); //Define el pin 31 como salida (trigger)
  pinMode(EchoADE, INPUT); //Define el pin 32 como entrada (echo)

```

```

pinMode(TrigADE, OUTPUT); //Define el pin 33 como salida (trigger)
//AVISO DE OBSTACULO CERCA
pinMode(LedIZQ, OUTPUT); //Aviso de obstaculo cerca
pinMode(LedADE, OUTPUT); //Aviso de obstaculo cerca
}
void loop(){
//SENSOR DE OBSTACULOS
//SENSOR IZQUIERDO
digitalWrite(TrigIZQ, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(TrigIZQ, HIGH);
delayMicroseconds(10); //genera el pulso de trigger por 10ms
digitalWrite(TrigIZQ, LOW);
//CALCULOS PARA EL SENSOR DE DISTANCIA
duracionIZQ = pulseIn(EchoIZQ, HIGH);
distanciaIZQ = (duracionIZQ*0.034/2); //calcula la distancia en centimetros
//SENSOR ADELANTE
digitalWrite(TrigADE, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(TrigADE, HIGH);
delayMicroseconds(10); //genera el pulso de trigger por 10ms
digitalWrite(TrigADE, LOW);
//CALCULOS PARA EL SENSOR DE DISTANCIA
duracionADE = pulseIn(EchoADE, HIGH);
distanciaADE = (duracionADE*0.034/2); //calcula la distancia en centimetros
//PARAMETROS Y AVISO PARA EL SENSOR DE DISTANCIA IZQUIERDA
Serial.print("izq:");
if (distanciaIZQ <= 35 && distanciaIZQ >= 1){
Serial.println(distanciaIZQ);
digitalWrite(LedIZQ, HIGH);
} else {

```

```
    digitalWrite(LedIZQ, LOW);
}
Serial.print("der:");
//PARAMETROS Y AVISO PARA EL SENSOR DE DISTANCIA ADELANTE
if (distanciaADE <= 35 && distanciaADE >= 1){
    Serial.println(distanciaADE);
    digitalWrite(LedADE, HIGH);
} else {
    digitalWrite(LedADE, LOW);
}
}
```

CODIGO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR DE GAS

```
const int MQ_9 = A0;
int LedGAS = 3;
void setup(){
    Serial.begin(9600);
    pinMode(LedGAS, OUTPUT); //Aviso de gas inflamable
}
void loop() {
    int ppm = analogRead(MQ_9); //ppm = partes por millon
    Serial.print("Raw:");
    Serial.print(ppm); // nos dice el valor recibido del gas
    delay(200);
    if (ppm > 300){ // para el ser humano empieza hacer peligroso desde los 300ppm
        Serial.println(ppm); // con posibilidad de que ya sea gas inflamable
        digitalWrite(LedGAS, HIGH); // aviso de algun gas inflamable peligroso
        delay(100); //espera 100ms para que se logre ver la distancia en la consola
    } else {
        digitalWrite(LedGAS, LOW);
    }
}
```

```
}

```

CODIGO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL TRASMISOR CON JOYSTICK

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
//Declaremos los pines CE y el CSN
#define CE_PIN 9
#define CSN_PIN 10
byte canal[6] = {"00001"}; //Variable con la dirección del canal por donde se va
a transmitir
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN); //Creamos el objeto radio (NRF24L01)
int joyX; //Variable con los datos a enviar X
int joyY; //Variable con los datos a enviar X
void setup(){
  radio.begin(); //Inicializamos el NRF24L01
  radio.openWritingPipe(canal); //Abrimos un canal de escritura
}
void loop(){
  joyX=map(analogRead(0), 0, 1023, 0, 1023); //Cargamos el dato del joystick en datos x
  bool okX = radio.write(&joyX, sizeof(joyX)); //Enviamos los datos
  Serial.println(joyX);
  joyY=map(analogRead(1), 0, 1023, 0, 1023); //Cargamos el dato del joystick en datos y
  bool okY = radio.write(&joyY, sizeof(joyY)); //Enviamos los datos
  delay(5);
}
```