ROBOT MÓVIL PARA EXPLORACIÓN Y ESCANEO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ESPACIOS CONFINADOS

Neider Javier Banguera Arrechea, ✉ neibanj@gmail.com
Leonardo Stiven Bustamante Cardona, ✉ leocar113@hotmail.com
Jhoel Augusto Popo Palacios, ✉ jhoel-popo@hotmail.com

Trabajo de Grado presentado para optar al título de Tecnólogo en Mecatrónica Industrial.

Director: Julio Fabio de la Cruz Gómez, Ingeniero Electrónico

Institución Universitaria Antonio José Camacho
Facultad de Ingeniería
Tecnologia en mecatronica industrial
Cali - Colombia
2019

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Institución Universitaria Antonio José Camacho para optar al título de Tecnólogo en electrónica industrial.

_____
Jurado

_____
Jurado

Santiago de Cali, 22 de marzo de 2017

Dedicatoria

Este proyecto va dedicado a toda mi familia, en especial a mi madre y a mi esposa que fueron quienes me ayudaron en todo momento, que se aguantaron trasnochos e incomodidades, y desde luego agradecer a dios por darme la oportunidad de estar vivo y de tener salud para poder presentar este proyecto.

Leonardo Bustamante

Dedicatoria

Este proyecto va dedicado primeramente Dios por darme la vida a toda mi familia quienes siempre han apoyado y me han alentado especialmente a mis padres quienes siempre me han aconsejado, educado y han estado pendientes cada día a pesar de la distancia, a la universidad Antonio Jose Camacho por brindarnos todos esos elementos que necesitamos para hacer este proyecto desde los profesores quienes nos instruyeron cada clase compartiendo todo su conocimiento y a toda la parte de locación y logística.

Jhoel Augusto Popo Palacios

Dedicatoria

Estoy muy agradecido con todas las personas que de una u otra forma hicieron parte de mi proceso de formación, el que fue útil para iniciar este proyecto el cual sabíamos que no iba a ser fácil pero gracias a todos ustedes ya estamos en la última etapa del mismo, agradecimientos especiales a mi familia y profesores que actuaron de forma altruista.

Neider Javier Banguera Arrechea

Agradecimientos

Queremos agradecer a nuestras familias por ser ese apoyo incondicional, ese apoyo moral, que nos dieron fuerza y ánimo para terminar nuestra carrera, y poder sacar adelante este proyecto.
Queremos agradecer a cada uno de los docentes que tuvimos durante cada uno de los semestres, que nos forjaron y nos enseñaron lo necesario para poder poner todo en práctica en nuestro proyecto, especialmente docentes como Julio Fabio de la Cruz, quien fue nuestro director de proyecto, nuestro guía y maestro y agradecer también al profesor José Echeverría quien fue muy importante en toda la parte de mecatrónica en nuestra carrera y en nuestro proyecto.
Agradecer también a la universidad Antonio José Camacho por brindarnos los espacios para adquirir el conocimiento, por brindarnos las herramientas necesarias para aprender todo lo que necesitamos para poner en práctica en este proyecto y en la vida.

Muchas gracias a todos.

Tabla de contenido

Resumen……..……..…..13
Introducción..……...……..……15
Objetivos……...……..……..….17
Objetivo general……...……..……..….17
Objetivos específicos….……...……..……17
1 Robots exploradores en lugares de riesgo humano…….…….…..….18
1.1 Lugares de trabajo con riesgo humano……..……..……18
1.2 Robots móviles exploradores…….……....19
1.3 Clasificación……..……..….20
1.3.1 Terrestres…….. 20
1.3.2 Control remoto manual o tele-op……...21
1.3.3 Teledirigido vigilado……..22
1.3.4 Coche de seguimiento de línea……..23
1.3.5 Robot autónomo aleatorizado……....24
1.3.6 Robot guiado de forma autónoma…….…....24
1.3.7 Autonomía deslizante……...…….…....25
1.4 Exploración de los espacios confinados…….…….…….……26
1.4.1 Qué es un espacio confinado……..……..….26
1.4.2 Tipos espacios confinados……..……..…….26
1.4.3 labores realizadas usualmente en espacios confinados.……..……..….27
1.4.4 Riesgos asociados a trabajos en espacios confinados……..……...…..….27
1.4.4.1 Riesgos generales..……...……...…..….27
1.4.4.2 Riesgos específicos……...……...…..….28
1.4.4.3 Riesgos por agentes biológicos……...……...…..…...29
1.4.5 Monitoreo atmosférico en espacios confinados……...……...…..…….29
1.4.5.1 Pruebas de evaluación.……...……...……...…….30
1.4.5.2 Pruebas de verificación……...……...……...…….30
1.4.5.3 Duración de las pruebas……...……...……...……...….30
1.4.5.4 Orden de las pruebas……...……...……...……...……..31
1.4.6 Norma internacional osha 29 CRF 1910.146……...……...……..31

1.4.6.1 Definiciones……..……..……..……..31
1.4.6.2 Sistema de permisos…….……...……35
2 Construcción plataforma robótica móvil…….……..…..38
2.1 Descripción general del funcionamiento de la plataforma robótica móvil……...39
2.2 Partes y características de la plataforma…….…….……..…..39
2.2.1. Arduino nano V3……...…….……..…..…..39
2.2.1.1. Descripción…….…….…….……..…..…40
2.2.1.2. Características…….……..……..…..…40
2.2.2 MQ135…….…….....…..…..39
2.2.2.1. Descripción…….…….…….……..…..…40
2.2.2.2. Características…….……..…….……40
2.2.3.Display oled 128 x 64 0.96 pulgadas...…….....…..…..40
2.2.3.1. Descripción…….…….…….……..…..…41
2.2.3.2. Características…….……..…….……41
2.2.4. Transceiver NRF24L01 + PA…..…….....…..…....42
2.2.4.1. Descripción…….…….…….……..…..…42
2.2.4.2. Especificaciones técnicas…….…..…..……..…..…42
2.2.4.3. Características…….…….…….……42
2.2.5. Moto vibrador…….……...…….....…..…..43
2.2.5.1. Descripción…….…….…….……..…..…43
2.2.5.2. Características…….……..…….……44
2.2.6. Módulo buzzer piezoeléctrico ky006 …….....…..…..44
2.2.6.1. Descripción…….…….…….……..…..…44
2.2.6.2. Características…….……..…….……44
2.2.7. Chasis oruga aluminio 3…….…….....…..…..45
2.2.7.1. Descripción…….…….…….……..…..…45
2.2.7.2. Características…….……..…….……45
2.2.8. Led de potencia 3w blanco…….……...…….....…..…..46
2.2.8.1. Descripción…….…….…….……..…..…46
2.2.8.2. Características…….……..…….……46

2.2.9. Pack de baterías con cargador…….……...…….....…..47
2.2.9.1. Descripción…….…..…….……..…...…47
2.2.9.2. Características……..……..…….……47
2.2.10. HD wireless spy camera (WIFI05)….…….……....…...…...…..48
2.2.8.1. Descripción…….…..…….……..…...…48
2.2.8.2. Características……..……..…….……48
2.3. Montaje de la plataforma robótica móvil……...……....……..……49
2.3.1.Planos de vista y partes de la plataforma ….…….……49
3. Implementación del sistema electrónico de la plataforma robótica móvil……....……52
3.1. Descripción general de las etapas electrónicas de la plataforma.....……52
3.1.1 Diagrama esquemático general.....……52
3.2. Descripción de los bloques electrónicos principales…….....……54
3.2.1. Bloque de carga.....……54
3.2.2. Bloque de comunicación.....……55
3.2.2. Bloque de alarmas….…….....……55
3.3. Proceso de montaje de los elementos circuitales…….....……55
3.3.1. Diseño del circuito impreso.....……55
3.3.2. Montaje y soldado de los componentes.....…….56
3.3.2. Cálculos potencia de los motores…….....…….56
4. Programación y evaluación del robot móvil explorador…….……..…..63
4.1 Diagrama flujo…….…….…...……..63
4.2 Manual usuario…….…….…...……..65
5. Pruebas y resultados……...……..…..75
5.1.Descripción de la prueba de funcionamiento…....…….…..…….……75
5.1.1 Resultado de la prueba…….……...…….……75
5.1.2 Observaciones de las prueba……..……...…….……76

5.2 Descripción de la prueba de comunicación entre carro y mandó.……....……76
5.2.1 Resultado de la prueba…….……...…….……77
5.2.2 Observaciones de las prueba……..……...…….……78

5.3. Descripción de la prueba de sensor de gases mq135……78
5.3.1 Resultado de la prueba……78
5.3.2 Observaciones de las prueba……78
6. Conclusiones.... ……80
7. Bibliografía... ……81

Lista de tablas

Tabla 1. Prueba comunicación interior……...……77
Tabla 2. Prueba comunicación exterior……..……...……....…..77
Tabla 3. Prueba sensor mq135…….……..……....78
Tabla 4. Lista de precios ……..……..……....79

Lista de figuras

Figura 1. Robot móvil multifuncional……..….19
Figura 2. Robot móvil terrestre……20
Figura 3. Robot a control remoto……..21
Figura 4. Robot teledirigido……..22
Figura 5. Robot seguidor de línea……....22
Figura 6. Robot esquiva obstáculos……..…25
Figura 7. Robot autónomo inteligente……..…25
Figura 8. Robot autónomo deslizante HELPMATE……26
Figura 9. Arduino nano v3……....39
Figura 10. MQ135……41
Figura 11. Display oled 128x64 0.96 pulgadas……....42
Figura 12.Transceiver NRF24L01+PA……43
Figura 13. Moto-vibrador……44
Figura 14. Módulo buzzer piezoeléctrico ky006……45
Figura 15.Chasis oruga aluminio 3……46
Figura 16. Led de potencia 3W blanco……47
Figura 17. Pack de baterías cargador……..18
Figura18. HD wireless spy camera (WIFI05).....49
Figura19. Carcasa carro.....50
Figura 20. Carcasa mando.....50
Figura 21. Esquemático carro……..51
Figura 22. Esquemático mando……..52
Figura 23. Fuente compartida……...53
Figura 24. Módulo Nrf24l01+PA……...54
Figura 25. Circuito de activación del moto-vibrador……..55
Figura 26. Circuito de activación del zumbador y LED……..55

Figura 27. PCB mando hecha en EASY EDA……..……...56
Figura 28.PCB carro hecha en EASY EDA……..……..57
Figura 29. PCB mando prototipo0.0……..……57
Figura 30. PCB carro prototipo0.0……..……..……..…57
Figura 31. PCB carro y mando prototipo final…….…….……..…58
Figura 32. PCBS mando y carro con sus respectivos componentes soldados……..……...58
Figura 33. Conexión de packs de baterías, sensor y montaje de tarjeta chasis oruga……..……....58
Figura 34. Montaje tarjeta mando en carcasa…….……..……....59
Figura 35. Tarjeta mando instalada en carcasa……...……...…..59
Figura 36. Montaje carcasa al chasis……..……...……...…..60
Figura 37. Montaje carcasa al chasis (vista trasera)……...……...…..60
Figura 38. Tabla coeficiente de fricción…….……...……...…..61
Figura 39. Diagrama de flujo del mando…….……...63
Figura 40. Diagrama de flujo del carro…….……..……...64
Figura 41. Logo proyecto……..…..65
Figura 42. Programa de formación e integrantes del proyecto…….65
Figura 43. Mando sin comunicación con carro……...66
Figura 44. Comunicación mando y carro funcionando ok…….……..66
Figura 45. Menú…….…….67
Figura 46. Selección función alarmas……..67
Figura 47. Ingreso función de alarmas…….68
Figura 48. Selección función linterna……..68
Figura 49. Ingreso función linterna……..…...69
Figura 50. Selección función cámara……...……...69
Figura 51. Ingreso función cámara…….....70
Figura 52. Pantallazo conexión WIFI cámara…….70
Figura 53. Pantallazo apertura p2plitecamara……...…..71
Figura 54. Pantallazo pantalla principal p2plitecamara…….…….71
Figura 55. Pantallazo añadir nuevo dispositivo……...72

Figura 56. Pantallazo buscar dispositivo……...…..72
Figura 57. Pantallazo nuevo dispositivo encontrado……...73
Figura 58. Pantallazo agregar dispositivo encontrado……..…..74
Figura 59. Selección función velocidad……..74
Figura 60. Ingreso función velocidad…….…….....75
Figura 61. Prueba funcionalidad de tarjetas electrónicas…….....76

Resumen

En los espacios confinados se concentran una serie de gases como el dióxido de carbono, monóxido de carbono y metano principalmente. La concentración de estos gases hace que la atmósfera del lugar carezca de niveles aptos de oxígeno para las personas que llevan a cabo un determinado trabajo. En este proyecto se desarrolla un robot móvil dotado de sensores que detectan la concentración de estos gases, un sistema que procesa y determina la calidad del aire del espacio confinado brindando una medición antes y durante la ejecución del trabajo, un sistema de alarma visual y sonora para alertar a los trabajadores del riesgo al que se exponen sino sale del lugar y por último un sistema de comunicación inalámbrico que envía las mediciones a un dispositivo electrónico que posee el supervisor quien se encuentra afuera del espacio confinado.

Gases contaminantes, monitoreo, comunicación inalámbrica, calidad de aire.

Abstract

In confined spaces, a series of gases such as carbon dioxide, carbon monoxide and methane are concentrated. The concentration of these gases generates that the atmosphere of the place lacks adequate levels of oxygen for the people who carry out a certain work. This project develops a mobile robot equipped with sensors that detect the concentration of these gases, a system that processes and determines the air quality of the confined space providing a measurement before and during the execution of the work, a visual alarm system and sound to alert workers of the risk to which they are exposed if they do not leave the site, and finally a wireless communication system that sends the measurements to an electronic device owned by the supervisor who is outside the confined space.

Polluting gases, monitoring, wireless communication, air quality.

Introducción

Comentado [1]: Como pueden ver en la introducción va el pateamiento del problema, la justificación, etc que hicieron en la ficha de la propuesta de trabajo de grado.

Presentaremos una propuesta de implementación de un sistema de escaneo robotizado que brinde algunas de las bondades de un instrumento de vigilancia utilizado en trabajos confinados (medidas de oxígeno, monóxido de carbono y gas de combustión) pero que integre otras bondades que permitan medir esta atmósfera antes y durante la ejecución del trabajo, avisar que existe un peligro mediante alarmas sonoras y lumínicas, enviar datos del sitio donde se está realizando el trabajo al control inalámbricamente, tener una visualización del sitio de trabajo.

Como problema planteado en este proyecto se tiene que los riesgos para las personas que trabajan en espacios confinados son múltiples. Se puede presentar acumulación de sustancias tóxicas e inflamables en la atmósfera del lugar, escasez de oxígeno y falta de comunicación con el supervisor quien es el responsable de la seguridad de los trabajadores. Por estas razones es necesario un sistema que mitigue los riesgos para tomar las precauciones y medidas necesarias que garanticen el bienestar de las personas que ejecutan una labor de alto riesgo en estos lugares.

De la anterior problemática se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo construir un dispositivo tecnológico que explore las condiciones del aire en espacios confinados para velar por el bienestar de las personas que efectúan allí trabajos de alto riesgo?

Actualmente en la industria se realizan trabajos en espacios confinados, como, por ejemplo, ingreso a tanques, alcantarillas o recintos subterráneos, ductos, entre otros. Para realizar estos trabajos se sigue un procedimiento de seguridad, que consiste en medir la atmósfera del lugar al que se va a ingresar, así como la presencia de un vigía permanente y un sistema de rescate, para casos de una emergencia. La medición de las condiciones atmosféricas del recinto solo se realiza antes de ingresar al espacio confinado. Si existen niveles aptos de oxígeno los trabajadores pueden

ingresar. Sin embargo esa atmósfera puede cambiar mientras los trabajadores están dentro y no hay manera de que se enteren a menos que el vigía les advierta pero existe el riesgo que por un descuido del supervisor los trabajadores no sean advertidos y puedan morir a causa de hipoxia.

Por lo anterior, la intención de este proyecto es proporcionar una herramienta tecnológica y útil para la seguridad en trabajos realizados en espacios confinados que mitiguen los riesgos a los que se exponen las personas que trabajan en dichos ambientes.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un sistema de monitoreo remoto robotizado que mida la calidad del aire presente en espacios confinados.

Objetivos específicos

* Diseñar un carro móvil y el mando de control.

* Implementar sensores para medir la calidad del aire (desplazamiento del oxígeno).

* Implementar cámara en el robot para tener visualización del espacio y del trabajador.

* Implementar un método auditivo y visual como método para alertar al trabajador cuando este se encuentre en condiciones inseguras.

1. Robots exploradores en lugares de riesgo humano

1.1. Lugares de trabajo con riesgo humano

Cuevas: cavidad subterránea abierta naturalmente o excavada por animales o por el ser humano, generalmente con una sola entrada y salida, sin luz natural y poca ventilación.

Comentado [2]: profesor estas definiciones yo las saque del diccionario de google a esto también le debo hacer bibliografia

Comentado [3]: si hay que indicar que salieron del diccionario de google

Alcantarillas: conducto subterráneo construido para recoger aguas lluvia y aguas residuales de una población.

Tanques: recipiente cerrado, generalmente de gran tamaño, diseñados para contener líquidos, gases, para realizar mezclas, para almacenar diferentes productos, así como también con riesgos de atrapamiento mecánico por equipos que se pueden poner en movimiento, como por ejemplo un agitador, o una bomba, entre otros.

Techos o cielos falsos: es el nombre que recibe la superficie lisa y plana, en una construcción, y está ubicada a cierta distancia del techo.

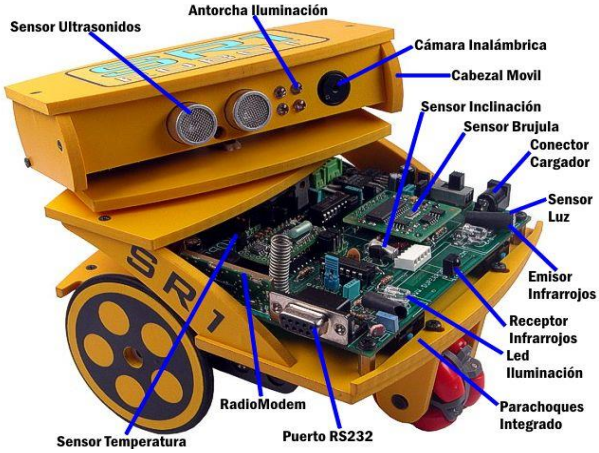
Ductos: tuberías de gran tamaño que se utilizan para transportar líquidos, gases y otros fluidos.

[Google. Diccionario]

1.2. Robots móviles exploradores

Comentado [4]: http://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/123456789/286/trabajo%20de%20grado%20final%202015fficce2003.pdf?sequence=1

Figura 1. Robot Móvil Multifuncional.



Fuente: http://www.superrobotica.com/sr1_Robot.htm**.**

Un robot móvil es un robot que es capaz de locomoción. La robótica móvil suele considerarse un subcampo de robótica e ingeniería de la información.

Los robots móviles tienen la capacidad de moverse en su entorno y no están fijados en una ubicación física. Los robots móviles pueden ser “autónomos” (AMR, robot móvil autónomo), lo que significa que son capaces de navegar en un entorno no controlado sin la necesidad de dispositivos de guía físicos o electromecánicos. Alternativamente, los robots móviles pueden confiar en los dispositivos de guía que les permiten viajar en una ruta de navegación predefinida en un espacio relativamente controlado (AGV – vehículo guiado autónomo). Por el contrario, los robots industriales suelen ser más o menos estacionarios, que consisten en un brazo articulado (manipulador de múltiples enlaces) y un conjunto de agarre (o efector final), unidos a una superficie fija.

Los robots móviles se han vuelto más comunes en entornos comerciales e industriales. Los hospitales han estado utilizando robots móviles autónomos para mover materiales durante muchos años. Los almacenes han instalado sistemas robóticos móviles para mover de manera eficiente los materiales de los estantes de almacenamiento a las zonas de cumplimiento de pedidos. Los robots móviles también son un foco importante de la investigación actual y casi todas las universidades importantes tienen uno o más laboratorios que se centran en la investigación de robots móviles. Los robots móviles también se encuentran en entornos industriales, militares y de seguridad. Los robots domésticos son productos de consumo, incluidos los robots de entretenimiento y aquellos que realizan ciertas tareas domésticas, como aspirar o cultivar un huerto.

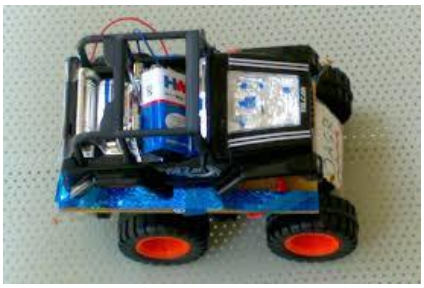
Los componentes de un robot móvil son un controlador, un software de control, sensores y actuadores. El controlador generalmente es un microprocesador, un microcontrolador integrado o una computadora personal (PC). El software de control móvil puede ser lenguaje de nivel de ensamblaje o lenguajes de alto nivel como C, C ++, Pascal, Fortran o software especial en tiempo real. Los sensores utilizados dependen de los requisitos del robot. Los requisitos podrían ser cálculo de cuentas, detección táctil y de proximidad, rango de triangulación, evitación de colisiones, ubicación de la posición y otras aplicaciones específicas. **[Hisour,2019].**

1.3. Clasificación

Los robots móviles pueden ser clasificados por:

1.3.1. Terrestre

Figura 2. Robot Móvil Terrestre.



Fuente: **https://www.hisour.com/es/mobile-robot-42899/.**

Los robots terrestres o domésticos generalmente se conocen como vehículos terrestres no tripulados (UGV). En general, son sobre ruedas o sobre orugas, pero también incluyen robots con patas con dos o más patas (humanoides o animales o insectos parecidos). Entrega y amp; Los robots de transporte pueden mover materiales y suministros a través de un entorno de trabajo. Los robots aéreos se suelen denominar vehículos aéreos no tripulados (UAV). A los robots submarinos se les suele llamar vehículos submarinos autónomos (AUV). Robots polares, diseñados para navegar en ambientes helados y llenos de grietas. El dispositivo que utilizan para mover, principalmente: robot patas: piernas similares a las humanas (es decir, un androide) o piernas similares a animales, robot con ruedas y Pistas.

1.3.2. Control remoto manual o tele-op

Figura 3. Robot a control remoto.

Fuente: **https://es.gearbest.com/robot-control-remoto-_gear/.**

Un robot teleoperado manualmente está totalmente bajo el control de un conductor con un joystick u otro dispositivo de control. El dispositivo se puede conectar directamente al robot, puede ser un joystick inalámbrico o puede ser un accesorio para una computadora inalámbrica u otro controlador.Un robot de teleoperación se usa normalmente para mantener al operador fuera de peligro. Los ejemplos de robots remotos manuales incluyen ANATROLLER ARI-100 y ARI-50 de Robotics Design, la Talon de Foster-Miller, el PackBot de iRobot y el KosterTek's MK-705 Roosterbot.

1.3.3. Teledirigido vigilado

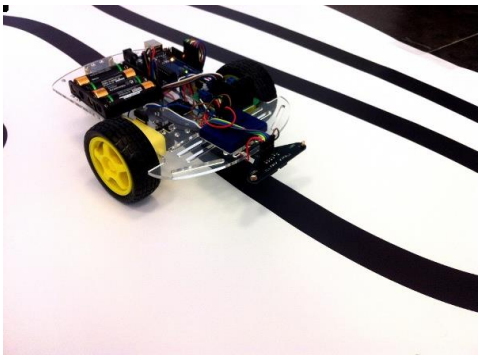
Figura 4. Robot teledirigido.

Fuente: https://www.juguetronica.com/netbot.

Un robot teledirigido protegido tiene la capacidad de detectar y evitar obstáculos pero, de lo contrario, navegará como se maneja, como un robot bajo teleoperación manual. Pocos o ninguno de los robots móviles ofrecen solo tele-op. (Ver abajo Autonomía deslizante.)

1.3.4. Coche de seguimiento de línea

Figura 5. Robot seguidor de linea.



Fuente: https://leantec.es/robot-camarero/.

Algunos de los primeros vehículos guiados automatizados (AGV, por sus siglas en inglés) estaban en línea siguiendo robots móviles. Pueden seguir una línea visual pintada o incrustada en el piso o techo o un cable eléctrico en el piso. La mayoría de estos robots operaban un algoritmo simple de “mantener la línea en el sensor central”. No pudieron sortear obstáculos; simplemente se detuvieron y esperaron cuando algo bloqueó su camino. Muchos ejemplos de tales vehículos todavía se venden, por Transbotics, FMC, Egemin, HK Systems y muchas otras compañías. Estos tipos de robots siguen siendo ampliamente populares en las sociedades robóticas bien conocidas como un primer paso hacia el aprendizaje de rincones y esquinas de la robótica.

1.3.5. Robot autónomo aleatorizado

Figura 6. Robot esquiva obstaculos.

Fuente: https://tecnopatafisica.com/tecno3eso/teoria/robotica/78-arduinorobot.

Los robots autónomos con movimiento aleatorio básicamente rebotan en las paredes, ya sea que esas paredes sean detectadas.

1.3.6. Robot guiado de forma autónoma.

Figura 7. Robot autónomo inteligente SPECIMINDER.

Fuente: https://www.prweb.com/releases/2010/05/prweb4001324.htm.

Un robot guiado de forma autónoma sabe, al menos, cierta información sobre dónde está y cómo alcanzar varios objetivos o puntos de paso en el camino. La "localización" o el conocimiento de su ubicación actual, se calcula por uno o más medios, utilizando sensores tales como codificadores de motor, visión, Stereopsis, láseres y sistemas de posicionamiento global. Los sistemas de posicionamiento a menudo usan triangulación, posición relativa y / o localización de Monte-Carlo / Markov para determinar la ubicación y orientación de la plataforma, desde la cual puede planificar un camino hacia su próximo punto de referencia o meta. Puede recopilar lecturas de sensores que están selladas en tiempo y ubicación. Dichos robots a menudo forman parte de la red empresarial inalámbrica, interactuando con otros sistemas de detección y control en el edificio. Por ejemplo, el robot de seguridad PatrolBot responde a las alarmas, opera los ascensores y notifica al centro de comando cuando surge un incidente. Otros robots guiados de forma autónoma incluyen el SpeciMinder y los robots de entrega TUG para el hospital. En 2013, la artista Elizabeth Demaray creó robots autónomos capaces de encontrar luz solar y agua para macetas en colaboración con el ingeniero Dr. Qingze Zou, el biólogo Dr. Simeon Kotchomi y el científico informático Dr. Ahmed Elgammal.

1.3.7. Autonomía deslizante

Figura 8. Robot autónomo deslizante HELPMATE.

Fuente: https://www.sciencephoto.com/media/344571/view/the-helpmate-a-domestic-robot.

Los robots más capaces combinan múltiples niveles de navegación bajo un sistema llamado autonomía deslizante. Los robots guiados de forma más autónoma, como el robot hospitalario HelpMate, también ofrecen un modo manual. El sistema operativo de robot autónomo Motivity, que se utiliza en ADAM, PatrolBot, SpeciMinder, MapperBot y varios otros robots, ofrece una completa autonomía de deslizamiento, desde el modo manual al protegido hasta el modo autónomo. **[Hisour,2019].**

1.4. Exploración de los espacios confinados

1.4.1. Qué es un espacio confinado

Cualquier espacio con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables, o tener una atmósfera deficiente en oxígeno, y que no está concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador. **[IMF,2019]**

Comentado [5]: así es como deben de quedar las referencias bibliográficas

generalmente un espacio confinado cumple al menos, una de las dos características siguientes:

- Es un lugar con acceso limitado y/o dificultoso.
- Se encuentra cerrado o con escasa ventilación natural.

1.4.2. Tipos espacios confinados

- tanques desengrasadores
- tanques de reacción
- calentadores o calderas
- ductos de ventilación y escape
- alcantarillas
- túneles
- instalaciones subterráneas de servicios y tuberías.
- recipientes de almacenaje
- Registros

[Arlsura,2019]

Comentado [6]: forma de hacer la referencias

1.4.3. labores realizadas usualmente en espacios confinados.

Según la página web de la aseguradora de riesgos profesionales Sura las labores realizadas usualmente en espacios confinados son:

- Construcción del propio recinto
- Limpieza
- Pintado
- Reparación
- Inspección

[Arlsura,2019]

Comentado [7]: forma de hacer la referencias

1.4.4. Riesgos asociados a trabajos en espacios confinados

1.4.4.1. Riesgos generales

son debidos a las deficientes condiciones materiales del espacio como lugar de trabajo.

· Riesgos mecánicos: Atrapamientos, choques y golpes, elementos salientes, dimensiones reducidas de la boca de entrada, obstáculos en el interior, etc.

· Riesgos de electrocución por contacto con partes metálicas que accidentalmente pueden estar en tensión.

· Caídas a distinto nivel y al mismo nivel por resbalamientos, etc.

· Caídas de objetos al interior.

· Malas posturas.

· Ambiente físico agresivo. Ambiente caluroso o frío, Ruido, vibraciones e iluminación deficiente.

· Riesgos derivados de problemas de comunicación entre el interior y el exterior

1.4.4.2. Riesgos específicos

originados por una atmósfera peligrosa que puede dar lugar a los riesgos de asfixia, incendio o explosión e intoxicación

· Asfixia: El aire contiene un 21% de oxígeno. Si éste se reduce, se producen síntomas de asfixia.

· Incendio y explosión:

·Intoxicación: La concentración en aire de productos tóxicos por encima de determinados límites de exposición puede producir intoxicaciones agudas o enfermedades. La aparición de una atmósfera tóxica puede tener orígenes diversos, ya sea por existir el contaminante o por generarse éste al realizar el trabajo en el espacio confinado. Al riesgo de intoxicación se pueden incluir las atmósferas irritantes y corrosivas como en el caso del cloro, ácido clorhídrico, amoníaco, etc. Solamente para algunas substancias como el CO_2, SH_2, Cl_2, NH_3 se conocen las concentraciones que producen efectos letales y daños funcionales a órganos de seres humanos.

1.4.4.3. Riesgos por agentes biológicos

Las enfermedades transmisibles en espacios confinados pueden ser:

·Tétanos: por penetración a través de heridas y quemaduras.

·Leptospirosis: por contacto con aguas contaminadas por defecación de roedores, principalmente por penetración a través de heridas y de la mucosa de los ojos, nariz y boca.

·Hepatitis víricas tipo B, C y D, SIDA: por heridas con objetos contaminados por fluidos corporales principalmente, jeringuillas.

·Fiebre por mordedura de ratas

·Infección de heridas: contacto con microorganismos patógenos.

·Tuberculosis, brucelosis: en alcantarillados directamente por contacto de la piel y mucosas con restos de animales infectados, contacto e inhalación de gotículas contaminadas.

·Hepatitis víricas tipo A y E, salmonelosis, diarreas coniformes: por ingestión de agua o alimentos contaminados, principalmente por contacto con aguas fecales.[Riesgos asociados a trabajos en espacios confinados]

1.4.5. Monitoreo atmosférico en espacios confinados

El control de los riesgos específicos por atmósferas peligrosas requiere de mediciones ambientales con el empleo de instrumental adecuado.

Las mediciones deben efectuarse previamente a la realización de los trabajos y de forma continuada mientras se realicen éstos y sea susceptible de producirse variaciones de la atmósfera interior.

Dichas mediciones previas deben efectuarse desde el exterior o desde zona segura. En el caso de que no pueda alcanzarse desde el exterior la totalidad del espacio se deberá ir avanzando paulatinamente y con las medidas preventivas necesarias desde zonas totalmente controladas.

La osha 1910.146 apéndice B – procedimiento para monitoreo atmosférico – establece las condiciones mínimas para el monitoreo así:

1.4.5.1. Pruebas de evaluación.

La atmósfera de un espacio confinado debe analizarse utilizando equipos de sensibilidad y especificidad suficientes para identificar y evaluar cualquier atmósfera peligrosa que pueda existir o surgir, de manera que se puedan clasificar y caracterizar y así poder desarrollar procedimientos adecuados de entrada de permisos y condiciones de entrada aceptables para ese espacio.

1.4.5.2. Pruebas de verificación

La atmósfera de un espacio confinado al que se va a autorizar el ingreso y que pueda contener una atmósfera peligrosa debe ser probada para detectar residuos de todos los contaminantes identificados mediante pruebas de evaluación utilizando el equipo especificado para determinar que las concentraciones residuales en el momento de la prueba y entrada están dentro del rango de condiciones de entrada aceptables. Los resultados de las pruebas (es decir, la concentración real, etc.) deben registrarse en el permiso en el espacio proporcionado adyacente a la condición de entrada aceptable estipulada.

1.4.5.3. Duración de las pruebas.

La medición de los valores para cada parámetro atmosférico debe realizarse durante al menos el tiempo de respuesta mínimo del instrumento de prueba especificado por el fabricante.

Ensayo de atmósferas estratificadas.
Al monitorear las entradas que impliquen un descenso en atmósferas que pueden estratificarse, la envolvente atmosférica debe ser probada a una distancia de aproximadamente (1,22 m) en la dirección de desplazamiento y hacia cada lado.

1.4.5.4. Orden de las pruebas.

a. Oxígeno Es el soporte de la vida. La mayoría de monitores de gas combustibles dependen del O2 y deben tener presente O2 para proporcionar datos confiables.

b. Inflamabilidad En la mayoría de casos el riesgo de incendio o explosión son de atención más inmediata y amenazadores para la vida que los vapores tóxicos.

c. Toxicidad Es requisito los medidores tengan una alarma audible, además de su indicación visual, siempre que se encuentre una de las condiciones siguientes

- Concentración de oxígeno menor del 19.5 por ciento;
- Gas o vapor inflamable al 10 por ciento o más del límite inflamable inferior (LFL - LEL);
- Sulfuro de hidrógeno o monóxido de carbono a 10 ppm o 35 ppm, respectivamente, medidos como promedio tiempo-ponderado (TWA) de 8 horas.

[Monitoreo atmosférico]

1.4.6. Norma internacional osha 29 CRF 1910.146

1910.146 (A)

Alcance y aplicación. Esta sección contiene los requisitos para las prácticas y procedimientos para proteger a los empleados de la industria general de los peligros de la entrada en espacios confinados que requieren permiso. Esta sección no se aplica a la agricultura, la construcción, o para el empleo en astilleros (Partes 1928, 1926, y 1915 de este capítulo, respectivamente).

1910.146 (b)

1.4.6.1. Definiciones.

"Condiciones de entrada aceptables" se refiere a las condiciones que deben existir en un espacio de permiso para permitir la entrada y para asegurar que el personal asignado con una entrada a un espacio confinado que requiere permiso puedan entrar con seguridad en y trabajar en el espacio.

"Operador" significa un individuo estacionado fuera de uno o más espacios con permiso, que monitorean los entrantes autorizados y que realiza tareas de todos los concomitantes asignados en el programa espacial permiso del empleador.

"entrante autorizado" significa un empleado que esté autorizado por el empleador para entrar en un espacio permitido.

"espacio confinado" significa un espacio que:

1. ¿Es lo suficientemente grande y configurado de modo que un empleado pueda entrar y realizar el trabajo asignado corporal; y
2. tiene medios limitados o para la entrada o salida restringida
3. no está diseñado para la ocupación continua de los empleados.

"emergencia" significa cualquier ocurrencia (incluyendo cualquier falta de control del peligro o los equipos de vigilancia) o evento interno o externo al espacio con permiso que podrían poner en peligro a los participantes.

" entrada "significa la acción por la cual una persona pasa a través de una abertura en un espacio confinado que requiere permiso. La entrada incluye subsiguientes actividades de trabajo en ese espacio y se considera que ha ocurrido tan pronto como cualquier parte del cuerpo del participante rompe el plano de una abertura en el espacio.

"Permiso de entrada (permiso)" significa el documento escrito o impreso que es proporcionado por el empleador para permitir y la entrada de control en un espacio con permiso y que contiene la información especificada en el párrafo (f) de esta sección.

"supervisor de entrada" significa la persona (como el empresario, capataz o jefe de equipo) responsable de determinar si es aceptable condiciones de entrada están presentes en un espacio confinado donde está prevista la entrada, para autorizar la entrada y la supervisión de las operaciones de entrada, y para poner fin a la entrada como se requiere por esta sección.

NOTA: un supervisor de entrada también puede servir como un auxiliar o como un entrante autorizado, siempre y cuando esa persona está entrenado y equipado como se requiere por esta sección para cada rol que él o ella llena. Además, las funciones de supervisor de entrada pueden pasarse de una persona a otra durante el transcurso de una operación de entrada.

"Atmósfera peligrosa" una atmósfera que puede exponer a los empleados al riesgo de muerte, incapacitación, menoscabo de la capacidad de auto-rescate (es decir, escapar sin ayuda de un espacio con permiso), lesión o enfermedad aguda de una o más de las siguientes causas:

(1) gas inflamable, vapor o niebla por encima del 10 por ciento de su límite inferior de inflamabilidad (LFL);

(2) Airborne polvo combustible en una concentración que cumple o excede su LFL;

NOTA: Esta concentración se puede aproximar como una condición en la que el polvo oscurece la visión a una distancia de 5 pies (1,52 m) o menos

(3) concentración de oxígeno atmosférico por debajo del 19.5 por ciento o más del 23,5 por ciento;

(4) la concentración atmosférica de cualquier sustancia para la que se publica una dosis o un límite de exposición permisible en la Subparte G, Salud Ocupacional y control Ambiental, o en la subparte Z, substancias tóxicas y peligrosas, de esta Parte y lo que podría dar lugar a la exposición del empleado en exceso de su dosis o límite de exposición permisible;

NOTA: Una concentración atmosférica de cualquier sustancia que no es capaz de causar la muerte, incapacitación, menoscabo de la capacidad de auto-rescate, lesión o enfermedad aguda debido a los sus efectos sobre la salud no están cubiertos por esta disposición.

(5) Cualquier otra condición atmosférica que constituye un peligro inmediato para la vida o la salud.

NOTA: para los contaminantes del aire para los cuales OSHA no ha determinado una dosis límite de exposición permisible, otras fuentes de información, tales como hojas de seguridad que cumplan con la Norma de Comunicación de Riesgos, sección 1910.1200 de esta parte, la información publicada y documentos internos pueden servir de guía en el establecimiento de las condiciones atmosféricas aceptables.

"permiso de trabajo en caliente": la autorización por escrito del empleador para realizar operaciones (por ejemplo, remachado, soldadura, corte, ardor y calefacción) capaz de proporcionar una fuente de ignición.

"peligro inmediato para la vida o la salud (IDLH)" significa cualquier condición que representa una amenaza inmediata o retardada a la vida o que pueda causar problemas de salud adversos irreversibles o efectos que puedan interferir con la capacidad de un individuo para escapar sin ayuda de un espacio que requiere permiso.

NOTA: Algunos materiales - gas de fluoruro de hidrógeno y vapor de cadmio, por ejemplo - pueden producir efectos transitorios inmediatas que, incluso si son graves, pueden pasar sin atención médica, pero son seguidos por hundimiento repentino y posiblemente mortal 12-72 horas después de la exposición. La víctima "se siente normal" de recuperación de los efectos transitorios hasta el colapso. Tales materiales en cantidades peligrosas se consideran "inmediatamente" peligroso para la vida o la salud.

"Inertización" significa el desplazamiento de la atmósfera en un espacio de permiso por un gas no combustible (por ejemplo, nitrógeno) de tal manera que la atmósfera resultante es no combustible.

NOTA: Este procedimiento produce una atmósfera deficiente en oxígeno IDLH.

"aislamiento" significa el proceso mediante el cual se elimina un espacio permiso del servicio y completamente protegido contra la liberación de energía y material en el espacio por medios tales como: supresión o el cegamiento; desalineación o eliminar secciones de líneas, tuberías o conductos; un sistema de doble bloqueo y purga; bloqueo o etiquetado de todas las fuentes de energía; o bloquear o desconectar todas las conexiones mecánicas.

"saltos de línea" se refiere a la apertura intencional de una tubería, una línea o conducto que está o ha estado llevando o materiales inflamables, corrosivos, tóxicos, un gas inerte, o cualquier fluido en un volumen, presión o temperatura capaz de causar daño.

"Non-permiso de espacio confinado" significa un espacio confinado que no contiene o, con respecto a los riesgos atmosféricos, tienen el potencial de contener ningún peligro capaz de causar la muerte o lesiones físicas graves.

"deficiencia de oxígeno ambiente "significa una atmósfera que contiene menos de 19,5 por ciento en volumen de oxígeno.

" el oxígeno atmósfera enriquecida "significa una atmósfera que contiene más de un 23,5 por ciento en volumen de oxígeno.

1.4.6.2. Sistema de permisos.

1910.146 (e) (6)

El empleador deberá retener cada permiso de entrada cancelado durante al menos 1 año para facilitar la revisión del programa de permiso requerido confinado espacio requerido por el

párrafo (d) (14) de esta sección. Cualquier problema encontrado durante una operación de entrada se harán constar en el permiso pertinente de manera que se pueden hacer revisiones apropiadas para el programa espacial permiso.

1910.146 (f)

Permiso de entrada. El permiso de entrada que documenta el cumplimiento de esta sección y autoriza la entrada a un espacio confinado y se indicará:

1910.146 (f) (1)

El espacio de permiso que se introduzca;
1910.146 (f) (2)
El propósito de la entrada;
1910.146 (f) (3)
La fecha y la duración autorizada del permiso de entrada;
1910.146 (f) (4)
Los entrantes autorizados dentro del espacio permitido, por nombre o por cualquier otro medio (por ejemplo, a través del uso de las listas o sistemas de seguimiento) para hacer posible que el encargado de determinar con rapidez y precisión, para la duración del permiso, que autoriza los participantes son dentro del espacio con permiso;

NOTA: Este requisito puede cumplirse mediante la inserción de una referencia en el permiso de entrada en cuanto a los medios utilizados, tales como un sistema de listas o de seguimiento, para realizar un seguimiento de los entrantes autorizados dentro del espacio de permiso.

1910.146 (f) (5)

El personal, por su nombre, actualmente se desempeña como asistentes;

1910.146 (f) (6)

El individuo, por su nombre, que sirve actualmente como supervisor de entrada, con un espacio para la firma o las iniciales del supervisor de entrada que originalmente la entrada autorizada;

1910.146 (f) (7)

Los peligros del espacio de permiso que se introduzcan;

1910.146 (f) (8)

Las medidas utilizadas para aislar el espacio de permiso y eliminar o riesgos de espacios de permiso de control antes de la entrada;

NOTA: Estas medidas pueden incluir el bloqueo o etiquetado de equipos y procedimientos para purgar, inertización, ventilación y lavado de espacios que requieren permiso.

1910.146 (f) (9)

Las condiciones de entrada aceptables;

1910.146 (f) (10)

Los resultados de las pruebas iniciales y periódicas efectuadas en virtud del párrafo (d) (5) de esta sección, acompañada de los nombres o iniciales de los probadores y por una indicación de cuándo se realizaron las pruebas;

1910.146 (f) (11)

Los servicios de rescate y de emergencia que pueden ser convocados y los medios (como el equipo a utilizar y los números para llamar) para convocar a esos servicios;

1910.146 (f) (12)

Los procedimientos de comunicación utilizados por los participantes y asistentes autorizados para mantener el contacto durante la entrada;

1910.146 (f) (13)

Equipos, tales como equipos de protección personal, equipos de prueba, equipos de comunicaciones, sistemas de alarmas y equipos de rescate, que será asumida por el cumplimiento de esta sección;

1910.146 (f) (14)

Cualquier otra información cuya inclusión es necesario, dadas las circunstancias del espacio confinado en particular, con el fin de garantizar la seguridad de los empleados; y (15) Todas las autorizaciones adicionales, como para el trabajo en caliente, que han sido expedidos para autorizar el trabajo en el espacio con permiso.
[Norma espacios confinados]

2. Construcción de la plataforma robótica móvil

Comentado [8]: Estoy colocando la numeración de manera automática.

2.1. Descripción general del funcionamiento de la plataforma robótica móvil

Este dispositivo consta de una parte móvil y un control remoto. la parte móvil es totalmente controlada desde el control remoto para desplazarse, además al mismo tiempo que se desplaza el control remoto estará recibiendo información de la detección de gases en el espacio, de acuerdo a esas mediciones se generarán alarmas cuando este ha detectado gases como dióxido de carbono,

gas de combustión o nivel bajo de oxígeno. adicional a eso tiene un menú de funciones donde podemos encender linterna o cámara hasta generar una alarma de evacuación.

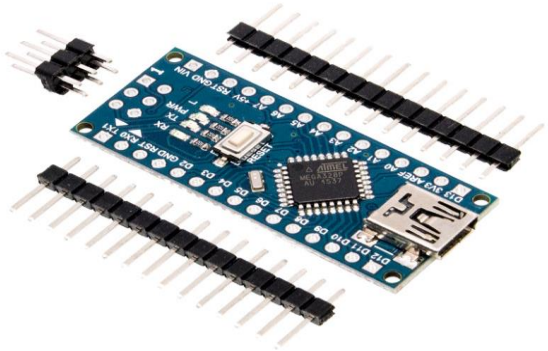
NOTA. la cámara solo se enciende desde el mando eso significa que el usuario que monitorea tendrá que conectarse a la red de la cámara con un móvil celular para poder visualizar.

Comentado [9]: No olviden colocar una foto donde se vea el robot terminado con el mando terminado.
Es una foto para que el jurado entienda que el proyecto esta terminado y vea como quedo finalmente

2.2. Partes y características de la plataforma

2.2.1. Arduino nano V3

Figura 9. Arduino nano V3



Fuente: https://electronilab.co/tienda/arduino-nano-v3-atmega328-5v-cable-usb/

2.2.1.1. Descripción.

El Arduino Nano es una pequeña y completa placa basada en el chip ATmega328 y es una de las piezas fundamentales de este proyecto, ya que es el encargado de realizar la parte logica de todos los perifericos.

2.2.1.2. Características:

- Microcontrolador: Atmel ATmega328 (ATmega168 versiones anteriores)
- Tensión de Operación (nivel lógico): 5 V
- Tensión de Entrada (recomendado): 7-12 V

- Tensión de Entrada (límites): 6-20 V
- Pines E/S Digitales: 14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM
- Entradas Analógicas: 8 Corriente máx por cada PIN de E/S: 40 mA
- Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 2KB son usados por el bootloader (16 KB – ATmega168)
- SRAM: 2 KB (ATmega328) (1 KB ATmega168)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328) (512 bytes – ATmega168)
- Frecuencia de reloj: 16 MHz
- Dimensiones: 18,5mm x 43,2mm

Energía

El Arduino Nano posee selección automática de la fuente de alimentación y puede ser alimentado a través de:

- Una conexión Mini-B USB.
- Una fuente de alimentación no regulada de 6-20V (pin 30).
- Una fuente de alimentación regulada de 5V (pin 27)

https://electronilab.co/tienda/arduino-nano-v3-atmega328-5v-cable-usb/

2.2.2. MQ135

Figura 10. Sensor calidad del aire MQ135.

Fuente: https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/7418/

2.2.2.1. Descripción.

Es un sensor que mide la calidad del aire permite detectar algunos gases peligrosos como Amoniaco, Dióxido de Nitrógeno, Alcohol, Benceno, Dióxido y Monóxido de carbono. El sensor puede detectar concentraciones de gas entre 10 y 1000 ppm y es de utilidad para detección de gases nocivos para la salud en la industria principalmente. este módulo puede conectarse a un microcontrolador muy fácilmente y dispone de salidas del tipo analógica y digital.

2.2.2.2. Características.

1. El sensor se alimenta con 5 volts
2. Rango de detección de Amoniaco: 10ppm-300ppm
3. Rango de detección Benceno: 10ppm-1000ppm
4. Rango de detección de Alcohol: 10ppm-300ppm
5. Rápida velocidad de respuesta
6. Estable y de larga vida
7. Circuito de manejo simple, pudiendo conectarse a circuitos analógicos y digitales
8. Comparador analógico incluido en el módulo para fácil activación de cargas o circuitos de control

tomado de https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/7418/

2.2.3. Display oled 128 x 64 0.96 pulgadas

Figura 11. Display Oled Lcd 128x64 Arduino**.**

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-458953373-display-pantalla-oled-lcd-128x64-arduino-i2c-096-blanca-_JM?quantity=1

2.2.3.1. Descripción

OLED (Organic Light-Emitting Diode) es una tecnología que emite luz propia compuesta de una película multi-capa orgánica delgada, colocada entre un ánodo y un cátodo. nos permite visualizar la información tanto del mando como del carro como mediciones del sensor mq 135, porcentajes de batería del mando y carro, menú de funciones.

2.2.3.2. Características.

1. Alta resolución: 128 x 64
2. Ángulo de visión: > 160 °
3. Totalmente compatible con Arduino, MSP430, STM32 / 2, etc.
4. Ultra-bajo consumo de energía: 0.08W pantalla totalmente iluminada, 0.06W visualización normal a pantalla completa de caracteres tipo texto.
5. Color de visualización: Azul
6. Amplio rango de voltaje de alimentación: sin ninguna modificación, se puede alimentar directamente 3V ~ 5V DC
7. Corriente de entrada 20 mA
8. Temperatura de trabajo: -30 °C ~ 70 °C
9. Dimensiones: 27,0 x 27,0 x 4,1 mm
10. Ocupación mínima de pines de comunicaciones mediante comunicación IIC / I2C
11. Controlador: SSD1306

tomado de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-458953373-display-pantalla-oled-lcd-128x64-arduino-i2c-096-blanca-_JM?quantity=1

2.2.4. Transceiver NRF24L01 + PA

Figura 12. Módulo transceptor NRF24L01+PA+LNA.

Fuente: **https://www.todomicro.com.ar/arduino/312-modulo-trasceptor-nrf24l01palna.html**

2.2.4.1. Descripción.

El módulo Transceiver NRF24L01 nos permitirá hacer la comunicación entre el mando y el carro utilizando un arduino nano v3 como placa controladora, este es un módulo que encaja perfectamente en el proyecto debido a sus virtudes, como son: comunicación bidireccional, bajo costo, largo alcance y poco consumo de corriente.

2.2.4.2. Especificaciones técnicas

- Fuente de alimentación: 1.9 ~ 3.6V
- voltaje de funcionamiento del puerto IO: 0 ~ 3.3v / 5v (Tolerante a 5V)
- Consumo Corriente: 115 mA
- El alcance de transmisión: 1000 m en zona abierta
- Dimensiones: 16.5mm x 45.5mm

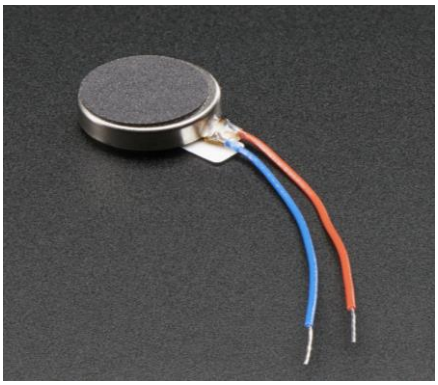
2.2.4.3. Características

- Funcionamiento en la banda ISM de 2,4 GHz, por lo que no necesita licencia y es libre en todo el mundo
- 3 Velocidades de Datos seleccionables: 250Kbps, 1Mbps y 2Mbps
- Acelerador por hardware del protocolo SPI (ShockBurst ™)
- Consumo energético ultra bajo, capaz de durar años utilizando una batería

https://www.todomicro.com.ar/arduino/312-modulo-trasceptor-nrf24l01palna.html

2.2.5. Moto vibrador

Figura 13. Moto-vibrador del mando.



Fuente: **https://www.dx.com/p/mini-flat-vibrating-vibration-motor-dc-motor-for-arduino-blue-2071824#.XUzM5_Iza71**

2.2.5.1. Descripción.

Se implementa un moto-vibrador en el mando, de modo que cumpla con la necesidad de alarmar al portador del mando con unas pequeñas vibraciones cuando las alarmas sean activadas, al estilo de un teléfono celular.

2.2.5.2. Características eléctricas.

- Rango de voltaje: 5.0V DC
- Rango de voltaje: 3.0~5.3V DC
- Velocidad de rotación: Min. 9000RPM
- Corriente: Max. 60mAh
- Corriente de arranque: Max. 90mAh

https://www.dx.com/p/mini-flat-vibrating-vibration-motor-dc-motor-for-arduino-blue-2071824#.XUORmo5KjIU

2.2.6. Modulo buzzer piezoeléctrico ky006

Figura 14. Módulo Buzzer Piezoeléctrico KY006.

Fuente: **https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/audio-y-video/buzzer/m%C3%B3dulo-buzzer-piezoel%C3%A9ctrico-ky006-tar-buzzer-detail**.

2.2.6.1. Descripción.

Este módulo contiene un buzzer piezoeléctrico pasivo, puede generar tonos en el rango de 1.5KHz a 2.5KHz al suichearlo a diferentes frecuencias, por ejemplo, por medio de PWM o de delays. nos permitirá generar alarmas audibles.

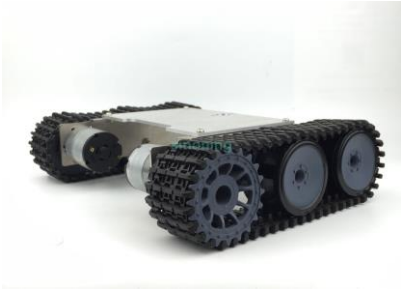
2.2.6.2. Características.

1. Voltaje de funcionamiento: 1.5VDC ~ 15VDC
2. Rango de frecuencias de salida: 1.5KHz ~ 2.5KHz
3. Dimensiones: 1.85cm x 1.5cm

tomado de https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/audio-y-video/buzzer/m%C3%B3dulo-buzzer-piezoel%C3%A9ctrico-ky006-tar-buzzer-detail

2.2.7. Chasis oruga aluminio 3

Figura 15. Chasis Oruga Aluminio.



Fuente: **https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/robotica/robot/chassis/chasis-oruga-alumino-3-oruga-aluminio-chasis-aluminio-carro-chassis-chasis-tanque-tank-plataforma-rob%C3%B3tica-chasis-oruga-met%C3%A1lico-rob%C3%B3tico-detail**.

2.2.7.1. Descripción.

Chasis en aluminio con orugas plásticas, Es nuestra base móvil y base donde se fijó elementos como tarjeta electrónica, baterías, carcasa y cámara.

2.2.7.2. Características.

1. 2 motores 6-12V DC / RPM Sin carga: 170-350/ Torque: 0.2 N.M
2. 2 correas tipo oruga plástica
3. Tornillos de sujeción y montaje
4. Con agujero para montaje de accesorios

5. Medidas aproximadas: Larga: 24.5cm Alto: 19cm Ancho: 6cm
6. Peso aproximado: 600 gr

tomado de https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/robotica/robot/chassis/chasis-oruga-alumino-3-oruga-aluminio-chasis-aluminio-carro-chassis-chasis-tanque-tank-plataforma-rob%C3%B3tica-chasis-oruga-met%C3%A1lico-rob%C3%B3tico-detail

2.2.8. Led de potencia 3w blanco

Figura 16. LED de potencia 3W blanco.

Fuente: https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/optoelectronica/diodos-led/de-potencia/led-de-potencia-3w-blanco-con-base-base-disipadora-7219-7220-7221-7222-iluminaci%C3%B3n-detail.

2.2.8.1. Descripción.

LED blanco de alta potencia, 3W, Nos permitirá iluminar el camino y además generar una alarma visual mediante intermitencia lumínica.

2.2.8.2. Características.

1. LOP:200-220LM
2. VF:6000-6500K
3. CCT: 3.2~3,6 VDC

tomado de:https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/optoelectronica/diodos-led/de-potencia/led-de-potencia-3w-blanco-con-base-base-disipadora-7219-7220-7221-7222-iluminaci%C3%B3n-detail

2.2.9. Pack de baterías con cargador

Figura 17. Pack de baterías con cargador

Fuente: Tomada por los autores

2.2.9.1. Descripción.

se construyeron dos packs de baterías de litio con un porta pilas de 2 baterías y otro de 3 baterías adicional a esto se realizó conexiones serie para lograr voltajes de 11. 1 vdc y 7.4 vdc y conexionado de cargador de baterías que mantenga el voltaje de baterías a no menos de 2.75 vdc y no más de 4.2 vdc..

2.2.9.2. Características.

1. Ref: TR-18650-3,7V Batería recargable con tecnología de ion litio, Voltaje de salida 3.7V, 3000mAh, con 4.2V y 2.75V siendo los voltajes máximos y mínimos que deben tener las baterías para preservar la vida útil, Sin efecto memoria, Dimensiones de 64 mm alto x 17 mm diámetro, con un Peso de 45 g y Hasta 900 veces recargable.
2. porta pilas Ref: BASE-BAT-18650-3 y portapilas Ref: BASE-BAT-18650
3. cargador 2 baterías Ref: PB-18650-2S-3,7V, Dimensiones de 42x7mm, Voltaje de carga 8.4V DC, Corriente de salida máxima 3A con protección bajo voltaje, alto voltaje y sobrecarga, Rango de temperatura -40 a 85 grados.
4. cargador 3 baterias Ref: PB-18650-3S-3,7V Dimensiones de 49.6x14x1mm , Voltaje de carga 12.6V DC, Corriente de salida máxima 6A con protección bajo voltaje, alto voltaje

y sobrecarga, Resistencia interna entre 30 y 80 mΩ y Rango de temperatura -40 a 85 grados.

2.2.10. HD wireless spy camera (WIFI05)

Figura 18. Cámara wifi

Fuente: https://beae.us/

2.2.10.1Descripción.

Mini cámara espía genera una red wifi por lo que podremos conectarnos a esa red y visualizar desde móvil habiendo descargado aplicación p2p previamente, donde podremos no sólo visualizar sino que también tiene un micrófono por lo que podemos escuchar en vivo y podremos grabar video en memoria del móvil, además desde control remoto se realizó conexión con relé para encender cámara cuando se desea, esto con el fin de ahorrar batería de la cámara.

2.2.10.2. Características:

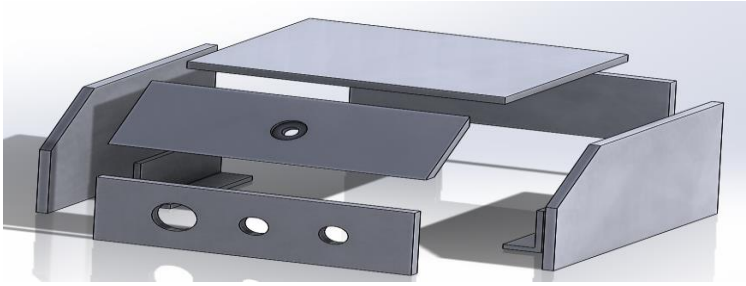
1. Conecta los conectores. Presione el interruptor de encendido para encender la cámara.
2. Conecte su teléfono o tableta PC al WI-FI de la cámara espía wifi en la pantalla de configuración de WI-FI (el nombre de WI-FI de la cámara es el mismo que el UID de la cámara).
3. abrir aplicación "P2PLiveCam" en su teléfono.

2.3. Montaje de la plataforma robótica móvil

2.3.1. Planos de vistas y partes de la plataforma

Comentado [10]: http://www.inenfive.com/2013/12/rotulos-o-cajetines-en-inventor-2013.html

Figura 19. Carcasa carro



Fuente: Elaborada por los autores

Figura 20. Carcasa mando

Fuente: Elaborada por los autores

3. Implementación del sistema electrónico de la plataforma robótica móvil

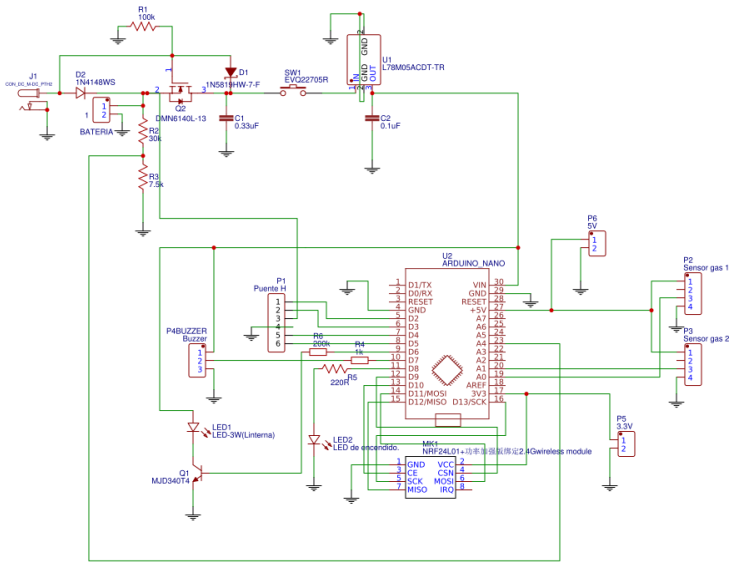
3.1. Descripción general de las etapas electrónicas de la plataforma

3.1.1. Diagrama esquemático general

Comentado [11]: https://fritzing.org/home/

Figura 21. Esquemático carro

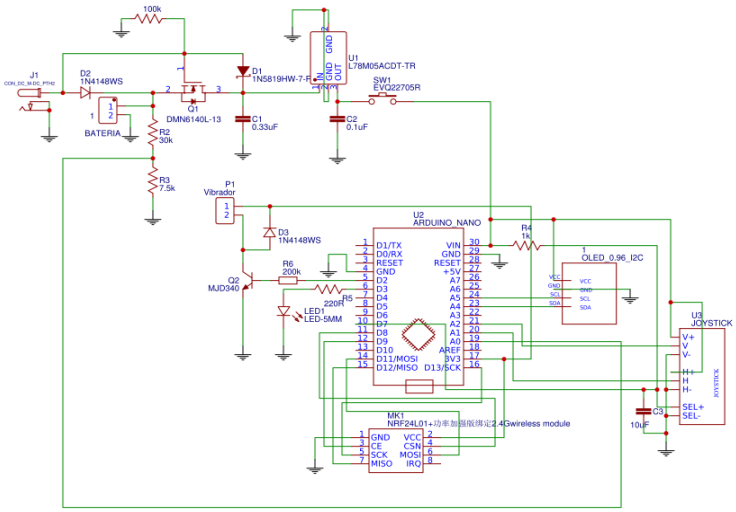
Comentado [12]: numerar figuras



Fuente: elaborada por los autores

Figura 22. Esquemático mando

Comentado [13]: numerar figuras



Fuente: elaborada por los autores.

3.2. Descripción de los bloques electrónicos principales

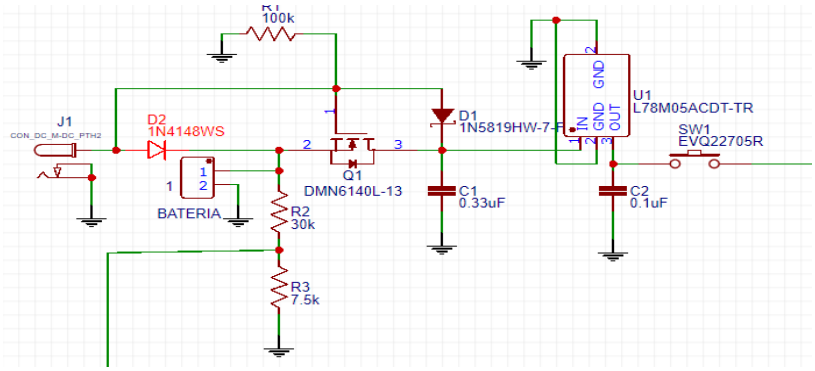
3.2.1. Bloque de carga

Fuente compartida (load- sharing)

Mediante este circuito podemos alimentar el mando y el carro simultáneamente con el pack de baterías y la fuente de carga, también nos permite alimentar la carga y cargar las baterías al mismo tiempo.

Figura 23. Fuente compartida.

Comentado [14]: numerar figuras



Fuente: elaborado por los autores

J1: Conector para cargador, (Vin).

1: Conector para batería

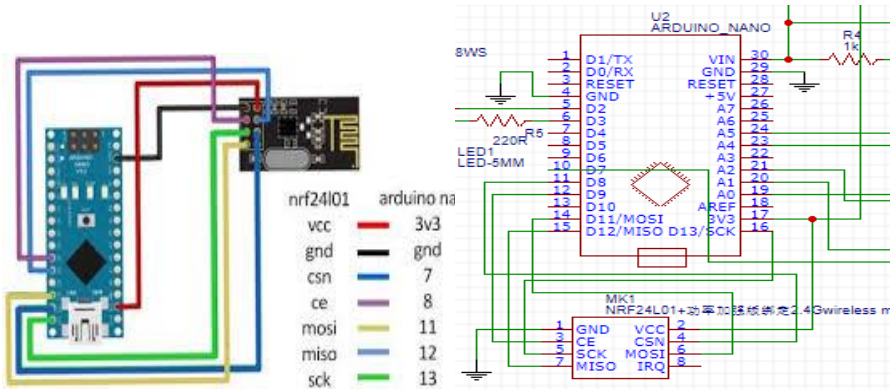
SW1: Interruptor encendido y apagado, (Vout).

3.2.2. Bloque de comunicación

El bloque de comunicación está compuesto por un módulo nrf24l01+ y el arduino nano v3, el protocolo de comunicación es por SPI.

Figura 24. Módulo nrf24l10.

Comentado [15]: numerar figuras



Fuente: elaborada por los autores

Vcc: 3.3V

Gnd: ground

Csn: Habilitador de SPI

Ce: Selección de esclavo

Mosi: Comunicación maestro a esclavo

Miso: Comunicación esclavo a maestro

Sck: Señal de reloj

3.2.3. Bloque de alarmas

Comentado [16]: completar

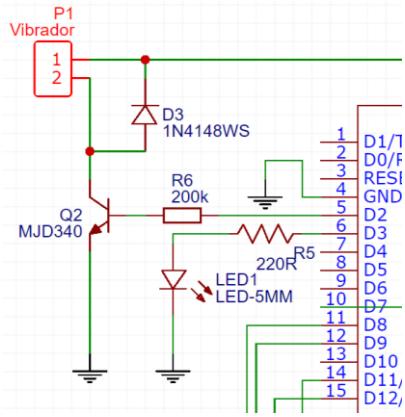
Cuando la calidad del aire está en malas condiciones para realizar la labor o cambia durante la realización de la misma es necesario advertir tanto a trabajador como vigía, por esta razón se han implementado las siguientes alarmas:

Mando

- Motor Vibrador: vibra cuando los niveles ambientales no son actos.

Figura 25. Circuito de activación del moto-vibrador

Comentado [17]: numerar figuras



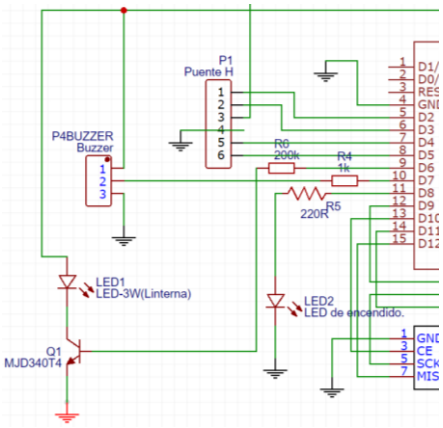
Fuente: elaborada por los autores

Carro

- Zumbador: Realiza una secuencia de sonidos cuando cambian las condiciones
- Led 3W: El led enciende y apaga mientras esta disparada la alarma

Figura 26. Circuito de activación del zumbador y del led.

Comentado [18]: numerar figuras



Fuente: elaborada por los autores

3.3. Proceso de montaje de los elementos circuitales

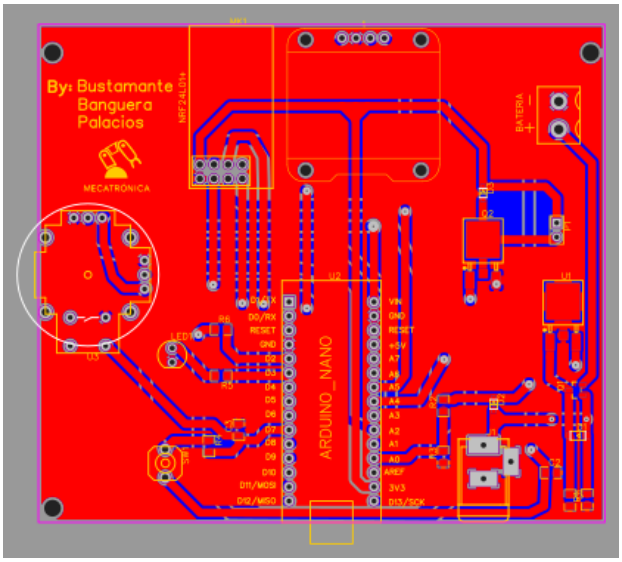
3.3.1. Diseño del circuito impreso

Comentado [19]: fotos de los circuitos que se fueron creando desde el inicio hasta el circuito final

En la parte del diseño de nuestros circuitos se realizaron dos diseños, el primero se realizó en proteus portable puesto que esta fue la herramienta que más hemos utilizado para hacer nuestras pcbs, pero fue complejo hacer estas pcbs de nuestro proyecto ya que al hacerla en una sola cara nuestra tarjeta electrónica quedaría muy grande y lo que buscábamos era que el diseño de las pcbs fuera lo más pequeño posible entonces se buscó otra herramienta **[Easyeda.com]** que nos fue más útil y pudimos insertar casi todos los componentes que utilizamos para el proyecto además de que son en su gran mayoría elementos superficiales.

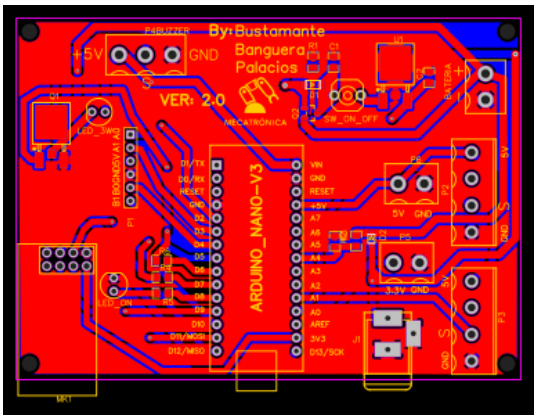
Figura 27. Pcb mando hecha en [Easyeda.com]

Comentado [20]: arreglar numeracion



Fuente: realizada por los autores

Figura 28. Pcb carro hecha en [**Easyeda.com]**

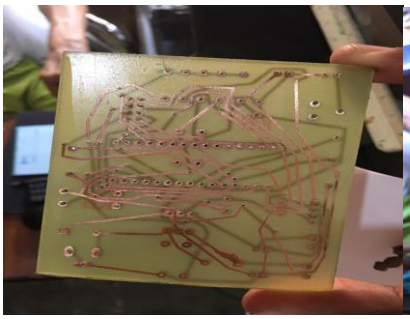


Fuente: realizada por los autores

3.3.2. Montaje y soldado de los componentes

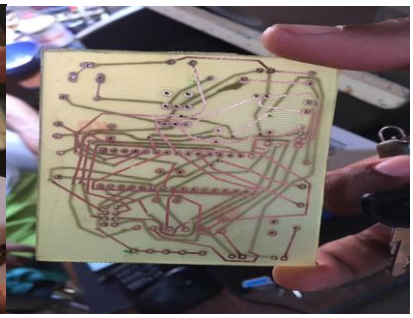
la tarjeta electrónica del control y carro inicialmente se mandaron a hacer las pcbs pero los resultados de acabado que esperábamos no fueron lo suficientemente buenos pues las tarjetas electrónicas a nuestro criterio no quedaron técnicamente bien hechas como lo muestra las figuras siguientes.

Figura 29. Pcb mando prototipo 0.0.



Fuente: realizada por los autores.

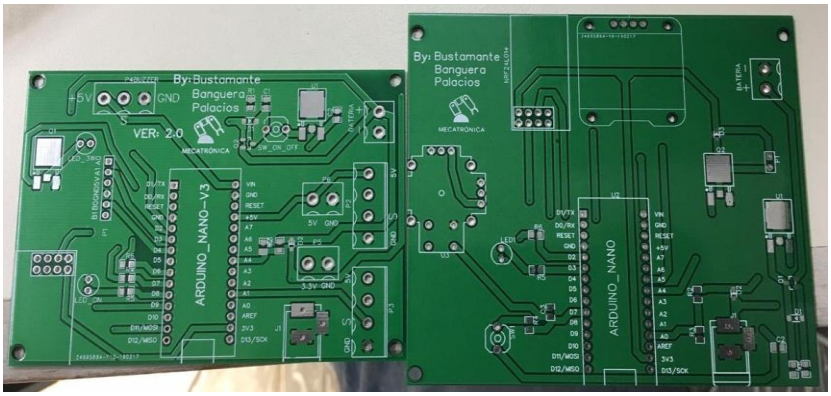
Figura 30. Pcb carro prototipo 0.0...



Fuente: realizada por los autores.

Debido a la complejidad de los diseños electrónicos y al poco espacio con que se contaba para alojar las placas, era necesaria la fabricación de las mismas en formato doble capa. entonces realizamos el diseño en **[Easyeda],** se mandaron a hacer las tarjetas a China atreves de [**Jlcpcb.com]** a un precio accesible y un total de 10 tarjetas de mando y 10 tarjetas del carro, en esta parte tuvimos un retraso con el proyecto de más de un mes pero al final valió la pena la espera pues el acabado de estas fue excelente en todo sentido con respecto a las pcbs anteriores que se realizaron.

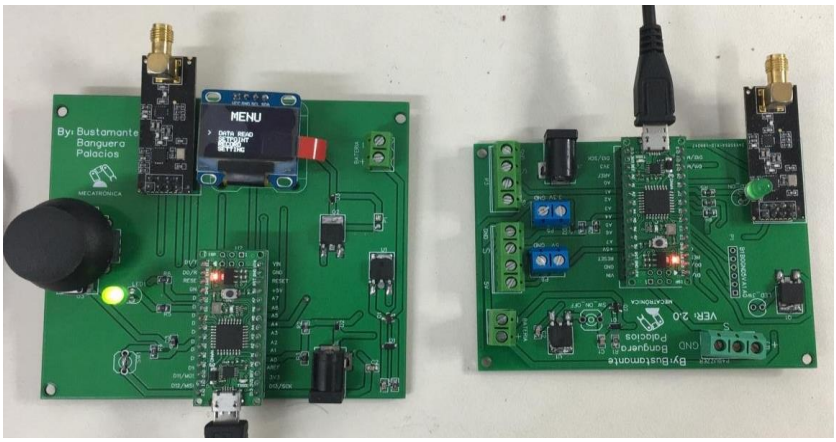
Figura 31. Pcbs carro y mando prototipo final.



Fuente: realizada por los autores.

En esta etapa se puede apreciar que ya están todos los componentes soldados en cada una de las placas, cada una cuenta con un arduino nano v3 incrustado en header macho-hembra para mayor maniobrabilidad.

Figura 32. Pcbs mando y carro con sus respectivos componentes soldados.



Fuente: realizada por los autores.

después de haber soldado componentes a pcb se realizó el montaje a la estructura y conexión de sensores, linterna, buzzer y pack de baterías ya que en nuestro diseño estos elementos pueden ser montados y desmontados fácilmente.

Figura 33. Conexión de packs baterías, sensor y montaje de tarjeta en chasis oruga.

Fuente: realizada por los autores.

Luego de hacer múltiples pruebas se realizó montaje de las tarjetas en su respectiva carcasa para darle un mejor acabado al proyecto.

Figura 34. Montaje tarjeta mando en carcasa.

Fuente: realizada por los autores.

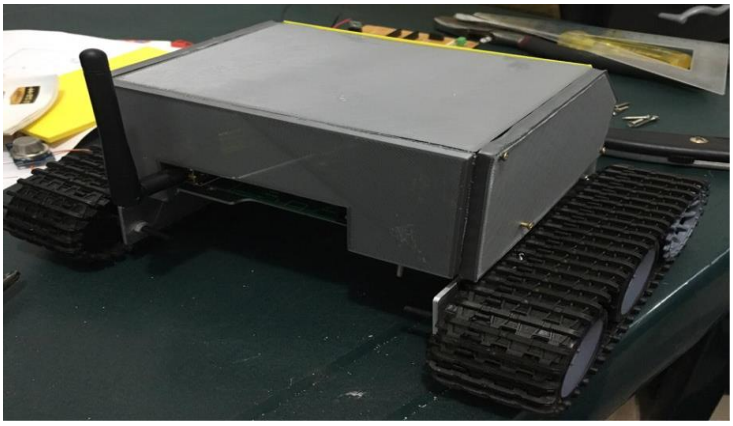
Figura 35. tarjeta mando instalada en carcasa.

Fuente: realizada por los autores.

Figura 36. Montaje carcasa al chasis.

Fuente: realizada por los autores.

Figura 37. Montaje carcasa al chasis (vista trasera).



Fuente: realizada por los autores.

3.3.3 Cálculos potencia de los motores

Figura 38. Tabla coeficientes de fricción.

FUERZA DE FRICCIÓN CINÉTICA O DINÁMICA:

MATERIAL	μ_s	μ_k
Madera sobre madera	0.7	0.4
Acero sobre acero	0.15	0.09
Metal sobre cuero	0.6	0.5
Madera sobre cuero	0.5	0.4
Caucho sobre concreto, seco	0.9	0.7
húmedo	0.7	0.57

DuocUC

Fuente: https://es.slideshare.net/ccv1971/tribologa-25719282

$\tau = torque\ motor$

$V = velocidad\ maxima\ motor$

Pmec = potencia mecanica 1 motor

$PmecT = potencia\ mecanica\ total$

$Pmecar = potencia\ mecanica\ carro$

$\mu s = coeficiente\ de\ friccion$ 0.9

$g = gravedad$ 9,81m/s^2

$Mt = masa\ total\ que\ puede\ mover\ los\ motores$

$Mchasis = masa\ chasis$ 0,6kg

$Mcart = masa\ total\ carro$ 1,2kg

Madicional = masa que puede soportar el chasis

Primero pasamos la velocidad máxima que viene dada por el fabricante en rpm a rad/s

$V = 350\,\frac{rev}{min} \times \frac{2\pi\, rad}{1rev} \times \frac{1\, min}{60\, s} = 36{,}65\, rad/s$

$\mathrm{V} = 36{,}65\,\frac{rad}{s} \times 0{,}03\ \mathrm{m} = 1{,}09\, m/s$

$\mathrm{V} = 1{,}09 m/s$

Ahora hallamos la potencia mecánica de un motor ya que tenemos el torque dado por el fabricante y la velocidad máxima en m/s

$\mathrm{Pmec} = \tau \times V$

$\mathrm{Pmec} = 0{,}2\, N.m \times 36{,}65\, rad/s = 7{,}33W$

$\mathrm{Pmec} = 7{,}33w$

Obtenemos la potencia total ya que tenemos dos motores

$PmecT = Pmec_motor \times 2 = 14{,}66w$

$PmecT = 14{,}66w$

Ahora despejamos la masa total que pueden mover los motores

$\mathrm{PmecT} = \mu s \times Mt \times g \times V$

$\mathrm{Mt} = \frac{PmecT}{\mu s \times g \times V}$

$\mathrm{Mt} = \frac{14{,}66w}{0{,}9 \times 9{,}81 m/s^2 \times 1{,}09 m/s} = 1{,}5kg$

$Mt = 1{,}5\, kg$

Luego restamos la masa del chasis a la masa total para encontrar la máxima carga que puede llevar el chasis

$\mathrm{Madicional} = Mt - Mchasis$

$\mathrm{Madicional} = 1{,}5kg - 0{,}6kg = 0{,}9kg$

$\mathrm{Madicional} = 0{,}9kg$

Ahora encontraremos la potencia del carro

$\mathrm{Pmecar} = 0.9 \times 1{,}2kg \times \frac{9{,}81m}{s^2} \times 1{,}09 m/s$

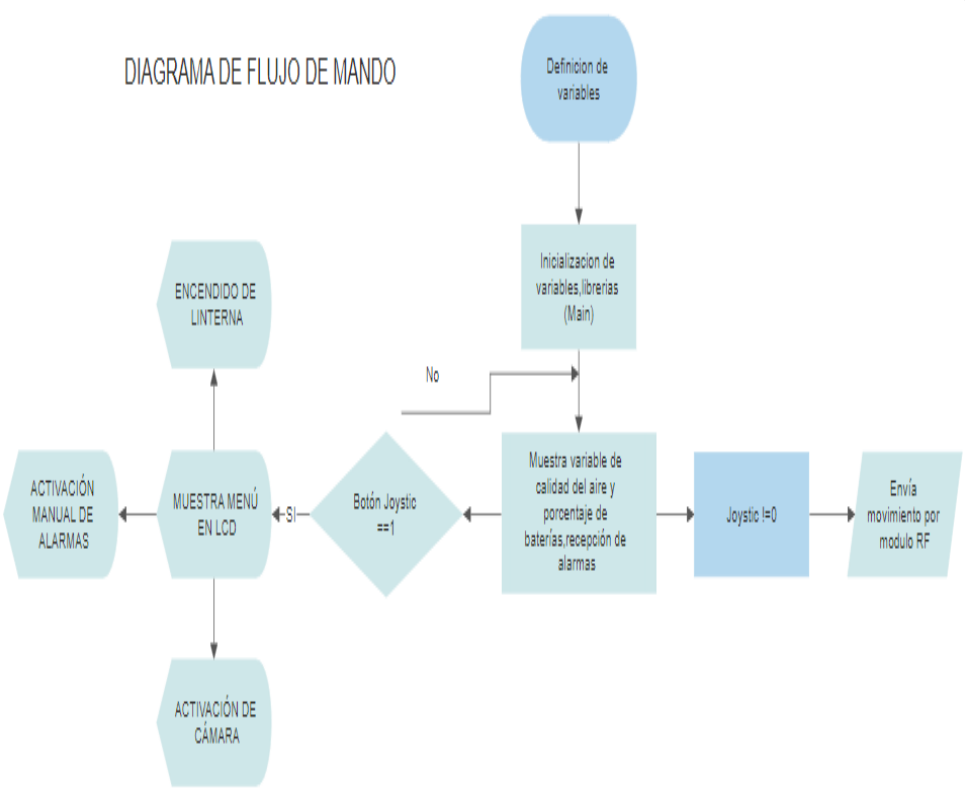
$\mathrm{Pmecar} = 11{,}55w$

4. Programación y evaluación del robot móvil explorador

Comentado [21]: diagrama de flujo de la programación

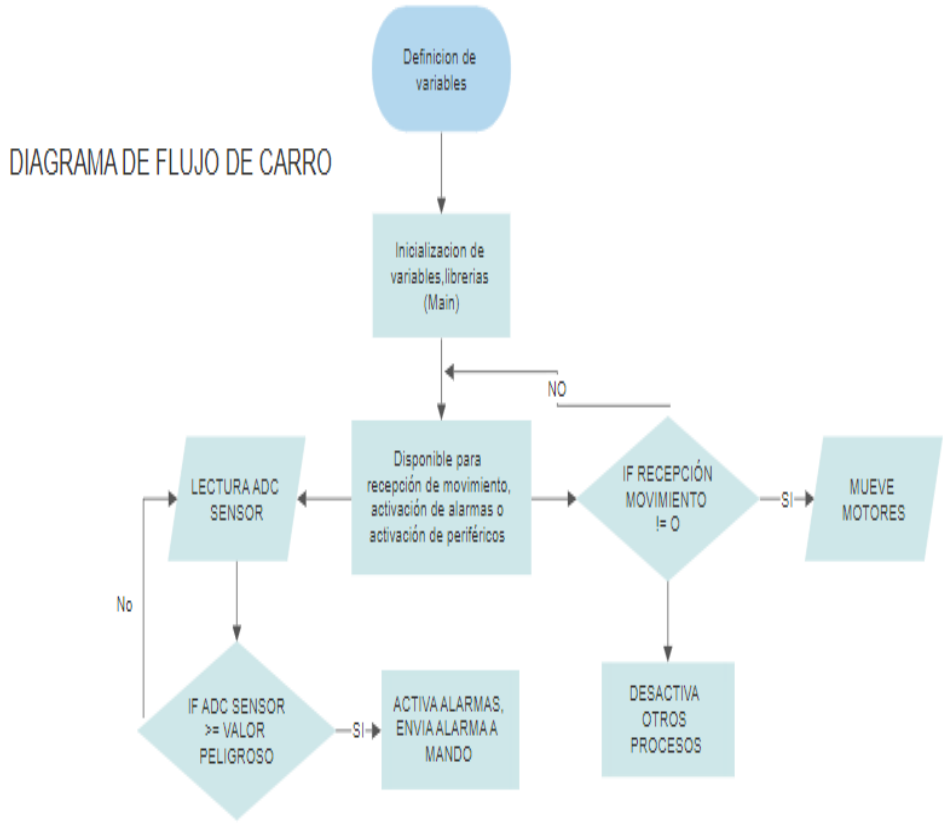
4.1. Diagrama de flujo.

Figura 39. Diagrama de flujo del mando



Fuente: elaborada por los autores

Figura 40. Diagrama de flujo del carro



Fuente: elaborada por los autores.

4.2. Manual usuario

Comentado [22]: como se hace una inspección

Comentado [23]: Agregar imágenes de alguno de ustedes mostrando como se controla el robot. Aquí va la explicación de como lo manipula una persona

Comentado [24]: por ejemplo foto mostrando donde esta el interruptor en el robot y de alguien accionandolo

- Encender el carro con el interruptor y espere la confirmación sonará que indicará el encendido correcto.

- Encendemos el control remoto con el interruptor, al hacer esto encenderá en la pantalla led y aparece el siguiente logo.

Figura 41. Logo proyecto.

Fuente: realizada por los autores.

- Luego mostrará en pantalla el programa de formación y nombres de los desarrolladores y en seguida unas vibraciones.

Figura 42. Programa de formación e integrantes proyecto.

Fuente: realizada por los autores.

- En este punto ya el control remoto está encendido y espera conexión y envío de datos del carro.

Figura 43. Mando sin comunicación con carro.

Fuente: realizada por los autores.

- Seguido de esto se puede apreciar que el control remoto ha logrado una buena conexión con el carro y ya está disponible la comunicación bidireccional y ya podemos maniobrar el carro desde el joystick. NOTA: para una correcta detección de gases el sensor requiere un precalentamiento de aproximadamente 5 minutos.

Comentado [25]: Foto de alguien maniobrando el joystick

Figura 44. comunicación mando y carro funcionando ok.

Fuente: realizada por los autores.

- Ahora para acceder al menú de funciones pulsamos brevemente la palanca del joystick estando centrada y la pantalla le mostrará el menú donde podrá desplazarse a la función que requiera activar o desactivar.

Figura 45. Menú.

Fuente: realizada por los autores.

- Si requiere activar una alarma, nos desplazamos a la función alarma.

Figura 46. selección función alarmas.

Fuente: realizada por los autores.

- Seleccionado la función alarma, nos desplazamos a la derecha con la palanca del joystick y accederemos a la función alarma como lo muestra la pantalla led.

Figura 47. ingreso función de alarmas.

Fuente: realizada por los autores.

- Estando en la pantalla anterior y la palanca del joystick centrada, la pulsamos brevemente y generará una de alerta en el carro, si se requiere una alarma de evacuación seleccionamos evacuación y pulsamos brevemente la palanca del joystick..

- Si requiere activar la linterna, nos desplazamos a la función linterna.

Figura 48. selección función linterna.

Fuente: realizada por los autores.

- seleccionado la función linterna, nos desplazamos a la derecha con la palanca del joystick y accederemos a la función linterna como lo muestra la pantalla led y seleccionamos la opción y pulsamos brevemente la palanca del joystick.

Figura 49. ingreso función linterna.

Fuente: realizada por los autores.

- Si requiere activar la linterna, nos desplazamos a la función cámara.

Figura 50. selección función cámara.

Fuente: realizada por los autores.

- seleccionado la función cámara, nos desplazamos a la derecha con la palanca del joystick y accederemos a la función cámara como lo muestra la pantalla led y seleccionamos la opción y pulsamos brevemente la palanca del joystick.

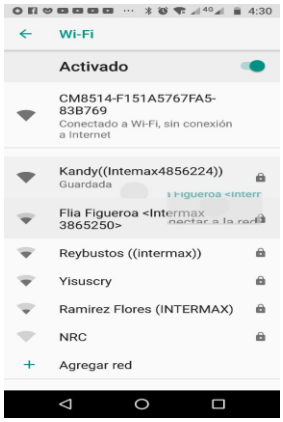
Figura 51. ingreso función cámara.

Fuente: realizada por los autores.

Importante: para conectar cámara con teléfono o tableta pc, debe descargar la aplicación p2plivecam.

1. Al encender cámara se debe conectar a la red wifi que genera la cámara.

Figura 52. Pantallazo conexión wifi cámara.



Fuente: tomada por los autores.

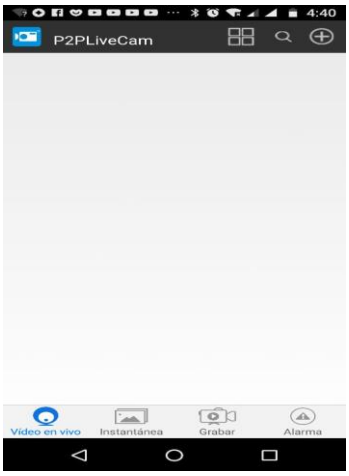
2. Luego abra aplicación p2plivecam.

Figura 53. pantallazo apertura p2plivecam.

Fuente: tomada por los autores.

3. Abierta la aplicación p2plivecam se agrega nuevo dispositivo.

Figura 54. pantallazo pantalla principal p2plivecam.



Fuente: tomada por los autores.

4. Seleccione añadir online dispositivo nuevo.

Figura 55. pantallazo añadir nuevo dispositivo.

Fuente: tomada por los autores.

5. Seleccione buscar (LAN).

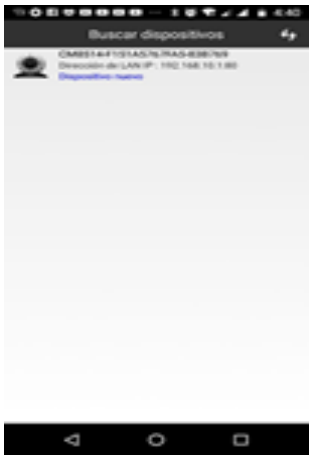
Nota: Antes de seleccionar buscar (LAN) asegúrese de que los datos móviles están apagados, ya que si están encendidos puede generar problemas para agregar dispositivo.

Figura 56. pantallazo buscar dispositivos.

Fuente: tomada por los autores.

6. Seleccione dispositivo.

Figura 57. pantallazo nuevo dispositivo encontrado.



Fuente: tomada por los autores.

7. Seleccionar ok para agregar dispositivo encontrado.

Figura 58. pantallazo agregar dispositivo encontrado.

Fuente: tomada por los autores.

- Si requiere modificar la velocidad de motores, nos desplazamos a la función velocidad.

Figura 59. selección función velocidad.

Fuente: realizada por los autores.

- Seleccionado la función velocidad, nos desplazamos a la derecha con la palanca del joystick y accederemos a la función velocidad como lo muestra la pantalla led, aquí con la palanca del joystick nos desplazamos arriba o abajo para modificar la velocidad de los motores tendremos valores siendo 15 el mínimo y 50 el máximo.

Figura 60. ingreso función velocidad.

Fuente: realizada por los autores.

5. Pruebas y resultados

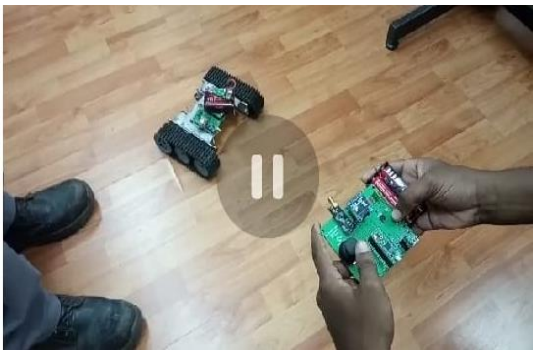
5.1. Descripción de la prueba de funcionamiento

Luego de realizar conexiones de sensor, pack de baterías, buzzer entre otros componentes, se realizaron pruebas de funcionamiento, para probar que todo estaba bien conectado, y que el carro si estaba funcionando bien, recibiendo las señales del mando y que si se estaban moviendo los motores y demás elementos.

5.1.1. Resultados de la prueba

Los resultados fueron satisfactorios, los elementos trabajaron muy bien, el carro y el mando trabajaron correctamente, el carro recibió todos los mandos y se logró moverlo, los motores trabajaron bien, así como también los módulos de radiofrecuencia.

Figura 61. Prueba funcionalidad de tarjetas electrónicas.



Fuente: realizada por los autores.

5.1.2. Observaciones de la prueba

Tuvimos varios inconvenientes con la parte del diseño ya que no tuvimos en cuenta que el módulo transceiver NRF24L01 + PA con la antena puesta en el envío de datos tiene un mayor consumo de corriente, esto generaba que recibiera datos pero a la hora de enviar algún dato no funcionara correctamente, por lo que se realizó un cambio para que la alimentación de corriente no se tomará desde el regulador del arduino sino que se tomó directamente desde el regulador después de la batería esto nos permitió trabajar sin inconvenientes y con la antena puesta.

5.2. Descripción de la prueba de comunicación entre carro y mando

Luego de tener el carro y el mando trabajando correctamente y comunicándose bien, se realizó una prueba de distancia para saber a qué distancia más o menos se perdía la comunicación, es decir ya el carro no respondía a las órdenes enviadas desde el mando, se realizaron 2 pruebas en interiores y exteriores, la de interiores se realizó dentro de las instalaciones de la universidad y la de exteriores se realizó en la calle aproximadamente 3 cuadras.

5.2.1. Resultados de la prueba

Tabla 1. Prueba comunicación interior.

Comunicación	Distancia (m)
Exitosa	30
Exitosa	60
Exitosa	90
Fallida	120

Tabla 2. Prueba comunicación exterior.

Comunicación	Distancia (m)
Exitosa	100
Exitosa	150
Exitosa	200
Exitosa	300

5.2.2. Observaciones de la prueba

Se observó que cuando hicimos la prueba de interiores la distancia era menor a 130 m, porque la señal se estrellaba con los muros y demás obstáculos dentro de la universidad, por lo que se dificultaba más la comunicación a largas distancias.

5.3. Descripción de la prueba del sensor de gases mq135

Se realizó pruebas con el sensor medidor de gases, para poder colocar las alarmas, es decir en qué momento el aire dentro del lugar confinado era limpio, o estaba contaminado, se identificó tres estados: aire limpio, alarma 1 y alarma 2, esta última ya como alarma de evacuación del recinto.

5.3.1. Resultados de la prueba

Tabla 3. Prueba sensor mq 135.

Estados	Medida(ppm)
Aire limpio	< 100
Alarma 1	>100 & < 150
Alarma 2	>150

5.3.2. Observaciones de la prueba

En esta prueba se observó que cuando colocamos gases peligrosos cerca del sensor este se iba a medida altas por eso colocamos esos niveles de alarmas, los gases que colocamos fueron alcohol, gas propano de una candela, humo de un papel quemado que simulaba el dióxido de carbono.

Tabla 4. Lista de precios.

Elemento	Cantidad	Precio unidad	Sub-Total
Arduino nano v3	**2**	**$12000**	**$24000**
nrf24l01	**2**	**$13000**	**$26000**
Puente H	**1**	**$5400**	**$5400**
Batería 18650	**5**	**$14000**	**$70000**
Pantalla Oled	**1**	**$15000**	**$15000**
Led 3W	**1**	**$1800**	**$1800**
Buzzer	**1**	**$4800**	**$4800**
Moto vibrador	**1**	**$2200**	**$2200**
Kit cámara wifi	**1**	**$316000**	**$316000**
Pcbs	**2**	**$50000**	**$100000**
Joystic	**1**	**$12000**	**$12000**
Piezas 3D mando y carro	**1**	**$130000**	**$13000**
Oruga carro	**1**	**$126000**	**$126000**
Diseño hardware	**1**	**$120000**	**$120000**
Programa firmware	**1**	**$150000**	**$150000**
Mano de obra	**3**	**$200000**	**$600000**
Total proyecto			**$1,586,200**

6. Conclusiones

Lo expuesto en el presente trabajo permite llegar a las siguientes conclusiones.

- En cuanto al objetivo general propuesto se puede decir que se logró realizar en su totalidad, pues se logró diseñar y construir un prototipo robotizado que fuese capaz de medir la calidad de aire, y ser implementado en espacios confinados utilizando sensores y una comunicación remota.
- En cuanto al sistema de carga compartida se concluyó que es posible cargar las baterías y a la vez alimentar todo el sistema, tanto del carro como del mando, de esta manera podemos ponerlo a cargar y seguir utilizándolo.
- De las pruebas realizadas se validó que el sensor mq135 tiene la capacidad de medir diferentes tipos de gases, como amoniaco, óxidos de nitrógeno, alcohol, benceno, monóxido de carbono y humo, entre otros gases nocivos, con el cual tuvimos la manera de medir la calidad del aire dentro de un espacio confinado y generar alarmas de advertencia y de evacuación al trabajador.
- Según el datasheet de los módulos transceiver NRF24L01 + PA la distancia a la que trabaja en línea de vista, es decir sin muros, es de aproximadamente 1 km, pero en la implementación de estos módulos en nuestro proyecto se evidencio que estos valores se reducen drásticamente cuando hay muros o elementos que interfieran con la señal de la comunicación.
- De los principales problemas encontrados se destaca el de la comunicación, ya que el silk de los módulos transceiver NRF24L01 + PA estaban invertidos, el cual fue un error de fábrica, esto se solucionó buscando otros módulos iguales y comparando el grabado del silk.
- Se recomienda a futuro que se implemente un sistema de adquisición de datos, para que posteriormente se puedan graficar y realizar estadísticas de los lugares donde se tomaron las mediciones.

7. Bibliografía

[Google. Diccionario]. Definiciones sobre lugares con riesgo de confinamiento. Recuperado de: **https://www.google.com/search?q=cueva+definicion&oq=cueva+definicion+&aqs=chrome..69i57.19155j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8**

[Hisour,2019] Robot Móvil. explicación sobre qué es un robot móvil. Recuperado de:

https://www.hisour.com/es/mobile-robot-42899/

[IMF,2019] ¿Qué se considera espacio confinado?. Explicación y definición de qué es un espacio confinado. Recuperado de: https://blogs.imf-formacion.com/blog/prevencion-riesgos-laborales/sin-categoria/que-se-considera-espacio-confinado/

[Arlsura,2019] generalidades - espacios confinados. Generalidades de los espacios confinados. Tomado de: https://www.arlsura.com/index.php/304-espacios-confinados-tar/3856-generalidades-espacios-confinados

[Riesgos asociados a trabajos en espacios confinados] Tomado de: **https://blogs.imf-formacion.com/blog/prevencion-riesgos-laborales/actualidad-laboral/riesgos-asociados-a-trabajos-en-espacios-confinados/**

[Monitoreo atmosférico] Tomado de:

https://www.arlsura.com/images/tar/docs/confinados/espacios_confinados_clasificacion_monitoreo_atmosferico.pdf

[Norma espacios confinados] Tomado de: **https://srv-nor.sgc.gov.co/normograma/docs/normaespacios_confinados.htm**

[Jlcpcb] Tomado de: https://jlcpcb.com/

[Easyeda] Tomado de: https://easyeda.com/

Comentado [26]: asi es como debe de quedar las referencias bibliograficas